



ARPEGE
*Association pour la Recherche
en Psychologie Ergonomique et Ergonomie*

9-12 juillet 2019
Université Lyon 2

**UNIVERSITÉ
LUMIÈRE
LYON 2**

Avec le soutien de



ersya
ergonomie des systèmes avancés

GRANDLYON
la métropole

emc
laboratoire d'étude des
mécanismes cognitifs

**UNIVERSITÉ
LUMIÈRE
LYON 2** INSTITUT DE
PSYCHOLOGIE

Actes du colloque Lyon, 9-12 Juillet 2019

Sous l'égide de :

ARPEGE

Association pour la Recherche en Psychologie Ergonomique et Ergonomie

<http://arpege-recherche.org/>

Dixième colloque de Psychologie Ergonomique EPIQUE 2019

Lyon, France ; 9-12 Juillet 2019

Actes du colloque

ARPEGE SCIENCE PUBLISHING

Conservatoire national des arts et métiers, 292 rue Saint-Martin, F-75141 Paris Cedex 03

Copyright © 2019 Arpege Science Publishing

ISBN : 979-10-92329-04-9

EAN : 9791092329049

Présidence

Jordan Navarro, Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EMC), Université Lyon 2, France

Sous l'égide de Béatrice Cahour, Présidente d'ARPEGE, CNRS i3 Télécom Paris

Comité d'organisation

Alexandra Fort (ISFTTAR, LESCOT, TS2, Bron)

Catherine Gabaude (ISFTTAR, LESCOT, TS2, Bron)

Julien Guibourdenche (ERSYA)

Christophe Jallais (ISFTTAR, LESCOT, TS2, Bron)

Jordan Navarro (EMC-Université Lyon 2)

François Osiurak (EMC-Université Lyon 2)

Emanuelle Reynaud (EMC-Université Lyon 2)

Comité d'organisation des doctoriales

Liliane Pellegrin (Service de Santé des Armées & Aix-Marseille Université)

Françoise Anceaux (LAMIH-PERCOTEC, UPFH)

Catherine Gabaude (ISFTTAR, LESCOT, TS2)

Irène Gaillard (IPST-Cnam, CERTOP, Université de Toulouse)

En collaboration avec le Réseau des Jeunes Chercheurs en Ergonomie :

Audrey Marquet (Paris Descartes & SNCF)

Artémis Drakos (Université de Genève, & EDF-R & D)

Comité scientifique

Albentosa Julie (Institut de Recherche Biomédical des Armées)

Anceaux Françoise (Université de Valenciennes)

Bastien Christian (Université de Lorraine-Metz)

Boccard Vincent (Université Paris Sud - Orsay)

Bonnardel Nathalie (PsyCle, Université Aix-Marseille)

Boucheix Jean-Michel (Université de Bourgogne)

Bourgeon Léonore (Institut de Recherche Biomédical des Armées)

Bourmaud Gaëtan (Université de Paris Saint Denis)

Brangier Eric (SELF/ETIC - Université de Lorraine-Metz)

Burkhardt Jean-Marie (IFSTTAR LPC)

Cahour Béatrice (CNRS i3 Télécom ParisTech)

Cegarra Julien (Centre Universitaire JF Champollion, Albi)
Cerf Marianne (INRA SAD)
Chauvin Christine (Université de Bretagne Sud)
Chevalier Aline (Université de Toulouse Jean-Jaurès)
Coeugnet-Chevrier Stéphanie (Vedecom)
Darses Françoise (Institut de Recherche Biomédicale des Armées)
Delgoulet Catherine (Université Paris Descartes)
Dinet Jérôme (ETIC, Université de Lorraine - Metz)
Dommes Aurélie (IFSTTAR LEPSIS)
Forrierre Justine (Université de Lille 3)
Fort Alexandra (ISFTTAR, LESCOT)
Gabaude Catherine (ISFTTAR, LESCOT)
Gaillard Irène (CERTOP-Université de Toulouse, CNAM)
Garrigou Alain (INSERM, Université de Bordeaux)
Grusenmeyer Corinne (Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy)
Guibourdenche Julien (ERSYA)
Kouabenan Rémi (Université Pierre Mendès France, Grenoble)
Leduc Sylvain (LPS, Aix Marseille Université)
Macquet Anne-Claire (Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance)
Marc Jacques (Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy)
Morel Gaël (Lab-STICC-Université de Bretagne Sud)
Navarro Jordan (EMC-Université Lyon 2)
Nelson Julien (LATI, Université Paris Descartes)
Nouailles Mayeur Anaïs (French Nuclear Safety Authority ASN, Montrouge)
Pelayo Sylvia (INSERM CICIT - Université Lille 2)
Pellegrin Liliane (Service de Santé des Armées & Aix-Marseille Université)
Rogalski Janine (CHArt, Université Paris VIII)
Safin Stephane (Télécom ParisTech)
Salembier Pascal (Université de Troyes)
Vacher Anthony (Institut de Recherche Biomédicale des Armées)
Van de Weerd Corinne (Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy)
Wawrzyniak Clément (Université Lille 2)

Le comité d'organisation remercie Priska Lutumba pour son concours à la réalisation des actes du colloque.

Table des matières

CONFERENCES INVITEES 12

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les petites histoires de l'ergonomie sans jamais oser le demander13

Eric BRANGIER

Ux design: chaos ou kairos?14

Carine LALLEMAND

Communicating with automated vehicles15

Joost C.F. DE WINTER

SYMPOSIUMS..... 16

SYMPOSIUM : VEHICULES AUTONOMES, ENJEUX ERGONOMIQUES..... 17

Evolution des roles de superviseur et d'operateur selon les niveaux de la conduite automatisee19

Jean-François FORZY, Sabine LANGLOIS

Analyse des besoins, aide a la conception et acceptabilite du vehicule automatise25

Marlène BEL, Annie PAUZIE, Lyess FERHAT, Sami KRAIEM

Conception de navettes autonomes acceptables et securisees : quelques paradoxes30

Ferdinand MONEGER, Fabien COUTAREL, Ladislav MOTAK, Patrick CHAMBRES, Marie IZAUTE, Michel DHOME

SYMPOSIUM : CHARGE MENTALE EN SITUATIONS A RISQUES 39

Situations multitaches dans les secteurs de soins critiques de la reanimation medicale.....41

Virginie JOSSELIN, Silvia CALVINO GUNTHER

Le paradoxe securitaire d'un systeme de securite sur les tramways. L'hypothese cognitive et les moyens de resoudre ce paradoxe : l'experience de clermont-ferrand.....46

Robin FOOT

Alerte contresens sur autoroute : utilite pour la securite routiere vs. Risques de distraction51

Samuel AUPETIT, Audrey FAURRE, Sara ESCAICH, Stéphane CARO, Jean-Philippe PATTYN

La charge mentale... Au travers de quelques recherches anciennes d'ergonomie.....57

Jean-Claude SPERANDIO

SYMPOSIUM : APPORTS DE LA NEUROERGONOMIE AUX ETUDES PORTANT SUR LA MOBILITE 62

Impact du vagabondage de la pensee sur le traitement de l'information visuelle en conduite

automobile	64
<i>Guillaume PEPIN, Alexandra FORT, Christophe JALLAIS, Fabien MOREAU, Daniel NDIAYE, Jordan NAVARRO, Catherine GABAUDE</i>	
Strategies visuelles des conducteurs en virage selon le degre d'automatisation et la vitesse du vehicule	66
<i>Damien SCHNEBELEN, Franck MARS, Otto LAPPI, Callum MOLE</i>	
Lorsque l'utilisation d'un vehicule autonome devient une tache de distraction : une etude fnirs.....	72
<i>Antonio HIDALGO-MUNOZ, Christophe JALLAIS, Myriam EVENNOU, Daniel NDIAYE, Fabien MOREAU, Maud RANCHET, Romain DEROLLEPOT, Alexandra FORT</i>	
Automatisation et desengagement : l'apport de la neuroergonomie	74
<i>Bruno BERBERIAN, Jonas GOURAUD, Bertille SOMON, Aisha SAHAI</i>	
Apport de mesures physiologiques pour le suivi d'opérateurs en interaction	76
<i>Raphaëlle ROY, Caroline P. CARVALHO CHANEL, Kevin VERDIERE, Nicolas DROUGARD, Frédéric DEHAIS</i>	
Mesure de l'activite cerebrale pendant la marche dans la maladie de parkinson : etude pilote	77
<i>Maud RANCHET, Isabelle HOANG, Maxime CHEMINON, Romain DEROLLEPOT, Hannes DEVOS, Stéphane PERREY, Jacques LUAUTE, Teodor DANAILA, Laurence PAIRE-FICOUT</i>	

COMMUNICATIONS ORALES..... 79

SESSION 1 - CHARGE COGNITIVE ET MODULATION ATTENTIONNELLE..... 80

Tache dynamique vs statique : les effets de la charge mentale de travail sur la mobilisation de l'effort et l'adaptabilite comportementale avec une approche cardiovasculaire.....	81
<i>Charlotte MALLAT, Julien CEGARRA, Christophe CALMETTES, Rémi CAPA</i>	
Effets de stimuli externes non pertinents sur la creativite.....	87
<i>Charles MILLE, Sylvain FLEURY, Simon PASI, Kévin FOURNIER, Liza IZZOUZI, Sébastien DUCHOSSOY, Jean-Louis THOMAS, Olivier CHRISTMANN, Simon RICHIER</i>	
Modulation attentionnelle durant une tache de conduite automobile : effet des instructions verbales donnees en amont.....	97
<i>Emma HERNOUT, Charlotte TOSO, Gaël ALLAIN, Jordan NAVARRO</i>	
Vers une disparition de l'expertise routiere ? Comportement visuo-attentionnel des novices en conduite semi-autonome	106
<i>Sharon OUDDIZ, Céline LEMERCIER, Pierre-Vincent PAUBEL</i>	

SESSION 2 - ANALYSE DE L'ACTIVITE 115

L'analyse de l'activite pour concevoir des outils d'actimétrie permettant un travail et des usages raisonnées	116
<i>Irène GAILLARD, Vanina MOLLO, Amélie DUTRIEUX</i>	
Diagnostic des freins et des ruptures durant les déplacements urbains de personnes a mobilité	

reduite	124
<i>Charlotte HABICHE, Aline ROC, Véronique LESPINET-NAJIB, François DEMONTOUX, Jessica AMRANE-DELAFOSSÉ</i>	
Triangulation des méthodes dans une intervention ergonomique en binôme : quelles mises en place et quels apports pour analyser l'activité des voyageurs dans les transports ?	132
<i>Camille JULIEN, Céline RONDEPIERRE, Françoise DECORTIS, Gaëtan BOURMAUD, Sonia ADELE</i>	
Briefing et leadership transformationnel en sport de haut niveau.....	143
<i>Anne Claire MACQUET, Neville A. STANTON</i>	
Apports des entretiens d'auto-confrontation basés sur des vidéos oculométriques pour rendre compte des processus d'élaboration de la conscience de la situation	151
<i>Léonore BOURGEON, Vincent TARDAN, Baptiste DOZIAS, Françoise DARSEZ</i>	
<u>SESSION 3 – SANTE/HANDICAP</u>	<u>158</u>
Effets des manuels d'utilisation sur l'utilisabilité des dispositifs médicaux : les cas d'un tensiomètre et d'un oxymètre de pouls.....	159
<i>Noémie CHANIAUD, Emilie LOUP-ESCANDE, Natacha METAYER, Olga MEGALAKAKI</i>	
Difficultés et stratégies de mobilité urbaine avec un handicap cognitif : une étude par la technique des incidents critiques	167
<i>Romain DELGRANGE, Jean-Marie BURKHARDT, Valérie GYSELINCK</i>	
Projet innov-care : ruptures des parcours de soins des personnes en situation de handicap mental ou visuel.....	176
<i>Véronique LESPINET-NAJIB, Marie FISSOT, Bruno VALLESPIR, Alix THECLE, Jean-Marc ANDRE, Bernard ORIOLA, Christophe JOUFFRAIS, Antonio SERPA, Grégoire DENIS, Claudine BONAFOS, Muriel PONTIE, Quentin CHIBAUDEL, Henri KROMM, Amélie ROCHE, Karima DURAND</i>	
Adaptation de la démarche ergonomique en phase amont de la conception de technologies en santé : un retour d'expérience	185
<i>Emilie LOUP-ESCANDE, Annette VALENTIN, Natacha METAYER, Vincent RICQUEBOURG, Alice BIDART, Pierre DAMAY, Christophe BOISSON, Philippe CUVILLON, Noémie CHANIAUD</i>	
Déterminants de l'activité de gestion d'alertes épidémiologiques pour la conception de scénarios de simulation	195
<i>Liliane PELLEGRIN, Matthieu BOURRET, Gaëtan TEXIER, Nathalie BONNARDEL, Hervé CHAUDET</i>	
<u>SESSION 4 – INTERACTIONS HOMME-MACHINE</u>	<u>205</u>
Le phénomène de contentement : comparaison entre un automate de l'action et un automate de l'information	206
<i>Eugénie AVRIL, Jordan NAVARRO, Liên WIOLAND, Julien CEGARRA</i>	
Plateforme d'adaptation des dispositifs médicaux et des aides techniques : outil numérique destination des professionnels en établissement médico-social	214
<i>Quentin CHIBAUDEL, Véronique LESPINET-NAJIB, Karima DURAND, Laurence PIAN, Frédéric PIAN</i>	
<u>SESSION 5 – LES NOUVELLES TECHNOLOGIES ET LEUR USAGE</u>	<u>224</u>

Les usages possibles des drones - prealable a l'étude de leurs futures acceptabilites	225
<i>David ROBIN, Philip LOUCOPOULOS</i>	
Questionnement de la synchronisation de l'information par les usages logiciels en conception architecturale collaborative.....	234
<i>Xaviera CALIXTE, Samia BENRAJEB, Guillaume GRONIER, Pierre LECLERCQ</i>	
Cyber-attaques : organiser la confiance	243
<i>Florent BOLLON, Nicolas MAILLE, Anne-Lise MARCHAND</i>	
De la proliferation des mots de passe : modele des strategies des usagers pour l'authentification	251
<i>Robin HERON, Stéphane SAFIN, Anne BATIONO-TILLON</i>	
<u>SESSION 6 – SERIOUS GAME ET INTERNET</u>	260
Evaluation de l'experience fonctionnelle et vecue d'une version gamifiee et non gamifiee d'une meme interface professionnelle	261
<i>Cathie MARACHE-FRANCISCO, Eric BRANGIER</i>	
Effet des habiletés de raisonnement spatial dynamique et de l'utilisation de jeux video sur l'apprentissage d'animations complexes.....	271
<i>Laurie PORTE, Jean-Michel BOUCHEIX, Richard K. LOWE, Mireille BETRANCOURT, Patrick BARD</i>	
Rechercher de l'information sur internet : effets de la complexite de la tache et des connaissances anterieures sur le comportement de recherches d'eleves de college	279
<i>Francisco MARTIN-GOMEZ, Jean-Christophe SAKDAVONG, Aline CHEVALIER</i>	
Icones ou etiquettes textuelles ? Leurs effets sur le choix des liens lors d'une tache de navigation sur tablette en fonction de l'age des internautes.....	289
<i>Cheyenne DOSSO, Aline CHEVALIER</i>	
Les emotions positives et l'orientation de l'attention : effet des affects et des stimuli emotionnels sur la recherche d'information sur internet.....	297
<i>Simon BRAZEY, Laure LEGER</i>	
<u>SESSION 7 – L'ERGONOMIE AU TRAVAIL.....</u>	306
Industrie du futur et pme. Le travail, la robotique collaborative et les dirigeants d'entreprises : premiers constats	307
<i>Anne Cécile LAFEUILLADE, Flore BARCELLINI, Willy BUCHMANN</i>	
Industrie 4.0 – l'impact de la transformation numerique sur l'activite des techniciens de production et de maintenance dans un grand groupe industriel.....	318
<i>Emma CIPPELLETTI, Myriam LEWKOWICZ</i>	
Insertion d'une application metier sur un chantier de rehabilitation : reorganisation du travail d'articulation au sein de l'activite de "levee de reserves"	326
<i>Elodie CHAMBONNIERE, Jacqueline VACHERAND REVEL, Bruno ANDRIEU</i>	
<u>SESSION 8 – REALITE VIRTUELLE ET AUGMENTEE.....</u>	336

Etude de l'acceptation de la realite virtuelle : complementarite de l'etude des perceptions des utilisateurs et de leur utilisation reelle de la technologie.....	337
<i>Camille SAGNIER, Emilie LOUP-ESCANDE, Gérard VALLERY</i>	
Realite virtuelle et biofeedback: application a l'entrainement de rugbywomen de haut-niveau	342
<i>Romain LALANNE, Yannick DAVIAUX, Jean-Christophe PARIS, Sami LINI</i>	
Evaluation facteurs humains des systemes innovants en realite virtuelle pour le domaine naval militaire	349
<i>Rozenn COUTELLIER, Chantal MAÏS</i>	
L'introduction de la realite mixte au sein des environnements de travail	359
<i>Lucie LEFEVRE, Sylvain LEDUC</i>	
Quand la fiction depasse la realite : influence de la nature humaine ou virtuelle de l'interlocuteur sur la perception d'intimite	365
<i>Delphine POTDEVIN, Nicolas SABOURET, Céline CLAVEL</i>	
<u>COMMUNICATIONS AFFICHEES</u>	<u>374</u>
Methodologie ergo-design pour la conception d'une machine sociale integree a l'ecosysteme de foyers de retraites actifs	375
<i>Dominique DEUFF, Isabelle MILLEVILLE-PENNEL, Ioana OCNARESCU</i>	
Influence de la composition des affichages tete-haute sur la performance et l'experience des joueurs novices et experts dans les jeux moba	380
<i>Maxime DELMAS, Loïc CAROUX, Céline LEMERCIER</i>	
Representations des facteurs en jeu dans la creation de relations amicales en ligne : le cas du site « faire-des-amis.com »	385
<i>Corentin MASSONNEAU, Nadia GAUDUCHEAU, Matthieu TIXIER</i>	
Quels espaces d'echanges dans l'entreprise ? Un exemple de theatre-forum pour les problemes de connexion	390
<i>Ophélie MORAND, Béatrice CAHOUR, Vincent GROSJEAN, Marc-Eric BOBILLIER-CHAUMON</i>	
Effet de l'activite realisee en phase de delegation de conduite sur l'etat cognitif du conducteur et la performance lors de la reprise en main du vehicule	395
<i>Marie JAUSSEIN, Catherine GABAUDE, Jordan NAVARRO</i>	
Projet thalie : utilisabilite d'un logiciel d'evaluation des troubles cognitifs par des personnes agees souffrant de demence de type alzheimer	398
<i>Véronique LESPINET-NAJIB, Patrica SAGAPSE, Sylvie POULETTE, Thierry LEBRUN, Emilie FOUCHER, Anne BESSOUS, Camille MONTAGUT, Morgane LEDOUX, André JOLY</i>	
Evaluation de manuels d'utilisation en fonction du resultat de l'utilisabilite d'un tensiometre	403
<i>Noémie CHANIAUD, Emilie LOUP-ESCANDE, Natacha METAYER, Olga MEGALAKAKI</i>	
Etude des facteurs d'adoption des technologies intelligentes au sein des organisations touristiques : role et influence du dirigeant au sein des musees.....	408
<i>Pierre FLANDRIN, Isabelle CLOQUET, Isabelle BAUTHIER, Vincent JUZIAK, Cécile VAN DE LEEMPUT, Catherine HELLEMANS</i>	

Etude comparative de vehicules semi-autonomes en conduite reelle : effet du tableau de bord sur les emotions et la charge mentale du conducteur.....413

Noé MONSAINGEON, Axelle MOUGINE, Loïc CAROUX, Sabine LANGLOIS, Céline LEMERCIER

Gestes de la tete pour la creation de raccourcis de navigation informatique418

Rémy EVRARD, Bruno MANTEL, Clément VANDEVIVERE, Aurélie PEILLON, Manon VEILLARD, Stéphanne BESNARD, Georges LAMY AU ROUSSEAU, Marie-Laure BOCCA

DOCTORIALES..... 423

Complexite de la tache et connaissances anterieures dans la recherche d'informations sur internet aupres d'adolescent en milieu scolaire : etude des processus cognitifs et implications ergonomiques de la decision d'arret.424

Francisco MARTIN-GOMEZ

Analyse de l'activite de co-conception : influence d'un artefact mixte et contribution de la fonction gestuelle dans un environnement de realite augmentee spatiale.....432

Maud POULIN

Concevoir pour des activites instrumentees par des dispositifs d'assistance intelligents.....439

Marion GRAS-GENTILETTI

La confiance dans l'interaction humain-robot : le cas du vehicule autonome et des autres usagers de la route448

Flavie BONNEVIOT

Apport de la neuro-ergonomie a la definition des modalites de reprise en main d'un vehicule a delegation de conduite.....455

Marie JAUSSEIN

Acceder au reel du travail de maintenance sur helicoptere461

Camille MURIE

Conception ergonomique d'une formation utilisant les outils de l'industrie du futur469

Raphaël PABLO

CONFERENCES INVITEES

*Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les
petites histoires de l'ergonomie sans jamais oser le
demander*

Eric Brangier

Laboratoire PErSEUs : Psychologie Ergonomique et Sociale pour l'Expérience Utilisateurs. EA 7312
Université de Lorraine - Faculté des Sciences Humaines et Sociales - Ile du Saulcy - BP 60228 - 57045
METZ cedex 01
eric.brangier@univ-lorraine.fr



RÉSUMÉ

La grande leçon « Histor(e)s de l'ergonomie » que nous avons réalisée avec Annie Drouin a été l'occasion de filmer 42 personnages de l'ergonomie, de monter 10 heures de films, de rassembler des documents de manière à produire des supports pédagogiques et d'aboutir à un produit vidéographique accessible dans le monde entier, gratuit, dématérialisé et consulté depuis de nombreux pays. Cette aventure passionnante a aussi été l'occasion de découvrir de petites anecdotes sur la « réalité de l'activité » des ergonomes, sur une histoire telle qu'elle se fait. Saviez-vous qu'un célèbre ergonome conviait ses doctorants à déguster de grands vins, avec un bandeau sur les yeux ? Imaginez-vous que c'est une conversion religieuse du père d'un autre célèbre ergonome qui a favorisé sa révélation ergonomique, en lui forgeant des valeurs liées au travail ? Saviez-vous que l'on peut basculer de l'ergonomie à la politique ? Petites anecdotes... sans aucun doute ! Mais ces indiscretions glanées parfois hors caméra nous racontent que les ergonomes sont chaleureux, drôles, passionnés par le travail et passionnants dans leurs relations aux autres...

UX Design: Chaos ou Kairos?

Carine Lallemand

Professeure adjointe, Eindhoven University of Technology & Université du Luxembourg.

c.e.lallemand@tue.nl



RÉSUMÉ

A la croisée de multiples disciplines, le design d'expérience utilisateur (UX) s'établit peu à peu comme un champ à part entière. Mais la pluridisciplinarité caractéristique de l'UX - qui constitue aussi sa principale richesse - lui profite-t-elle vraiment à l'heure actuelle ? Alors que la demande sur le marché explose, l'académique tente de s'adapter, mais l'industrie évolue, se transforme et croît encore plus rapidement. Le développement des nouvelles technologies et services va plus vite que le développement des connaissances et des bonnes pratiques. Les nouveaux professionnels, issus de formations variées et encore incomplètes, ne sont pas parfaitement équipés pour affronter les réalités du terrain. Côté recherche, l'UX gagne du terrain : design, marketing, ingénierie, ergonomie et IHM, management de l'innovation ou encore sciences humaines - chaque discipline l'étudie selon sa perspective, tentant de légitimer ses méthodes et outils. Avec le temps, les frontières se dissolvent et les approches convergent, mais les jargons diffèrent. Si on prône le multidisciplinaire, au fond, on le pratique peu. En recherche comme en pratique, le panorama actuel de l'UX a tout du chaos. Mais on peut avoir une lecture plus optimiste de la situation. Rarement autant de disciplines n'avaient été unies par un but commun : façonner de 'meilleures' expériences humaines. À travers la technologie mais pas uniquement. En grec ancien, plusieurs concepts servent à représenter la notion du temps. Le plus connu est 'Chronos', le temps chronologique. Son homologue 'Kairos' désigne quant à lui le temps de l'occasion opportune. Le « bon moment ». A travers cette conférence, nous illustrerons différentes approches de l'UX design pour comprendre leurs forces et leurs limites. Nous soulignerons les nécessaires articulations entre ces disciplines et les implications pour nos pratiques. Car pour transformer le 'chaos' en 'Kairos', il faut saisir l'opportunité avant qu'elle ne passe.

Communicating with automated vehicles

Joost C.F. de Winter

Associate professeur – Ergonomie. Department of Cognitive Robotics, Delft University of Technology
J.C.F.deWinter@tudelft.nl



RÉSUMÉ

Automated vehicles (AVs) are arriving. Automation is expected to bring significant benefits to road safety, but may also induce new types of accidents. Unless all AVs are fully autonomous (a utopian scenario), there will still be an appreciable role for the human. In this talk, I will focus on our research about human-AV interaction and communication from three different perspectives: (1) communicating to the human inside the AV, (2) reading the state of the human inside of the AV, and (3) communicating to humans outside of the AV. This talk will conclude with a number of questions and unknowns regarding Human Factors of automated driving.

SYMPOSIUMS

Symposium : Véhicules autonomes, enjeux ergonomiques

Organisé par

Stéphanie Coeugnet

Vedecom, 23 bis Allée des Marronniers, Versailles
stephanie.coeugnet-chevrier@vedecom.fr

Béatrice Cahour

CNRS i3 Telecom ParisTech, 46 Rue Barrault, 75013 Paris
beatrice.cahour@telecom-paristech.fr

Jean-Marie Burkhardt

IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, 25 Allée des Marronniers, Versailles
jean-marie.burkhardt@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

Depuis plusieurs décennies, l'Ergonomie s'est intéressée à la mise en place de processus automatisés dans le travail, ainsi qu'à la manière dont ils modifient l'activité humaine (ex. taylorisme, déploiement de l'informatique, pilotage automatique dans l'aéronautique). La mise en place de l'automatisation – partielle ou totale - correspond généralement à une quête d'amélioration de la performance et de réduction de la pénibilité et du risque associé. Aujourd'hui, la mobilité humaine est concernée par l'introduction des véhicules automatisés dans lesquels il est envisagé une montée en puissance progressive de la délégation des actions de conduite du conducteur au véhicule. Des véhicules dits de « niveau 2 » (contrôle longitudinal et latéral délégué au véhicule, SAE, 2016) sont déjà en circulation sur des portions de route à chaussées séparées, des véhicules. Pour ces véhicules à l'arrivée sur le marché imminente, le système de conduite assure toutes les actions de contrôle, mais le conducteur doit être prêt à intervenir à tout instant pour reprendre la conduite. En parallèle, l'état français encourage la mise en œuvre d'expérimentations à grande échelle avec des véhicules plus hautement automatisés (niveaux 4, 4+) ne nécessitant plus ou peu l'intervention de l'humain. Aussi, au-delà des progrès technologiques requis pour automatiser totalement la conduite, l'activité humaine liée à la mobilité s'en trouve modifiée profondément et à de nombreux niveaux : le conducteur qui devient partiellement voire quasi-intégralement passager, l'utilisateur de transport collectif qui devra emprunter des navettes autonomes, les personnes se trouvant à partager l'espace routier avec le véhicule automatisé (autres conducteurs dans un véhicule conventionnel, piétons, cyclistes et autres usagers vulnérables, etc.). D'ailleurs, à un niveau intermédiaire d'automatisation, le même conducteur peut être amené à alterner sur un parcours donné entre un rôle d'opérateur/conducteur et celui de superviseur, faisant ainsi appel à des processus cognitifs différents et modifiant les schèmes de conduite actuels, cette activité étant elle-même fortement automatique. A ce titre, une piste de recherche repose sur le monitoring de l'état du conducteur qui vise à donner la main à celui-ci uniquement s'il est prêt ou disposé à le faire. Si ce n'est pas le cas, une manœuvre de risque minimum est mise en place (i.e., freinage, arrêt en pleine voie ou sur bande d'arrêt d'urgence). Aussi, afin de garantir l'acceptabilité, la sécurité et l'adéquation entre le fonctionnement humain et celui de la machine, de nombreux champs sont à investiguer par les chercheurs en Psychologie ergonomique et Ergonomie. En termes de conception et au-delà de la

technologie, il est important de prendre en compte les besoins des futurs usagers à la fois dans la conception des véhicules eux-mêmes mais aussi dans celle des interfaces homme-machine qui y seront intégrées. La conception centrée-utilisateurs est également incontournable pour construire la fiabilité que devront avoir ces véhicules, ainsi que l'image positive et sécuritaire et son acceptabilité par les futurs usagers. En termes d'usage, l'anticipation des comportements des conducteurs est primordiale dans la mise en œuvre de la coopération homme-machine pour garantir la sécurité. A ce titre, des problématiques de formation à la conduite autonome et la gestion du risque de perte de compétences sont de plus en plus mises en lumière, le conducteur passant du statut d'opérateur à superviseur en fonction du niveau d'automatisation, du type d'infrastructure et du type de situation, et cela parfois dans des situations non planifiées.

Ce symposium, proposé en lien avec la commission d'ARPEGE « Nouvelles mobilités et déplacements : activité, vécu, prospective », mettra l'accent sur ces problématiques au travers de la présentation d'expérimentations sur site réel ou en réalité simulée/augmentée, et des résultats obtenus. Les 3 présentations de chercheurs académiques et industriels portent sur [1] l'apport de l'Ergonomie à la lecture des différents niveaux d'automatisation, [2] l'analyse des besoins, l'évaluation de l'acceptabilité et l'aide à la conception des IHMs de reprise en main et des fonctions de monitoring et [3] la conception et l'évolution de l'acceptabilité de navettes autonomes.

MOTS-CLES

Véhicules autonomes ; ergonomie ; acceptabilité ; niveaux d'automatisation ; conception

Evolution des rôles de superviseur et d'opérateur selon les niveaux de la conduite automatisée

Jean-François Forzy

Département UX de la direction de la recherche, TCR Renault Guyancourt
Jean-Francois.Forzy@Renault.com

Sabine Langlois

Département UX de la direction de la recherche, TCR Renault Guyancourt
Sabine.langlois@Renault.com

RÉSUMÉ

L'évolution des rôles du conducteur/usager liée à l'automatisation de la conduite automobile nous semble être au cœur de la problématique ergonomique de l'introduction de la conduite autonome. Nous proposons dans cette présentation une vue de synthèse des principaux enjeux selon l'évolution des rôles du conducteur induite par les niveaux d'automatisation basés sur la grille SAE (SAE 2016). Une grille de lecture ergonomique et facteur humain des niveaux d'automatisation est ainsi proposée et discutée.

MOTS-CLES

Niveaux d'automatisation ; Conduite automatisée ; Ergonomie ; Facteurs humains.

1. INTRODUCTION

Le niveau 0, celui de la conduite manuelle, servira de référence à l'analyse des autres niveaux. Le conducteur y est à la fois superviseur (celui qui surveille) et opérateur de la conduite (celui qui agit) au moyen des organes effecteurs que sont le volant et les pédales. Il peut bénéficier d'ADAS (Advance Driver-Assistance Systems) de type informatif (e.g. Limiteur de Vitesse) et/ou d'automatisme de sécurité à action brève (e.g. AEB = Autonomous Emergency Braking).

Le niveau 1, celui des ADAS de la délégation en continu mais limitée à une dimension de la conduite, que ce soit le contrôle longitudinal (ACC Adaptive Cruise Control, ACC stop and go...) ou latéral (LKA Lane Centering Assist...), introduit la question d'une première dissociation des rôles de superviseur et d'opérateur. Un certain nombre d'avantages et de limites de ces systèmes seront rapidement discutés.

Le niveau 2, celui des ADAS avec délégation simultanée des dimensions opératoires de la trajectoire et de la vitesse, dissocie plus encore le rôle de superviseur, qui reste à charge du conducteur, et celui d'opérateur, pris en charge par le système. Cette décomposition des rôles pose la question de la réintroduction immédiate du conducteur dans son rôle d'opérateur quand le système atteint ses limites, ou en cas de défaillance de celui-ci.

Le niveau 3, et dans une moindre mesure le niveau 4, niveaux où la conduite est déléguée au système, pose la question de la réintroduction du rôle d'opérateur dans un temps différé. Il ne s'agit plus d'ADAS, comme dans les niveaux précédents, dans le sens où le conducteur n'a plus, cette fois, à surveiller en continu la scène de conduite. En particulier se pose alors la question d'une

réintroduction technique « binaire » des rôles d'opérateur et de superviseur, par rapport à un processus psychologique beaucoup plus progressif de reprise de conscience de la situation.

Enfin le niveau 5, qui est celui des navettes et des robot-taxis, pose une évolution ultime qui inscrit l'utilisateur dans un rôle exclusivement de passager.

Les définitions des niveaux d'automatisation, introduites ci-dessus, sont celles proposées par les organismes dits de « pré normalisation » (SAE, NHTSA...). Il est grand temps, selon nous, de les accompagner, d'une grille de lecture ergonomique et facteur humain, dont nous nous proposons ici de résumer les clefs principales.

2. GRILLE DE LECTURE ERGONOMIQUE ET FACTEUR HUMAIN DES NIVEAUX D'AUTOMATISATION

2.1. Clef 1 : Conserver l'humain dans la boucle

Dans la mesure où la définition de l'ADAS rend nécessaire de garder le conducteur dans la boucle de surveillance de la conduite, il est crucial de prendre en compte, à la source de la conception, cette caractéristique majeure.

L'écueil, bien connu des ergonomes (Banks 2018), (Molloy 1996), est de placer le conducteur dans une position uniquement de superviseur, sans qu'aucune action pragmatique (Rabardel 1997) du type freinage, accélération ou action sur le volant ne soit requise en situation nominale. En effet on place ainsi le conducteur, aux limites du système, devant un double « paradoxe » (Bainbridge 1983).

D'une part les limites du système sont souvent des situations complexes dans lesquelles il serait précisément utile d'assister le conducteur. D'autre part : il est demandé au conducteur de faire face à la situation de reprise en main, avec des performances de conduite similaires à celles qu'il aurait eues en situation de conduite manuelle, alors que l'on sait qu'après une période d'inaction (en particulier une période longue (Feldhütter 2017) les performances sont amoindries :

- que ce soit d'un point de vue quantitatif (temps de réaction...),
- de qualité de la manœuvre réalisée (Poisson 2018),
- ou de capacité à rester attentif (Carsten 2012).

Par conséquent les ADAS les plus efficaces seraient, soit :

- Celles de nature uniquement informative, voire « suggestive » (Navarro 2009), car, à partir du moment où les ADAS se substituent à toutes actions concrètes, elles émoussent les capacités du conducteur à faire face à la situation (Strand 2014 ; Banks 2018).

- Celles de nature substitutive, quand les marges temporelles sont si faibles (de l'ordre d'une ou deux secondes), qu'elles ne permettent plus au conducteur de réagir efficacement, et où l'assistance automatique devient alors clairement plus performante (e.g. AEB).

- Quand l'objectif est qu'il n'y ait plus d'actions manuelles de la part du conducteur, nous pensons qu'il convient alors de « franchir le pas » d'une nouvelle étape de délégation, où l'activité de surveillance n'est plus requise.

2.2. Clef 2 : Définir les bonnes conditions de la reprise en main pour les niveaux 3 et 4.

Par nature, un système de niveau 3 ou 4 va demander à l'utilisateur de reprendre la conduite. Un système de niveau 3 exige que le conducteur reste réceptif aux alertes du véhicule (« be receptive » selon le document SAE) car le temps alloué à la reprise en main peut être limité. L'exigence est moindre pour le niveau 4 car le système sait toujours s'arrêter en toute sécurité, mais le document SAE n'explique pas clairement la nature de cette manœuvre d'immobilisation et donc l'impact sur le

rôle du conducteur : est-ce une manœuvre analogue à celle d'un conducteur humain limitant l'impact sur les autres usagers ? Est-il possible au conducteur de dormir ?

Afin d'aider le conducteur à reprendre sereinement la main, il convient de :

1. Déterminer la nature de la reprise en main induite par les caractéristiques techniques du système
2. Considérer le cas où le conducteur ne répond pas à l'appel (le niveau 3 ne paraît pas acceptable de ce point de vue dans la définition SAE).
3. Identifier les bonnes IHM

La reprise en main sera de nature anticipée si le système atteint les limites de son domaine d'opérationnalité (« operational design domain »), par exemple l'approche d'une sortie d'autoroute ou de voie à chaussées séparées. Le bénéfice de prévenir le plus en avance possible le conducteur, c'est-à-dire de lui accorder un budget temporel d'au moins 10s, a été montré : en effet certains auteurs montrent que les conducteurs peuvent mettre jusqu'à plus de 20s pour reprendre la main (Eriksson, 2017).

Si en revanche, le système est face à une situation inattendue qu'il ne peut gérer (e.g. réaliser un changement de voie pour éviter une zone de travaux) ou si une défaillance arrive, le budget temporel sera réduit. Il ne doit toutefois pas descendre en deçà de 10s, si bien que la manœuvre d'immobilisation doit potentiellement démarrer dès la demande de reprise en main : il faut alors veiller à ce que la décélération appliquée reste en deçà d'un certain seuil, pour ne pas gêner le retour en mode manuel. Il est par ailleurs impératif de prévoir systématiquement une manœuvre d'immobilisation du véhicule pour le cas où le conducteur ne reprenne pas la main, y compris en niveau 3 : le système doit attendre une action de la part du conducteur pour se désactiver. En effet plusieurs études ont constaté que certains participants ne répondaient pas à la demande du véhicule dans le budget temporel imparti : cf. (Gold, 2013) et (Young, 2007). L'action attendue doit être suffisante : remettre les mains sur le volant est nécessaire mais ne suffit pas car cela ne correspond qu'au retour vers la posture physique de conduite et non vers l'état mental adéquat (perception et analyse de l'infrastructure et du trafic, décision de la manœuvre adaptée). L'action attendue ne doit pas être contraignante : le conducteur doit être libre de l'action à réaliser dans le contexte, ainsi une action pédale n'est pas nécessairement requise si le trafic est tel que laisser le véhicule décélérer convient. Par conséquent, une action sur une commande pour désactiver doit faire partie des possibilités offertes au conducteur pour reprendre la main.

Plusieurs études ont montré l'influence de l'IHM non seulement sur le temps de réaction mais aussi la qualité de la reprise en main. Zhang (Zhang, 2019), qui fait la synthèse de 129 études, indique que les IHM multimodales, composées de signaux visuels, sonores et / ou haptiques, permettent de réduire le temps de réaction par rapport aux IHM visuelles. Nous avons montré l'intérêt d'un afficheur tête haute de réalité augmentée, permettant de superposer les informations directement sur la scène de conduite, tendait à améliorer la performance de conduite, sans toutefois l'amener au niveau de la conduite manuelle (Langlois, 2018). L'étude de Belderbos, avec un cockpit multimodal (son spatialisé, LED sur le volant, siège haptique) amène un résultat similaire (Belderbos, 2015). D'autres études, avec afficheur tête haute (Lorenz, 2014) ou signaux visuels périphériques (LED sur le volant) (Borojeni, 2016), indiquent que l'IHM permet de guider le conducteur vers une manœuvre adaptée à la situation, en particulier s'il convient d'éviter un obstacle.

2.3. Clef 3 : reconsidérer la répartition tâches principales / tâches annexes et les attendus du monitoring

Aujourd'hui la prise en compte des tâches annexes à la conduite (dites de « vie à bord ») comme : écouter la radio, téléphoner en main libre, saisir une adresse pour le système de navigation ... font l'objet de principes de conception (e.g. ESOP 2008) qui ont été élaborés entre chercheur(e)s

de différents horizons (organismes publics, constructeurs, équipementiers...) et font l'objet d'un engagement formel des constructeurs à cadrer l'activité des systèmes de vie à bord embarqués avec un résultat globalement satisfaisant en termes de gestion des risques de distraction (Position Paper PFA 2013)

Avec l'essor des ADAS (nous excluons ici les ADAS informatives et de sécurité), on se retrouve devant une nouvelle difficulté qui est celle des risques accrus de somnolence (Drowsiness) ou de surinvestissement dans les tâches annexes de vie à bord. Le paradoxe ergonomique est le suivant : doit-on continuer à sophistiquer les assistances au conducteur, sans qu'il soit forcément aisé d'identifier les apports ergonomiques en termes de confort et de sécurité, alors que ces assistances vont nécessiter la mise en place de moyens techniques complexes à fiabiliser pour contrer des effets indésirables clairement identifiés.

Ce débat, qui dépasse la dimension purement ergonomique, reste encore largement ouvert, quoiqu'il en soit, le pas de progrès que représente le passage à la délégation de la tâche de supervision, est pour ces raisons aussi une évolution souhaitable :

D'une part, on ouvre le champ des activités de vie à bord possible, et d'autre part les besoins de monitoring se voient largement simplifiés puisqu'il ne s'agit plus de savoir si le conducteur est diminué dans ses capacités (immédiates) de conduite mais uniquement s'il est diminué dans ses capacités (différées) de reprise en main. Ce qui est en pratique plus simple, même si la question devient alors adossée à celle de la nature des reprises en main requises par le système (Cf Clef 2).

2.4. Clef 4 : Développer l'information/formation des utilisateurs

Aujourd'hui l'apprentissage de la conduite se fait au niveau 0 (manuel), et les ADAS ne font pas réellement l'objet de formation ou de programme standardisé de mise en main. Pourtant l'essor considérable des ADAS, et prochainement celui de la conduite autonome, entraîne des modifications majeures dans la façon de conduire.

Certaines recherches ont permis d'établir l'apport que l'information/formation pouvait amener et la nature des connaissances qui devaient être dispensées. En particulier, des études ont permis de mettre en évidence l'apport et la spécificité que représentait la projection expérientielle dans l'usage (au travers de différents moyens techniques : film (Cahour 2009), simulation de conduite, réalité virtuelle (Sportillo 2017) pour développer les connaissances nécessaires à gérer les situations limites. Ces connaissances sont de nature « expérientielles », dans le sens où il s'agit d'un apprentissage par la mise en situation. Elles complètent les connaissances déclaratives (sur le fonctionnement du système, le partage des rôles, le domaine d'opérationnalité du système ...) et procédurales (sur les modalités d'actionnement de désactivation, de setting ...).

La diffusion de ces connaissances expérientielles représente un enjeu important pour l'introduction des systèmes de conduite autonome car ce sont celles qui vont permettre de s'assurer que le conducteur sera faire face aisément aux nouvelles situations auxquelles il sera confronté avec les systèmes à délégation, en particulier les situations de transitions et de reprises en main.

Les organismes publics appellent eux aussi à un renforcement des actions de formation/information au conducteur avec l'introduction des systèmes de délégation incluant la supervision de la conduite (NHTSA 2016).

De notre côté, nous pensons que cela représente une double opportunité pour la prise en compte de l'ergonomie et du facteur humain dans la conception des systèmes :

1. La conception des supports d'information et de communication devrait faire partie intégrante du processus de conception, d'évaluation et de validation du produit ; comme peut l'être par exemple la question de l'IHM ou de la contrôlabilité du système (Response 3 2009)

2. Ces points pourront faire l'objet d'une traçabilité dans l'évolution de la conception du système de manière à s'assurer qu'ils seront bien explicables et expliqués à l'utilisateur. La détection d'une information trop complexe devrait pouvoir faire l'objet d'une réorientation suffisamment tôt dans le processus de conception.

3. CONCLUSION

Dans ce papier, nous avons développé l'idée que les taxonomies usuelles pour classer les niveaux d'automatisation ne rendent pas bien compte des véritables enjeux ergonomiques et du facteur humain que pose l'introduction de ces évolutions pourtant majeures.

Il nous paraît important que la recherche, tant publique que privée, dans le domaine de l'ergonomie et du facteur humain, poursuive une réflexion approfondie sur les paradoxes de l'automatisation pour identifier les clefs ergonomiques à une conception réussie des systèmes. Les clefs proposées concernent : les niveaux adéquats d'automatisation selon les objectifs de prestation visée ; les modalités d'interaction adaptées aux caractéristiques des niveaux ; une nouvelle réflexion sur le partage des activités de conduite et de vie à bord ; et pour finir l'information et la formation pour accompagner l'introduction de ces systèmes.

4. BIBLIOGRAPHIE

Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), 775–779.

Banks V., Eriksson A., O'Donoghue J., and Stanton N.A.) Is partially automated driving a bad idea? Observations from an on-road study. 2018

Belderbos, C. A. (2015). *Authority transition interface: A human machine interface for taking over control from a highly automated truck*. Master thesis, TU Delft.

Borojeni, S. C. (2016). Assisting Drivers with Ambient Take-Over Requests in Highly Automated Driving. *Automotive User Interfaces*.

Cahour, B. Forzy, JF. Does projection into use improve trust and exploration? An example with a cruise control system. *Safety Science* 52009° 1260-1270

Carsten O., Lai F.C. , Barnard Y. , Jamson A.H. and Merat N. (2012) Control Task Substitution in Semiautomated Driving : Does It Matter What Aspects Are Automated? *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*.

Code of Practice for the Design and Evaluation of ADAS (2009). Response 3 Prevent Project Eriksson,

A. &. (2017). Takeover time in highly automated vehicles: noncritical transitions. *Human Factors*, 59, 689–705.

European Statement of Principles on the design of human-machine interface (ESoP 2008).

Feldhütter, A., Gold, C., Schneider, S., & Bengler, K. (2017). How the duration of automated driving influences take-over performance and gaze behavior. In C. M. Schlick, S. Duckwitz, F. Flemisch, M.Frenz, & S. Kuz (Eds.), *Advances in ergonomic design of systems, products and processes* (pp. 309–318).

Gold, C. L. (2013). Partially automated driving as a fallback level of high automation. *Tagung Fahrerassistenzsysteme. Der Weg zum automatischen Fahren*, 6.

Langlois, S. S. (2018). Augmented reality versus classical HUD to take over from automated. *IEEE ITSC*.

Lorenz, L. K. (2014). Designing take over scenarios for automated driving. How does augmented reality support the driver to get back into the loop? *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*.

- Molloy, R, Parasuraman, R 1996. Monitoring an automated system for a single failure: vigilance and task complexity effect.
- Navarro J., Mars F., Forzy J.F. , El-Jaafari M. , Hoc JM (2009) Objective and subjective evaluation of motor priming and warning systems applied to lateral control assistance. Accident Analysis Prevention
- NHTSA : automated driving systems 2.0: a vision for safety
- Poisson C. (2018) : Concevoir un véhicule autonome pour le développement : Contribution de la compréhension de l'activité et des genèses instrumentales des conducteurs en situation de conduite déléguée pour la conception. Thèse de doctorat Paris VIII
- Prévention de la distraction au volant (2013) Position Paper du CSTA 4 ADAS et ITS liés à la sécurité.
- Rabardel P. Les hommes et les technologies approche cognitive des instruments contemporains. PUF 1997
- SAE J3016, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (J3016:SEP2016).
- Sportillo, D., Paljic, A., Boukhris, M., Fuchs, P., Ojeda, L., & Roussarie, V. (2017). An Immersive Virtual Reality System for Semi-autonomous Driving Simulation. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computer and Automation Engineering - ICCAE '17* (pp. 6–10). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3057039.3057079>
- Strand, N., Nilsson, J., Karlsson, I. C. M., & Nilsson, L. (2014). Semi-automated versus highly automated driving in critical situations caused by automation failures. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 218–228.
- Young, M. S. (2007). Back to the future: Brake reaction times for manual and automated vehicles. *Ergonomics*, 50, 46-58.
- Zhang, B. d. (2019). Determinants of take over time from automated driving: A meta-analysis of 129 studies. *under publication*.

Analyse des besoins, aide à la conception et acceptabilité du véhicule automatisé

Marlène Bel

Vedecom, 23 bis allée des Marronniers – 78000 Versailles
marlene.bel@vedecom.fr

Annie Pauzié

Ifsttar/Lescot, 25 avenue François Mitterrand
annie.pauzie@ifsttar.fr

Lyess Ferhat

Ifsttar/Lescot, 25 avenue François Mitterrand
lyess.ferhal@ifsttar.fr

Sami Kraiem

Vedecom, 23 bis allée des Marronniers – 78000 Versailles
sami.kraiem@vedecom.fr

RÉSUMÉ

Cette étude en deux volets a permis de recueillir et d'analyser les besoins des conducteurs en termes d'acceptabilité et d'usage potentiel du véhicule automatisé (VA). Dans le premier volet, l'analyse s'est focalisée sur les besoins en phases de transition, notamment lors du passage de la conduite automatisée à la reprise manuelle, phase cruciale pour la sécurité routière d'un point de vue facteur humain. La méthodologie était qualitative, de type Focus Groups, sollicitant une population diversifiée selon l'âge, l'expérience de conduite et la motivation du déplacement. Le second volet a étudié le lien entre acceptabilité du véhicule automatisé et préférences exprimées de ses différents niveaux d'automatisation et de ses fonctionnalités (e.g., monitoring). La méthodologie utilisée était quantitative, utilisant le principe du questionnaire en ligne (N=2619). Les résultats obtenus ont permis de fournir des recommandations de conception aux développeurs concernant les modalités d'interactions Humain/VA, prenant en compte les besoins et les préférences des futurs utilisateurs dans leur diversité, ceci dans une démarche de conception centrée sur l'humain.

MOTS-CLES

Conception centrée utilisateur ; Véhicule automatisé ; Analyse des besoins ; Acceptabilité ; Monitoring.

1. INTRODUCTION

Le concept de véhicule automatisé (VA) est aujourd'hui largement répandu, avec un grand espoir en termes de sécurité routière. Toutefois, le conducteur humain jouera toujours un rôle appréciable pendant plusieurs décennies jusqu'à ce que la tâche de conduite soit automatisée sur l'intégralité du réseau routier et que le véhicule soit entièrement automatisé (Alecandri et al., 1992).

Alternant conduite automatisée et conduite manuelle en fonction de la zone du réseau mais aussi en fonction du niveau d'automatisation du véhicule, ces phases transitoires devront être gérées par les futurs conducteurs. Parallèlement, ces derniers devront accepter de déléguer partiellement leur activité de conduite à ce nouvel objet de mobilité : un niveau d'automatisation élevé entraînant des phases de conduite automatisée plus importantes et donc une propension à déléguer la conduite plus élevée. Or, les propriétés fonctionnelles d'un système, quel qu'il soit, ne sont pas garanties d'être acceptées par son utilisateur. Il est important de considérer les besoins dans une démarche de conception centrée sur l'humain (Pauzié et al., 2010) puis d'étudier son acceptabilité afin de déterminer les éventuels points bloquants à l'utilisation du VA. L'étude des interactions homme-machine (IHM) a permis de développer des solutions permettant d'assurer une qualité ergonomique des systèmes techniques, en intégrant les besoins et les préférences des utilisateurs *a priori* dès les stades amont du développement. Les études d'acceptabilité ont, pour leur part, largement démontré que l'acceptabilité d'un objet par un individu était matérialisée par l'intention de l'utiliser, prédicteur direct de son utilisation (Ajzen, 1991; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh & Bala, 2008).

2. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

2.1. Etude 1 – Analyse des besoins par Focus Group

L'objectif est de permettre aux participants d'exprimer leurs préférences et visions quant au design d'IHM à l'occasion de ces phases de transition. Le recueil des préférences utilisateurs est fondamental dans ce contexte où la situation sera souvent sous forte contrainte temporelle. La conception de l'IHM devra répondre à la diversité de la population d'utilisateurs (e.g., préférences seniors, novices). Les développeurs devront faire des choix pour la communication de l'information aux utilisateurs (i.e., mode, moment, intensité). Le recueil des propositions d'IHM des participants va permettre de définir des recommandations de conception basées sur l'analyse des besoins pour guider ces choix.

2.2. Etude 2 – Etude d'acceptabilité par questionnaire

L'objectif est de relier l'acceptabilité du VA (i.e., sans distinction de niveaux d'automatisation), grâce à la mesure de son intention de l'utiliser (e.g., Ajzen, 1991 ; Venkatesh et Bala, 2008), au choix du niveau de délégation de plusieurs VA proposés. A ce titre, nous faisons l'hypothèse que plus l'acceptabilité du VA est élevée chez les individus, plus ils vont (i) choisir d'utiliser des niveaux de délégation élevés, (ii) choisir des fonctionnalités qui ne nécessitent pas de contrôle permanent sur les actions du véhicule et (iii) être favorables au monitoring. Nous faisons l'hypothèse que (iv) plus les individus perçoivent la situation comme potentiellement risquée, plus ils acceptent d'être monitorés.

3. METHODOLOGIE

3.1. Etude 1 – Analyse des besoins par Focus Group

La méthodologie du groupe de discussion, traditionnellement qualifiée de « focus group », permet de recueillir des données qualitatives sur les besoins et les préférences des futurs utilisateurs (Parker et Tritter, 2007). Cette méthode consiste à rassembler des individus pour discuter ouvertement d'un problème particulier (Caplan, 2010) et est adaptée à des fins exploratoires.

3.1.1. Participants

Ont été étudiés 6 groupes de 8 participants chacun, soit un échantillon global de 48 conducteurs avec 4 groupes homogènes de personnes: un groupe de seniors (plus de 65 ans), un groupe de novices (moins de 2 ans de permis de conduire), un groupe de conducteurs experts (plus de 10 ans de pratique), un groupe de « professionnels » (conducteurs obligés de conduire

intensivement dans le cadre de leur travail) et 2 groupes hétérogènes de personnes mélangeant une combinaison des 4 critères ci-dessus: senior, novice, expert et professionnel.

3.1.2. Protocole expérimental

Les participants décrivent et dessinent le design de l'IHM qu'ils imaginent. Leur proposition est présentée au reste du groupe à travers croquis et explication verbale. Leurs propositions présentent les étapes successives de l'IHM visuelle, auditive et haptique en fonction de ce qu'ils auraient souhaité avoir comme « dialogue » avec le véhicule dans la situation décrite du cas d'utilisation.

3.2. Etude 2 – Etude d'acceptabilité par questionnaire

3.2.1. Participants

2619 français âgés de 18 à 65 ans ($M= 42,58$; $\sigma = 12,45$; 51,5% de femmes) ont participé à l'étude.

3.2.2. Matériel

Le questionnaire comprenait une définition générique du VA à laquelle étaient associés 4 items d'intention de l'utiliser. Les réponses étaient attendues sur une échelle de Likert en 5 points. Puis, cinq définitions présentant cinq degrés de délégation devaient être ordonnées à partir de celle que les participants préféraient le plus jusqu'à celle qu'ils préféraient le moins. Enfin, en fonction du véhicule qu'ils avaient classé en première position dans la section précédente, les participants étaient confrontés à des planches de story-boards mettant en scène un usager dans une situation de conduite contextualisée par un environnement (i.e., autoroute, urbain), un type de situation (i.e., roulage, reprise en main : REM) et une qualité de supervision (i.e., comportement du conducteur adapté *versus* inadapté). Chaque planche mettait en concurrence deux fonctionnalités liées (1) à la prise de décision, (2) à l'accès aux informations routières et (3) au monitoring. L'élément discriminant de chaque duo de fonctionnalités était le contrôle que l'usager avait sur le système. Ce contrôle pouvait être élevé ou faible. La préférence d'une fonctionnalité était mesurée par une échelle différentielle.

3.2.3. Procédure

Les participants ont été recrutés selon la catégorisation de l'INSEE associée à la population française.

Ils ont répondu à un questionnaire en ligne d'une 20^{aine} de minutes et ont été rémunérés 20€.

4. RESULTATS

4.1. Etude 1 – Analyse des besoins par Focus Group

Les diverses préférences et propositions de solutions IHM ont été structurées en considérant successivement les types de design par groupe de participants Séniors, Novices, Professionnels et Expérimentés permettant d'identifier les besoins typiques liés à l'âge ou à l'expérience de conduite.

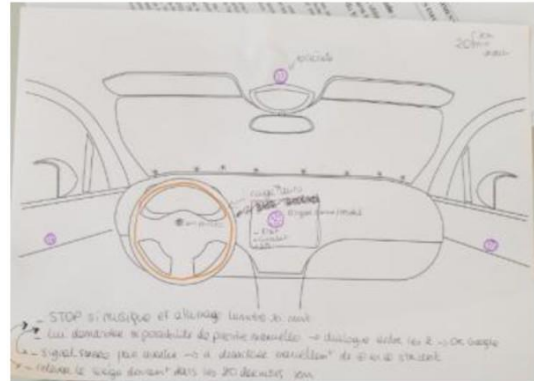
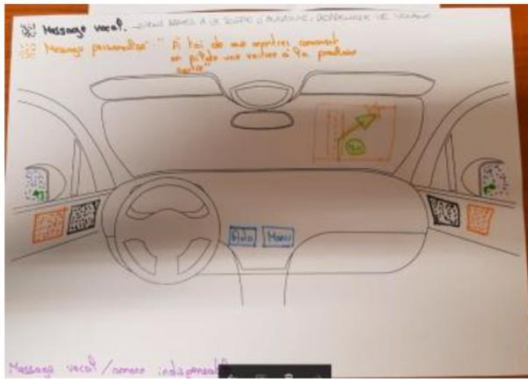


Figure 1. Deux exemples de propositions IHM faites par les participants

Les seniors ont insisté sur l'utilité de la redondance des modalités visuelles et auditives. Le mode auditif a été identifié par tous comme étant le mode perceptuel le plus adapté pour attirer l'attention, et tout spécifiquement les signaux d'alerte sonore en cas d'urgence. Cependant, même dans ce cas, les seniors souhaiteraient avoir également une information visuelle dans la mesure où l'émission auditive est nécessairement limitée dans le temps alors que le message visuel permet une liberté et une stabilité de consultation. Les participants novices ont proposé l'affichage d'un « avatar personnalisé » avec possibilité de dialogue vocal, leur permettant d'être rassuré. Les conducteurs professionnels ont insisté sur l'importance d'avoir des informations liées au contexte routier, démontrant ainsi pour cette population l'importance de la conscience de la situation (Pauzié et Ferhat, 2018).

4.2. Etude 2 – Etude d'acceptabilité par questionnaire

4.2.1. Préférence des différents niveaux d'automatisation

Le choix du véhicule ordinaire ou d'un véhicule à faible délégation de conduite est plus marqué en ville que sur autoroute (figure 1). **Plus les individus ont choisi un fort niveau de délégation, plus ils ont une intention élevée d'utiliser le système** et ce, sur autoroute ($F(4, 2590) = 148,15 ; p < ,001$) et en ville ($F(4, 2590) = 170,30 ; p < ,001$).

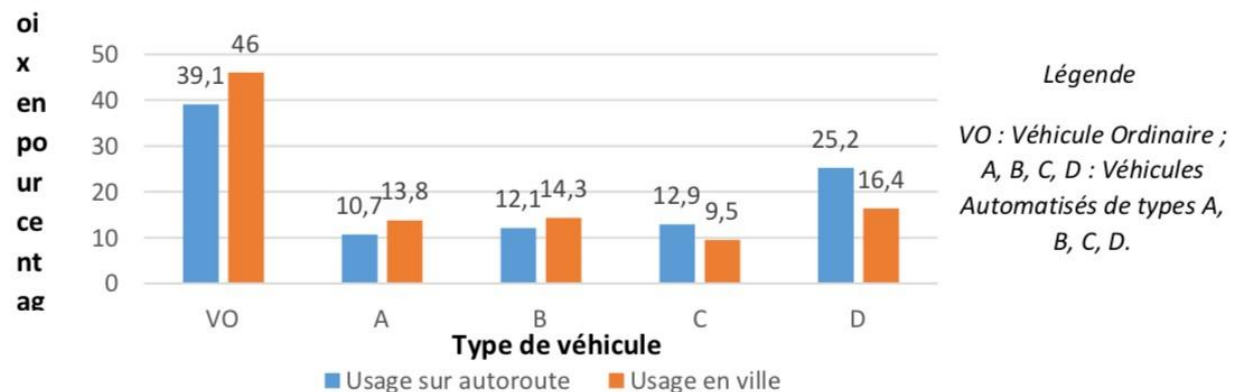


Figure 2. Préférence de véhicule pour des usages autoroutier et urbain.

4.2.2. Préférence de fonctionnalités et acceptabilité du monitoring

Les participants qui ont préféré le véhicule de type A ont davantage choisi le système de prise de décision avec lequel ils gardent le contrôle que les participants qui ont préféré le véhicule de type B ($F(1, 1161) = 34,8 ; p < ,001 ; \eta^2 = 0,03$). Le choix du système monitoring diffère en fonction du type de situation (roulage vs. REM) et de la qualité de la supervision ($F(3, 685) = 55,4 ; p < ,001$). Il diffère aussi en fonction du choix de véhicule ($F(5, 683) = 34,09 ; p < ,001$). Les participants ayant

choisi des **faibles niveaux de délégation de conduite** (i.e., véhicules A et B) sont nombreux à choisir des systèmes avec monitoring **lorsqu'ils sont confrontés à une situation de REM ou à une situation de mauvaise supervision**. Les participants ayant choisi des **forts niveaux de délégation de conduite** (i.e., véhicules C et D) **choisissent des systèmes avec monitoring quelles que soient les conditions**.

5. CONCLUSION

5.1. Etude 1 : Recommandations du design IHM

Les propositions faites par les conducteurs ont été traduites par l'équipe d'ergonomes en recommandations de conception pour les développeurs. La quantité d'informations recueillies auprès des participants a été structurée et resituée dans le cadre des connaissances et des normes en vigueur en ergonomie pour aboutir à des recommandations de conception opérationnelles. La richesse des informations recueillies permettra également de répondre aux interrogations ponctuelles rencontrées lors du processus de conception et d'alimenter les choix de design à partir de la connaissance des opinions et des préférences des utilisateurs dans une démarche de conception centrée utilisateur.

5.2. Etude 2 : Liens entre intention d'utilisation, niveau de délégation et besoin de contrôle

Les hypothèses ont été validées. L'intention d'utiliser un VA est liée au choix du niveau de délégation que l'individu est prêt à laisser au système. Les participants souhaitant garder le contrôle de leur activité de conduite le font à partir du choix du véhicule et jusque dans leur choix de fonctionnalités.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Alecandri, E., & Moyer, M. J. (1992). Human factors and the automated highway system. In *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, Vol. 36 (pp. 1064–1067).
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS quarterly*, 425-478.
- Alecandri, E., & Moyer, M. J. (1992). Human factors and the automated highway system. In *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, Vol. 36 (pp. 1064–1067).
- Caplan S. (2010) Using focus group methodology for ergonomic design, *Ergonomics*, 33:5, 527-533.
- Parker A. & Tritter J. (2007) Focus group method and methodology: current practice and recent debate, *International Journal of Research & Method in Education*, 29:1, 23-37.
- Pauzié A. & Amditis A., (2010). Chapter 2: Intelligent Driver Support System functions in cars and their potential consequences on safety, Book "Safety of Intelligent Driver Support Systems: Design, Evaluation, and Social perspectives", Ashgate (ed.), p 7-25.

Conception de navettes autonomes acceptables et sécurisées : quelques paradoxes

Ferdinand Monéger

ACTé, Université Clermont Auvergne, UFR STAPS, 3 rue de la Chebarde, 63178 Aubière
ferdinand.moneger@uca.fr

Fabien Coutarel

ACTé, Université Clermont Auvergne, UFR STAPS, 3 rue de la Chebarde, 63178 Aubière
fabien.coutarel@uca.fr

Ladislav Motak

PsyCLE, Aix Marseille Université, 29 avenue Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence
ladislav.motak@univ-amu.fr

Patrick Chambres

LAPSCO, Université Clermont Auvergne, 34 avenue Carnot, 63037 Clermont-Ferrand
patrick.chambres@uca.fr

Marie Izaute

LAPSCO, Université Clermont Auvergne, 34 avenue Carnot, 63037 Clermont-Ferrand
marie.izaute@uca.fr

Michel Dhome

Institut Pascal, Université Clermont Auvergne, 24 Avenue des Landais, 63171 Aubière
michel.dhome@uca.fr

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'un projet industriel de conception de navettes de transport autonomes, nous avons mené des études portant sur l'acceptabilité et l'acceptation de ces technologies innovantes. Entre 2014 et 2016, des investigations ont été réalisées sur six sites européens sur lesquels les navettes étaient mises à l'essai. Ces investigations ont révélé deux paradoxes majeurs. Premièrement, les résultats positifs en termes d'acceptabilité n'ont pas été confirmés par l'analyse des processus d'acceptation du service. Deuxièmement, la sécurité totale visée par les partenaires concepteurs semble inatteignable et les conditions d'une sécurité acceptable pour les véhicules autonomes doivent être définies. Nos résultats nous amènent à discuter : du statut de l'humain dans les processus de conception et d'acceptation de technologies autonomes et sécurisées ; des précautions à prendre dans le cadre du développement des systèmes fondés sur une Intelligence Artificielle.

MOTS-CLES

Véhicules autonomes ; Acceptabilité ; Acceptation ; Sécurité ; Valeurs en acte

1. CONTEXTE DANS LEQUEL S'INSCRIVENT NOS RECHERCHES

Nos recherches s'inscrivent dans le cadre du LabEx IMobS3 (« *Innovative Mobility : Smart and Sustainable Solutions* », 2011-2019) et d'un projet de conception de navettes de transport autonomes (NA). Ces NA sont des véhicules électriques destinés au transport de passagers. Elles sont autonomes en termes de conduite grâce à trois technologies de guidage : caméras, GPS, lidars. Après avoir effectué un premier trajet en mode manuel, elles peuvent le reproduire indéfiniment en mode automatique. Lorsqu'un obstacle se trouve sur leur trajectoire, elles ralentissent puis, au besoin, elles s'arrêtent.

Entre 2013 et 2016, ces NA ont pu être mises à disposition du grand public sur plusieurs sites européens privés. Nous avons pu investiguer ce processus sur 6 sites : un CHU, un campus universitaire et un centre de recherche clermontois, un campus universitaire suisse, un congrès sur les transports intelligents (Bordeaux), une technopole (Sophia Antipolis). A cette époque, la législation européenne ne permettait pas à un véhicule autonome de circuler sur la voie publique. Ce faisant, il s'agit, à notre connaissance, des premières expérimentations de véhicules autonomes auprès du grand public. Toujours pour des questions de réglementation, un accompagnant devait obligatoirement être présent à bord des NA. Notre équipe de chercheurs en sciences humaines (ergonomie et psychologie sociale) a vu la présence de ces accompagnants, comme une opportunité de recherche et d'innovation. En effet, nous avons fait l'hypothèse qu'en tant qu'utilisateurs principaux des NA et acteurs majeurs de la relation de service, l'analyse des activités et des expériences vécues par ces accompagnants pourrait révéler les impensés de la conception et servir le développement de ces technologies innovantes (Barcellini, Van Belleghem & Daniellou, 2013).

2. ENJEUX ET PROBLEMATIQUES INHERENTS AU DEVELOPPEMENT DES VEHICULES AUTONOMES

De nombreux enjeux accompagnent le développement des véhicules autonomes (VA). Ils devraient notamment contribuer : à la réduction des embouteillages, de la pollution, à l'optimisation de l'espace public, au développement de la mobilité, à l'amélioration de la sécurité routière (Maurer et al., 2016). Un certain nombre de problématiques sont également recensées par les acteurs qui œuvrent à la conception de ces technologies innovantes, comme la question des responsabilités juridiques en cas d'accident, le risque de piratage, la réduction de certains emplois... Les problématiques qui nous sont apparues centrales dans le cadre de nos travaux de recherche sur les VA (Monéger, 2018) sont liées aux questions : d'acceptabilité/acceptation (2.1), de sécurité et d'autonomisation (2.2).

2.1. L'acceptabilité et l'acceptation des VA

Les questionnements en termes d'acceptabilité et d'acceptation sont probablement ceux qui alimentent le plus les recherches sur le développement des VA. Et pour cause, pour Noailles (2011), il n'y a pas d'innovation sans acceptation. Or, de nombreuses études ont montré que le principal facteur de rejet des innovations est le manque de prise en compte du facteur humain (Monéger, 2018).

Précisons que les études d'acceptabilité visent l'analyse des intentions d'usage et donc le pronostic des comportements d'usages à l'égard d'une future technologie. Alors que l'acceptation se concentre sur l'analyse des activités réelles d'usage et des expériences vécues par les utilisateurs (Bobillier-Chaumon, 2016). Les études d'acceptabilité sont donc particulièrement utiles lorsque les usages d'une technologie ne sont pas encore analysables, comme c'était le cas avec les NA lorsque le projet a démarré (2013). A la demande des partenaires concepteurs des NA, nous avons donc, dans le cadre de ce projet, réalisé des focus group et déployé des questionnaires auprès de futurs potentiels utilisateurs de NA. Cependant, les études d'acceptabilité ne sont pas nécessairement révélatrices des phénomènes réels d'acceptation (ibid.). Aussi, une fois les NA mises en service, nous avons analysé les phénomènes d'acceptation de ces technologies. Pour cela, nous nous sommes

notamment intéressés aux expériences vécues par les accompagnants travaillant à bord des NA (cf. Section 3).

2.2. La sécurité et l'autonomisation des VA

Au moment du démarrage de nos recherches (2013-2014), certains constructeurs, comme Google, indiquaient avoir effectué des millions de miles avec leurs VA. Ils ne donnaient toutefois aucune information sur l'activité des « *conducteurs* » présents derrière le volant. Cette absence de communication, pouvait laisser penser que les conducteurs étaient de simples spectateurs vis-à-vis de la conduite des VA. Or, de nombreux auteurs, comme René Amalberti, ont montré que l'activité humaine est indispensable à la gestion des systèmes sociotechniques complexes (comme la conduite automobile sur voie publique). Pour Amalberti (2001, 2013) tout système sociotechnique est constitué d'une sécurité réglée (règles, procédures, modes opératoires, automates) et d'une sécurité gérée, par les humains. L'apparition de situations imprévues, critiques est inévitable. Dans ces situations critiques, les agents humains sont amenés à faire des compromis entre des critères (qui peuvent devenir des valeurs) en conflits. Ces compromis touchent parfois à la sécurité, parfois à leur santé, parfois au respect des procédures, parfois à d'autres critères. Ce faisant, ils font en sorte d'assurer la performance globale du système. En s'inscrivant dans un paradigme de « *l'humain agent d'infiabilité* », les promoteurs des véhicules autonomes prédisent une réduction de 90% du nombre d'accidents avec l'avènement de ces technologies. Les ergonomes, qui perçoivent l'humain comme un agent de fiabilité remettent en question cette posture (Monéger et al., 2019). C'est ainsi, que nous nous sommes intéressés aux situations critiques rencontrées par les accompagnants et que nous avons analysé les conflits de valeurs qu'ils vivaient dans ces situations.

3. LES LIMITES SOULEVEES PAR LES RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS

3.1. Acceptabilité vs. Acceptation

Pour mesurer l'acceptabilité des NA, nous avons mis en place des Focus Group ainsi que des questionnaires inspirés de TAM (Monéger, 2018). Les Focus Group ont d'abord permis de cibler les 6 variables les plus pertinentes pour mesurer l'acceptabilité des NA (public concerné par l'utilisation des NA, contrôle comportemental perçu, caractère innovant du véhicule, facilité d'utilisation, normes sociales, bénéfices environnementaux), et donc de spécifier les items des questionnaires. Les focus group nous ont également conduit à identifier les normes sociales à valoriser dans la conception et la communication (« *conception locale* », « *technologie respectueuse de l'environnement* », « *permettant la mobilité des PMR* ») ; et les normes sociales sources potentielles de rejet de la technologie (« *maintien des emplois* », « *lutte contre la sédentarité* »). Ces études ont révélé des résultats que nous avons qualifiés de positifs puisque, sur l'ensemble des variables retenues, ils aboutissent à 76% d'intentions d'utilisation, avant utilisation du service. Dans un deuxième temps, une fois les NA introduites sur le premier site d'expérimentation (le CHU clermontois), nous avons analysé une première phase d'acceptation. Pour cela, nous avons déployé le même questionnaire à un public sortant des NA. Les résultats ont alors été de 91% d'intentions d'utilisation. Le succès de cette première phase d'acceptation a été confirmé sur l'ensemble des sites par les résultats en termes d'affluence. Ainsi, au cours des premières semaines d'expérimentations, les NA transportaient - selon les dires des accompagnants et des exploitants - un nombre « *important* » de passagers. Par exemple, nous avons obtenu la moyenne de 167 passagers transportés par jour et par NA sur le site du Congrès.

Néanmoins, cette affluence dans les NA diminuait progressivement au fil des semaines d'expérimentation. Ce phénomène conduisant à des résultats d'acceptation « *décevants* » sur les expérimentations dépassant 68 jours avec, en moyenne, 13 passagers transportés par jour et par NA. Pour comprendre cet écart entre une acceptabilité et une première phase d'acceptation positives, puis, finalement, une « *non-adoption* » du service de transport par NA, nous avons analysé plus finement les processus d'acceptation en question. Pour ce faire, nous avons cherché à identifier les

situations critiques rencontrées par le service ; c'est-à-dire, les situations imposant des arbitrages de la part des accompagnants, entre des valeurs difficilement conciliables, voire contradictoires.

3.2. Les situations critiques et les conflits de valeurs en acte des accompagnants

Sur les quatre derniers sites investigués, nous avons analysé les activités, les expériences vécues (Salembier, P., Cahour, B. & Zouinar, M., 2013) et les valeurs en acte des accompagnants. Pour cela, nous avons réalisé : des observations participantes, des recueils systématiques de verbalisations, de prises d'informations visuelles, d'actions, des entretiens composites inspirés des techniques d'explicitation (Monéger, 2018).

Ces analyses ont permis d'identifier 19 typologies de situations critiques (cf. Tableau 1, ci-dessous).

Tableau 1 : situations critiques rencontrées par les accompagnants				
Situations critiques	Sites sur lesquels ont été observées les situations critiques			
	Campus suisse	Centre de recherches	Congrès	Technopole
Fermeture des portes au moment où un passager potentiel arrive	X	X		X
Demande de montée/descente de la navette hors des arrêts prévus	X	X		X
Passager non francophone	X	X		X
Hésitation d'un passager au moment de monter dans la navette	X	X	X	X
Usager du site sur la voie de circulation de la navette	X	X	X	X
Obstacle physique sur la trajectoire de la navette	X	X	X	X
Déclenchement systématique du klaxon dans certaines zones du tracé	X	X		
Comportement « inapproprié » de la part d'un usager du site	X	X	X	X
Comportement « inapproprié » de la part d'un passager	X	X	X	X
Dépassement dangereux par un autre véhicule	X	X		
Dysfonctionnement : panne de la NA, bug informatique...	X	X	X	X
Conditions environnementales difficiles	X	X		
Limitation du nombre de passagers montants			X	
Usager demandant le délai d'arrivée de la prochaine NA			X	
Obstacle potentiellement non détectable par les Lidars	X			X
Croisement d'un autre véhicule sur un « tronçon à voie unique »	X		X	X
Attente automatique devant un tronçon unique			X	X
Fiabilisation de la flotte de NA lors de pics d'affluence		X	X	X
Contrôle des badges de la part des hôteses			X	

Ces situations critiques sont situées puisqu'elles n'apparaissent pas toutes aux mêmes endroits. Dans ces situations critiques les accompagnants mobilisent 7 catégories de valeurs : sécurité, fiabilité (la NA arrive à l'heure, sans incident), utilité, satisfaction des passagers, respect des procédures, besoin de contrôle, non-gêne des autres usagers du site.

En fonction des réponses des accompagnants, ces valeurs sont tantôt préservées, tantôt sacrifiées. Prenons l'exemple de la situation critique : « *Déclenchement systématique du klaxon dans certaines zones du tracé* » (cf. Tableau 2, ci-dessous). Lorsque la NA détectait un obstacle, elle ralentissait et klaxonnait de façon automatique. Dans certaines zones de circulation jalonnées d'obstacles fixes (bouches à incendie, herbes hautes, sols poussiéreux, murs...) cette sécurité s'activait de façon automatique. Dans cette situation, les accompagnants se retrouvaient en conflit de valeurs puisque, s'ils décidaient de suivre la procédure et de ne pas intervenir (les partenaires concepteurs leur imposaient de ne reprendre la main sur la navette qu'en cas de danger imminent), ils avaient le sentiment de : gêner les autres usagers du site avec le bruit du klaxon, être moins utiles puisque la NA ralentissait et que les passagers perdaient du temps, être moins fiables puisque des passagers pouvaient les attendre à l'arrêt suivant. Nous avons alors vu des accompagnants expérimentés shunter les sécurités (coupant ainsi le klaxon et les ralentissements) dans certaines zones de circulation.

Ce faisant, ils sacrifiaient : la valeur « *sécurité* » et la valeur « *respect des procédures* ».

Situations critiques	Réponses des accompagnants	Valeurs préservées par les accompagnants	Valeurs sacrifiées par les accompagnants	Sites
Déclenchement systématique du klaxon dans certaines zones du tracé	Les accompagnants laissaient la NA fonctionner de façon autonome et ignoraient la nuisance sonore que le klaxon générerait	- Respect des procédures - Sécurité	- Non-gêne des autres usagers - Besoin de contrôle - Utilité du service - Fiabilité du service	- Campus suisse - Technopole
	Les accompagnants laissaient la NA fonctionner de façon autonome et s'excusaient auprès des usagers	- Respect des procédures - Sécurité	- Besoin de contrôle - Non-gêne des autres usagers - Utilité du service - Fiabilité du service	
	Les accompagnants shuntaient les sécurités des NA dans cette zone du parcours pour couper le klaxon	- Non-gêne des autres usagers - Besoin de contrôle - Utilité du service - Fiabilité du service	- Respect des procédures - Sécurité	

Parmi les résultats majeurs de nos analyses, notons que :

- les arbitrages réalisés par les accompagnants sont situés : ils sont différents en fonction des contextes, des individus, des situations. En effet, les valeurs d'un même accompagnant se hiérarchisent de façon différente en fonction des situations. C'est la raison pour laquelle nous parlons de « *valeurs en acte* ».

- les arbitrages réalisés par les accompagnants sont dynamiques : ils évoluent au fil du temps, en fonction notamment des expériences vécues par ces accompagnants (le novice n'arbitre pas comme l'expert, cf. Monéger, 2018)

- la valeur « *sécurité* » est mobilisée dans 12 des 19 situations critiques.

- La valeur « *respect des procédures* » est mobilisée dans 17 des 19 situations critiques.

Ainsi, les accompagnants préféraient régulièrement ne pas respecter une procédure, faire un compromis sur la sécurité, pour assurer une qualité globale de service.

4. DISCUSSION

Les résultats de nos travaux tendent à confirmer la pertinence d'une articulation des approches en termes d'acceptabilité et d'acceptation dans un processus de conception de technologie innovante. Les études d'acceptabilité permettent d'identifier des axes de développement d'une technologie en amont des premiers usages observables. Toutefois, ces études d'acceptabilité ne révèlent pas nécessairement les phénomènes d'acceptation. Alors que les intentions d'utilisation des NA étaient positives en amont des premiers usages et après un premier essai, nous avons assisté, sur les différents sites, à une décroissance continue de l'affluence du service au fil des semaines.

Selon nous, les limites des études d'acceptabilité tiennent au fait qu'elles mobilisent, chez les potentiels futurs utilisateurs, un système de valeur statique, hors situation. Or, comme le montrent nos résultats, lorsque les individus sont immergés dans les situations, leurs systèmes de valeurs se redéfinissent, ils sont « *en acte* ». Par ailleurs, au fil des expériences, les systèmes de valeurs des individus évoluent, ils sont dynamiques. Ainsi, en nous focalisant sur les accompagnants à bord des navettes, en analysant leurs expériences vécues en situations critiques, leurs conflits de valeurs en acte et leurs arbitrages, nous avons montré qu'ils participaient à la performance globale du service et à son acceptation.

Nous constatons également que le fait de confier à des opérateurs humains, durant la phase d'implantation, certaines fonctions destinées à devenir automatisées pouvait servir l'optimisation de la conception du système autonome. Par leur intelligence (leur capacité à s'adapter), leur sensibilité, leur propension à habiter les situations, à percevoir un grand nombre de critères de performance, à hiérarchiser leurs valeurs de façon située et dynamique, les régulateurs humains effectuent des choix originaux, des découvertes, des usages innovants avec la technologie (Rabardel, 1995).

Notre approche a ainsi permis d'identifier et d'analyser 19 situations critiques rencontrées par le service. Ce qui nous a conduit à transmettre de nombreux repères de conception, d'exploitation et d'innovation aux partenaires du projet (Monéger, 2018). Mais malgré les améliorations technologiques à venir, il y aura toujours de nouvelles situations critiques, imprévisibles qui apparaîtront dans l'usage des NA et des VA et qui devront être gérées. Dès lors, on peut se demander comment l'Homme et la machine parviendront à coopérer (Maurer, Gerdes, Lenz & Winner, 2016). Ou bien comment l'automate, totalement autonome parviendra à arbitrer entre des « *valeurs* » ou des critères en conflit.

Une intelligence artificielle qui serait capable : d'apprendre par elle-même grâce à ses expériences, d'être habitée de systèmes de valeurs qui se redéfinissent en situation, de prendre des initiatives, de sacrifier la sécurité, de ne pas respecter les procédures (donc le programme implémenté par ses créateurs humains), deviendrait incontrôlable et assurément dangereuse pour l'Homme (Monéger, 2018). Les concepteurs de VA, dont les NA, poursuivent depuis l'origine de leurs projets, l'atteinte d'une autonomie de niveau 5 selon les critères de la NHTSA. Ce niveau 5 correspond à une conduite complètement autonome, sans l'aide de conducteur, dans toutes les circonstances.

Parallèlement à cela, ils visent une sécurité totale : « *aucun compromis ne sera fait sur la sécurité* », d'après les partenaires concepteurs du projet. Ce positionnement nous semble soulever un paradoxe majeur si l'on s'en réfère aux travaux d'Amalberti sur la gestion de la sécurité dans les systèmes sociotechniques complexes. Amalberti (2001) a distingué trois types de systèmes généraux de gestion du risque : les systèmes amateurs, les systèmes réglés, les systèmes ultra-sûrs. Il explique que tous les systèmes sociotechniques quels qu'ils soient sont empreints de régulations humaines (« *la sécurité gérée* », cf. section 2.2). Selon sa théorie, plus un système repose sur une sécurité réglée (ne laissant que très peu de place aux régulations humaines non procéduralisées), et moins il est résilient aux aléas. Pour obtenir les résultats actuels et élevés de sécurité, les systèmes concernés

sont pensés pour ne pas être exposés aux situations critiques (par exemple l'avion ne décolle pas si les conditions météorologiques présentent un risque), parce qu'il est socialement accepté que la sécurité prévaut sur les autres critères de performance. Les systèmes ultra-sûrs intègrent donc la limitation de la confrontation aux aléas (Les rames de métro automatisées sont protégées de barrières de plexiglas). A l'inverse, plus un système s'appuie sur une sécurité gérée, plus il repose sur les compétences expertes des acteurs et plus il est résilient aux aléas (Amalberti prend l'exemple des alpinistes ou des marins-pêcheurs qui parviennent à travailler efficacement dans des conditions de variabilités extrêmes). En revanche, dans ces systèmes sociotechniques qu'il qualifie d'amateurs, l'occurrence des accidents est généralement beaucoup plus importante, car la prise de risque est totalement intégrée à l'activité. Eviter la prise de risque contribuerait ainsi à dénaturer cette activité. Ces systèmes amateurs sont donc empreints de valeurs concurrentes à celle de la sécurité.

En suivant ces développements, il apparaît que le modèle des systèmes ultra-sûrs qui semble être, du point de vue de l'objectif sécuritaire, celui des concepteurs, risque de se confronter aux aléas des espaces sociotechniques dans lequel les VA sont destinés à circuler. Si la technologie reste ultra-sûre et autonome, il est probable que le service ne sera plus accepté : la navette se mettra « *en sécurité* » trop fréquemment, s'arrêtera, ralentira (cf. exemple du Tableau 2), ce qui réduira significativement son utilité, sa fiabilité, la satisfaction des passagers, et qui constituera une gêne pour les autres usagers du site. A contrario, des VA qui seraient en grande partie gérées par les humains n'auraient pas de sens du point de vue de l'ambition originelle du véhicule autonome ; et imaginer que les humains seraient capables de reprendre la main de façon efficace sur un VA qui est en échec est une théorie largement discriminée dans la littérature scientifique (Richards & Stedmon, 2016 ; Grane, 2018).

Les conditions d'une sécurité acceptable doivent donc être définies pour éviter une sur-sécurité qui nuirait à l'acceptation de ces nouvelles technologies (Monéger et al., 2019). Malheureusement, la médiatisation du premier accident mortel de 2018¹ ou encore les incivilités à l'encontre des VA², semblent indiquer que le seuil de sécurité acceptable socialement est particulièrement bas.

Les défis des concepteurs sont donc de taille (Monéger, 2018) pour que les VA deviennent l'innovation de rupture qui a été prédite.

5. BIBLIOGRAPHIE

Amalberti, R. (2001). *La conduite des systèmes à risques*. Paris : PUF.

Amalberti, R. (2013). *Piloter la sécurité : théories et pratiques sur les compromis et les arbitrages nécessaires*. Paris : Springer.

Barcellini, F., Van Belleghem, L., & Daniellou, F. (2013). Les projets de conception comme opportunité de développement des activités. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie constructive* (pp. 191-206). Paris : PUF.

Bobillier-Chaumon, M.E. (2016). L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du travail et des organisations*, 22, 4-21.

Brangier, E., & Robert, J.M. (2012). L'innovation par l'ergonomie : éléments d'ergonomie prospective. In D.

Llerena (Ed.), *L'innovation entre science et société* (pp. 59-81). Paris : Le Harmattan.

¹ <https://www.usinenouvelle.com/article/lors-de-l-accident-mortel-en-arizona-le-vehicule-autonome-d-uber-aurait-choisi-d-ignorer-la-passante.N691064>

² https://www.lexpress.fr/actualite/sciences/caillassees-pneus-creves-pourquoi-les-voitures-autonomes-sont-elles-attaquees_2055649.html

- Grane, C. (2018). Assessment selection in human-automation interaction studies : The Failure-GAM2E and review of assessment methods for highly automated driving. *Applied Ergonomics*, 66, 182-192.
- Maurer, M., Gerdes, C., Lenz, B., Winner, H. (Eds.) (2016). *Autonomous Driving*. Springer Open
- Monéger, F. (2018). *Conception d'un service de transport par navettes autonomes acceptable et sécurisé : approche ergonomique par l'analyse des expériences vécues et des valeurs en acte*. Mémoire de doctorat, Université Clermont Auvergne.
- Monéger, F. et al. (2018). L'expérience vécue et les valeurs en acte des accompagnants pour la conception d'un service de transport par navettes destinées à être autonome. *@ctivités*, 2018, 15 (1), 1-34.
- Monéger, F. & al. (2019). Security Design from Ergonomic Perspective: From "Total Security" to "Acceptable Security" Design for a Better Real Security: The case of autonomous shuttle. Tareq Ahram, Waldemar Karwowski, Redha Tair. *Human Systems Engineering and design*, 876, Springer, pp.1051-1057, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 978-3-030-02052-1.
- Noailles, P. (2011). De l'innovation à l'innovateur Pour une approche structuraliste de l'innovation. *La Revue des Sciences de Gestion*, 247, 13-28.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Richards, D. & Stedmon, A. (2016). To delegate or not delegate: a review of control frameworks for autonomous cars. *Appl. Ergon.*, 53, 383-388.
- Salembier, P., Cahour, B., & Zouinar, M. (2013). *L'expérience vécue (des utilisateurs, opérateurs/travailleurs) : fondements théoriques et méthodes d'appréhension associées*. Actes du 7ème colloque de psychologie ergonomique Epique. (pp. 67-68). Bruxelles : ARPEGE.

Symposium : Charge mentale en situations à risques

Organisé par

Julie Albentosa

Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA)
Département ACSO – Unité Sécurité des systèmes à risques
1 place Valérie André - BP 73
91220 Brétigny sur Orge Cedex (France)
julie.albentosaja@gmail.com

Clément Wawrzyniak

Centre d'Investigation Clinique – Innovation Technologique
Equipe Biocapteurs et e-santé, innovations et usages
ICP 3e étage Aile Est – CS 70001
59037 Lille Cedex
clement.wawrzyniak@univ-lille.fr

Liliane Pellegrin

Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées, SSA, France
Aix Marseille Univ, IRD, AP-HM, SSA, VITROME, IHU-Méditerranée Infection, Marseille, France
liliane.pellegrin_chaudet@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

Ce symposium regroupe une série de travaux interrogeant l'impact d'activités de gestion de situations à risques sur la charge mentale des opérateurs. La plupart des situations à risques se caractérisent, entre autres, par leur caractère dynamique. *A fortiori*, les opérateurs sont soumis à une pression temporelle plus ou moins importante, nécessitant qu'ils mobilisent leurs ressources mentales pour la gérer, notamment lorsque leur sécurité ou celle du système est engagée. Au regard de l'évolution actuelle du monde du travail, ce type de situation à risques devient de plus en plus courant, ce qui n'est pas sans impact sur la charge mentale des opérateurs. Le concept de charge mentale est récurrent dans les problématiques actuelles, bien qu'il ne soit pas abordé de la même manière selon les études.

Cette session réunit plusieurs professionnels ayant traité la question de la charge mentale en situations à risques sous un angle différent, soit dans un contexte expérimental en laboratoire, soit à travers une approche de terrain plus écologique. Elle permettra notamment d'insister sur la complémentarité de ces deux types d'approches en identifiant les forces et limites de chacune, notamment en termes de mesure de la charge mentale.

La première intervention reprend les résultats d'un audit ergonomique mené par Virginie Josselin et Silvia Calvino Gunther auprès des infirmiers d'un service de réanimation médicale du CHU de Grenoble. Les auteures, une ergonome consultante et une infirmière, identifient notamment les différents déterminants de la pénibilité au travail pouvant générer une charge mentale élevée chez les infirmiers diplômées d'Etat. Cette intervention sera l'occasion d'aborder la difficulté à mesurer la charge mentale dans un tel contexte.

Robin Foot, chercheur en sociologie, présentera ensuite les conséquences de la gestion d'une double tâche (i.e. la conduite de tramway et la gestion du dispositif de veille pour éviter un freinage d'urgence) sur la santé et la sécurité des conducteurs de tramway. Son approche ergo-sociologique a

notamment permis d'identifier la mise en place d'une stratégie d'économie cognitive chez les conducteurs, pour réduire leur charge mentale.

Ensuite, une étude expérimentale en simulation de conduite menée par Samuel Aupetit, Audrey Faure, Sara Escaich et Stéphane Caro mettra en avant l'effet de différentes modalités d'alertes (visuelle et/ou auditive) sur la charge mentale de conducteurs. Cette étude posera la question du compromis entre l'utilité et les risques de distraction de messages d'alerte durant la conduite. L'utilisation de différents questionnaires évaluant la charge mentale des conducteurs permettra de montrer les similitudes et les différences de résultats en fonction des différentes dimensions de la charge mentale étudiées.

Enfin, Jean-Claude Sperandio, chercheur renommé en psychologie-ergonomique pour ses apports sur le *travail mental*, nous fait l'honneur de clôturer ce symposium. Il y présente l'évolution du concept de charge mentale ainsi que des contextes et méthodes de son évaluation sur plus d'un demi-siècle.

MOTS-CLES

Situation à risques ; Charge mentale ; Situation dynamique ; Méthodes d'évaluation.

Situations multitâches dans les secteurs de soins critiques de la réanimation médicale

Virginie Josselin

Équipe médecine & santé au travail
RDC bas pavillon de Neurologie
C.H.U. de Grenoble
Avenue Maquis du Grésivaudan
38700 La Tronche
VJosselin@chu-grenoble.fr

Silvia Calvino Gunther

Réanimation médicale
C.H.U. de Grenoble
Avenue Maquis du Grésivaudan
38700 La Tronche
SCalvino-gunther@chu-grenoble.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de l'étude était de comprendre les raisons d'un fort turn-over des infirmières diplômées d'Etat (IDE) d'une équipe de réanimation médicale. Ces derniers travaillent dans quatre secteurs de réanimation différents et sont soumis à des situations multitâches dynamiques susceptibles de générer une charge mentale élevée et une pénibilité au travail. Cette étude a donc été menée afin de caractériser les facteurs de cette pénibilité au travail et leurs impacts sur l'activité des infirmiers. Des observations ont été réalisées dans les trois offices de la réanimation durant les moments critiques de l'activité des infirmiers, afin d'identifier les contraintes inhérentes à leur activité. De plus, les variations du niveau sonore ont été enregistrées au cours des phases de soins durant 24h. Les observations ont mis en évidence une organisation toujours en mouvement, où rien ne paraissait prévisible, avec de multiples tâches à gérer simultanément. L'activité était régentée par les alarmes des appareils de surveillance, l'état du patient et les changements de prescriptions médicales qui en découlent, et la réalisation de différents examens. Le niveau sonore était relativement plus élevé dans l'office 1 de 6 patients (74 dBA) que dans les 2 offices de 4 patients, présentant pourtant plus de machines (69 dBA). L'étude a révélé un niveau d'exigence trop élevé par rapport aux ressources disponibles des opérateurs infirmiers. Des groupes de travail, avec l'équipe des médecins, infirmiers et aides-soignants, ont ensuite été élaborés afin de discuter des problématiques majeures rencontrées et des solutions envisagées. Les échanges ont porté sur les différentes formes d'interruptions de tâches et sur la formalisation de l'organisation du travail.

MOTS-CLES

Situation multitâche ; Réanimation médicale ; Turn-over ; Environnement sonore ; Interruption de tâche.

1. INTRODUCTION

Cette étude, réalisée dans le service de réanimation médicale du CHU de Grenoble, fait suite à une première intervention réalisée en 2015 concernant les locaux et le matériel. Cette première intervention avait permis de débloquent une enveloppe permettant la remise à neuf des offices de soins et de l'équipement de stockage du matériel infirmier. C'est au cours de cette première étude qu'a émergé la demande sur les conditions de travail et la charge mentale. En 2016, le service de réanimation médicale est alors dans une situation difficile avec un fort taux d'absentéisme couplé à un turn-over annuel de 20 %. Le temps nécessaire à la formation d'un(e) infirmier(e) de réanimation (pas une spécialité aujourd'hui) est d'au minimum 6 mois. Il arrive souvent qu'au bout de ses 6 mois, les infirmiers quittent le service pour aller dans une autre unité de réanimation, d'urgences ou au SMUR. Ce service n'a pas bénéficié de travaux depuis ces 20 dernières années, son organisation est aujourd'hui vue comme complètement obsolète par le chef de clinique universitaire. Il est prévu que ce service intègre le nouveau bâtiment NPT (Nouveau Plateau Technique) qui a été conçu selon le choix d'une architecture moderne. C'est donc dans un contexte de changement organisationnel fort qu'a eu lieu cette étude : entre la perspective de ce déménagement (prévu en 2019), l'arrivée d'un nouveau chef de service dans une équipe déjà bien installée et la volonté d'une nouvelle organisation du travail. Ce service de réanimation médicale comporte 18 lits répartis en 4 offices : 3 offices de 4 lits et un office de 6 lits.

L'objectif de l'étude est de comprendre les raisons d'un fort turn-over des infirmiers dans cette équipe. Ces derniers travaillent dans quatre offices de réanimation différents et sont soumis à des situations multitâches dynamiques susceptibles de générer une charge mentale élevée et une pénibilité au travail. Cette étude a donc été menée afin de caractériser les facteurs de cette pénibilité au travail et leurs impacts sur l'activité des infirmiers. Nous avons également évalué l'impact de l'office (nombre de patients, nombre de machines présentes) sur la pénibilité, à travers le niveau sonore.

2. MATERIELS ET METHODES

Quatre séries de 6h d'observations ont été réalisées. Les 4 offices ont été observés et un temps plus important sur le terrain a été consacré à l'office de 6 patients. Ces observations ont surtout été réalisées le matin et en début d'après-midi, moment les plus critiques de l'activité des infirmiers. Le but était en effet d'identifier les contraintes inhérentes à leur activité et d'identifier les différences possibles entre les offices. Suite aux premières observations nous avons réalisé des enregistrements du niveau sonore sur 24h. Nous avons équipé, pour chaque office, deux infirmiers d'un dosimètre bruit. La moyenne de 14 mesures de décibels a ensuite été effectuée pour la journée et pour la nuit.

3. RESULTATS

Plusieurs facteurs de pénibilités ont pu être isolés dans les différents offices. Il est à noter que la multitude de sources sonores pertinentes dans l'environnement induisait un environnement physique de travail bruyant et un environnement cognitif complexe.

3.1. Les sources sonores en lien avec le patient

Nous avons isolé 12 sources sonores différentes en lien direct avec la prise en charge du patient : Respirateur, Pousse-seringue, Lit, Dialyse, Matelas, Pompe d'alimentation, etc. Certains de ces appareils produisaient eux-mêmes divers signaux sonores que tous les professionnels ne reconnaissaient pas. Le niveau sonore était plus élevé dans l'office de 6 patients (74 dBA) que dans les trois offices de 4 patients, présentant pourtant plus de machines (69 dBA). Cette différence peut s'expliquer par le nombre patients plus important dans cet office et par leur instabilité nécessitant plus d'échanges entre les professionnels du service et avec des spécialistes extérieurs au service. Ce

service est également celui dans lequel débutent les jeunes professionnels car ils ne présentent pas de machines complexes.

Les mesures de bruit réalisées la nuit (de 19h à 7h) nous ont permis de mettre en évidence que le niveau sonore était légèrement plus bas la nuit au SIU (72 dBA) que dans les autres offices, même si ce niveau restait tout de même élevé compte-tenu des exigences de l'activité. De plus, le niveau sonore était identique le jour et la nuit dans les trois autres offices. Ceci s'explique par un niveau d'activité constant durant la nuit. En effet, certains soins étaient réalisés la nuit car le patient était inconscient.

3.2. Les sources sonores liées aux communications et outils de communication

A cela s'ajoute trois autres sources sonores liées aux modes et outils de communication : l'interphone, le téléphone, et les conversations directes. L'interphone, normalement utilisé pour signaler une situation d'urgence vitale nécessitant la présence médicale et potentiellement de renforts soignants, était souvent détourné de son utilisation principale et signalait la présence des médecins pour la visite des patients. Les communications via l'interphone étaient diffusées dans tous les offices en simultané. Le téléphone était le lien avec l'extérieur du service, plus particulièrement avec les familles et les services supports (e.g. radiologie, laboratoire d'analyse, autres services). Il sonnait donc très régulièrement. Il était installé dans la zone bureautique dans la même pièce que l'office de préparation. L'office de préparation et le bureau IDE étaient situés dans le couloir d'accès aux chambres. Les échanges téléphoniques ou directs entre les différents professionnels venaient souvent perturber le cours de certaines prises en charge (e.g. préparation d'injectables, de médicaments sensibles) au risque d'entraîner des erreurs pouvant avoir des conséquences graves. Les temps d'échanges directs entre les médecins et les IDE ou AS (Aide-Soignante) étaient réduits. Ils avaient principalement lieu dans l'office, ou dans la chambre du patient, et étaient souvent source d'interruption pour l'un ou l'autre suivant qui interrompait car il n'y avait pas de temps de communication prévu dans la journée. Une étude réalisée dans une réanimation médicale (Raffier-Peres & Estry-Behar, 2015) a mis en évidence entre 24 et 33 épisodes d'interruption du médecin par l'IDE sur une journée de travail. Les échanges perturbaient l'activité tout en étant également sources d'informations précieuses pour le soignant, en l'absence de temps formalisé et de supports de transmissions simple d'accès.

3.3. Les situations multitâches

Les professionnels étaient souvent en situation de multitâche car les informations importantes pour la prise en charge du patient étaient transmises au moment de la réalisation d'une autre activité en lien parfois avec un autre patient. Ceci induisait des risques d'erreurs auquel les IDE étaient très attentifs. Derrière le niveau sonore qui en lui-même pouvait perturber la prise en charge des patients, se cachait une multitude de sources d'informations que l'IDE devait discriminer, et notamment le type d'alarme et son niveau de gravité. Il arrivait souvent que les épisodes d'alarme pour un même patient se multiplient, obligeant l'IDE à rendre auprès de lui un grand nombre de fois sans forcément pouvoir résoudre le problème. Il devenait alors presque impossible de gérer une autre activité en parallèle. Des mesures réalisées dans un autre service de réanimation (Raffier-Peres, D., & Estry-Behar, M.) montrent jusqu'à 487 alarmes mesurées sur une journée de 12h dans une réanimation médicale pour la 1^{ère} IDE, et 259 pour la 2^{ème} IDE. Dans notre étude, l'IDE n'avait en charge que deux ou trois patients mais était également attentive aux alarmes des autres patients, sa collègue pouvant réaliser un soin ou sortir de l'office à tout moment. Cela induisait une situation de stress pour l'IDE quelle verbalise au cours de l'observation. Une étude réalisée dans un service de soins similaire (Raffier-Peres & Estry-Behar, 2015) montre que même si l'activité en cours n'est pas interrompue, le cours de la pensée le sera lorsque l'alarme se met en route et une analyse sera réalisée concernant le niveau de gravité.

3.4. La reprogrammation perpétuelle de l'activité

L'activité réelle était pleine de variabilités et très éloignée du travail prescrit (mise en sécurité, tour toutes les 2h, etc.). Parallèlement, le degré d'autonomie des soignants était réduit car l'organisation des tâches était conditionnée par les alarmes, les entrées, les sorties, les prescriptions, sur lesquels ils n'avaient pas de contrôle. Les soignants étaient inscrits dans une perpétuelle réécriture de l'organisation de leur journée de travail au fur et à mesure que leur journée avançait. Les imprévus étaient nombreux du fait de la pathologie, de l'absence de matériel, des multiples intervenants. Les prises en charges étaient rarement réalisées complètement, voire remises à plus tard. Ceci était aggravé par le fait que chaque professionnel (e.g. IDE, AS, Médecin) avait un objectif et une temporalité qui lui était propre mais avait besoin de l'autre pour prendre en charge les patients ce qui entraînait des interruptions de tâches. La segmentation de l'activité, la forte pression temporelle à laquelle ils étaient soumis augmentait donc leur charge mentale (Cazabat, S., Barthe, B., Cascino, N.)

Les jeunes professionnels ne pouvaient pas faire abstraction des alarmes. Elles induisaient un stress qui les mettait dans une situation difficile à gérer et qui ne leur permettait plus d'être disponibles pour autre chose. Ainsi, la responsabilité et l'incertitude, la pression temporelle étaient autant de facteurs qui concouraient à augmenter la charge mentale de travail (Cazabat, S., Barthe, B., & Cascino, N.).

Il était difficile, pour les jeunes infirmiers, de construire une prise en charge globale des patients dans un contexte de gestion morcelée. Les jeunes professionnels ne sont pas dans l'anticipation, ils sont dans la gestion immédiate de l'incident (se rendre auprès du patient pour vérifier l'ensemble des constantes) mais il ne s'agit pas d'une réelle gestion, juste un constat. Et grâce à l'éclairage de René Amalberti (2001) sur le compromis entre le risque interne qu'ils acceptent de prendre, le risque objectif lié au niveau de performance qu'ils visent se fait souvent au détriment de leur intégrité physique et morale (fatigue, stress, épuisement).

4. CONCLUSION ET PRECONISATIONS

L'étude a révélé un niveau d'exigence très élevé par rapport aux ressources disponibles des opérateurs infirmiers. L'erreur pouvant avoir des conséquences très graves pour le patient, les professionnels travaillaient avec un sentiment d'insécurité important, ils n'osaient plus prendre d'initiatives dans la crainte d'une sanction. Des groupes de travail, avec l'équipe des médecins, IDE et aides-soignants, ont ensuite été mis en place afin de discuter des problématiques majeures rencontrées et des solutions envisagées. Les échanges ont particulièrement porté sur les différentes formes d'interruptions de tâches que peuvent avoir les infirmiers, sur les risques qu'elles induisent et comment les éviter.

Par ailleurs, le niveau sonore élevé dans lequel travaillent les infirmiers a permis l'identification, avec les professionnels, des sources d'alarmes sonores, de leur niveau de criticité et des actions qu'elles impliquent, dans quels délais et sous quelle responsabilité. Cela a soulevé la question de la formation des nouveaux arrivants à la gestion des alarmes et notamment des changements de paramètres lors de la réalisation d'examens ou de soins afin que les alarmes ne sonnent pas en continu. Il est nécessaire que les professionnels acquièrent suffisamment de connaissances et de confiance pour être à l'aise avec ces réglages. Nous avons également travaillé sur la gestion des mouvements de patients afin de construire des principes de fonctionnement permettant de réduire les exigences de la situation multitâches.

Ce travail a également permis de lancer une réflexion sur l'uniformisation des matériels médicaux pour le futur bâtiment, et l'uniformisation des approvisionnement dans les offices et réserves afin de simplifier la recherche de matériel pour les IDE qui travaillent dans les quatre offices. Le choix architectural fait par l'établissement pour le nouveau service de réanimation offrira un

espace de préparation plus isolé, ce qui réduira le nombre d'interruptions de tâche. Les chambres beaucoup plus éloignées des offices qu'aujourd'hui limiteront la pollution sonore même si cela va modifier les pratiques des soignants.

5. BIBLIOGRAPHIE

Amalberti, R. (2001). *La conduite de systèmes à risques* (2ème éd.). Paris: PUF (1ère éd. 1996).

Cazabat, S., Barthe, B., & Cascino, N. (2008). Charge de travail et stress professionnel: deux facettes d'une même réalité?. Étude exploratoire dans un service de gérontologie. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (10-1).

Raffier-Peres, D., & Estryng-Behar, M. (2015). Audit ergonomique en réanimation polyvalente. Bruit ambiant, alarmes et impact sur le travail. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 76(2), 115-130.

Le paradoxe sécuritaire d'un système de sécurité sur les tramways. L'hypothèse cognitive et les moyens de résoudre ce paradoxe : l'expérience de Clermont-Ferrand

Robin Foot

Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés (LATTS), École des Ponts ParisTech
6 et 8, avenue Blaise Pascal
Cité Descartes
77455 Marne-la-Vallée cedex 2
robin.foot@enpc.fr

RÉSUMÉ

Le système de veille sur les tramways est en charge d'arrêter la rame en cas de défaillance du conducteur. Le conducteur doit respecter des cycles de maintien et de relâchement de la veille. Le conducteur est dans une situation classique de double tâche qui a des conséquences sur la sécurité de conduite et la santé des conducteurs. Mais la reconnaissance de cette situation et de son impact négatif sur les conducteurs et la conduite a été un point de passage obligé pour permettre sa transformation. Associée à une action nationale menée par la CGT contre ce système de veille, une lutte locale à Clermont-Ferrand a permis qu'un projet de transformation du fonctionnel et des actionneurs de veille soit menée. Cette communication rend compte de ce processus qui a permis de résoudre ce paradoxe d'un système de sécurité qui met en cause la santé et la sécurité.

MOTS-CLES

Fonction distractive ; Conducteur ; Troubles musculo-squelettiques ; Tramway ; Double tâche.

1. INTRODUCTION

Depuis le renouveau des tramways en France (1985), le système de veille en charge d'arrêter la rame en cas de défaillance du conducteur (endormissement, évanouissement ou mort) qui s'est généralisé est une VACMA (Veille automatique à contrôle de maintien d'appui). Cette veille est basée sur un contrôle des cycles d'appui et de relâchement du ou des actionneurs de veille par le conducteur. Celui-ci doit maintenir au plus dix secondes ou relâcher moins de trois secondes la veille sinon une alarme sonore se déclenche pendant deux à trois secondes et, sans changement d'état des actionneurs, un freinage d'urgence se déclenche.

Le paradoxe de cette temporisation qui introduit une contrainte forte sur le conducteur est qu'elle n'a fait l'objet d'aucune justification fonctionnelle ni même d'une évaluation de son fonctionnement. Il faut attendre 2004, au détour d'une expertise « Nouvelles technologies » sur le tramway de Clermont-Ferrand, pour qu'un débat s'ouvre sur ce dispositif (Doniol-Shaw & Foot, 2004). Mais il faudra encore attendre près de quinze ans pour que ces connaissances soient intégrées dans les prescriptions réglementaires concernant la veille (STRMTG, 2017). Cette reconnaissance sera le fruit d'un processus où s'articulent actions syndicales contre la VACMA, accidents et prise en compte par les instances du milieu du tramway.

Cette communication est le produit d'une recherche au long cours dans le milieu des transports urbains qui articule, depuis 2011, une recherche-action avec la Fédération Nationale des Syndicats de Transport CGT (FNST-CGT) dans le cadre de son action contre la VACMA et, depuis 2014, une intervention dans le cadre d'une assistance à maîtrise d'ouvrage pour la re-conception du poste de conduite du tramway de Clermont-Ferrand.

Dans un premier temps, nous retracerons le difficile processus pour faire reconnaître le problème posé par la Vacma aux conducteurs et à la conduite. Le fait que la justification de ce système ait été irrationnelle n'a pas rendu sa critique moins difficile (Foot, 2017). Plus de cinq ans séparent, en effet, le début de l'action de la FNST-CGT et la formalisation par le service en charge de réglementer le tramway, le STRMTG, d'une reconnaissance du bien-fondé de cette critique.

Puis, dans un second temps, nous montrerons comment, au niveau local, à Clermont-Ferrand, ce changement réglementaire a permis de transformer la situation et comment cette transformation a pu être évaluée.

Enfin, en conclusion nous mettrons en discussion les résultats de ces interventions.

2. DU DÉNI À LA RECONNAISSANCE DE LA « SURCHARGE COGNITIVE »

Ces cycles de maintien et de relâchement n'ont pas pour fonction de contrôler la vigilance contrairement à ce qui est énoncé en 2012 par le service technique d'État en charge du tramway, le STRMTG, dans son guide technique sur l'ergonomie des postes de conduite (STRMTG, 2012). En effet, des études scientifiques en France et en Allemagne montrent que les conducteurs peuvent continuer à veiller de manière même plus régulière lors de périodes d'assouplissement (Mollard et al. 1991 ; Peter et al. 1983). Une enquête du Bureau d'Enquête sur les Accidents dans les Transports Terrestres, menée suite à un accident à Rouen en 2004, confirme ce constat.

La justification d'une temporisation au maintien aussi brève serait l'existence du risque d'une défaillance crispée ». Mais ce risque est irréel car la défaillance du corps se traduit toujours par un relâchement musculaire (Doniol-Shaw & Foot, 2004). Il faudra attendre 2017 pour que l'irréalité de ce risque soit officiellement reconnue et, par conséquent, plus pris en compte (STRMTG, 2017).

Malgré l'identification, lors d'une étude menée pour le STRMTG en 2009, que la VACMA entre en concurrence attentionnelle avec la conduite ce qui se traduit, dans des situations de tension sur la conduite, par l'abandon des actions de veille, la remise en cause de ce dispositif reste de pure forme : « *faut-il pour autant imposer en permanence une double tâche au conducteur ?* » (Dessaigne, 2009).

A la suite de la reconnaissance de huit maladies professionnelles à Clermont-Ferrand, une étude de l'INRS met en évidence que la fréquence des actions de veille est un indicateur de la tension attentionnelle entre la conduite et la veille (Cail, Morel, & Aublet-Cuvelier, 2011). En effet, pour résoudre, partiellement, ce conflit entre la veille et la conduite, les conducteurs calent le temps de maintien ou de relâchement sur le temps le plus contraignant, c'est-à-dire le temps alloué au relâchement. Si cette stratégie correspond à une économie cognitive où les conducteurs prennent sur eux, au risque de leur santé, pour assurer la conduite d'un tramway, cela indique clairement que la VACMA a une fonction distractive (Doniol-Shaw, Foot, & Franchi, 2017).

La mise en évidence de ce paradoxe d'un système de sécurité qui met en cause à la fois la sécurité de conduite et la santé des conducteurs sera reprise par la CGT qui, au niveau national, lance une action contre la VACMA dès janvier 2012 (Foot & Garrigou, 2014). Les accidents mortels de voyageurs de Montpellier (2012) et Nice (2015) viendront confirmer le bien-fondé de cette contestation. Cinq ans après le lancement de l'action de la FNST-CGT, le STRMTG reconnaîtra enfin dans son guide sur la « *Fonction de veille* » que la VACMA peut provoquer « *une surcharge cognitive* » et être la cause de déclenchement injustifié de freinage d'urgence et provoquer, par conséquent, des chutes de voyageurs (STRMTG, 2017).

3. UN PROCESSUS DE TRANSFORMATION

Cette action nationale a favorisé la modification du cadre réglementant la conception des postes de conduite et, en particulier, celui du dispositif de veille. Cela s'est traduit, à Clermont-Ferrand, par la mise en place d'un projet de transformation du poste de conduite et du système de veille (Foot, 2019).

La transformation de la veille s'est faite en deux étapes :

- En mars 2016, transformation de la VACMA par suppression de la temporisation au maintien. Le poste de conduite et les actionneurs de veille restent identiques.

En novembre 2017, mise en place du nouveau poste de conduite avec de nouveaux actionneurs de veille en conservant le fonctionnel de veille mis en place en mars 2016.

Ce processus de transformation a donné lieu à un suivi afin d'en évaluer l'efficacité. Cette évaluation a pris deux formes. La première a concerné un même groupe de six conducteurs dans trois configurations différentes du poste de conduite et du système de veille. La seconde, plus quantitative, a été faite par les agents de maîtrise qui ont accompagné 94 conducteurs en novembre 2016 et 73 conducteurs de novembre 2017 à janvier 2018, lors des essais d'une rame de présérie avec le nouveau poste de conduite. Les conducteurs habilités à la conduite du tramway étaient environ deux cents.

3.1. L'évaluation qualitative des changements de modalité de veille

Nous avons mené trois campagnes de mesure avec le même groupe de six conducteurs : en juin 2015 avec la VACMA et le poste originel ; en novembre 2016 avec le nouveau fonctionnel de veille implanté sur le poste de conduite non modifié ; en novembre 2017 avec le nouveau poste de conduite et les nouveaux actionneurs.

Ces observations ont été instrumentées dans les trois cas avec des enregistrements vidéo (Cf. Figure 1) mais l'enregistrement des actions de veille a été instrumenté de façon différente selon les cas. En juin 2015, avec des contacteurs de force (FSR 402 d'*Interlink Electronics*) reliés à un boîtier d'acquisition *National Instrument 6009*. L'exploitation de ces données a été faite avec un programme LabView. Les enregistrements exploitables ont porté sur des temps de conduite variant de dix à quarante minutes. La deuxième série a été faite uniquement sur la base des enregistrements vidéo. La durée des enregistrements exploités a été d'environ dix-huit minutes pour chaque conducteur. Enfin, la dernière série a été instrumentée à l'aide d'un voyant lumineux indiquant les actions de veille. La durée des enregistrements exploités a été également d'environ dix-huit minutes pour chacun des conducteurs.

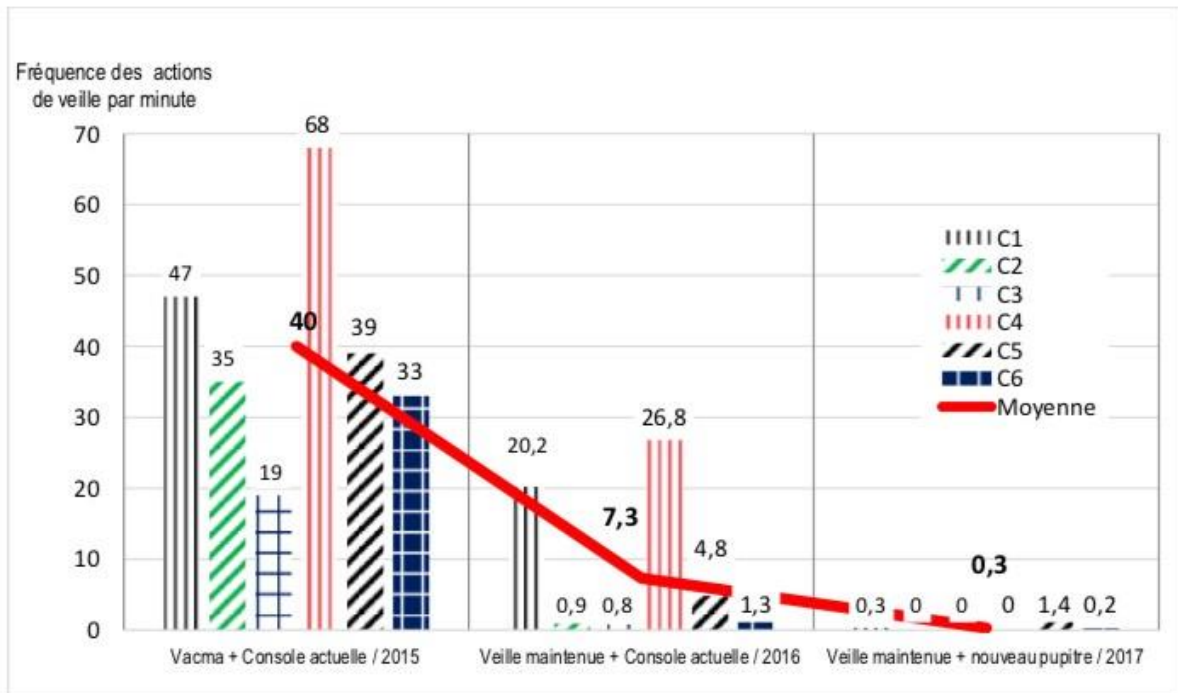


Figure 1. Évolution de la fréquence d'appui sur la veille de 6 conducteurs en fonction de la configuration du pupitre et du fonctionnel de veille entre mai 2015 et novembre 2017. Si le seul changement de fonctionnel de veille a permis de diminuer la fréquence des actions de veille, il n'en reste pas moins que deux conducteurs conservent des fréquences élevées. C'est seulement avec le changement des actionneurs que la fréquence des actions devient quasi nulle de manière homogène pour les six conducteurs.

3.2. L'évaluation quantitative des changements de modalité de veille par les agents de maîtrise

A partir des observations faites par les agents de maîtrise, il ressort que, en novembre 2016, 16% de l'effectif observé conservait un mode d'activation de la veille de type VACMA. En novembre 2017, avec les nouveaux actionneurs, il n'y a plus que 6% des conducteurs qui continuent à veiller en mode VACMA bien que, la plupart des conducteurs n'a conduit que deux heures avec le nouveau poste de conduite équipée d'un autre système d'actionneur de veille. Compte-tenu de la difficulté à déconstruire des automatismes, il est probable que le nombre de conducteurs veillant en mode VACMA devrait sensiblement diminuer à terme, lorsque l'ensemble des rames sera équipé du nouveau poste de conduite.

4. CONCLUSION

De notre point de vue, ce résultat peut être considéré comme le signe que l'on est parvenu à neutraliser l'action de la veille par rapport à la conduite. Cela signifie que l'on ne peut pas se contenter de changer le fonctionnel de veille, sa logique d'action, mais qu'il faut également en modifier la forme sans quoi le risque est grand que l'on substitue une contrainte posturale à une contrainte cognitive dont on sait qu'elle peut avoir le même effet distrayant.

Toutefois, il nous semble intéressant d'essayer de comprendre pourquoi, alors qu'il n'est plus nécessaire de veiller en mode VACMA, reste-t-il cependant des salariés qui continuent de procéder de la sorte ? L'une des hypothèses que nous formulons se rapporte à l'effet distrayant de la veille par rapport à la conduite, au fait que la distraction par rapport à la conduite pourrait être une ressource permettant, à certains conducteurs, de gérer le stress de la conduite.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Cail, F., Morel, O., & Aublet-Cuvelier, A., (2011). *Quantification des contraintes biomécaniques de 4 conducteurs de tramway de T2C*. Nancy : INRS, 2011.
- Dessaigne, M.F. (2009). *Synthèse des observations sur l'ergonomie des postes de conduite des tramways des réseaux français. Étude pour le STRMTG*. Fontaines-sur-Saône : Ergonomos.
- Doniol-Shaw, G., & Foot, R. (Eds.). (2004). *Travail de conduite et sécurité des tramways : enjeux pour la conception du poste de conduite*. Marne-la-Vallée : LATTs/T2C
- Doniol-Shaw, G., Foot, R., & Franchi, P. (2017). Tramway et TMS : une mise en veille de la santé et de de la sécurité ou les paradoxes du dispositif « d'Homme Mort » sur les tramways, *Travailler*, 38, 39-62.
- Foot, R. (2017). La folie des uns fait le travail des autres, la vacma et le tramway. *Travailler*, 2(38), 79-117. Foot, R. (Ed.). (2019). *Rencontres autour d'un poste de conduite d'un tramway*. Marne-la-Vallée : LATTs. Foot, R., & Garrigou, A. (Eds.). (2014) *Homme mort et conditions de travail des conducteurs de tramway*. Marne-la-Vallée : LATTs.
- Mollard, R., Coblentz, A., & Cabon, P. (1991). Détection de l'hypovigilance chez les conducteurs de train. In *Le maintien de la vigilance dans les transports. Journée d'étude de l'INRETS* (pp. 65-71). Caen : Paradigme.
- Peter, J. H., Fuchs, E., Langanke, P., Meinzer, K., & Pfaff, U., (1983). The SIFA train function safety circuit. I Vigilance and Operational Practice in Psycho-physiological Analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 52(4), 329-339.
- STRMTG. (2012). *Ergonomie des Postes de Conduite des Tramways Guide technique* (pp. 27). Saint Martin d'Hères : Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés.
- STRMTG. (2015). *Sécurité des Postes de Conduite des Tramways – Version 3 Guide technique* (pp. 27). Saint Martin d'Hères : Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés.
- STRMTG. (2017). *Fonction de veille des tramways. Exigences de sécurité Guide technique* (pp. 12). Saint Martin d'Hères : Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés.

Alerte contresens sur autoroute : utilité pour la sécurité routière vs. risques de distraction

Samuel Aupetit

ERGO-CENTRE, 1121 rue de la Bergeresse, 45160 Olivet
samuel@ergo-centre.fr

Audrey Faurre

ERGO-CENTRE, 1121 rue de la Bergeresse, 45160 Olivet
audrey@ergo-centre.fr

Sara Escaich

ERGO-CENTRE, 1121 rue de la Bergeresse, 45160 Olivet
sara@ergo-centre.fr

Stéphane Caro

IFSTTAR/LEPSIS, 14-20 Boulevard Newton, 77420 Champs-sur-Marne France
stephane.caro@ifsttar.fr

Jean-Philippe Pattyn

APRR, 36 Rue Dr Schmitt, 21800 Saint-Apollinaire
Jeanphilippe.pattyn@aprr.fr

RÉSUMÉ

Cette étude concerne les effets sur le comportement de conduite de la présentation de messages d'alerte aux conducteurs via leur Smartphone. Cette alerte visuelle et/ou auditive indique qu'un usager se trouve en contresens sur autoroute. L'objectif de ce travail est de montrer l'utilité de ces messages pour la sécurité routière vs. les risques inhérents à la prise en compte d'informations annexes à la conduite (phénomènes distractifs). La démarche a consisté à réaliser une étude sur simulateur de conduite à base fixe. Vingt participants ont été recrutés pour l'étude ($m = 38$ ans ; $\sigma = 16$). Plusieurs modalités d'alertes leurs étaient proposées au cours des deux sessions de 15 minutes de conduite chacune. Des données sur la cinématique du véhicule ont été recueillies. Elles ont été combinées à des enregistrements audiovisuels des participants et leurs actions sur le Smartphone, des questionnaires portant sur la charge mentale (SMEQ et DALI) et sur l'utilisabilité (DEEP), et des entretiens semi-directifs. Les résultats mettent en avant l'intérêt de ces messages sur la sécurité routière (changement de voie vers la droite, réduction de la vitesse, prise d'informations dans l'environnement...). Les effets les plus importants étant liés à des modalités combinées (alerte visuelle et sonore) et quand la procédure à suivre est clairement indiquée.

MOTS-CLES

Transport ; Charge mentale ; Situation à risque ; Simulation ; Acceptabilité.

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte et objectif

Chaque année, près de 400 contresens sont détectés sur le réseau autoroutier (marche arrière au péage et sur la bande d'urgence, prise à contresens de l'autoroute). En 2016, le groupe Autoroute Paris-Rhin-Rhône (APRR) comptabilise 169 événements qui ont occasionné 7 accidents dont 3 mortels. Dans le cadre de la lutte contre ce phénomène, le groupe APRR investit dans le déploiement de systèmes de détection et de communication aux usagers. La présente étude concerne les effets sur le comportement de conduite de la présentation de messages d'alerte aux conducteurs via leur Smartphone. Cette alerte visuelle et/ou auditive indique qu'un usager se trouve en contresens sur l'autoroute empruntée. Le principe de la solution est de transmettre ces alertes via une architecture déployée sur le réseau autoroutier, destinée aux véhicules présents dans une zone déterminée, qui viendrait en complément des messages diffusés sur la radio 107.7 et sur les Panneau à Messages Variables (PMV). La demande faite aux ergonomes est de montrer, en conditions expérimentales, l'utilité des messages d'alertes pressentis, pour la sécurité routière vs. les perturbations inhérentes à la prise en compte d'informations concomitantes à la conduite.

1.2. Cadre théorique

L'étude des usages en psychologie a pour objectif d'envisager la manière dont les personnes s'approprient et utilisent des technologies sur un continuum temporel, avec trois moments : acceptabilité, acceptation, appropriation (Lheureux, 2009). L'usage d'une technologie peut être étudiée à travers son *acceptabilité*, qui renvoie à l'étude des conditions qui rendent le produit acceptable avant son usage effectif (Terrade et coll., 2009). *L'acceptation* peut être analysée à partir du moment où l'utilisateur a manipulé le produit, il s'agit des premières expériences d'usage. Dès lors que l'utilisateur a intégré dans son cadre de vie la technologie et qu'il en a une utilisation régulière, on parle d'*appropriation*. Dans la présente étude, c'est l'acceptation de la technologie qui est analysée.

Cette acceptation est classiquement qualifiée en étudiant l'utilité du produit et l'utilisabilité de son interface (Nielsen, 1993). L'utilité renvoie à la correspondance entre les fonctions du dispositif et les besoins de l'utilisateur. Dans notre étude, il s'agit de savoir dans quelle mesure l'alerte modifie les comportements de conduite vers plus de sécurité ? Quels comportements de sécurité le conducteur adoptent-ils ? Sont-ils stables dans le temps ou ponctuels ? A l'inverse, en quoi les messages génèrent-ils des effets contre-productifs sur la sécurité ?

L'utilisabilité renvoie, elle, à la facilité d'usage des fonctionnalités d'un système, et peut être décomposée en deux dimensions :

- Efficience (degré d'effort³ pour utiliser le système) : quels sont les efforts nécessaires pour percevoir, comprendre et interagir avec les messages ? Ces efforts prennent-ils le pas sur l'attention allouée à la conduite ?

- Efficacité (atteinte ou non des objectifs fixés) : dans quelle mesure le conducteur réussit-il à entendre et comprendre les alertes ?

- L'idée est de servir de cette analyse pour concevoir non seulement une interface adaptée, mais également « une relation adaptée au produit » et finalement une « expérience utilisateur ».

³ Cette notion d'effort et de perturbation de l'activité de conduite s'exprime dans la littérature en psychologie des transports par le terme de « distraction ». Il existe traditionnellement quatre formes de distraction : distraction visuelle (détournement des yeux de la route), auditive (focalisation sur des alarmes sonores plus que sur l'environnement de conduite), physique (lorsque le conducteur enlève une main du volant pour manipuler un objet) et cognitive (ce sont les pensées du conducteur qui réduisent son attention portée à la conduite) (Young et coll., 2003).

2. DEMARCHE

2.1 Le prototype étudié

La solution consistait à envoyer sur le Smartphone du conducteur un message « alerte contresens » doublé d'un message sonore indiquant « Attention véhicule en contresens ». Un rappel était prévu 1 minute après ce message. Au bout de 2 minutes (dans notre étude), un message sur Smartphone indiquait au conducteur que l'événement est terminé. Les messages prenaient la forme de notification quand le téléphone était en mode « veille » (voir Figure 1).

Un second type de séquence consistait à ajouter au premier message visuel sur le Smartphone, un message parlé de 40 secondes de type « radio 107.7 FM » présentant la procédure à suivre en cas de contresens sur autoroute.

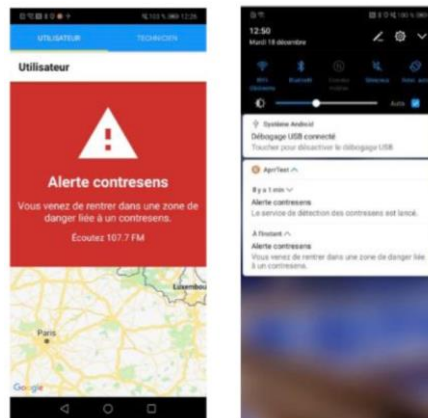


Figure 1. Ecrans de début d'alerte lorsque le Smartphone est « actif » (à gauche) et « verrouillé » (à droite).

2.2. Population

Vingt conducteurs ont été recrutés pour cette étude (10 femmes et 10 hommes ; M= 38 ans ; ET = 16). Les critères de participation étaient : détenir le permis B, conduire ou avoir conduit sur autoroute, détenir un Smartphone. Nous avons vérifié que tous utilisaient des Smartphones dans leur quotidien.

2.3. Simulateur de conduite

Ce travail a été mené sur le simulateur de conduite de l'IFSTTAR Marne-la-Vallée (Figure 2). Il se compose d'une cabine placée sur une plateforme mobile (non utilisée pour l'expérimentation). Le poste de conduite comporte les commandes et les indicateurs habituels d'un vrai véhicule, avec une boîte de vitesse manuelle. Les images sont affichées sur trois écrans haute résolution « 4K » (3840x2160 pixels) couvrant un champ de vision de 180 x 36°. L'environnement virtuel consiste en une section d'autoroute limitée à 130 km/h, longue de 36 km et rebouclant sur elle-même (Figure 3). Il s'agit d'une autoroute à 2 x 2 voies comportant de longues sections de lignes droites sans dénivelé, plusieurs entrées/sorties et présentant un paysage dégagé sans relief. Le trafic environnant a une densité d'environ 600 véhicules par heure (soit un intervalle moyen de 6.5 secondes à 110 km/h). Le trafic est également présent dans l'autre sens de circulation. Il est composé de véhicules de différentes catégories (moto, VL, fourgon, PL) ayant un comportement autonome.



Figure 2. Simulateur de conduite de l'IFFSTAR utilisé pour l'étude



Figure 3. Environnement visuel du simulateur.

2.4 Protocole

Le protocole expérimental d'une durée de 90 minutes par participant était le suivant :

- Accueil du participant : à ce stade l'étude présentée au participant portait sur la compréhension des comportements sur autoroute. Nous n'évoquons pas le focus sur les contresens et les alertes.

- Questionnaire démographique et entretien destinés à mieux comprendre le participant, ses habitudes de conduite, et son rapport aux technologies.

- Familiarisation avec le simulateur dans plusieurs contextes de conduite.

- Conduite sur simulateur : deux sessions de 10 minutes chacune. Le tableau 1 présente la procédure pour la première session de conduite avec le contexte « conducteur en retard ». La session 2, non présentée ici, portait sur un contexte de travaux sur autoroute. L'idée est de placer le conducteur dans des scénarios plausibles, immersifs, et non dirigés vers la thématique « contre sens ».

- Entretien semi-directif : débriefing sur les comportements et cognitions du conducteur.

Tableau 1. Procédure utilisée lors de la session 1 de conduite sur simulateur

SESSION 1		
Consignes		<i>“ Vous allez rejoindre l’autoroute en suivant les panneaux puis conduire sur celle-ci. Vous vous rendez à un rendez-vous de travail important et êtes légèrement en retard. Conduisez comme vous avez l’habitude de le faire dans ce contexte ”.</i>
Conditions d’alerte (contre-balancées)	Placement Smartphone	Sur le tableau de bord avec vue GPS vs. dans le rangement central, derrière le levier de vitesse, en mode « en veille »
	Type de Smartphone	IoS vs. Android.
Procédure		

3. RECUEIL DE DONNEES

Des observations en direct du comportement du conducteur ont été réalisées par l’ergonome et combinées à des enregistrements A/V avec caméras embarquées. Elles portaient sur les réactions des participants en cas d’alerte dans la cabine : demande d’aide, surprise, action sur la radio, manipulation du Smartphone... et dans l’environnement simulé : prise d’une sortie, freinage appuyé, placement sur la voie de droite, empiètement sur la BAU (bande d’arrêt d’urgence).

Un entretien semi-directif a été réalisé après chaque session de conduite et un autre au terme de l’expérimentation. L’objectif était de reconstruire l’activité du conducteur au moment des alertes.

Trois questionnaires ont été administrés à la fin de chaque session de conduite. L’échelle SMEQ (Subjective Mental Effort Questionnaire) est utilisée pour déterminer le degré d’effort lors de la perception des messages d’alertes. Le DALI (Driving Activity Load Index), une révision du NASA-TLX, est un questionnaire sur la charge mentale adapté aux tâches de conduite (Pauzié, 2008). Le questionnaire DEEP (Design-oriented Evaluation of Perceived Usability) permet de mesurer l’expérience utilisateur en relation avec une interface digitale.

Plusieurs types de données ont été enregistrées sur la cinématique du véhicule simulé : position, vitesse et trajectoire du véhicule, ainsi que les actions sur les commandes (volant, pédales...).

4. RESULTATS

4.1. Utilité

Les données d’observation et la cinématique du véhicule permettent de mettre en évidence des comportements de conduite et des stratégies de sécurité différents selon que l’alerte est donnée avec ou sans conseil sur la procédure à adopter. Les résultats montrent (a) que l’alerte « sans conseil » déclenche peu de comportements attendus (réduction de la vitesse, déport sur la voie de droite pour 3/20 conducteurs), et (b) que l’alerte « avec conseils » déclenche davantage de comportements attendus (9/20). Les entretiens confirment ce résultat en montrant que les conducteurs pour l’essentiel ont plus tendance à modifier leur comportement vers plus de sécurité lorsque des indications sur la procédure à adopter sont données. Les résultats soulignent néanmoins une méconnaissance des phénomènes et une euphémisation des risques associés pour tous les conducteurs.

4.2. Utilisabilité

Alors que l’utilité portait sur la réponse du système global à l’objectif de sécurité, l’utilisabilité, elle, concerne l’usage de l’interface. Nous avons distingué deux conditions selon que le Smartphone était « actif » et présent sur le tableau de bord, ou « verrouillé » dans le rangement central.

Le croisement de l’ensemble des données montre que :

(a) L'effort attentionnel est acceptable de la part des conducteurs en mode « actif » et présenté dans le champ visuel de la route : une vigilance est néanmoins à apporter quant à l'effort lié au déchiffrement et à la compréhension du contenu de l'écran (distraction cognitive). Les conducteurs comprennent le contenu des messages avec le code couleur et l'annonce sonore, et non le message écrit qui n'est pas suffisant affordant et compréhensible.

(b) L'effort attentionnel est important de la part des conducteurs quand le Smartphone est « verrouillé » en dehors du champ visuel direct. Les participants ont des difficultés pour comprendre le message car l'affichage visuel n'est pas lisible rapidement (fugacité de la notification et discrimination perceptive de l'information compliquée). Ce manque de feedback visuel ne permet pas aux conducteurs de valider leur bonne compréhension du message sonore et induit une charge mentale supplémentaire liée à la recherche d'informations dans l'habitacle (distraction perceptive et cognitive). Ce contexte incite les conducteurs à prendre en main leur Smartphone, le déverrouiller et l'approcher de leur visage pour lire correctement le message (distraction physique).

5. CONCLUSION

Le prototype présente une réelle utilité pour la sécurité de la conduite, notamment lorsqu'il est associé aux « conseils radio » : on peut noter un véritable changement de comportement de conduite de la part des conducteurs et une mise en sécurité plus importante sur simulateur. L'utilisabilité peut, elle, encore progresser. Il existe des différences importantes dans l'utilisabilité selon que le Smartphone est « actif » dans le champ visuel du conducteur ou « verrouillé » en dehors de sa vision. Dans le premier cas, l'effort demandé au conducteur pour prendre en compte l'alerte semble mesuré. Les conducteurs perçoivent et comprennent bien le sens de l'alerte avec le message sonore et le code couleur de l'écran, mais les messages textes sont trop denses, trop petits et pas assez explicites. Dans le deuxième cas, l'effort demandé au conducteur est plus important et peut entraîner des distractions de l'activité de conduite (manipulation du Smartphone) qui peuvent réduire l'attention allouée à la tâche de conduite et entraîner des risques. Les conducteurs sont en demande de feedbacks visuels permettant de valider leur compréhension du message sonore et ainsi réduire leur charge mentale.

6. BIBLIOGRAPHIE

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press Limited. London.

Lheureux, F. (2009). *Innovation technologique et sécurité routière : modélisation et optimisation de l'acceptation des systèmes d'aides à la conduite automobile*. Thèse de doctorat de l'Université de Provence, EA 849 Psychologie sociale des comportements et des cognitions.

Young, K., Regan, M. & Hammer, M. (2003) [Driver distraction: a review of the literature](#). Monash University Accident Research Centre, Report No. 206.

Terrade, F., Pasquier, H., Reerinck-Boulanger, J., Guingouain, G., & Somat, A. (2009). L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques. *Le Travail Humain*, 72(4), 383-395.

Pauzié, A. (2008). A method to assess the driver mental workload: the Driving Activity Load Index (DALI). [ET Intelligent Transport Systems](#), 2, 315-322.

La charge mentale... au travers de quelques recherches anciennes d'ergonomie

Jean-Claude Sperandio
Professeur émérite des Universités
jc.sperandio@orange.fr

RÉSUMÉ

Cet exposé propose une rétrospective (non exhaustive) de quelques recherches d'ergonomie sur la charge mentale. Robuste et intuitif, le concept lui-même a peu évolué au regard des transformations de l'approche ergonomique du travail mental et de ses impacts. Décrit d'abord comme un ensemble de réponses à des signaux élémentaires, le travail mental a été analysé ensuite en termes de traitements d'informations, puis d'interactions de processus cognitifs. Pour conjuguer les impacts, un schéma s'est imposé : optimiser la présentation de l'information, exclure les informations inutiles, aider le traitement grâce à des outils logiciels plus ou moins intelligents pour faciliter le travail des opérateurs, au risque d'une maîtrise imparfaite de ces outils, une perte d'expertise du métier et des tensions anxiogènes. La charge mentale s'en trouve-t-elle optimisée ? Quelques terrains d'études emblématiques illustrent le propos.

MOTS-CLES

Charge mentale ; Méthodes ; Expérimentation ; Risques ; Informatique.

1. INTRODUCTION

L'expression « charge mentale » est ambiguë. Dans la vie courante, la charge de travail mental (dite plus couramment charge mentale) est un concept intuitif : une certaine quantité de travail de type plutôt mental à réaliser dans un temps requis et pouvant avoir des effets redoutés, fatigue et erreurs principalement. Les facteurs majeurs sont la quantité d'informations à traiter, la complexité des problèmes à résoudre et une contrainte de temps, mais beaucoup d'autres facteurs interviennent. On se réfère aussi bien à la nature du travail qu'au coût multi-sémique du traitement mental pour le sujet. Selon les auteurs, la même expression s'applique à des causes multiples et à des effets divers. Une autre source de confusion est la proximité avec d'autres concepts (fatigue, sentiment de fatigue, stress, anxiété, etc.). Plus récemment, le terme désigne même la « double peine » des femmes qui, en plus de leur travail ordinaire à l'instar des hommes, auraient le souci des contraintes familiales et ménagères du quotidien... Pas les hommes ?

On ressent intuitivement, et de nombreux résultats expérimentaux le confirment, que faire plusieurs « choses » en même temps complique, fatigue et comporte un risque d'erreurs lié à l'alternance des focalisations attentives sur chacune des cibles, surtout sous contrainte de temps, et qu'en outre toute information inutile vient concurrencer l'information utile. On cite l'exemple contemporain de l'usage des smartphones qui interfèrent et mobilisent une part des ressources cognitives au détriment de tâches plus essentielles.

Le fil historique des recherches à caractère ergonomique sur la charge mentale montre surtout une évolution du regard porté sur les composantes mentales du travail, considéré d'abord comme un ensemble de réponses à des signaux élémentaires, dont on cherche à améliorer la rapidité et la

précision ; puis comme un traitement d'informations puisant dans des ressources mentales ayant une capacité limitée ; enfin, l'analyse de situations de travail réelles et complexes conduit à analyser le jeu complexe d'interactions entre des processus cognitifs. La formation et l'expertise professionnelle ont une place importante. Pour pallier les impacts de la charge mentale, la démarche suit un schéma classique : optimiser la présentation des informations ; hiérarchiser et filtrer les informations en fonction de leur pertinence pour la tâche essentielle ; optimiser les IHM et les commandes ; proposer des aides au traitement et supprimer certaines tâches que la machine peut automatiser, au risque de ne pas aider vraiment l'opérateur et de le placer dans une situation qu'il maîtrisera mal face à des défaillances de la machine. Les NTIC et surtout l'IA induisent des conflits potentiels entre le fonctionnement des machines et l'intelligence humaine.

2. TRAVAUX PRÉCURSEURS

L'expression « charge mentale » n'est guère utilisée dans la littérature ergonomique avant le milieu des années 50, mais certains aspects de la « charge mentale » ont fait l'objet de recherches antérieures, certaines même depuis le XIXe siècle, notamment sur la vigilance, l'attention, la sensation, la perception, l'apprentissage, etc. On retiendra les travaux d'Human Engineering commencés avant-guerre principalement aux États-Unis, et qui se poursuivront pendant les décennies suivantes, menés expérimentalement en laboratoire mais censés répondre à des problèmes réels de lecture et d'aménagement de cadrans, de positionnement dans le poste de travail, de stéréotypes sensori-moteurs, ainsi que divers effets redoutés dans des tâches monotones de surveillance et d'inspection. Ces effets étaient évalués par la rapidité des réponses, la précision et les erreurs. Ces travaux d'ergonomie embryonnaire sont marqués par le behaviorisme dominant qui considérait le fonctionnement mental comme une « boîte noire » dont il convenait de n'étudier que les « entrées » et les « sorties », c'est-à-dire les signaux perçus et les réponses produites, sans s'aventurer à l'intérieur de la « boîte noire ». Le « coût » pour l'opérateur n'est pas considéré.

Durant les années 50-60, des travaux à caractère plus théorique que pratique se développeront, considérant que les traitements d'information puisent dans un réservoir commun de « ressources mentales » qui fonctionnent selon le principe d'un « canal unique à capacité limitée ». (Miller, 1956, entre autres). En découle la « méthode de la tâche ajoutée », qui a eu un certain succès en ergonomie de laboratoire pour évaluer la charge mentale induite par divers types de tâches. Le principe consiste à faire exécuter deux tâches en même temps, une principale à laquelle on s'intéresse mais dont la charge mentale serait difficile à quantifier isolément, et une seconde, simple et facile à quantifier. On postule que les variations de difficulté de la tâche principale seront évaluées par les variations de performance observées sur la tâche additionnelle, puisque les deux tâches sont censées puiser aux mêmes ressources. Les résultats obtenus en laboratoire avec des tâches simples ne sont pas inintéressants, mais la méthode est inexploitable sur le terrain avec des tâches réelles un peu complexes (Leplat & Sperandio, 1967).

Les ergonomes physiologistes ont également recherché un indicateur physiologique universel de charge mentale (EEG, potentiels évoqués, rythme cardiaque ou respiratoire, mouvements palpébraux, variations électrodermales, etc.). Les résultats ont montré des corrélations avec le niveau de vigilance et l'attention mais une sensibilité imprécise à l'intensité du travail requis. L'électro-physiologie a progressé depuis cette époque.

Dès la décennie 60, les recherches menées directement sur le terrain deviennent de plus en plus nombreuses, utilisant des observations sur des tâches réelles effectuées par de vrais opérateurs. Dans ce cas, on ne crée pas de tâche artificielle comme en laboratoire, on ne manipule pas directement des facteurs expérimentaux, mais on observe des séquences de travail ciblées selon les facteurs étudiés. Cette méthodologie plus ou moins complexe, incluant diverses variantes d'auto-confrontation, va souvent de pair avec une méthodologie classique d'analyse du travail utilisée

conjointement : entretiens individuels, questionnaires, observations simples ou armées, parfois aussi expériences en laboratoire ou en vraie grandeur, ainsi que l'usage de simulateurs.

3. UN EXEMPLE : ÉTUDES DE LA CONDUITE AUTOMOBILE

Dès les années 60, des études d'ergonomie de la conduite automobile, menées principalement à l'ONSER / INRETS mais aussi chez des constructeurs, répondent à divers objectifs : accidentologie, apprentissage de la conduite, conception de tableaux de bord, etc. (Pauzié, 2013). Question initiale : quelles sont les informations qu'utilisent les conducteurs ? Quels sont les facteurs principaux de variation ? Ces recherches ont été menées en conduite réelle sur différents types de parcours en utilisant un véhicule équipé d'enregistreurs audio et vidéo, et de capteurs physiologiques pour certaines recherches. Les conducteurs sont ensuite confrontés à leur propre enregistrement pour en commenter le déroulement. L'enregistrement des fixations oculaires a montré que les prises d'informations varient selon plusieurs facteurs : difficultés du trafic, expérience du conducteur, monotonie, vigilance, fatigue, prise de café, tabac, etc. Les conducteurs débutants ou chevronnés diffèrent quant aux informations prélevées, traitées, anticipées (Neboit, 1974).

4. UN AUTRE EXEMPLE : ÉTUDES CHEZ LES CONTRÔLEURS AÉRIENS

L'arrivée de l'informatique dans les systèmes de contrôle aérien à la fin des années 50 mobilisera en France des psychologues ergonomes pendant plusieurs décennies à partir de 1962. La question était de savoir si le gain de charge de travail des tâches secondaires épargnées aux contrôleurs grâce à l'informatique pouvait se traduire par un gain de leur capacité de contrôle et donc par une meilleure capacité du système de contrôle lui-même. Celui-ci, en effet, devait faire face à un accroissement massif du trafic aérien. Parmi les thèmes d'études : formalisations des raisonnements des contrôleurs, mise au point de méthodes de formation fondées sur ces formalisations, ergonomie de conception et d'évaluation des prototypes d'interfaces Homme-Machine, évaluation d'outils logiciels de sécurité et d'assistance.

Le facteur majeur de charge mentale est ici le nombre d'avions simultanés à contrôler. Les observations ont donc été ciblées par un quadrillage de séquences de travail selon la quantité de trafic, la difficulté de certains postes et le niveau de qualification des contrôleurs. Une régulation réciproque des modes opératoires utilisés et de la charge mentale induite a été mise en évidence. Une des méthodes largement utilisées a été l'auto-confrontation : les séquences de travail (réel) sont complètement enregistrées (informations disponibles, communications air-sol, radar, décisions) et sont ensuite revues et commentées par le contrôleur, éventuellement par des collègues. À partir des années 70, cette méthode d'auto-confrontation sera perfectionnée par l'utilisation d'un « poste-miroir », sur lequel un contrôleur de même qualification fait en double le travail que fait un collègue en contrôle réel, commente au fur et à mesure le travail en cours. On rejoue ensuite les séquences en auto-confrontation croisée.

5. MOBILISATION ERGONOMIQUE : LES TERMINAUX À ÉCRAN, PC, ETC.

Dès les années 70, l'essor des terminaux à écran, précédant l'arrivée des PC et Macintosh au cours des années 80, va susciter une forte poussée de l'ergonomie appliquée à l'informatique. D'abord, l'ergonomie physiologique sera en quête des risques pour la santé (surtout vision), puis se développera une ergonomie des postes de travail et des IHM. Pratiquement tous les secteurs de travail sont concernés. Les aspects cognitifs du travail informatisé deviennent un sujet essentiel des congrès et colloques. Dans les secteurs chimiques et nucléaires, plusieurs catastrophes conduisent à des exigences accrues de sécurité, entraînant la conception de salles de contrôle / commande informatisées dans lesquelles le travail des opérateurs est profondément modifié. L'ergonomie d'IHM hautement interactives et d'aides logicielles à la conduite des installations est mise à profit, suscitant

de nombreuses recherches de psychologie cognitive sur les représentations mentales et les raisonnements de diagnostic et de décision.

6. LE PILOTAGE D'AVIONS DE NOUVELLE GENERATION

Un terrain d'études d'ergonomie cognitive où la charge mentale a occupé une place centrale est le pilotage aérien, civil et militaire, et ce depuis le tout début de l'ergonomie, mais c'est l'arrivée à la fin des années 80 d'avions de nouvelle génération (dits *glass cockpit*) qui a motivé plus particulièrement des études sur les actions et processus de décision des pilotes, principalement en situations critiques. Sur ces nouveaux avions de ligne, qui se pilotent à 2 et non plus à 3, non seulement les informations nécessaires au pilotage sont désormais affichées sur des écrans au lieu de cadrans analogiques, mais de nombreuses tâches sont automatisées, assurées par des ordinateurs qui accomplissent des tâches selon les données et commandes qu'on leur fournit, ce qui évidemment change considérablement le travail des pilotes, donnant lieu à des résistances de la part de certains d'entre eux, habitués aux anciens types d'avion. Des accidents d'Airbus A320, avion emblématique du genre, survenus de façon rapprochée après sa mise en service, en particulier l'accident du mont Saint Odile en janvier 1992, ont donné à réfléchir sur les difficultés et risques d'une collaboration entre pilotes et automatismes lorsqu'elle est mal maîtrisée. C'est dans ce contexte que plusieurs recherches d'ergonomie cognitive ont été réalisées. Thèmes majeurs : les interactions Hommes-ordinateur, l'anticipation d'événements, la conscience de la situation. Exemple : une de ces recherches a consisté à demander à 10 équipages de pilotes confirmés d'exécuter sur simulateur un vol complet au cours duquel des incidents, choisis parmi des incidents observés en vols réels, arrivent inopinément. Leur solution exige non pas l'application d'une procédure définie et bien apprise, mais un diagnostic et une recherche de solution dans l'urgence. Tous les détails du déroulement du vol étant enregistrés, les séquences sont ensuite visionnées par les équipages et leurs pairs pour qu'ils puissent commenter les décisions prises (Aw et Sperandio, 1997). Cette étude met le doigt sur des difficultés de maîtrise d'un avion super équipé d'outils d'assistance, même par des équipages très entraînés, lors d'incidents peu connus. L'analyse des fixations oculaires des pilotes montrent clairement une concentration mentale sur les paramètres pertinents variant selon les phases critiques, comme cela a été souvent observé dans d'autres métiers.

7. CONCLUSION

Si trop d'information nuit à l'information, trop de prescriptions et trop d'assistance nuisent aussi à la sécurité (Amalberti, 1996). Depuis la fin de la décennie 80, l'Intelligence Artificielle pénètre plus ou moins profondément divers secteurs de l'industrie et des services, venant prolonger et accentuer les impacts des NTIC et de l'informatisation classique. L'ergonomie est largement participante, en particulier pour l'optimisation d'IHM intelligentes, mais aussi pour le développement d'outils d'aide au diagnostic et à la décision, et l'automatisation de certaines tâches. Cependant, il n'est pas prouvé que l'on aille dans la bonne direction en faisant trop confiance aux machines et de moins en moins à l'intelligence humaine. En dépit d'applications très utiles qui nous émerveillent, l'IA peut avoir un fonctionnement opaque et confisquer certaines tâches intéressantes en laissant des bribes peu exaltantes, notamment la surveillance du bon fonctionnement d'installations automatisées, surveillance experte, certes, mais possiblement anxiogène. En outre, elle s'associe facilement à des méthodes d'organisation du travail qui réduisent les effectifs. Les conditions de travail et le cœur des métiers changent profondément.

Dès lors, l'ergonome interroge les concepteurs : Ces nouveaux outils répondent-ils à un besoin réel d'assistance ou à des défis techniques ou organisationnels ? Quels risques supplémentaires n'introduit-on pas ? Quels impacts pour les opérateurs ? Leur charge mentale est-elle optimisée ? Finalement, que gagne-t-on ?

8. BIBLIOGRAPHIE

Amalberti, R. (1996). *La conduite de systèmes à risques*. Paris : Presses Universitaires de France.

Aw, A. et Sperandio J.C., (1997). *Le Full Flight simulateur comme support de formation et de recherche sur le comportement humain dans le pilotage des avions de nouvelle génération*. 32e Congrès SELF, Lyon, 439-447

Leplat, J. et Sperandio, J.C. (1967). La mesure de la charge de travail par la technique de la tâche ajoutée, *L'année Psychol.*, 1, 255-277.

Miller, G.A. (1956). The magical number seven plus ou minus two, *Psychol. Review.*, 63, 81-97.

Neboit, M. (1974). Perception, anticipation et conduite automobile. *Le Travail Humain*, 37, 1, 53-72.

Pauzié, A. (2013). Ergonomie de la conduite automobile. In A. Drouin (Ed.), *Ergonomie, travail, conception, Santé*, Toulouse : Octares, 363-375.

Symposium : Apports de la neuroergonomie aux études portant sur la mobilité

Organisé par

Christophe Jallais

Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports (LESCOT)
IFSTTAR, 25 avenue François Mitterrand, 69500 BRON
christophe.jallais@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

La neuroergonomie est un domaine d'étude en pleine extension grâce notamment au développement de nombreuses techniques non invasives d'analyse de l'activité physiologique. Depuis presque deux décennies, l'application de ces nouvelles techniques et technologies à l'ergonomie permet un regard croisé entre les comportements et les activités neuronales et physiologiques dans différents contextes de la vie quotidienne (e.g., la marche, l'utilisation de systèmes, des périodes de coopérations entre utilisateurs).

Elle participe ainsi à une nouvelle mise en lumière des facteurs humains en jeu dans les activités de déplacement et permet une meilleure compréhension des défaillances et possibilités/potentialités humaines.

Les études qui seront présentées dans le cadre de ce symposium porteront sur l'Homme dans sa mobilité, dans ses interactions avec la machine (e.g., systèmes simulant des cas de reprises en main d'un véhicule autonome) et avec l'humain et tenteront de mettre en lumière de nouvelles perspectives de recherche.

Une première recherche (Pépin, et al.) présentera des résultats concernant l'impact du vagabondage de la pensée sur le traitement de l'information visuelle en conduite automobile. Cette étude en électroencéphalographie a examiné les potentiels évoqués par une cible visuelle afin de comprendre l'impact de cette distraction interne sur le traitement de l'information.

De plus, deux études porteront sur les changements induits par l'utilisation d'un véhicule autonome par rapport à la conduite manuelle : la première étude (Schnebelen et al.) portera sur les changements dans l'engagement attentionnel mis en place lors d'une conduite dite passive pendant l'utilisation d'un véhicule autonome. La seconde (Hidalgo-Muñoz et al.) portera sur l'impact neurophysiologique d'une distraction auditive en fonction du type de véhicule utilisé (autonome versus manuel).

Deux autres études porteront sur les interactions homme-machine en aéronautique. Le développement de nouveaux systèmes automatisés en aviation pose de nouvelles questions quant aux interactions homme-machine et les conditions de supervision de ces systèmes. La première étude (Berberian, et al.) a pour objectif d'examiner les conditions de sortie de boucle de contrôle et de dégradation des performances humaines lors de l'utilisation de systèmes autonomes en situation de coopération.

Roy et al. présenteront deux recherches portant sur les interactions entre opérateurs dans le domaine aéronautique. Les états de coopérations qui en découlent seront étudiés notamment par l'utilisation de mesures physiologiques (mesures d'activité oculaire, cardiaque et cérébrale).

Enfin, la mobilité de l'Homme ne se limitant pas à l'utilisation de systèmes, la dernière étude de ce symposium a pour objectif de mesurer l'activité cérébrale de personnes atteintes de la maladie de Parkinson pendant une activité de marche (Ranchet et al.).

MOTS-CLES

Neuroergonomie ; Neuro-imagerie ; Physiologie ; Attention ; Automatisation ; Mobilité ; Opérateurs

Impact du vagabondage de la pensée sur le traitement de l'information visuelle en conduite automobile

G. Pepin

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
guillaume.pepin@ifsttar.fr

A. Fort

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
alexandra.fort@ifsttar.fr

C. Jallais

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
christophe.jallais@ifsttar.fr

F. Moreau

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
fabien.moreau@ifsttar.fr

D. Ndiaye

IFSTTAR/LEPSIS, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
daniel.ndiaye@ifsttar.fr

J. Navarro

EMC, Université Lyon 2, 5 avenue Pierre Mendès France, 69676 Bron
jordan.navarro@univ-lyon2.fr

C. Gabaude

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
catherine.gabaude@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

Les défauts d'attention en conduite automobile sont particulièrement délétères et le Vagabondage de la Pensée (VP) est aussi dangereux que la multi-activité au volant (Galéra et al., 2012). La conduite étant une activité principalement visuelle, il convient donc de mieux comprendre comment le traitement de l'information visuelle est modifié lors du vagabondage de la pensée. La tâche proposée pour cette étude est un suivi de moto. Sur un simulateur de conduite automobile rudimentaire, le conducteur devait réagir le plus promptement possible aux freinages de la moto qui le précède en levant le pied de la pédale d'accélérateur. L'allumage du feu de la moto était le déclencheur pour l'étude des potentiels évoqués collectés à l'aide d'électrodes actives Biosemi Active Two® et de la réponse cardiaque évoquée collectée à l'aide du système Biopac. Tous les participants ont effectué 12 sessions de conduite durant environ 3 min, chacune étant composée de 15 freinages. La vitesse, la position du véhicule sur la voie, le temps de réaction et le nombre d'anticipations ont été enregistrés. Pour chaque session de conduite, il a été demandé aux participants de remplir un court questionnaire afin d'évaluer le degré d'attention qu'ils estiment avoir porté à la tâche de conduite (parfaitement concentré sur la conduite versus pas du tout concentré). Les amplitudes des

composantes N1 et P3, traduisant respectivement le traitement sensoriel précoce et le traitement cognitif plus tardif de l'information, sont toutes les deux réduites lorsque le conducteur est dans un état de VP. En revanche, aucune différence n'a pu être mise en évidence quant aux latences des composantes N1 et P3 ainsi que sur le nombre d'anticipations des conducteurs. La réduction de l'amplitude de la composante N1 obtenue lorsque l'attention des conducteurs était orientée sur ses pensées pourrait s'expliquer par le phénomène de découplage perceptuel. L'analyse de la réponse cardiaque évoquée n'a pas montré de différence dans la condition de VP. Les collectes simultanées des réponses cérébrales et cardiaques évoquées par l'allumage des feux de la moto permettent de discuter la régulation de l'effort cognitif en conduite automobile.

MOTS-CLES

Vagabondage de la pensée ; Potentiels évoqués ; Temps de réaction ; Conduite simulée ; Découplage perceptif

Stratégies visuelles des conducteurs en virage selon le degré d'automatisation et la vitesse du véhicule

Damien Schnebelen

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N), 1, rue de la Noë - 44321 Nantes Cedex 03
damien.schnebelen@ls2n.fr

Otto Lappi

Department of Digital Humanities, PO BOX 9, FI-00014 University of Helsinki, Finlande
otto.lappi@helsinki.fi

Callum Mole

University of Leeds, School of Psychology, 4 Lifton Pl, Leeds LS2 9JZ, Royaume-Uni
C.D.Mole@leeds.ac.uk

Franck Mars

Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N), 1, rue de la Noë - 44321 Nantes Cedex 03
franck.mars@ls2n.fr

RÉSUMÉ

Pour négocier un virage, les conducteurs alternent entre des prises d'informations de court terme (guidage du véhicule ; 1-2s) et d'anticipation (>2s). Pour autant, en conduite autonome, le conducteur passe d'un rôle actif (contrôle du volant et des pédales) à un rôle passif (supervision), ce qui peut modifier son comportement visuel à l'approche et dans le virage. Pour mieux comprendre l'impact de la conduite autonome sur les coordinations visuomotrices, l'étude, effectuée sur un simulateur de conduite, a porté sur les stratégies visuelles à la fois à l'approche du virage (ligne droite) et dans la phase d'entrée du virage (courbe). Le comportement visuel global (localisation spatiale des prises d'informations sous forme de distributions angulaires) ainsi que la dynamique de l'alternance guidage-anticipation (fréquence, durée moyenne et cumulées des fixations d'anticipation) de 18 participants ont été étudiées en fonction de la situation de conduite (active ou passive) et de la vitesse du véhicule dans le virage. Les résultats montrent qu'en conduite autonome, les conducteurs anticipent plus loin et de manière plus dynamique qu'en conduite manuelle, mais réduisent les prises d'informations relevant du guidage du véhicule. Ce comportement est observé dans les deux sections du virage, mais est plus marqué lors de l'entrée dans le virage. La vitesse n'influe pas directement sur la localisation des prises d'informations visuelles mais augmente la fréquence des transitions entre le guidage et l'anticipation, en particulier dans la phase d'approche du virage. Ces résultats amènent à discuter la fonction même des fixations d'anticipation en conduite autonome, dont certaines relèvent plutôt du contrôle visuel de trajectoire alors que d'autres relèvent de la recherche de dangers potentiels. De plus, ils révèlent que la coordination visuomotrice des conducteurs au moment de négocier un virage sera fortement impactée dans les véhicules autonomes.

MOTS-CLES

Stratégies visuelles ; Conduite autonome ; Coordination visuo-motrice ; Contrôle du volant ; Conduite en virage

1. PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES

La tâche de conduite est une tâche complexe qui nécessite la prise et le traitement continus d'informations visuelles par le conducteur. Avec le développement des véhicules autonomes, cette tâche de conduite va être déléguée à l'automate, faisant du conducteur un superviseur du véhicule. Le conducteur sera alors totalement hors de la boucle de contrôle du véhicule, ce qui peut impacter ses stratégies visuelles et être préjudiciable pour sa sécurité en cas de reprise en main soudaine du véhicule autonome. L'objectif de cette étude est d'explorer les différences de prises d'informations visuelles entre la conduite active (manuelle) et passive (autonome) à l'approche de virages, avec un point particulier apporté à l'anticipation visuelle lointaine sous différentes contraintes spatio-temporelles.

Les prises d'informations visuelles dans un virage ont fait l'objet de nombreux travaux en conduite manuelle. Les différentes études évoquent une anticipation à court terme qui permettrait de guider les véhicules en anticipant les changements de courbure de la route (fixations de guidage ; (Land & Lee, 1994; Mars, 2008)). D'autres études ont mis en évidence des stratégies visuelles d'anticipation plus lointaine (fixations d'anticipation, look-ahead fixations en anglais, Mars & Navarro, 2012). Lehtonen, Lappi, Koirikivi et Summala (2014) ont par ailleurs montré que les fixations d'anticipations diffèrent selon qu'on approche le virage (phase d'approche) ou que l'on entre dans le virage (phase d'entrée).

En conduite passive, ce comportement d'anticipation lointaine est plus marqué (Mars & Navarro, 2012), ce qui semble indiquer une meilleure capacité d'anticipation des conducteurs, ce qui pourrait s'accorder avec les résultats de Mackenzie et Harris (2015). Cependant, cette meilleure capacité d'anticipation est acquise au détriment des prises d'information pour le guidage. Navarro, François et Mars (2016) ont d'ailleurs montré qu'être hors de la boucle de contrôle du véhicule peut provoquer une désorganisation du comportement visuel lorsqu'un obstacle apparaît sur la route.

Le but précis de cette étude est d'analyser l'équilibre entre les fixations de guidage et d'anticipation avec (conduite manuelle) ou sans (conduite passive) contrôle du volant lors d'un virage. Pour ce faire, les caractéristiques temporelles (durée, durée cumulées et fréquence) des transitions entre les fixations de guidage et d'anticipation ont été calculées. Le comportement visuel global a été analysé via des distributions angulaires horizontales dans deux différentes sections du virage (approche ou entrée du virage). Les contraintes spatio-temporelles imposées aux conducteurs sont fixées par la vitesse du véhicule dans le virage (60, 75 ou 90 km/h).

Deux hypothèses sont formulées :

- Les différences de comportements visuels entre la conduite active et passive sont plus marquées dans la phase d'entrée du virage que dans la phase d'approche. En effet, dans la phase d'entrée, la coordination visuomotrice est importante en conduite active pour adapter la trajectoire du véhicule aux changements de courbures de la route, mais pas nécessairement en conduite passive dans la mesure où la trajectoire est contrôlée par l'automate

- Les prises d'informations d'anticipations employées par les conducteurs dépendent des contraintes spatio-temporelles. Lorsque la vitesse du véhicule est élevée, le temps d'anticipation visuel est réduit, et on peut supposer que les fixations d'anticipations soient plus fréquentes mais moins longues.

2. MILIEU D'IMPLEMENTATION ET METHODES

L'expérience s'est déroulée sur un simulateur de conduite à base fixe, composé d'une cabine standard (volant, boîte de vitesse et pédales), de trois écrans affichant la scène visuelle (route à virages dans un environnement péri-urbain) et d'un oculomètre Smarteye (4 caméras). Les dix-huit participants ont expérimenté les deux modes de conduite (passive et active) à trois vitesses

différentes (60, 75 et 90 km/h), soit au total 6 conditions de conduite par participant. Les données oculaires étaient analysées pour six virages à géométrie identique (3 orientés à gauche, 3 orientés à droite).

Tout d'abord, et de manière analogue à Lehtonen et al. (2014), une valeur angulaire de référence pour le comportement visuel a été définie : à chaque position du véhicule, la valeur angulaire de référence correspond à la médiane de l'ensemble des prises d'information visuelles de tous les participants. La distribution angulaire horizontale par rapport à la valeur de référence a ensuite été calculée pour chacune des sections du virage, en considérant des valeurs positives lorsque le regard est dirigé vers la sortie de virage.

Afin de distinguer ce qui relève du guidage de ce qui relève de l'anticipation, un modèle de mélange gaussien a été appliqué à la distribution angulaire du regard en conduite active. L'objectif de ce modèle est d'extraire la gaussienne centrale, que l'on considère par hypothèse comme la distribution des fixations de guidage (zone de guidage). A partir de là, le seuil angulaire séparant la zone de guidage de la zone d'anticipation à long terme peut être calculé. Un schéma récapitulatif présentant la position de référence, le seuil, la zone de guidage et la zone d'anticipation est donné en figure 1 pour la phase d'approche et en figure 2 pour la phase d'entrée du virage.

L'objectif des travaux étant d'étudier l'équilibre entre fixations de guidage et d'anticipation, un intérêt particulier a été porté sur les transitions entre la zone de guidage et d'anticipation. Pour ce faire, la fréquence de ces transitions a été calculée. Lorsqu'au moins une transition a été détectée pour une section de virage, la durée moyenne d'une fixation et la durée cumulée des fixations sur la zone d'anticipation ont été calculées.

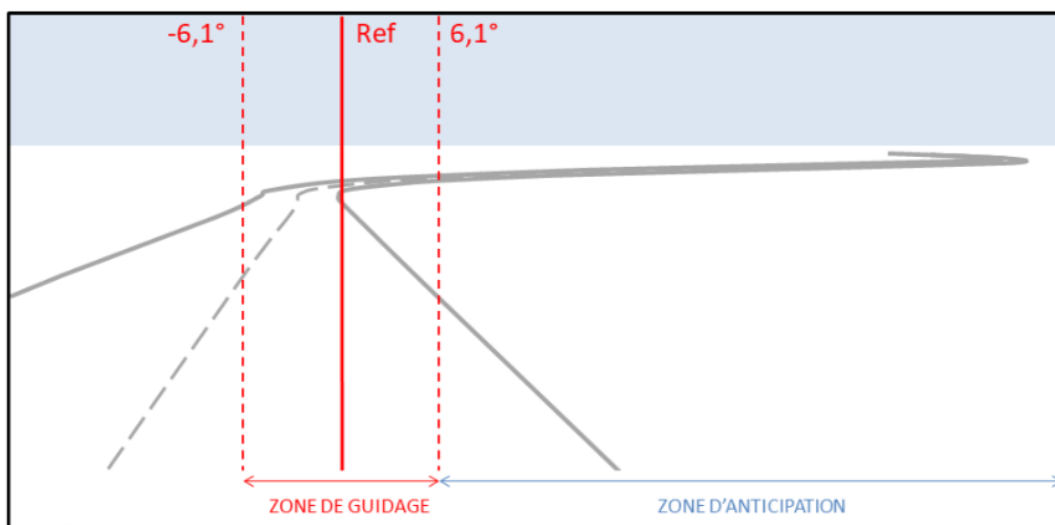


Figure 1. Visualisation des zones d'anticipation et de guidage dans la phase d'approche

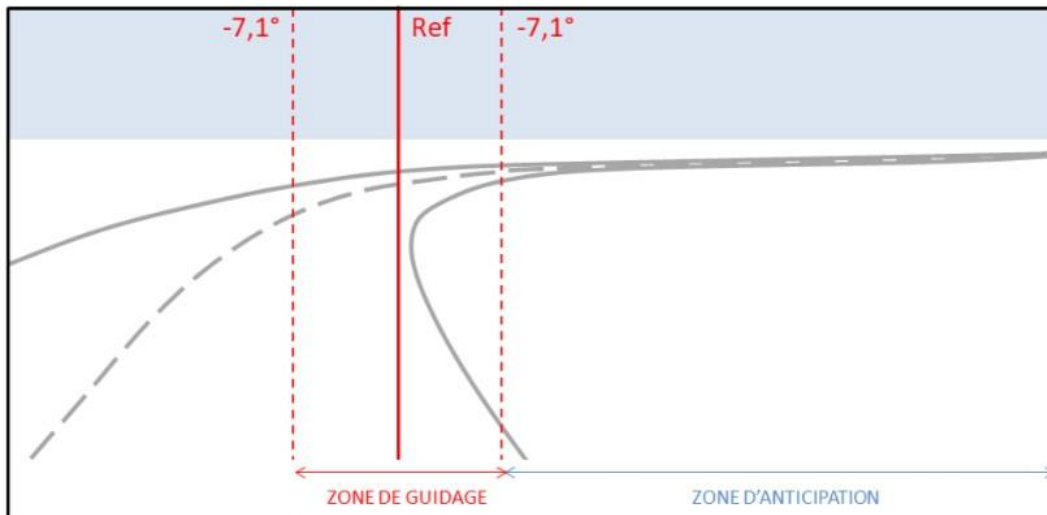


Figure 2. Visualisation des zones d'anticipation et de guidage dans la phase d'entrée

3. RESULTATS

L'analyse des distributions (figure 3) montre que le nombre de points dans la zone de guidage (proche de la valeur de référence) est plus faible en conduite passive qu'en conduite active. Dans le même temps, la proportion de points dédiés à l'anticipation lointaine ($>18^\circ$) est significativement plus élevée en conduite passive. Ce pattern a été observé dans la phase d'approche et de façon plus marquée dans la phase d'entrée (pics décentrés, maximum atteint pour $>18^\circ$ en conduite passive). Des prises d'informations visuelles sans rapport avec la conduite (opposé à la sortie du virage, excentricité $<-11^\circ$) ont également été observées.

L'analyse statistique sur les distributions angulaires démontre un effet de l'excentricité considérée, un effet du mode de conduite et une interaction significative entre les deux variables. En revanche, aucun effet de la vitesse n'est trouvé.

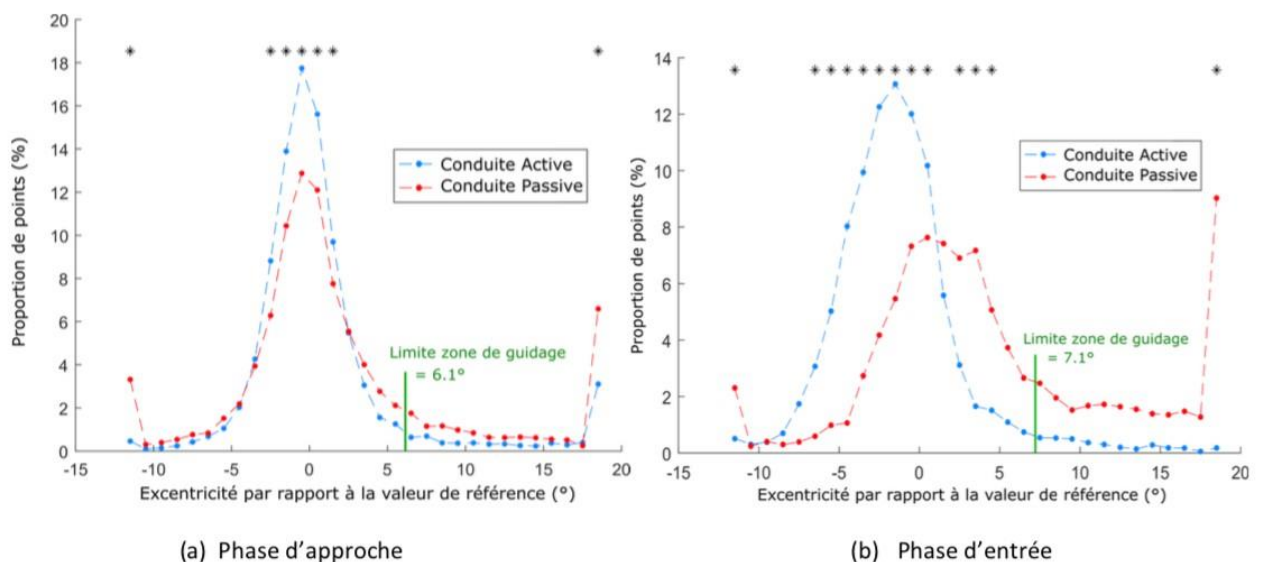


Figure 3. Distributions angulaires dans la phase d'approche (a) et dans la phase d'entrée (b) en conduite active (bleu) et en conduite passive (rouge). Les différences significatives sont indiquées avec un symbole *

L'analyse spécifique des transitions entre la zone de guidage et la zone d'anticipation indique que les transitions sont plus fréquentes en conduite passive. Aussi, lorsqu'une transition est détectée, les participants restent plus longtemps dans la zone d'anticipation en conduite passive. Ces deux indicateurs augmentent significativement avec la vitesse du véhicule (voir données pour la phase d'approche, figure 4).

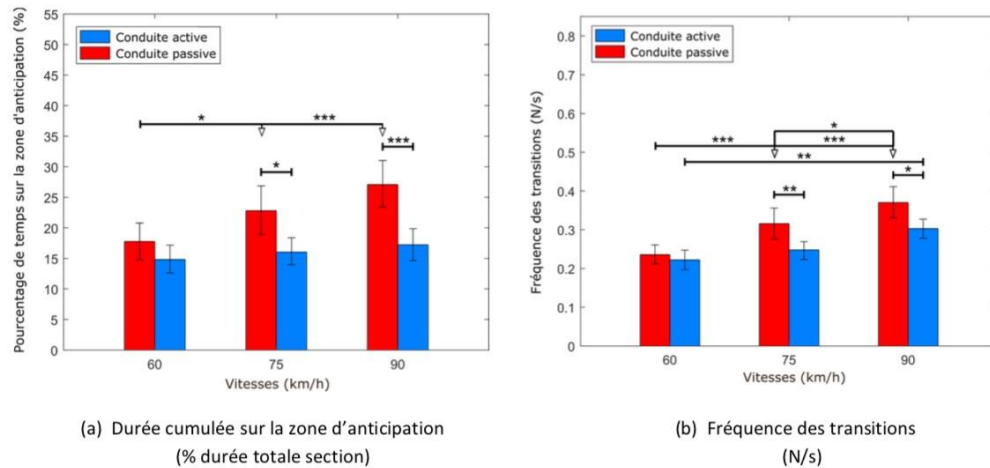


Figure 4. Caractéristiques temporelles des transitions dans la phase d'approche en conduite active (bleu) et en conduite passive (rouge). Les différences significatives sont indiquées avec le symbole *

4. DISCUSSION

L'analyse de la distribution horizontale du regard est similaire à celle de Mars et Navarro (2012) : en conduite active, la majorité des prises d'informations visuelles sont dans la zone de guidage du véhicule, avec peu de fixations d'anticipation. En conduite passive, il y a transfert des prises d'informations visuelles de la zone de guidage vers la zone d'anticipation. La distinction entre la phase d'approche et d'entrée dans le virage indique que ce transfert débute bien avant l'entrée dans le virage (phase d'approche), et est plus prononcé dans le virage (phase d'entrée). En effet, alors que les fixations d'anticipations sont rares (5%) en conduite active, elles sont bien plus nombreuses (30%) en conduite passive dans la phase d'entrée.

De plus, alors qu'en conduite manuelle l'ensemble des fixations d'anticipation ont lieu loin de la sortie du virage (excentricités $>18^\circ$), elles sont réparties sur l'ensemble des excentricités en conduite passive, ce qui suggère que les conducteurs ne vont pas uniquement chercher l'information visuelle à très long terme (excentricités $> 18^\circ$), mais regardent l'ensemble de la route à venir. De ce fait, une distinction peut être faite entre les fixations d'anticipations à moyenne et à longue distance. En effet, alors que les fixations d'anticipations les plus lointaine peuvent plus être interprétées comme une recherche d'éléments tactiques (panneaux, dangers potentiels etc...), comme suggéré par Mars et Navarro (2012), cela paraît moins pertinent lorsque l'on se rapproche visuellement de la zone de guidage du véhicule. Les fixations d'anticipation à moyenne distance, mises en évidence ici et déjà rapportées dans Lehtonen, Lappi, Kotkanen, Summala (2013), pourraient être utilisées pour une planification avancée de trajectoire. Lappi et Mole (2018) ont proposé que ces fixations d'anticipations puissent servir à la sélection ou la mise à jour d'un modèle interne de la dynamique véhicule-route.

L'analyse spécifique des transitions entre la zone de guidage et la zone d'anticipation montre qu'à la fois la fréquence des transitions et la durée cumulée des fixations d'anticipation sont accrues en conduite passive. Cette dynamique d'exploration plus élevée semble cohérente avec les résultats de McKenzie et Harris (2015) qui concluent à une meilleure capacité de détection des dangers en condition de conduite passive. Pour autant, en conduite passive uniquement, les conducteurs

prennent plus d'information dans des zones de l'environnement peu pertinentes (excentricités < -11°) et négligent partiellement les informations utiles au guidage, ce qui peut s'avérer dangereux en cas de reprise en main (Navarro et al., 2016).

La vitesse du véhicule n'influe pas sur la distribution angulaire du regard. En revanche, la fréquence des fixations d'anticipation augmente avec la vitesse. On peut en déduire que même si les conducteurs regardent la route de manière similaire pour différentes vitesses, la vitesse impacte la dynamique des prises d'informations visuelles.

5. CONCLUSION

Les stratégies visuelles mises en place par les conducteurs dépendent du mode de conduite : alors que les prises d'informations visuelles relèvent très majoritairement du guidage en conduite active, la conduite passive permet à la fois l'anticipation à moyen terme (prévision à l'avance de la trajectoire du véhicule) et l'anticipation à long terme (recherche d'aléas potentiels), mais au détriment des prises d'information relevant du guidage. Les contraintes spatio-temporelles, déterminées par la vitesse du véhicule, n'influent pas directement sur la localisation des prises d'informations visuelles mais sur la dynamique de ces dernières.

6. REFERENCES

- Land, M. F., & Lee, D. N. (1994). Where We Look When We Steer. *Nature*, 369(6483), 742- 744. <https://doi.org/10.1038/369742a0>
- Lehtonen, E., Lappi, O., Koirikivi, I., & Summala, H. (2014). Effect of driving experience on anticipatory look-ahead fixations in real curve driving. *Accident Analysis and Prevention*, 70, 195- 208. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.04.002>
- Lehtonen, E., Lappi, O., Kotkanen, H., & Summala, H. (2013). Look-ahead fixations in curve driving. *Ergonomics*, 56(1), 34- 44. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.739205>
- Mackenzie, A. K., & Harris, J. M. (2015). Eye movements and hazard perception in active and passive driving. *Visual Cognition*, 23(6), 736- 757. <https://doi.org/10.1080/13506285.2015.1079583>
- Mars, F. (2008). Driving around bends with manipulated eye-steering coordination. *Journal of Vision*, 8(11). <https://doi.org/10.1167/8.11.10>
- Mars, F., & Navarro, J. (2012). Where We Look When We Drive with or without Active Steering Wheel Control. *Plos One*, 7(8), e43858. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043858>
- Navarro, J., François, M., & Mars, F. (2016). Obstacle avoidance under automated steering: impact on driving and gaze behaviours. *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour*, 43, 315- 324. <https://doi.org/doi:10.1016/j.trf.2016.09.007>

Lorsque l'utilisation d'un véhicule autonome devient une tâche de distraction : une étude fNIRS

A. R. Hidalgo-Muñoz

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
antonio.hidalgo-munoz@ifsttar.fr @ifsttar.fr

C. Jallais

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
christophe.jallais@ifsttar.fr

M. Evennou

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
myriam.evennou@ifsttar.fr

D. Ndiaye

IFSTTAR/LEPSIS, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
daniel.ndiaye@ifsttar.fr

F. Moreau

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
fabien.moreau@ifsttar.fr

M. Ranchet

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
maud.ranchet@ifsttar.fr

R. Derollepot

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
romain.derollepot@ifsttar.fr

A. Fort

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
alexandra.fort@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

La distraction est l'un des principaux problèmes de la conduite, le moindre défaut d'attention au volant pouvant être dramatique. Par ailleurs, la conduite automobile subit une transformation majeure avec l'automatisation des véhicules. Elle modifie la tâche que l'homme doit accomplir en passant de la conduite à la surveillance. Cela peut avoir un fort impact sur la répartition des ressources attentionnelles. L'objectif principal de cette étude est de déterminer l'impact neurophysiologique d'une distraction auditive dans deux contextes de conduite : manuelle et autonome. Pour cela, nous avons conçu une étude de spectroscopie proche infrarouge fonctionnelle (fNIRS) sur un poste de simulation de conduite. La fNIRS est une technique de neuroimagerie basée sur le principe d'absorption des rayonnements (infrarouges, IR) par le sang (hémoglobine oxygénée et non oxygénée). Elle permet de mettre en évidence l'activation de régions corticales lors de tâches spécifiques en prenant en compte les variations de concentrations d'oxygène (activité hémodynamique). En conduite manuelle (4 sessions de 2 min), la tâche des participants (N=12) est

de conduire le simulateur afin de suivre un véhicule qui freine régulièrement et de réagir en freinant à leur tour. En conduite autonome (4 sessions de 2 min), le simulateur freine automatiquement lorsque le véhicule de devant freine et les participants doivent surveiller le véhicule de devant. Dans la moitié des sessions, les participants devaient écouter une émission radio en même temps que la conduite (manuelle ou autonome) et devaient répondre à des questions en fin de scénario. Afin d'examiner l'impact sur les réseaux neuronaux de l'attention, les optodes NIRS (sources et détecteurs de lumière IR) étaient situés sur les zones frontales, temporo-pariétales et occipitales. L'analyse de l'activité hémodynamique suivant l'illumination des feux stop de la voiture de devant (cibles visuelles) révèlent une plus forte activité dans les régions temporo-pariétales et occipitales bilatérales lors de la conduite manuelle par rapport à la conduite autonome. Une interaction entre conduite (manuelle/autonome) et écoute (avec et sans écoute) a également été observée. Elle traduit une plus forte activité dans les aires frontales lors de la conduite autonome sans écoute comparée à la conduite autonome avec écoute. Au vu de ces résultats et de la littérature, nos données suggèrent que les cibles visuelles liées à la conduite peuvent être considérées comme des distracteurs lors de la conduite autonome.

MOTS-CLES

Attention ; Stimuli auditifs ; Distraction ; Simulateur de conduite ; fNIRS;

Automatisation et désengagement : l'apport de la neuroergonomie

B. Berberian

ONERA, base aérienne 701, 13661 Salon cedex Air
bruno.berberian@onera.fr

J. Gouraud

ONERA, base aérienne 701, 13661 Salon cedex Air
contact@jonasgouraud.com

B. Somon

ONERA, base aérienne 701, 13661 Salon cedex Air
bertillesomon@gmail.com

A. Sahai

ONERA, base aérienne 701, 13661 Salon cedex Air
aisha@sahai.fr

RÉSUMÉ

Les mutations technologiques à l'œuvre dans les systèmes aéronautiques ont profondément modifié l'interaction entre l'homme et la machine. Au fil de cette évolution, les opérateurs se sont retrouvés face à des systèmes de plus en plus complexes et de plus en plus automatisés. Pour autant, l'automatisation ne s'est pas contentée pas de supplanter l'activité humaine, elle en a également transformé la nature même, notamment à travers la substitution de l'homme par la machine dans les boucles de contrôle. La littérature consacrée à l'étude des interactions homme système a largement investigué la question de l'impact de l'automatisation sur l'opérateur humain, mettant notamment en évidence une dégradation des performances de l'opérateur avec l'automatisation des systèmes (« OOL performance problem »). L'objectif principal des 3 études ici présentées était de mieux comprendre les mécanismes cognitifs impliqués dans cette dégradation des performances. Au cours de ces 3 études, les participants devaient interagir avec un système plus ou moins automatisé afin de réaliser une tâche d'évitement d'obstacle. La première étude visait à mieux comprendre l'impact de l'automatisation sur le sentiment d'agentivité (i.e., le sentiment de contrôler une action et ses effets de manière intentionnelle). Cette première étude nous permettra de mettre en exergue la dégradation du sentiment de contrôle généré par l'automatisation des systèmes à travers des mesures implicites (liage intentionnel) et explicites (jugement de contrôle) de l'expérience d'agentivité. Les études 2 et 3 visaient à mettre en évidence le désengagement de la tâche en cours généré par cette perte d'agentivité. L'étude 2 nous permettra de mettre en évidence l'augmentation de l'occurrence des épisodes de divagation attentionnelle générée par l'automatisation. En outre, des mesures de l'activité oculaire (dilatation pupillaire et clignements) et cérébrale (potentiel évoqué et analyse fréquentielle) nous permettra de quantifier l'impact de cette divagation attentionnelle sur le traitement des informations présentes dans l'environnement. Enfin, la troisième étude permettra de mettre en évidence l'impact de ce désengagement sur l'activité cérébrale liée à la détection d'erreur. En particulier, cette étude mettra en exergue une diminution de cette activité au cours du temps, ainsi qu'un impact du type de partenaire sur l'amplitude de cette activité. Ces différents résultats permettront ainsi de mieux comprendre le phénomène de sortie de boucle et de proposer de nouveaux concepts et de nouvelles métriques afin de quantifier et étudier ce phénomène.

MOTS-CLES

Automatisation; Sortie de boucle ; Sentiment de contrôle ; Divagation attentionnelle

Apport de mesures physiologiques pour le suivi d'opérateurs en interaction

R. N. Roy

ISAE-SUPAERO, 10 avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse
raphaelle.roy@isae.fr

C. P C. Chanel

ISAE-SUPAERO, 10 avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse
caroline.chanel@isae-sup aero.fr

K. Verdière

ISAE-SUPAERO, 10 avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse
kevin.verdiere@isae.fr

N. Drougard

ISAE-SUPAERO, 10 avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse
nicolas.drougard@isae-sup aero.fr

F. Dehais

ISAE-SUPAERO, 10 avenue Edouard-Belin, 31055 Toulouse
frederic.dehais@isae.fr

RÉSUMÉ

Le champ récent de la neuroergonomie utilise des mesures physiologiques afin de mieux caractériser l'état d'opérateurs en situation de travail. Grâce à des mesures d'activité oculaire, cardiaque et cérébrale il est alors possible d'évaluer des états de stress, de fatigue et d'engagement attentionnel. Ces états ont notamment été caractérisés dans un contexte aéronautique sur un opérateur unique (Roy et al., 2016, 2018 ; Drougard et al., 2018 ; Verdière et al., 2018 ; Dehais et al., 2018, 2019). Toutefois, à notre connaissance il existe très peu de littérature concernant des mesures physiologiques de plusieurs opérateurs en situation de travail simultané, voire en interaction. Afin d'aller plus loin que l'exploitation a posteriori de données subjectives ou comportementales, il paraît alors nécessaire de chercher à caractériser au niveau physiologique les états de coopération versus non-coopération pour des tâches à risques comme celles du domaine aéronautique. Les résultats préliminaires de deux expériences en cours dans un contexte aéronautique seront présentés : une première expérience évaluant cette coopération lors de la réalisation d'une version modifiée de la Multi-Attribute Task Battery (MATB), puis une seconde expérience concernant la coopération entre un pilote et son opérateur au sol (JTAC). L'accent sera mis sur l'utilisation potentielle de marqueurs de synchronie cardiaque d'une part, et de connectivité cérébrale d'autre part. Le développement et l'apport d'outils de mesure en ligne permettant un suivi continu en temps-réel sera également discuté.

MOTS-CLES

Hyperscanning ; EEG ; ECG ; Connectivité ; Synchronie

Mesure de l'activité cérébrale pendant la marche dans la maladie de Parkinson : étude pilote

M. Ranchet

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
maud.ranchet@ifsttar.fr

I. Hoang

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
isabelle.hoang@ifsttar.fr

M. Cheminon

Service de médecine physique et de réadaptation neurologique, hôpital Henry Gabrielle, hôpitaux civils de Lyon, 20, route de Vourles, 69230 Saint-Genis-Laval, France
maxime.cheminon@chu-lyon.fr

R. Derollepot

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
romain.derollepot@ifsttar.fr

H. Devos

Department of Physical Therapy and Rehabilitation Science, School of Health Professions, The University of Kansas Medical Center, Kansas City, KS, USA
hdevos@kumc.edu

S. Perrey

EuroMov, Université de Montpellier, Montpellier, France
stephane.perrey@umontpellier.fr

J. Luauté

Service de médecine physique et de réadaptation neurologique, hôpital Henry Gabrielle, hôpitaux civils de Lyon, 20, route de Vourles, 69230 Saint-Genis-Laval, France
jacques.luaute@chu-lyon.fr

T. Danaila

Hospices civils de Lyon, hôpital neurologique Pierre-Wertheimer, service de neurologie C, centre expert parkinson, Lyon, France
CNRS, centre de neurosciences cognitives, UMR 5229, Bron, France
teodor.danaila@chu-lyon.fr

L. Paire-Ficout

IFSTTAR/LESCOT, Cité des Mobilités, 25 avenue F. Mitterrand, 69500 Bron
laurence.paire-ficout@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

La maladie de Parkinson (MP) est la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente après la maladie d'Alzheimer. Cette maladie entraîne des modifications cérébrales (e.g. perte de la substance blanche, volume du cortex antérieur) qui sont associées aux troubles moteurs et cognitifs pouvant apparaître dès les premières années de la maladie. Ceux-ci peuvent avoir des retentissements sur certaines activités de la vie quotidienne, comme la marche, pouvant conduire à un risque de chute important. Les conséquences d'une chute, en termes de vie sociale, de traumatismes psychologiques, de mobilité et de qualité de vie sont majeures. Pour pouvoir prévenir ce risque, il importe de mieux comprendre les facteurs (e.g. cognitifs, neurophysiologiques) les plus prédictifs d'une marche dégradée chez des personnes atteintes de la MP. En particulier, un déficit au niveau des fonctions exécutives peut perturber la marche. Au niveau cérébral, les fonctions exécutives relèvent notamment du cortex préfrontal dorsolatéral (CPFDL). L'objectif de cette recherche préliminaire est d'étudier l'activité cérébrale au niveau du CPFDL pendant la marche chez des personnes atteintes de la maladie de Parkinson par rapport à des personnes âgées, sans troubles neurologiques. A ce jour, 10 personnes atteintes de la maladie de Parkinson et 10 personnes âgées ont participé à cette étude dans laquelle une batterie de tests neuropsychologiques a été proposée pour mesurer les fonctions cognitives des participants. Ils ont également réalisé une tâche de marche comprenant 3 conditions : (1) marche simple (2) soustraction en position debout (3) double tâche (marcher et soustraire en même temps). Lors de ces conditions, les participants étaient équipés de la spectroscopie proche infrarouge fonctionnelle (fNIRS) portable qui mesurait les changements de concentration en hémoglobine oxygénée (ΔHbO_2) pendant la tâche (une augmentation de ΔHbO_2 signifie une plus forte activité cognitive). Des capteurs enregistraient différents paramètres de marche telle que la vitesse de marche, la cadence et la longueur d'enjambée. Une augmentation de l'activité corticale au niveau du CPFDL est attendue, même dans une tâche de marche seule chez les patients comparativement aux personnes âgées. Les résultats, en cours d'analyse, nous permettront de mieux comprendre les changements au niveau de l'activité corticale pendant la marche et les relations entre l'activité corticale du CPFDL et les performances comportementales (tâches cognitives et tâche de marche) chez des personnes atteintes de la maladie de Parkinson. A terme, ces résultats pourraient être utiles pour identifier au plus tôt des troubles de la marche et proposer une prise en charge de la maladie de Parkinson plus précocement.

MOTS-CLES

Maladie de Parkinson ; Marche ; Double tâche ; fNIRS

COMMUNICATIONS ORALES

*Session 1 - Charge cognitive et modulation
attentionnelle*

Tâche dynamique vs statique : les effets de la charge mentale de travail sur la mobilisation de l'effort et l'adaptabilité comportementale avec une approche cardiovasculaire

Charlott Mallat

Laboratoire Science de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) – EA 7420, Université Fédérale de Toulouse, INU Champollion Place de Verdun, 81012 Albi Cedex 9, France

charlotte.mallat@univ-jfc.fr

Julien Cegarra

Laboratoire Science de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) – EA 7420, Université Fédérale de Toulouse, INU Champollion Place de Verdun, 81012 Albi Cedex 9, France

julien.cegarra@univ-jfc.fr

Christophe Calmettes

Laboratoire Science de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) – EA 7420, Université Fédérale de Toulouse, INU Champollion Place de Verdun, 81012 Albi Cedex 9, France

christophe.calmettes@univ-jfc.fr

Rémi L. Capa

Laboratoire Science de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) – EA 7420, Université Fédérale de Toulouse, INU Champollion Place de Verdun, 81012 Albi Cedex 9, France

remi.capa@univ-jfc.fr

RÉSUMÉ

Cette étude a pour but de tester la prédiction suivante : la dynamique de la situation favoriserait la mise en place de stratégies adaptatives comportementales (Hancock & Caird, 1993). Dans une étude précédente, le modèle de charge mentale de travail de Hancock et Szalma (2006), a été validé dans une tâche de pointage à l'aide d'une approche cardiovasculaire (Mallat, Cegarra, Calmettes, & Capa, 2018). Plus précisément, un effet curvilinéaire de la charge mentale sur l'ECG (période de pré-éjection, PEP) et la performance (le temps de mouvement, MT) a été trouvé. Lorsque la demande est plus élevée, un ajustement a été observé dans le compromis vitesse / précision, vers une réponse plus rapide, moins précise. Hancock et Chignell (1988) postulent que ce modèle dynamique de la charge mentale de travail sur l'adaptabilité inclut la notion de pression temporelle dans laquelle la tâche est effectuée. Dans la présente étude la pression temporelle a été manipulée via la nature dynamique ou statique de la tâche de pointage. Pour chaque condition cinq niveaux de difficulté ont été calculés allant de très facile à l'impossible. 250 étudiants ont participé à cette expérience (95 femmes, 30 hommes par condition). Une interaction entre la demande de tâche et la condition sur le MT a été trouvée. Le MT était plus court dans la condition dynamique que dans la condition statique au niveau très difficile. La PEP était plus élevée dans la condition dynamique que dans la condition statique pour le niveau très difficile de la demande. En accord avec le modèle de Hancock et al. (2006) nous avons observé que la dynamique de la situation favorise la mise en œuvre de stratégie adaptative comportementale.

Dans notre environnement centré sur le dépassement technologique (conception, automatisation) en apprendre plus sur les capacités mentales, l'adaptabilité de l'humain à tout son intérêt.

MOTS-CLÉS

Charge mentale, Effort, Pression temporelle, Stratégie, Réactivité cardiovasculaire

1. INTRODUCTION

Piloter un avion peut varier selon si la situation est normale ou urgente. La charge mentale de travail diffère, notamment en ce qui concerne les contraintes de temps, la complexité de la tâche ou les niveaux de performance imposés à l'opérateur (Gopher & Donchin, 1986).

En effet, pour un opérateur spécifique, la charge mentale doit être considérée avec ses caractéristiques, telles que son expérience antérieure de la tâche (sa formation). Par conséquent, lors de l'évaluation de la charge mentale de travail dans l'exécution d'une tâche, il convient de prendre en compte l'interaction entre les caractéristiques de la tâche, de l'opérateur et de l'environnement (Hart & Staveland, 1988; Wickens, 2008). Tout en faisant face à la charge mentale de travail, les opérateurs mobilisent ces ressources cognitives, qui proviennent d'un réservoir (ou *pool*) de ressources limitées. Dans un paradigme « énergétique », il convient de considérer que les opérateurs mobilisent leurs ressources de manière dynamique et volontaire (Hockey, 1997). Dans cet article, nous considérons l'effort mental comme un sous-ensemble de la charge mentale désignant l'affectation volontaire de ressources à une tâche (Kahneman, 1973). La dimension dynamique joue un rôle central dans l'exécution des tâches de l'opérateur car elle implique la prise de conscience de la situation sur laquelle est basée l'action.

Dans la présente étude, nous nous intéresserons aux effets d'une tâche dynamique sur la charge mentale de travail, la mobilisation de l'effort et la performance avec une approche cardiovasculaire. En effet, nous allons tester ces effets sur la base d'une mesure cardiovasculaire de l'effort, la période de pré-éjection (PEP) (Berntson et al., 2004; Richter, Friedrich, & Gendolla, 2008). Dans une précédente étude basée sur le modèle de Hancock et Szalma (2006) Mallat, Cegarra, Calmettes et Capa (2018) ont mis en évidence un effet curvilinéaire de la demande de la tâche sur l'effort mobilisé et l'adaptabilité comportementale. Plus précisément, il y avait un effet curviligne de la demande de la tâche sur la réactivité de la période de pré-éjection (PEP) et sur le temps de mouvement (MT). Il n'y avait pas d'effets significatifs de la demande de la tâche sur la pression systolique, diastolique et la fréquence cardiaque ($p > .20$). Du fait de la demande très difficile, un ajustement a été observé dans le compromis vitesse/précision, vers une réponse plus rapide, moins précise. Dans la tâche dynamique de cette étude la mise en place de stratégie adaptative comportementale intervient à un niveau de demande très difficile. Nous émettons l'hypothèse de retrouver ce pattern curvilinéaire en condition dynamique avec la mise en place de stratégie au même niveau de demande. De plus l'adaptabilité comportementale sera favorisée par la pression temporelle. Plus précisément le temps de mouvement sera plus court dans la condition dynamique que dans la condition statique au niveau très difficile. La PEP sera plus élevée dans la condition dynamique que dans la condition statique pour le niveau très difficile de la demande.

2 METHODE

2.1 Participants

250 étudiants (190 femmes et 60 hommes) droitiers ont participé à cette expérience à l'Institut National Universitaire (INU) Champollion. Il y avait 125 participants (95 femmes, 30 hommes) par condition (dynamique, statique). Ils ont été assignés au hasard à l'un des cinq niveaux de difficulté (très facile, facile, intermédiaire, très difficile, impossible) pour chaque condition. La répartition des femmes et des hommes était équilibrée avec dix-neuf femmes et six hommes par

niveau de difficulté pour la condition dynamique et statique. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé avant l'expérience.

2.2 Tâche de pointage

La tâche de pointage était composée de 150 essais et chaque essai était divisé en quatre écrans successifs. Premièrement, la phase de préparation où seule la position de départ était affichée à l'écran. Deuxièmement, le pointeur (rond noir) et la cible (carré gris) étaient affichés dans la phase d'exécution. Les participants devaient se déplacer et cliquer avec la souris aussi rapidement et précisément possible sur la cible. Troisièmement, la cible a été pointée, elle a disparu, mais la position de départ reste. Enfin, un écran vide était la phase de retour. Chaque essai avait une durée de 5700 millisecondes.

2.2.1 Tâche de pointage dynamique

La tâche était une tâche de pointage (Johnson & Hart, 1987; Hancock & Caird, 1993; Hoffmann, 2011). Dans un premier temps, nous avons calculé différents niveaux de difficulté conformément à la loi de Fitts (Fitts, 1954). Cinq niveaux de difficulté (nommé ID par Fitts) ont été sélectionnés avec un incrément linéaire (à savoir, 2, 3, 4, 5 et 6) correspondant à cinq niveaux de difficulté (très facile, facile, intermédiaire, très difficile, impossible). Cependant, la loi de Fitts ne prenait pas en compte l'aspect dynamique de la tâche. En accord avec nos prédictions, nous avons utilisé des cibles qui s'éloignent après un certain délai. Le délai d'éloignement a été déterminé par un calcul basé sur la loi de Fitts développé par Hoffmann (Hoffmann, 2011). Selon Hoffmann, le délai d'éloignement est défini comme le délai nécessaire à la cible pour diviser sa taille de moitié. Pour vérifier que les cinq niveaux sélectionnés (c'est-à-dire 2, 3, 4, 5 et 6) augmentaient linéairement même lorsque les cibles s'éloignent avec le délai, nous avons effectué un prétest auprès de 10 participants. Les analyses ont révélé que le taux d'erreur augmentait linéairement en fonction des niveaux de difficulté, notamment avec un délai d'éloignement de 200 ms.

Chaque essai avait deux amplitudes de mouvement, 50 et 67,7 millimètres, qui étaient contrebalancées à différents niveaux de difficulté. Les amplitudes sont calculées avec la loi de Fitts et conformément à nos niveaux. Nous avons deux amplitudes pour minimiser l'effet d'accoutumance des participants. L'effort physique était contrôlé par un déplacement horizontal d'amplitude maximale de 22 centimètres. La distance entre le participant et l'ordinateur était de 62 centimètres.

2.2.2 Tâche de pointage statique

Cette tâche était similaire à la tâche dynamique à l'exception des paramètres de la cible. Les cibles sont statiques. Pour vérifier que les niveaux de difficulté de la condition statique étaient comparables aux niveaux de difficulté de la condition dynamique, nous avons effectué un prétest avec 10 participants pour déterminer les cinq IDs.

Les analyses ont révélé que le taux d'erreur augmentait linéairement avec des valeurs similaires entre la tâche dynamique et la tâche statique en fonction de la demande de tâche avec les IDs de 4,58 ; 5,58 ; 6,58 ; 7,58 et 8,58.

Chaque essai avait deux amplitudes de mouvement, 52 et 76,2 millimètres. Pour que le niveau impossible de la condition statique soit vraiment impossible, nous devons nous assurer que le participant ne pouvait pas cliquer sur la cible avec un déplacement automatique du pointeur, en dehors de la cible.

2.3 Mesures

2.3.1 Cardiovasculaires

Les mesures cardiovasculaires (Période Pré-éjection [PEP]; fréquence cardiaque [HR]; pression artérielle systolique [SBP]; pression artérielle diastolique [DSP]) ont été extraites pendant la période de repos (8 minutes, 8 mesures) et pendant la tâche (15 minutes, 3 mesures). La PEP a été définie

comme étant l'intervalle de temps entre le point Q et le point B (Berntson et al., 2004). La PEP et la HR ont été mesurées en continu en utilisant un système Biopac MP160 qui échantillonnait les signaux à 2000 Hz. Pour l'ECG, trois électrodes ont été placées sur l'épaule droite et gauche et à la fin des côtes, côté gauche (position Lead II; voir Bernston et al., 2004). Pour l'ICG, des électrodes ont été placées sur le côté droit et gauche de la base du cou des participants et sur la ligne axillaire moyenne gauche et droite à la hauteur du xiphoïde. Les signaux PEP et HR ont été extraits à l'aide du logiciel Acqknowledge 5.0. Un tensiomètre automatique numérique pour mesurer la pression artérielle a été utilisée (SBP, DBP, en millimètres de mercure [mmHg]). Tous les scores de changement cardiovasculaire ont été calculés pour chaque participant et chaque mesure cardiovasculaire en soustrayant les scores de repos aux scores de tâche (Llabre et al., 1991).

2.3.2 Comportementales

Les performances ont été mesurées par le temps de mouvement (MT, en millisecondes [ms]), et le taux d'erreur (en pourcentage [%]).

2.3.3 Subjective

La version française de l'échelle a été utilisée pour évaluer la difficulté perçue (Eccles & Wigfield, 1995). Cette échelle permet de détecter des différences de difficulté avec de bonnes propriétés psychométriques (Capa, Audiffren, & Ragot, 2008). Il est composé de 4 éléments tels que par exemple "Selon vous, quelle est la difficulté de la tâche ? » Le participant a répondu sur une échelle de Likert allant de 1 (très facile) à 5 (impossible).

2.4 Procédure

Après avoir donné leur consentement éclairé, les participants ont répondu à plusieurs questions biographiques (comme proposé par Matthews et al., 1990). Les électrodes cardiovasculaires (ECG, ICG) ont été installées, le signal a été vérifié sur AcqKnowledge. Un tensiomètre numérique a également été installé. La phase de repos était composée d'une vidéo d'un feu de cheminée présentée sur l'écran de l'ordinateur pendant 8 minutes. Les participants ont reçu les instructions de tâche sur l'écran de l'ordinateur pour la phase d'entraînement. Il était composé de 75 essais pour familiariser le participant à la tâche. Pour la tâche expérimentale, le participant a été assigné au hasard à l'un des cinq niveaux de difficulté (très facile, facile, intermédiaire, très difficile, impossible). Après la tâche expérimentale, le matériel physiologique a été retiré. Enfin, il a dû répondre à plusieurs questions sur la difficulté perçue sur une échelle de Likert (Eccles & Wigfield, 1995).

3 RESULTATS

3.1 Mesures cardiovasculaires

3.1.1 Repos

Nous avons examiné si les indices au repos des différents niveaux de difficulté différaient entre eux avec une ANOVA unidirectionnelle (5 niveaux de difficulté). Aucune différence entre les groupes n'a été trouvée ($ps > .51$).

3.1.2 Tâche

Compte tenu de nos hypothèses et de ce que nous avons constaté sur le temps de mouvement, nous avons établi un score de réactivité PEP en fonction de chaque demande de la tâche pour les deux conditions (dynamique et statique). Une différence significative a été trouvée entre les conditions dynamique et statique pour le niveau très difficile ($F(1,48) = 7.19, p < .01, \eta_p^2 = .13$). Le score de réactivité PEP dynamique était plus élevé au niveau très difficile (-3,46 ms) par rapport au score de réactivité PEP statique (3.78 ms). Il n'y avait pas d'autres effets significatifs de la demande de tâche et de la condition n'a été trouvés pour le score de réactivité PEP ($ps > .43$). Aucun effet significatif sur la réactivité HR, SBP, DBP ($ps > .47$)

3.2 Mesures comportementales

3.2.1 Taux d'erreur

Il y avait un effet significatif de la demande de la tâche sur le taux d'erreur $F(4,240) = 500.50$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .96$. Le taux d'erreur augmentait progressivement avec les niveaux de difficulté. Il n'y avait pas d'effet significatif de la condition de la tâche (dynamique, statique) sur le taux d'erreur ($p = .88$).

3.2.2 Temps de mouvement

L'ANOVA avait révélé un effet significatif de la demande de la tâche sur le temps de mouvement $F(1,192) = 674.7$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.78$. Une interaction entre la demande de la tâche et la condition de la tâche sur le temps de déplacement a été trouvée ($F(3,192) = 7.92$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .11$). Le temps de mouvement était plus long dans la condition statique que dans la condition dynamique pour le niveau très difficile ($F(1,48) = 9.95$, $p < .05$, $\eta_p^2 = 0.21$).

3.3 Mesure subjective

3.3.1 Difficulté perçue

Il y avait un effet significatif de la demande de la tâche sur le score de difficulté perçue, $F(4,240) = 24.79$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .29$. Les scores de difficulté perçue avaient augmenté avec le niveau de difficulté. Aucune différence significative de la condition de la tâche sur la difficulté perçue et aucune interaction ont été trouvés ($ps > .14$).

4 DISCUSSION

Cette étude est en accord avec une première étude menée (Mallat, Cegarra, Calmettes, & Capa, 2018, soumis) qui valide le modèle de la charge mentale de travail d'Hancock et al. (2006). Nous retrouvons le même pattern curvilinéaire entre l'exigence de la tâche, la mobilisation de l'effort et l'adaptabilité comportementale pour la tâche dynamique. De plus, au sein de ce modèle, cette étude valide l'hypothèse de Hancock et al. (2006) concernant la pression temporelle. Plus précisément, la dynamique de la situation favorise la mise en place de stratégies adaptatives comportementales. En effet les participants mobilisaient plus d'effort dans la condition dynamique comparativement à la condition statique. Le temps de mouvement était quant à lui plus court dans la tâche dynamique lorsque la demande était très difficile. Nous avons trouvé le même résultat que Mallat et al. (2018) le compromis vitesse/précision se traduit par un déplacement plus rapide et moins précis au niveau très difficile dans la tâche dynamique. Les participants mettent en place une stratégie adaptative, en étant plus rapide et moins précis pour garantir une certaine performance dans la condition dynamique, ce qui n'a pas été observé en condition statique.

Les résultats corroborent également les études antérieures sur le rôle de l'adaptation comportementale dans le maintien de l'effort mental dans des limites acceptables. Par exemple, Loft Sanderson, Neal, & Mooij, (2007) ont examiné tous les facteurs prédictifs de la charge mentale de travail des contrôleurs aériens. Le but étant de proposer un modèle mettant en évidence la capacité des contrôleurs à maintenir leur charge mentale à des niveaux acceptables par le biais de différentes adaptations comportementales. Les auteurs ont identifié différents moyens d'adaptation comportementale dans des tâches réelles, tels que la réorganisation des priorités des tâches ou la gestion des ressources par un contrôle explicite de l'espace aérien. Une tâche dynamique permet une adaptabilité comportementale et physiologique ce qui défère une certaine régulation face à une charge mentale de travail trop élevée.

5 BIBLIOGRAPHIE

Berntson, G. G., Lozano, D. L., Chen, Y. J., & Cacioppo, J. T. (2004). Where to Q in PEP. *Psychophysiology*, 41(2), 333-337.

Brehm, J.W., & Self, E.A. (1989). The intensity of motivation. *Annual Review of Psychology*, 40, 109-

- Capa, R. L., Audiffren, M., & Ragot, S. (2008). The effects of achievement motivation, task difficulty, and goal difficulty on physiological, behavioral, and subjective effort. *Psychophysiology*, *45*(5), 859-868.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (1995). In the mind of the actor: The structure of adolescents' achievement task values and expectancy-related beliefs. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *21*, 215–225.
- Fitts, P. M. (1954). The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement. *Journal of Experimental Psychology*, *67* (6), 381–391.
- Gopher, D., & Donchin, E. (1986). Workload: An examination of the concept. In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance, Vol. 2. Cognitive processes and performance* (pp. 1-49). Oxford, England: John Wiley & Sons.
- Hancock, P. A., & Caird, J. K. (1993). Experimental evaluation of a model of mental workload. *Human Factors*, *35*(3), 413-429.
- Hancock, P. A., & Szalma, J. L. (2006). Stress and Neuroergonomics. *Neuroergonomics: The brain at work*, *3*, 195-205.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in psychology*, *52. Human mental workload* (pp. 139-183). Oxford, England: North-Holland.
- Hockey, G. R. J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, *45*(1-3), 73-93.
- Hoffmann, E. R. (2011). Capture of Shrinking Targets. *Ergonomics*, *54*(6), 519-530
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Llabre, M. M., Spitzer, S. B., Saab, P. G., Ironson, G. H., & Schneiderman, N. (1991). The reliability and specificity of delta versus residualized change as measures of cardiovascular reactivity to behavioral challenges. *Psychophysiology*, *28*(6), 701-711.
- Loft, S., Sanderson, P., Neal, A., & Mooij, M. (2007). Modeling and Predicting Mental Workload in En Route Air Traffic Control: Critical Review and Broader Implications. *Human Factors*, *49*(3), 376-399.
- Mallat, C., Cegarra, J., Calmettes, C., & Capa, R. L. (2019) (soumis). A curvilinear effect of mental workload on mental effort and behavioral adaptability: An approach with pre-ejection period.
- Matthews, J., Altman, D. G., Campbell, M. J., & Royston, P. (1990). Analysis of serial measurements in medical research. *British Medical Journal*, *300*(6719), 230-235.
- Richter, M., Friedrich, A., & Gendolla, G. H. (2008). Task difficulty effects on cardiac activity. *Psychophysiology*, *45*(5), 869-875.
- Wickens, C. D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human Factors*, *50*(3), 449-455.

Effets de stimuli externes non pertinents sur la créativité.

MILLE Charles

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
charles.mille@ensam.eu

FLEURY Sylvain

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
sylvain.fleury@ensam.eu

PASI Simon

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
simon.pasi@ensam.eu

FOURNIER Kévin

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
kevin.fournier@ensam.eu

IZZOUZI Lisa

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
lisa.izzouzi@ensam.eu

DUCHOSSOY Sébastien

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
sebastien.duchossoy@ensam.eu

JEAN-LOUIS Thomas

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
thomas.jean-louis@ensam.eu

CHRISTMANN Olivier

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
olivier.christmann@ensam.eu

RICHIR Simon

Arts et Métiers ParisTech LAMPA, 2 boulevard Ronceray, 49000 Angers
simon.richir@ensam.eu

RÉSUMÉ

Lors d'activités de créativité, les stimuli externes à la tâche peuvent être considérés comme potentiellement inspirants ou à l'inverse gênants. L'hypothèse de la présente étude était que les activités créatives, lorsqu'elles sont réalisées avec une contrainte temporelle, sont négativement affectées par l'apparition de stimuli externes. Après une passation d'une cinquantaine de participants,

nous avons constaté plusieurs effets sur la créativité dans les différentes conditions expérimentales. Notamment, l'ajout d'une lueur au déplacement aléatoire a un impact négatif sur la créativité dans une tâche de dessin immersif. Alors que, durant une activité d'écriture, la diffusion d'une émission de radio a permis d'augmenter le nombre d'idées par participant. L'étude qui a été menée a permis de constater plusieurs effets des stimuli présents dans l'environnement sur la créativité. Ces résultats permettent de contribuer à produire des préconisations pour la conception d'outils immersifs pour les activités d'idéation dans les processus de conception.

MOTS-CLES

Créativité ; réalité virtuelle ; charge cognitive

1 INTRODUCTION

Dans un contexte souvent très concurrentiel, beaucoup d'entreprises sont contraintes d'adapter leur offre de manière dynamique pour répondre à l'évolution de la demande. Une des clefs de cette adaptation se trouve dans la capacité à produire des innovations incrémentales ou radicales.

Les technologies émergentes (réalité virtuelle et augmentée, intelligence artificielle, objets connectés...) peuvent être à même d'outiller les activités liées au processus d'innovation et plus spécifiquement durant la phase de créativité. Il est dès lors nécessaire d'adopter une approche centrée utilisateur afin d'identifier les outils les plus adéquats pour la favoriser. Cela passe par l'étude du facteur humain afin de comprendre les mécanismes mis en place et les ressources cognitives mobilisées lors des différentes activités mises en œuvre dans le processus d'innovation.

Il est d'usage de considérer que pour être créatif, il faut que les supports utilisés soient simples et épurés afin d'éviter qu'ils ne distraient l'utilisateur (Kosmadoudi et al., 2013). Aussi, dans le but de simplifier les tâches de créativité, quelques travaux récents ont mis en lumière le potentiel des outils de réalité virtuelle par rapport aux outils classiques dans ce domaine. Ainsi, Yang et al. (2018) ont comparé les performances dans une tâche de créativité entre une condition « papier/crayon » et une condition « réalité virtuelle ». L'usage de la réalité virtuelle permet dans cette étude de traiter la tâche de créativité comme une activité de dessin à l'échelle 1, ce qui conduit à de meilleures performances de créativité que le dessin à la main (Rieuf, 2013). Dans une logique proche, Feeman, Wright et Salmon (2018) ont comparé l'usage d'un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) à celui d'un équivalent basé sur un outil de réalité virtuelle. Là encore, la simplification des interactions résultant du passage par les gestes naturels des utilisateurs tend à faciliter les tâches de créativité. D'ailleurs, cette idée selon laquelle le geste naturel serait bénéfique à la créativité est souvent communément adoptée (e.g. Nakagawa, 2005). En simplifiant les interactions, les ressources cognitives sont moins mobilisées pour l'utilisation de l'outil et plus disponibles pour répondre à la tâche de créativité. Cependant, les stimuli issus de l'environnement peuvent avoir un effet bénéfique sur la créativité. En effet, lors de l'incubation d'une idée, maintenir un niveau de charge cognitive intermédiaire grâce à une tâche externe permet d'augmenter la créativité, plus qu'une charge cognitive élevée ou nulle (Baird et al., 2012). Néanmoins, ces effets positifs de la charge mentale sur la créativité ne semblent apparaître que pendant les phases d'incubation des idées. Enfin, en 1983, Amabile propose un modèle détaillant les mécanismes étant mobilisés pendant les activités de créativité. Le modèle présenté détaille les mécanismes de créativité en plusieurs étapes, chaque étape étant initialement alimentée par la motivation et les connaissances du participant. Le modèle montre aussi que les stimuli externes et l'environnement peuvent avoir une influence sur la représentation du problème, mais aussi les processus de proposition de réponses. Ainsi, ces composantes nous semblent d'autant plus essentielles à prendre en considération pour la constitution des outils numériques pour accompagner la créativité.

L'objectif de la présente étude est d'observer les effets des stimuli externes non pertinents sur la performance de créativité. Au vu des travaux précédemment évoqués, nous pensons que l'ajout d'un stimulus dans l'environnement de travail aura un effet sur la charge mentale qui fera diminuer la créativité.

2 MÉTHODES

2.1 Participants

L'échantillon de participants pour cette étude était composé de 30 hommes et 15 femmes recrutés parmi des étudiants et des salariés présents dans la structure du Laval Virtual Center. Les participants étaient familiers avec les applications de réalité virtuelle, évitant ainsi les éventuels biais liés à la nouveauté. Les participants avaient en moyenne 25,4 ans (Écart-type = 6,0), le plus jeune avait 18 ans et le plus âgé 54 ans.

2.2 Matériels et méthodes

Dans un premier temps, les participants devaient remplir un formulaire d'informations démographique. Ils étaient ensuite amenés à exécuter deux tâches de créativité, l'une audio verbale et l'autre visuospatiale. À la suite de chacune de ces deux tâches, le questionnaire de mesure de la charge mentale de Klepsch et al. (2017) était administré. Ce questionnaire permet de mesurer la charge mentale intrinsèque (charge mentale utilisée pour traiter la tâche demandée), germane (charge mentale mobilisée pour l'utilisation des outils liés à la tâche) et extrinsèque (charge mentale mobilisée pour le contexte et l'environnement de la tâche) (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998) du participant. Les participants devaient réaliser chaque tâche de créativité. Elles étaient réalisées dans une condition, soit "avec stimulus externe", soit "sans stimulus externe".

La tâche de créativité audio-verbale était inspirée de l'étude de Roni Reiter-Palmon et al. (2009). Elle consistait pour les participants à donner une suite d'idées liées à une problématique fictive. Pour notre expérience, il était demandé aux participants de proposer des réponses courtes à la situation suivante : « *Quelles seraient les conséquences si soudainement nous ne pouvions plus utiliser nos bras et nos jambes ?* » Pour cette tâche, le stimulus était fait à l'aide de haut-parleurs diffusant une émission de radio enregistrée n'ayant pas de lien avec le thème de la créativité verbale. La proposition d'idées se faisait à l'aide d'un logiciel développé pour l'expérience. Il permettait de récupérer le nombre de mots proposés par le participant, le nombre de corrections, le temps entre chaque mot et le temps de saisie (voir figure 1). La tâche de créativité audio verbale durait cinq minutes. La fin de la tâche était marquée par l'arrêt de l'application. Un rappel visuel était donné à l'utilisateur pour lui indiquer qu'il lui restait moins d'une minute.

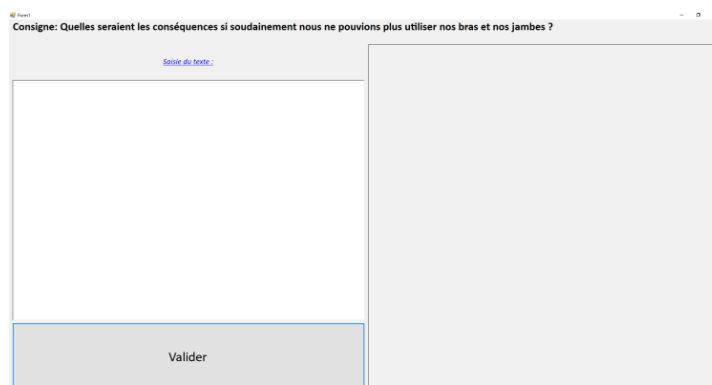


Figure 1 : Interface de l'application de saisie de texte pour la condition de créativité audio verbale

La tâche visuospatiale de créativité était un dessin 3D à réaliser répondant à partir d'une problématique donnée, qui était : « *Le cartable des étudiants est trop lourd, proposez des systèmes ou des solutions innovantes pour y répondre* ». Les dessins étaient réalisés à l'aide de l'application de réalité virtuelle Time2Sketch⁴¹(voir figure 2) comprenant un sac à dos au milieu d'une pièce blanche. Un bouton « Save » est présent dans la scène permettant aux participants de sauvegarder leur idée et recommencer. Une session de 5 à 10 minutes d'apprentissage, sous forme de dessin libre, était prévue avant de l'énoncé de la problématique. Le stimulus était un halo lumineux se déplaçant aléatoirement dans l'espace autour du participant. Les participants réalisaient cette tâche à l'aide d'un HTC Vive et d'un ordinateur. La tâche de créativité visuospatiale durait cinq minutes. Un rappel verbal était donné à l'utilisateur pour lui indiquer qu'il restait moins d'une minute avant la fin de l'expérience. Cette même application était ensuite utilisée par le jury lors de la notation des différentes idées.



Figure 2 : Application Time2Sketch de dessin 3D en réalité virtuelle

Les idées produites lors de ces deux tâches de créativité sont ensuite soumises à un comité de trois personnes en suivant la méthode d'évaluation de Cropley et Cropley (2008).

3 RÉSULTATS

3.1 Résultats de la tâche de dessin

Concernant la tâche de dessin, un test de Levene a été effectué pour vérifier l'homogénéité des distributions du nombre d'idées obtenues en fonction du stimulus. Celui-ci révèle une homoscedasticité⁵ acceptable ($F(1;45) = 0,63$; $p = 0,432$). On peut constater une différence significative entre la tâche sans stimulus ($M = 5,59$; $SD = 1,95$) et la tâche avec stimulus ($M = 2,72$; $SD = 1,22$), $F(1;45) = 4,538$; $MSE = 11,750$; $p = 0,038$ (voir tableau 1 et figure 3).

Tableau 1 : Moyennes et écarts-types du nombre d'idées en fonction de la présence du stimulus

	Nombres d'idées proposées	
	M	SD
Sans stimulus	5,39	1,95
Avec stimulus	2,72	1,22

Ces premiers résultats vont dans le sens de notre hypothèse : un stimulus externe diminue la performance de créativité pour notre tâche de dessin. Une partie des résultats a donc été écartée, car elle ne répondait pas à la consigne ou que la représentation ne permettait aucune interprétation.

⁴ Application de dessin immersif en 3D développé dans le cadre de la chaire Time To Concept de l'institut des Arts et Métiers à Laval.

⁵ L'homoscedasticité d'un jeu de données est avérée lorsque les variances des erreurs stochastiques de la régression sont équivalentes. Quand les variances des erreurs sont différentes, on parle d'hétéroscedasticité

Sur ce nouveau jeu de donnée, nous avons réalisé en premier lieu un test de Levene pour vérifier l'homogénéité des distributions. Encore une fois, l'homoscédasticité est acceptable ($F(1;45) = 0,22$; $p = 0,639$). Cependant, aucune différence significative n'a été constatée entre la tâche sans stimulus ($M = 5,391$; $SD = 2,59$) et avec stimulus ($M = 4,5$; $SD = 1,64$), ($F(1;45) = 1,67$; $MSE = 5,519$; $p = 0,203$).

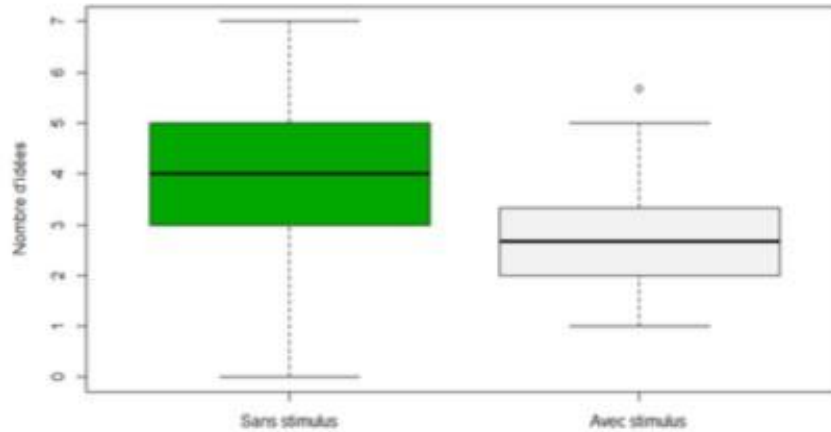


Figure 3 : Diagramme en boîte à moustaches du nombre d'idées en fonction du stimulus pour la tâche de dessin.

Nous n'avons trouvé aucune différence significative pour le nombre d'idées rejetées en fonction de la présence du stimulus $F(1;45) = 0,47$; $MSE = 0,84$; $p = 0,497$. Nous avons ensuite étudié l'influence du stimulus sur les idées émises en fonction des différents critères de Cropley et Cropley (2008). Nous avons utilisé les facteurs de nouveauté, d'élégance et de généralisation pour la suite de nos analyses. Pour chacun des facteurs, avons obtenu une homoscédasticité acceptable (voir tableau

2). Cependant, les différentes ANOVA effectuées nous montrent qu'il n'y a aucune différence significative entre les deux conditions (voir tableau 2). Ainsi ces résultats démontrent notre stimulus n'a aucune influence sur le nombre d'idées proposées répondant à la consigne, ni sur la qualité créative des idées proposées. De plus, le stimulus proposé n'a pas non plus permis aux participants d'être plus créatifs en offrant une influence directe de l'environnement, comme suggéré par le modèle d'Amabile (1983).

L'analyse des données a été complétée par la notation des idées grâce à la méthode de Cropley et Cropley (2008).

Tableau 2 : Tests de Levene et ANOVA appliqués aux résultats de nouveauté, élégance et de généralisation des différentes idées pertinentes proposées par les participants

	Homoscédasticité		ANOVA		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
Nouveauté	1,91	0,29	0,17	1,65	0,68
Élégance	1,15	0,196	0,07	0,41	0,79
Généralisation	1,72	0,28	0,66	2,35	0,42

Nous pouvons nous demander si le stimulus a permis d'augmenter la charge cognitive, mesure réalisée à l'aide du questionnaire de Klepsch et al. (2017), et sur quelles composantes, et si l'augmentation de la charge cognitive influence la créativité. Nous avons dans un premier temps vérifié l'homogénéité des distributions de la charge cognitive intrinsèque, extrinsèque et germane. Ces derniers tests révèlent une homoscédasticité acceptable pour les charges intrinsèques et germanes (voir tableau 3), mais pas pour la charge extrinsèque. Cependant, nous ne constatons aucune

différence significative entre les trois types de charges cognitives en fonction de la présence ou non du stimulus dans l'environnement.

Tableau 3 : Tests de Levene, ANOVA et Kruskal-Wallis appliqués aux résultats de la charge cognitive en fonction de la présence du stimulus.

	Homoscédasticité		ANOVA			Kruskal-Wallis	
	F	p	F	MSE	p	χ^2	p
Charge intrinsèque	1,26	0,27	1,43	1,94	0,24		
Charge extrinsèque	4,49	0,04				1,36	0,24
Charge germane	0,71	0,40	0	0	0,99		

Enfin, nous avons testé les corrélations possibles entre la qualité créative, les différentes composantes de la charge mentale et le nombre d'idées proposées. Nous notons une corrélation négative entre le nombre d'idées répondant à la problématique et la charge cognitive intrinsèque ($r(43) = -0,35$; $p = 0,018$).

3.2 Résultats la tâche d'écriture

Concernant la tâche verbale, un test de Levene a été réalisé pour vérifier l'homogénéité des variances du nombre de résultats en fonction du stimulus. Ce dernier révèle une homoscédasticité acceptable ($F(1,39) = 0,046$; $p = 0,83$). Cependant, on ne constate qu'une faible différence entre la condition avec stimulus ($M = 11$; $SD = 4,88$) et la condition sans stimulus ($M = 10,86$; $SD = 4,94$; voir figure 3), cette différence n'étant pas significative, $F(1 ; 39) = 0,009$; $MSE = 0,209$; $p = 0,92$. Ces résultats tendent à indiquer que diffuser une émission de radio pendant la tâche n'a pas d'influence sur le processus de génération d'idée et donc sur le nombre de propositions.

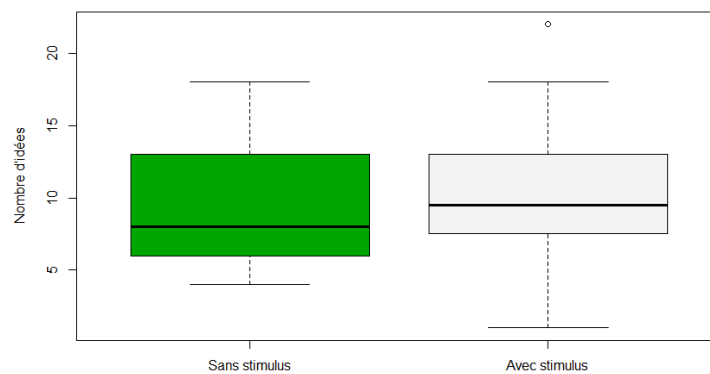


Figure 4 : Diagramme en boîte à moustaches du nombre de résultats en fonction du stimulus pour la tâche verbale.

Une partie des propositions a été écartée, car elle ne répondait pas à la consigne. Sur ce nouveau jeu de données, l'homoscédasticité est acceptable ($F(1 ; 39) = 0,047$; $p = 0,831$). Comme précédemment, nous ne constatons aucune différence significative entre la condition avec stimulus ($M = 10,05$; $SD = 4,99$) et sans stimulus ($M = 9,52$; $SD = 4,23$), $F(1 ; 39) = 0,133$; $MSE = 2,836$; $p = 0,718$. De plus, nous ne constatons aucune différence significative entre le nombre d'idées rejetées avec stimulus et sans stimulus, $F(1 ; 39) = 0,283$; $MSE = 1,505$; $p = 0,598$. Nous avons ensuite étudié l'influence du stimulus sur la créativité en fonction des critères de Cropley et Cropley (2008). Comme pour la tâche de dessin, les critères de nouveauté, d'élégance et de généralisation ont été étudiés. Pour chacun des critères, les différents jeux de données ont une homoscédasticité acceptable. Toutefois, nous ne trouvons aucune différence significative (voir tableau 4).

Tableau 4 : Tests de Levene et ANOVA appliqués aux résultats de nouveauté, élégance et de généralisations des différentes idées pertinentes proposées par les participants

	Homoscédasticité		ANOVA		
	F	p	F	MSE	p
Nouveauté	0,014	0,9	0,119	0,626	0,73
Élégance	0,49	0,49	1,328	4,05	0,25
Généralisation	0,49	0,49	1,047	3,26	0,31

Toujours dans la même démarche que précédemment, nous avons étudié quelles sont les influences du stimulus sur la charge cognitive. L'homoscédasticité est acceptable pour la charge cognitive extrinsèque et germane en fonction de la présence du stimulus. Nous constatons que le stimulus influence la charge cognitive intrinsèque et extrinsèque (voir tableau 5).

Tableau 5 : Tests de Levene, ANOVA et Kruskal-Wallis appliqués aux résultats de charge cognitive en fonction de la présence du stimulus.

	Homoscédasticité		ANOVA			Kruskal-Wallis	
	F	p	F	MSE	p	χ^2	p
Charge intrinsèque	2,97	0,09				10,31	0,001
Charge extrinsèque	0,94	0,33	12,12	22,42	0,001		
Charge germane	0,25	0,62	3,5	8,28	0,07		

Pour compléter l'analyse de ces résultats, nous avons étudié les corrélations possibles entre le nombre d'idées générées et la charge cognitive intrinsèque, extrinsèque et germane. Nous constatons dans chaque cas une corrélation positive pour les charges intrinsèque et extrinsèque (voir tableau 6).

Tableau 6 : Résultats des corrélations entre les charges cognitives et le nombre d'idées proposées

	p	Corrélation
Charge intrinsèque	0,047	0,31
Charge extrinsèque	0,017	0,37
Charge germane	0,777	0,05

De plus, nous constatons que la charge cognitive extrinsèque est en effet corrélée positivement avec le nombre d'idées proposées en présence du stimulus (voir tableau 7).

Tableau 7 : Résultats des corrélations entre les charges cognitives et le nombre d'idées proposées avec la présence du stimulus

	p	Corrélation
Charge intrinsèque	0,080	0,40
Charge extrinsèque	0,026	0,49
Charge germane	0,781	0,07

D'après ces derniers résultats, nous pouvons constater que le stimulus à bien fait augmenter la charge cognitive intrinsèque et extrinsèque. Les charges intrinsèque et extrinsèque semblent avoir une influence positive sur le nombre d'idées proposées. Cependant, nous ne notons aucune influence sur la qualité des idées proposées par les sujets.

4 CONCLUSION

L'objectif initial de cette expérience était d'observer l'influence des stimuli externes non pertinents sur deux tâches de créativité, visuospatiale et audio verbale. Dans la tâche de dessin, nous avons observé que la présence du stimulus (la lueur bleue) fait diminuer le nombre d'idées générées des participants. Nous constatons aussi une corrélation négative entre le nombre d'idées générées et la charge cognitive intrinsèque. Ces résultats nous montrent qu'un stimulus visuel simple peut faire diminuer le nombre total d'idées générées. Ces résultats indiquent aussi que le stimulus ajouté à l'application de dessin fait diminuer le nombre d'idées générées sans pour autant faire augmenter la charge cognitive. Cependant, nous constatons aussi une corrélation négative entre le nombre d'idées générées et la charge cognitive intrinsèque. Il est donc envisageable de penser que les qualités hédoniques associées à l'application de dessin à favoriser une certaine liberté et divergence dans les réponses par rapport à la problématique d'origine. Cette volonté de proposer de nombreuses idées peut démontrer un certain engagement dans la tâche et donc les participants ont ressenti un hédonisme plus important (Amabile, 1983).

Le niveau relativement élevé d'homogénéité du type d'idées proposées (« faire rouler ou voler le sac ») laisse penser à un effet de fixation (Jansson et Smith, 1991). Des analyses complémentaires n'ont pas permis d'établir de lien entre cette fixation et la présence du stimulus. Le stimulus proposé ne semble pas avoir été interprété par les sujets et ne pas avoir apporté une inspiration supplémentaire par du contexte.

Pour la tâche de rédaction, nous avons constaté que le stimulus proposé n'a pas permis de diminuer le nombre ni la qualité des idées proposées. Nous n'avons également pas constaté d'influence du stimulus sur la qualité des idées proposées par les participants. Cependant, nous constatons que l'émission de radio (proposé comme stimulus) a augmenté la charge cognitive intrinsèque et extrinsèque des participants. De plus, nous avons trouvé une corrélation positive entre la charge cognitive intrinsèque et extrinsèque et le nombre d'idées proposées. De plus, nous avons trouvé une corrélation positive entre le nombre d'idées générées en présence du stimulus et la charge cognitive extrinsèque. Ces derniers résultats montrent que la charge cognitive intrinsèque est importante pour la génération d'idées. Les résultats en lien avec la charge cognitive extrinsèque montrent que l'émission de radio permet de stimuler de la créativité, en fournissant une source d'inspiration ou bien en rendant la tâche globalement plus stimulante, moins ennuyeuse. Ces résultats vont dans le sens du modèle d'Amabile (1983), qui propose que lors des processus mentaux de la créativité, l'environnement joue un rôle certain dans les processus mentaux de génération d'idées.

Au travers de cette expérience, nous constatons que les stimuli et applications proposés ont eu des influences différentes sur la créativité. Cependant, l'influence des stimuli n'était pas assez importante pour constater une réelle variation de la charge cognitive chez les participants qui induirait une chute de la créativité. Au regard de nos résultats, nous pensons que l'interprétation pouvant être faite du stimulus a une influence sur la créativité. Pour la tâche d'écriture, l'émission de radio pouvait être comprise et donc traitée de manière consciente ou non, ce qui a permis une meilleure génération d'idées. La tâche de dessin présentait un stimulus abstrait ne pouvant pas être interprété. Nous avons constaté qu'une simple luciole faisait diminuer le nombre d'idées proposées. Nous avons, grâce à cette étude, identifié plusieurs facteurs essentiels à la conception d'une application de réalité virtuelle pour soutenir la créativité. Cette expérience souligne l'importance de limiter les stimuli visuels, même discrets, dans un environnement de créativité. Cela nous incite à penser que les applications virtuelles de créativité doivent limiter au maximum la charge du champ visuel. Toutefois, il est intéressant de

laisser l'accès à un environnement plus riche afin de déclencher de nouvelles inspirations ou permettre une nouvelle stimulation externe (Amabile, 1983 ; Lecossier, 2018).

5 TRAVAUX FUTURS

Cette expérience nous a permis d'initier des travaux centrés sur l'utilisation des technologies émergentes au service de la créativité et de l'innovation. Cette étude a permis de constater qu'un simple stimulus abstrait peut avoir des conséquences sur la créativité. Elle a permis de constater plusieurs effets et thématiques pertinentes à étudier pour la conception d'applications assistant la créativité. Deux principaux axes de recherche émergent de ce travail. Le premier consiste à étudier l'influence de l'environnement sur la créativité. En effet, la possibilité d'interprétation des stimuli de l'environnement semble être déterminante dans les processus de créativité et l'environnement peut donc être envisagé comme élément stimulant la créativité. Il nous semble donc important d'étudier quels paramètres constituant l'environnement influencent la créativité (le mouvement, l'animation ou bien la sémantique). Le second axe porte sur l'étude des différents outils pouvant être appliqués à la créativité. L'enfermement dans certaines stratégies d'utilisation des applications liées à leur complexité peut constituer un frein à la créativité, mais aussi être associé à plus de précision, favorisant la communicabilité des idées.

Enfin, nous avons constaté dans cette étude que les aspects hédoniques influencent les idées proposées par les sujets. Une étude centrée ergonomie des interfaces permettra de mettre en valeur quels éléments de l'ergonomie sont importants et influent lors des activités de créativité.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Amabile, T. M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of personality and social psychology*, 45(2), 257.
- Amabile, T. M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of personality and social psychology*, 357.
- Baird, B., Smallwood, J., Mrazek, M. D., Kam, J. W., Franklin, M. S., & Schooler, J. W. (2012). Inspired by Distraction: Mind Wandering Facilitates Creative Incubation. *Psychological Science*, 1117-1122.
- Cropley, D., & Cropley, A. (2008). Elements of a universal aesthetic of creativity. (E. P. Foundation, Éd.) *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(3), 155.
- Feeman, S. M., Wright, L. B., & Salmon, J. L. (2018). Exploration and evaluation of CAD modeling in virtual reality. *Computer-Aided Design and Applications*, 1-13.
- Jansson, D. G., & Smith, S. M. (1991). Design fixation. *Design Studies*, 12(1), 3-11.
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8, 1997.
- Kosmadoudi, Z., Lim, T., Ritchie, J., Louchart, S., Lui, Y., & Sung, R. (2013). Engineering design using game-enhanced CAD: The potential to augment the user experience with game elements. *Computer-Aided Design*, 777-795.
- Lecossier, A. (2018). Proposal for a model of the upstream stage of innovation to enable a mature industrial company to create radical innovations.
- Nakagawa, M. (2005). On-line Handwriting Recognition For Creativity Human Interfaces. *International Workshop On Document Analysis*, 31-52.
- Reiter-Palmon, R., Illies, J. J., & Kobe-Cross, L. M. (2009). Conscientiousness is not always a good predictor of performance: The case of creativity. *The International Journal of Creativity & Problem Solving*, 27.
- Rieuf, V. (2013). *Impact of the immersive experience on kansei during the early industrial design*.

- Sweller, J., van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Torrance, P. E. (1972). Predictive validity of the Torrance tests of creative thinking. *The Journal of Creative Behavior*, 236-262.
- Yang, X., Lin, L., Cheng, P.-Y., Yang, X., Ren, Y., & Huang, Y.-M. (2018). Examining creativity through a virtual reality support system. *Educational Technology Research and Development*, 1231-1254.

Modulation attentionnelle durant une tâche de conduite automobile : effet des instructions verbales données en amont

Hernout Emma

Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs – Université Lumière Lyon 2, 5, avenue Pierre Mendès
France 69676 Bron (France)

emma.hernout@univ-lyon2.fr

Toso Charlotte

My Mental Energy Pro, 9 rue Grillet 69007 Lyon France (France)

c.toso@mymentalenergy.com

Allain Gaël

My Mental Energy Pro, 9 rue Grillet 69007 Lyon France (France)

g.allain@mymentalenergy.com

Navarro Jordan

Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs – Université Lumière Lyon 2, 5, avenue Pierre Mendès
France, 69676 Bron (France)

jordan.navarro@univ-lyon2.fr

RÉSUMÉ

L'inattention durant une tâche de conduite automobile augmente le risque d'accidents de la route. Diverses distractions entrent en concurrence avec la tâche de conduite automobile dans la gestion attentionnelle ce qui fait qu'il est difficile de maintenir son attention. Cependant des instructions verbales motivantes pourraient réorienter le focus attentionnel sur une tâche. Le but de cette étude est de mesurer l'effet d'instructions verbales réorientant la focalisation attentionnelle du conducteur sur la tâche de conduite, juste avant qu'il conduise. Il semblerait que des instructions motivationnelles de focalisation attentionnelle améliorent les performances de conduite. Ce cours instant de focalisation, sur l'environnement de conduite et sur la tâche à accomplir, permettrait au conducteur de reprendre conscience de la tâche qu'il s'apprête à réaliser.

MOTS-CLES

conduite automobile ; distraction ; modulation attentionnelle ; instructions verbales motivationnelles.

1 INTRODUCTION

L'attention est caractérisée par trois processus qui sont tous parties prenantes dans la réalisation de tâches complexes, comme la conduite automobile (Lemerancier & Cellier, 2008). L'attention soutenue permet de continuer à traiter l'information dans la durée en s'assurant d'un éveil cognitif continu.

L'attention sélective permet de sélectionner les informations les plus pertinentes pour la tâche à réaliser. L'attention divisée gère le partage de l'attention avec d'autres tâches lorsque cela est possible. La conduite automobile implique des tâches sous-jacentes qui se déroulent en même temps : la navigation, la guidance et le contrôle (McRuer et al, 1977). Ces trois niveaux sont réalisés en parallèle, ce qui fait de la conduite automobile une activité multitâche (Gugerty, 2011). Une supervision attentionnelle continue est nécessaire, puisque le conducteur évolue dans un environnement changeant dans lequel il doit sélectionner les informations les plus pertinentes sous une contrainte temporelle qui peut être forte (Hoc, Amalberti, Cellier & Grosjean, 2004).

Au cours de la conduite, l'attention sélective portée sur la tâche de conduite est variable, 78% des accidents se produisaient lorsque le conducteur était inattentif à la tâche de conduite (Klauer, Neale, Dingus, Ramsey, & Sudweeks, 2005). Le conducteur peut passer la tâche de conduite au second plan pour orienter son attention vers une autre activité non dirigée vers la conduite elle-même (e.g. divagation de la pensée, utilisation d'un téléphone portable, ...), cette seconde tâche multiplie le risque d'accident par deux ou trois selon la complexité de la tâche (Klauer, Dingus, Neale, Sudweeks, & Ramsey, 2006). Cette réorientation de l'attention vers une tâche compétitive à celle de conduite est due à une distraction qui peut être externe ou interne au conducteur (Lee, Young, & Regan, 2008). La distraction externe est l'orientation de l'attention du conducteur guidée par un événement qui lui est externe (un élément extérieur ou intérieur du véhicule). Par exemple l'utilisation d'un assistant vocal d'aide à la navigation diminue les performances de conduite (Barón & Green, 2006). La distraction interne est associée au détachement de l'attention du conducteur de la route vers ses pensées. Le vagabondage d'esprit augmente le temps de réponse à des événements soudains et diminue l'inter-distance avec un véhicule suivi (Yanko & Spalek, 2014).

Ces défaillances attentionnelles sont courantes, car maintenir son attention peut s'avérer difficile en cas de fatigue ou de problèmes personnels (Van Elslande et al, 2009). Ainsi, 85,2% des conducteurs relatent être perdus dans leurs pensées pendant qu'ils conduisent, souvent sur des trajets quotidiens, des autoroutes et souvent quand ils sont seuls dans leur voiture (Berthié et al., 2015). Cependant il est possible d'entraîner l'attention. Après cinq jours d'entraînement à la méditation, des personnes n'ayant jamais médité voient leurs performances attentionnelles améliorées (Tang et al. 2007). Les entraîneurs sportifs utilisent des instructions verbales pour orienter et maintenir le focus attentionnel des sportifs sur leur tâche à réaliser, en détaillant le plan d'action à effectuer, et proposent à l'athlète de se focaliser sur le moyen de réaliser cette action (Porter, Nola, Ostrowski & Wulff, 2010).

Selon le modèle de sélection attentionnelle d'Engström, Victor et Markkula (2017), l'attention en conduite automobile est le fruit du processus de sélection de schémas d'action selon la combinaison de processus automatiques et de processus contrôlés. Les processus contrôlés sélectionnent les schémas adaptatifs à la situation, contrairement aux schémas automatiques qui sont planifiés pour répondre à des situations de conduite apprises. Si le contrôle cognitif est défaillant alors les meilleurs schémas adaptatifs à la situation risquent de ne pas être sélectionnés au profit des schémas automatiques. Le choix de sélection de ces schémas est le résultat du processus attentionnel lui-même dépendant de processus automatiques et contrôlés. L'objectif de cette étude est de déterminer s'il est possible d'intervenir sur le contrôle cognitif, via une consigne visant à améliorer l'attention sélective, afin de réduire les effets de la distraction pendant la conduite automobile.

Une consigne de focalisation attentionnelle comportant des instructions verbales ciblées sur la planification de la tâche de conduite à réaliser permet-elle d'améliorer l'attention de façon à modifier positivement les performances de conduite. Il est fait l'hypothèse que ce focus attentionnel avant de conduire permettrait au conducteur de se concentrer davantage sur la tâche de conduite et de conduire mieux qu'en l'absence de ce focus attentionnel (condition contrôle). A l'inverse il est fait l'hypothèse que s'il est demandé au conducteur de réaliser une tâche prospective (réfléchir à la préparation d'un repas) pendant la conduite, son attention sera partiellement détournée de la tâche de conduite principale et donc les performances de conduite dégradées.

2 MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

2.1 Participants

Nous avons recruté 24 participants. Les participants étaient en moyenne âgé de 27,29 ans (écart type : 9,22). Ils avaient en moyenne 7,92 années d'expérience de conduite (écart type : 9,54) et ont reporté faire en moyenne 6668 kilomètres dans l'année (écart type : 6751,55). Il y avait 11 hommes et 13 femmes. Tous les participants ont fourni un consentement éclairé signé et ont reçu un bon cadeau de 20€ pour leur participation.

2.2 Matériel

2.1.1 Simulation de conduite

Le simulateur de conduite comprenait une boîte de vitesse automatique, un siège ajustable, trois écrans mis côte à côte à 50 cm environ de la tête du conducteur, des pédales (accélération et décélération) ainsi qu'un volant. Le compteur de vitesse était compris dans la scène de conduite. Le logiciel de simulation a été développé par l'Université de Sherbrooke.

2.1.2 Instructions verbales

Les instructions ont été enregistrées et passées sur un ordinateur lors de la passation expérimentale. Les instructions étaient les suivantes :

- Consigne contrôle (CTRL) : « *Vous êtes au volant du simulateur de conduite et vous vous apprêtez à démarrer. Vous serez guidé tout au long de votre parcours. Commencez par avancer de quelques mètres et suivez le véhicule devant vous... bonne route !* »
- Consigne focus attentionnel (FA) : « *Vous êtes au volant du simulateur de conduite et vous vous apprêtez à démarrer. Prenons quelques secondes pour renforcer votre vigilance et votre concentration ! Tout d'abord, observez attentivement votre environnement, la position des écrans, du volant et des pédales de frein et d'accélérateur. Installez-vous confortablement dans le siège. Votre objectif est de réaliser un parcours dans lequel vous serez guidé(e) le plus prudemment possible. Ce parcours comportera 3 séquences. Au cours de la première, vous devrez suivre un véhicule sur une route de campagne. Dans la deuxième, vous évoluerez en ville et enfin, vous vous engagerez sur l'autoroute avant la fin de la séquence. Soyez prudent(e) et veillez à bien respecter le code de la route. Avancez de quelques mètres pour vérifier que tout fonctionne bien et, lorsque vous êtes prêts, allez-y... bonne route !* »
- Consigne Tâche de mémoire prospective (TP) : « *Vous êtes au volant du simulateur de conduite et vous vous apprêtez à démarrer. Vous serez guidé tout au long de votre parcours. Écoutez attentivement la situation fictive. Cette année, le cousinade a lieu chez vous. Au moins 20 membres de votre famille vont être présents pour ce grand événement qui a lieu dans 15 jours. Vous voulez montrer à vos proches vos nouveaux talents en cuisine. Vous devez imaginer l'organisation de la préparation de ce dîner. Après la tâche de conduite, vous exposerez, à l'expérimentateur, d'abord, votre décision du menu concernant le dîner de cette cousinade, puis, la liste des courses que vous avez établie, et enfin, la description, en 3, 4 ou 5 grandes étapes, des préparatifs.* »

2.1.3 Mesures subjectives

Les questionnaires utilisés pour les réponses subjectives des sujets étaient la version traduite en français du NASA-TLX, ainsi que des questions sur l'auto-évaluation de leur performance et de leur concentration pendant la tâche de conduite sur une échelle de 0 à 10 (0 déplorable à 10 parfaite).

2.1.4 Protocole

L'expérience comprenait trois sessions de conduite avec un type d'instruction différente pour chacune : contrôle (CTRL), focus attentionnel (FA) et tâche de mémoire prospective (TP). Tous les participants ont passé les trois conditions, l'ordre de présentation a été contrebalancé. Pour les instructions FA, il était demandé au participant de prendre le temps de se mettre dans le contexte de que le conducteur prenne le temps de se préparer et de focaliser son attention sur la tâche de

conduite avant de démarrer. Pour la condition tâche de mémoire prospective, il était demandé au participant d'imaginer la préparation d'un repas de famille, qu'il allait devoir planifier pendant la tâche de conduite. Cette tâche de mémoire avait pour but d'amener le conducteur dans une situation de double tâche. Pour cette condition, le participant devait rappeler à l'expérimentateur ce qu'il avait imaginé préparer à la fin de la situation de conduite.

Avant de prendre part à ces trois conditions expérimentales, le participant était confronté à une tâche de surveillance d'un système de pilotage d'avion durant 15 minutes, ayant pour but de confronter la gestion de ses ressources attentionnelles à une première tâche. Puis un parcours d'entraînement de cinq minutes lui était proposé pour se familiariser avec le simulateur et l'environnement de conduite. Avant de commencer chaque session de conduite, le participant écoutait les instructions audios enregistrées propres à chaque condition. A la fin de chaque séance de conduite il répondait à des questions subjectives sur la charge de travail et devait évaluer sa performance et sa concentration pendant la tâche de conduite.

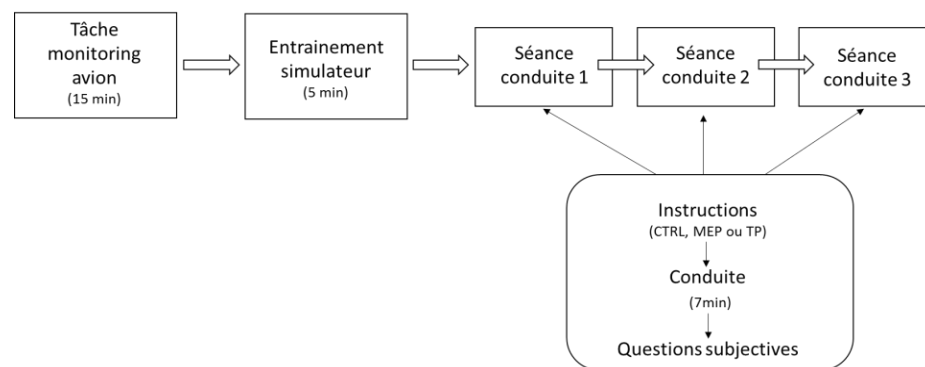


Figure 1 Illustration du protocole

2.1.5 Analyse des données

Toutes les mesures ont été analysées en faisant une ANOVA entre toutes les conditions. Les données ont été analysées sur JASP. Une première partie d'analyse a été faite selon le plan S24*C3, puis une deuxième en ne prenant que les conditions CTRL et FA, selon le plan S24*C2.

Afin de mesurer l'influence des consignes sur les performances de conduite, trois variables dépendantes ont été analysées :

- Pour la partie de suivi de véhicule nous avons mesuré le temps inter-véhiculaire comme un indicateur de la qualité du suivi.
- Pour la partie ville nous avons mesuré la vitesse moyenne adoptée.
- En complément, nous avons également créé une situation où les participants étaient confrontés à une réduction de la chaussée à une voie avec trafic en sens opposé. Le temps d'attente avant l'engagement dans ce passage étroit a également été utilisé comme variable dépendante.

Par ailleurs la perception subjective des participants a été considérée :

- Charge de travail subjective (NASA-TLX)
- Auto-estimation de la performance et de la concentration

3 RESULTATS

3.1 Performances de conduite objectives

Pour la partie de suivi de véhicule, il n'y avait pas d'effet significatif de la condition sur le temps

inter-véhiculaire $F(2, 40) = 2,054$, $p = .142$ (Fig.2). Pour les conditions CTRL et FA, un effet tendanciel a été obtenu, avec un temps inter-véhiculaire plus important pour la condition FA (CTRL vs FA $F(1, 22) = 3,468$, $p = .076$).

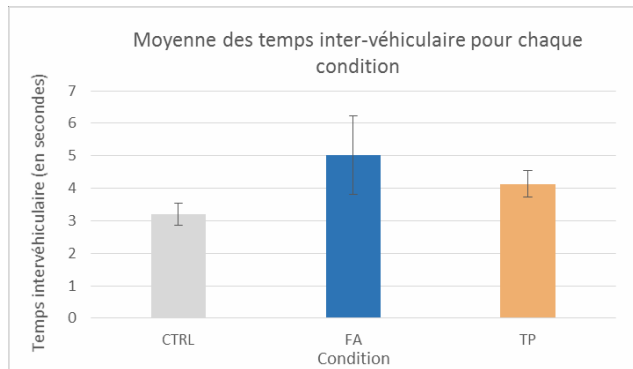


Figure 2 Graphique des résultats de la moyenne des temps inter-véhiculaire pour chaque condition

Pour la vitesse moyenne, l'effet de la condition sur la vitesse moyenne était tendanciel $F(2,44) = 2,994$, $p = .06$ (Fig.3). La vitesse moyenne en ville était plus faible dans la condition FA que dans les autres conditions. En comparant la condition contrôle avec la condition FA, la différence a atteint le seuil de significativité $F(1,21) = 7,302$, $p = .013$.

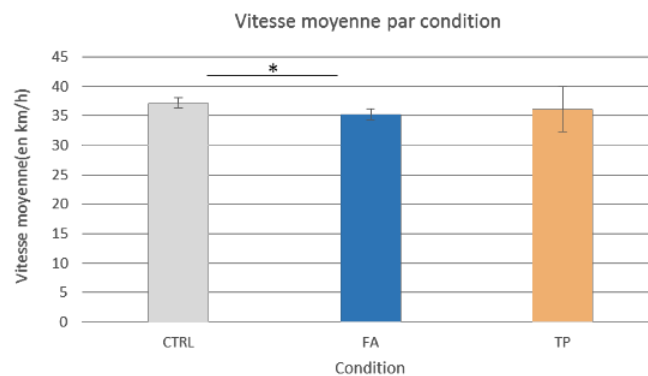


Figure 3 Graphique des résultats de la vitesse moyenne pour chaque condition

Il n'y avait pas d'effet de la condition sur le temps d'engagement dans le passage étroit $F(2, 44) = 1,532$, $p = .227$ (Fig.4). De même lorsque l'on a comparé uniquement CTRL et FA (CTRL vs FA $F(1,21) = 2,835$, $p = .107$).

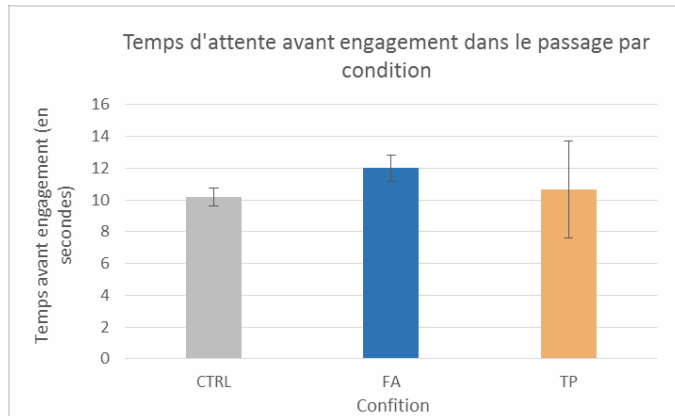


Figure 4 Graphique des résultats pour le temps d'attente avant l'engagement dans le passage pour chaque condition

3.2 Données subjectives

Pour le questionnaire NASA-TLX mesurant la charge de travail, il n'y avait pas de différence significative entre les trois conditions dans les réponses des participants ($F(2,46) = 0,704$, $p = 0.5$). De même pour les questions subjectives de concentration ($F(2,46) = 1,646$, $p = .204$) et leur jugement sur leurs performances ($F(2,46) = 0,704$, $p = 0.5$).

4 DISCUSSION

Par rapport à l'hypothèse de départ, on peut dire que les instructions de focus attentionnel ont eu un impact significatif sur la vitesse moyenne en ville, avec des participants qui ont conduit moins vite dans la condition de focus attentionnel que dans la condition contrôle. L'impact des instructions de focus attentionnel s'observe également avec un effet tendanciel pour le temps inter-véhiculaire mais pas pour le temps avant l'engagement dans le passage étroit qui est non significatif.

D'après les résultats obtenus lors de cette expérience, il semble que les instructions verbales motivationnelles de focus attentionnel aient un léger impact sur la modulation de l'attention. Il semblerait que ce moment de focalisation réalisé avant de conduire agisse sur le contrôle cognitif en augmentant les processus attentionnels contrôlés ce qui permet finalement de sélectionner le meilleur schéma d'action. Cet effet, même modeste en amplitude et qui ne ressort pas sur l'ensemble des indicateurs choisis, est particulièrement intéressant car les consignes étaient données avant la conduite elle-même et dans un laps de temps très bref (CTRL 20 sec, FA 1 min et TP 50 sec). A titre de comparaison, l'écoute de musiques ayant un niveau d'arousal perçu différent pendant la tâche de conduite, ne permet pas de montrer que les performances de conduite sont améliorées ou détériorées, que l'arousal de la musique perçu par le conducteur soit faible ou fort (Navarro, Osiurak, & Reynaud, 2018). Le traitement de la musique est un processus de bas-niveau, qui peut se faire de manière automatique, contrairement aux instructions verbales utilisées avant la session de conduite, qui ont nécessité une réflexion pour le conducteur. Ce différentiel de résultats suggère qu'une modulation attentionnelle de type top-down soit plus à même de modifier les performances de conduite qu'une modulation pendant la séance de conduite de type bottom-up comme un stimulus musical (Fig.5).

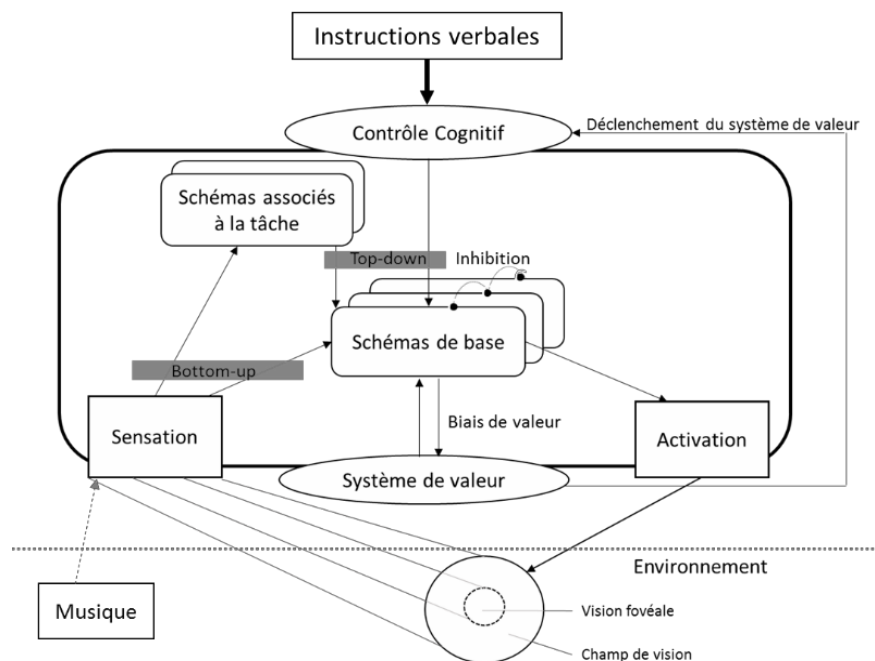


Figure 5 Illustration d'après le modèle de la sélection attentionnelle d'Engström, Victor & Markkula (2017). Les instructions verbales auraient un impact sur le contrôle cognitif, tandis que la musique n'aurait pas d'impact sur les processus attentionnels bottom-up.

Avec la condition de focus attentionnel (FA), les conducteurs se sont montrés plus prudents lors de la conduite présentant une vitesse réduite en ville comparativement à la condition contrôle (CTRL) et une tendance à l'augmentation du temps inter-véhiculaire lors de la tâche de suivi de véhicule. Cette augmentation des marges de sécurité indique une meilleure prise en considération de l'enjeu sécuritaire associé à l'activité de conduite automobile. Une explication serait que l'attention portée à la conduite se transforme en une augmentation des marges de sécurité par les conducteurs potentiellement pour maintenir un niveau de risque constant (Wilde, 1988).

Concernant la condition de tâche de mémoire prospective, contrairement à nos hypothèses, nous n'observons pas de dégradation des performances en condition TP par rapport à la condition CTRL. On observe cependant une augmentation de la variabilité entre les participants pour les variables du temps passé à plus de 10 km/h (écart type de 3,79 pour TP, contre 0,9 pour CTRL et 0,94 pour FA) et du temps avant l'engagement dans le passage étroit (écart type de 3,06 pour TP, contre 0,57 pour CTRL et 0,85 pour FA). Les consignes spécifiques pour cette condition n'étaient pas évocatrices pour tous les participants et il est difficile de déterminer si les participants ont réellement suivi les instructions demandées. De plus lorsque qu'il est possible d'avoir une mesure objective de la performance d'une seconde tâche, il y a une tendance générale pour les conducteurs à se focaliser sur la tâche principale de conduite en faisant plus d'erreurs dans la seconde tâche (Lengenfelder, Schultheis, Al-Shihabi, Mourant & DeLuca, 2002). D'autre part la charge cognitive que la double tâche ajoute affecte seulement les tâches automatisés qui sont supervisées par le contrôle cognitif (Engström, Markkula, Victor & Merat, 2017). On peut supposer que les participants ont réalisé cette tâche de mémoire prospective avec une implication faible, ce qui n'a pas eu d'impact sur leur contrôle cognitif. Egalement une autre proposition est que les routines automatisées pour la conduite automobile ont permis au conducteur d'avoir le contrôle cognitif impliqué dans la tâche de préparation du repas, sans s'inquiéter d'une diminution de la performance de conduite.

Cependant les routines automatisées font que le conducteur peut conduire, sans avoir conscience de la tâche qu'il est en train de réaliser (*driving without awareness*). Cette inattention révèle une automatisation dans le traitement de l'environnement, où l'exposition répétée à un même trajet fait que le conducteur néglige et ne traite pas consciemment certains éléments, ce qui le rend aveugle aux changements sur ces éléments et qui permet de comprendre pourquoi de nombreux accidents ont lieu proche du domicile (Charlton & Starkey, 2013). Une application des instructions

verbales serait d'orienter le focus attentionnel du conducteur afin qu'il reprenne conscience de la tâche de conduite, en réengageant son contrôle attentionnel dans le processus de la tâche de conduite même pour des trajets quotidiens qui semblent sans dangers.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Berthié, G., Lemercier, C., Paubel, P.-V., Cour, M., Fort, A., Galéra, C., ... Maury, B. (2015). The restless mind while driving: drivers' thoughts behind the wheel. *Accident Analysis & Prevention*, 76, 159–165. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2015.01.005>
- Barón, A., & Green, P. (2006). *Safety and usability of speech interfaces for in-vehicle tasks while driving: A brief literature review* (No. UMTRI-2006-5). University of Michigan, Transportation Research Institute.
- Charlton, S. G., & Starkey, N. J. (2013). Driving on familiar roads: Automaticity and inattention blindness. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 19, 121–133. <https://doi.org/10.1016/J.TRF.2013.03.008>
- Engström, J., Victor, T., & Markkula, G. (2017). Attention selection and multitasking in everyday driving: A conceptual model. In *Driver Distraction and Inattention* (pp. 27-54). CRC Press.
- Gugerty, L. (2011). Situation awareness in driving. *Handbook for driving simulation in engineering, medicine and psychology*, 1.
- Engström, J., Markkula, G., Victor, T., & Merat, N. (2017). Effects of cognitive load on driving performance: The cognitive control hypothesis. *Human factors*, 59(5), 734-764.
- Hoc, J. M., Amalberti, R., Cellier, J. M., & Grosjean, V. (2004). Chapitre 2. Adaptation et gestion des risques en situation dynamique. In *Psychologie ergonomique: tendances actuelles* (pp. 15-48). Presses Universitaires de France.
- Horberry, T., Anderson, J., Regan, M. A., Triggs, T. J., & Brown, J. (2006). Driver distraction: The effects of concurrent in-vehicle tasks, road environment complexity and age on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 38(1), 185-191.
- Klauer, S. G., Dingus, T. a., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J. (2006). The Impact of Driver Inattention On Near Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data. In *DOT HS 810 594*. [https://doi.org/DOT HS 810 594](https://doi.org/DOT%20HS%20810%20594)
- Klauer, S. G., Neale, V. L., Dingus, T. A., Ramsey, D., & Sudweeks, J. (2005). Driver Inattention: A Contributing Factor to Crashes and Near-Crashes. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 49(22), 1922–1926. <https://doi.org/10.1177/154193120504902208>
- Lee, J. D., Young, K. L., & Regan, M. A. (2008). Defining driver distraction. *Driver distraction: Theory, effects, and mitigation*, 13(4), 31-40.
- Lengenfelder, J., Schultheis, M. T., Al-Shihabi, T., Mourant, R., & DeLuca, J. (2002). Divided attention and driving: a pilot study using virtual reality technology. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 17(1), 26-37.
- Lavie, N. (2010). Attention, distraction, and cognitive control under load. *Current directions in psychological science*, 19(3), 143-148.
- Lemercier, C., & Cellier, J. M. (2008). Les défauts de l'attention en conduite automobile: inattention, distraction et interférence. *Le travail humain*, 71(3), 271-296.
- McRuer, D. T., Allen, R. W., Weir, D. H., & Klein, R. H. (1977). New results in driver steering control models. *Human factors*, 19(4), 381-397.
- Navarro, J., Osiurak, F., & Reynaud, E. (2018). Does the tempo of music impact human behavior behind the wheel?. *Human factors*, 60(4), 556-574.

- Porter, J., Nolan, R., Ostrowski, E., & Wulf, G. (2010). Directing attention externally enhances agility performance: A qualitative and quantitative analysis of the efficacy of using verbal instructions to focus attention. *Frontiers in Psychology, 1*, 216.
- Tang, Y. Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., . & Posner, M. I. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(43), 17152-17156.
- Van Elslande, P., Jaffard, M., Fouquet, K., & Fournier, J. Y. (2009). De la vigilance à l'attention: influence de l'état psychophysiological et cognitive du conducteur dans les mécanismes d'accidents'. *Salon-de-Provence: INRETS report, (280)*.
- Wilde, G. J. (1988). Risk homeostasis theory and traffic accidents: propositions, deductions and discussion of dissension in recent reactions. *Ergonomics, 31*(4), 441-468.
- Yanko, M. R., & Spalek, T. M. (2014). Driving with the wandering mind: the effect that mind-wandering has on driving performance. *Human factors, 56*(2), 260-269.

Vers une disparition de l'expertise routière ? Comportement visuo-attentionnel des novices en conduite semi-autonome

Sharon Ouddiz

Cognition Langues Langage Ergonomie (UMR 5263), Université Toulouse 2 Jean-Jaurès
sharon.ouddiz@univ-tlse2.fr

Céline Lemercier

Cognition Langues Langage Ergonomie (UMR 5263), Université Toulouse 2 Jean-Jaurès
celine.lemercier@univ-tlse2.fr

Pierre-Vincent Paubel

Cognition Langues Langage Ergonomie (UMR 5263), Université Toulouse 2 Jean-Jaurès
pierre-vincent.paubel@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ

Alors même que l'autonomisation de la conduite est un enjeu industriel majeur, l'insertion de tels véhicules sur nos routes fait l'objet de questionnement de par les risques émergents de ces technologies. Les recherches ont permis de mettre en évidence les faibles capacités de l'humain à reprendre le contrôle d'un véhicule autonome (cf. Navarro, 2018). Étant donné que les Conducteurs-Passagers de demain n'atteindront peut-être jamais un niveau d'expertise routière suffisant à la mise en place de comportements sécuritaires, il est dès à présent crucial d'étudier le comportement des novices au volant d'un véhicule autonome, ce qui est l'objectif de cette étude. 54 participants novices ou experts étaient en condition de conduite autonome ou non-autonome simulée durant laquelle leurs mouvements oculaires et leur charge mentale étaient évalués. Les résultats soulignent le comportement visuo-attentionnel particulièrement détérioré des novices, rendant la reprise en main d'un véhicule autonome très critique et exigeante pour ces individus, mais également pour tout utilisateur d'un véhicule autonome à long terme.

MOTS-CLES

Conduite autonome ; Expertise routière ; Capacités attentionnelles ; Charge mentale ; Oculométrie.

1. INTRODUCTION

La conduite automobile est une activité principalement visuelle (Sivak, 1996), attentionnellement exigeante (Klauer et al., 2006) et nécessitant une conscience de la situation élevée afin qu'elle soit menée de manière sécuritaire (Underwood et al., 2009). Son autonomisation pourrait à terme diminuer considérablement la mortalité routière lorsqu'on sait que la première cause des accidents de la route implique actuellement une erreur humaine (Dingus et al., 2006). Mais avant d'être totalement autonomes (i.e., niveau 5 défini par la SAE, Smith, 2014), les systèmes intégrant les véhicules d'aujourd'hui et de demain ne pourront superviser que partiellement l'activité de conduite. C'est actuellement le cas des véhicules semi-autonomes de niveau 2, capables de prendre entièrement en charge la conduite, mais dans certaines situations uniquement et toujours sous la supervision du

conducteur. Au niveau 3, dont l'apparition est estimée à l'horizon 2020, la supervision du conducteur ne sera plus requise lorsque le mode autonome est activé. Celui-ci, désormais Conducteur-Passager (CP), pourra alors s'engager dans une multitude d'activités (i.e., Non-Driving-Related Activities, NDRA) mais devra être capable de reprendre le contrôle de son véhicule semi-autonome en cas d'inopérabilité du système (e.g., brouillard épais, marquage au sol dégradé, type de route). Cette phase de transition entre les modes autonome et manuel de conduite soulève de nouveaux enjeux majeurs en termes de sécurité routière de par les risques accidentels élevés qui y sont associés. Les recherches ont en effet mis en évidence que les CP avaient des performances particulièrement détériorées lorsqu'ils devaient reprendre le contrôle de leur véhicule (e.g., temps de réponse face à une situation critique, contrôle du véhicule, collisions ; cf. Navarro, 2018, pour une revue).

Le modèle MART (Malleable Attentional Resources Theory) développé par Young et Stanton (2002b) permet d'expliquer pourquoi la reprise en main d'un véhicule autonome est une période critique en termes de risques encourus. En premier lieu, le caractère d'urgence et le stress associés à la reprise de la conduite (Matthews et Desmond, 1995), la désactivation du système au sein de situations routières trop complexes pour lui, et potentiellement critiques pour l'individu (Paxion et al., 2015), et la réalisation d'une NDRA en temps partagé avec la reprise de la conduite (Recarte et Nunes, 2003) sont autant de facteurs susceptibles d'accroître considérablement les exigences requises lors de la reprise. Par ailleurs, la prise en charge de la conduite par le système durant le mode de conduite autonome engendrerait un état de sous-charge mentale chez le CP (De Winter et al., 2014) puisque les exigences requises lors de cette période sont très faibles, voire nulles. Or, selon ce modèle, expérimenter un état de sous-charge mentale impliquerait un rétrécissement artificiel des capacités attentionnelles. Ainsi, la faible charge mentale des CP durant le mode autonome ne leur permettrait pas de répondre efficacement à l'augmentation soudaine des exigences de l'activité lorsque le système relègue la conduite à l'humain. Les CP ne parviendraient donc pas à allouer suffisamment de ressources attentionnelles à la reprise de la conduite et l'exploration visuelle de l'environnement routier (i.e., comportement visuel détérioré, Zeeb et al., 2015), dégradant ainsi leur conscience de la situation (i.e., perception des éléments, leur compréhension et leur projection dans un état futur ; directement liée aux capacités à détecter et anticiper un danger ; Endsley, 1995) et donc la mise en place de comportements sécuritaires et adaptés à la situation routière rencontrée lors de la reprise.

Comme évoqué précédemment, plusieurs facteurs sont susceptibles d'accroître les exigences associées à la reprise et donc les risques accidentels encourus. Parmi eux, le faible niveau d'expertise routière du CP pourrait également rendre cette phase de reprise encore plus exigeante et critique. En effet, les conducteurs inexpérimentés n'ayant pas encore automatisé le niveau opérationnel de l'activité de conduite (Michon, 1985), un investissement plus conséquent de ressources attentionnelles est nécessaire afin de faire face aux exigences supplémentaires de l'activité de conduite en comparaison avec des conducteurs expérimentés (Schneider et Shiffrin, 1977). La charge mentale plus élevée des conducteurs novices et, en conséquence, leurs faibles ressources attentionnelles disponibles, serait une explication de leur surreprésentation dans les accidents de la route et la mortalité routière (Dingus et al., 2006). Se rajoute à cela leur modèle mental peu développé de l'activité de conduite et leur comportement visuel peu stratégique contribuant à restreindre d'autant plus leur conscience de la situation (cf. Underwood et al., 2009, pour une revue). Ainsi, les risques accidentels encourus lors de la reprise de la conduite pourraient être considérablement plus élevés pour des CP ayant un faible niveau d'expertise routière. Bien que peu de recherches se soient jusqu'à présent intéressées aux comportements des novices au volant d'un véhicule autonome, l'étude menée par Wright et al. (2016) a permis de montrer que les novices nécessitaient davantage de temps que les experts afin de réacquérir une conscience de la situation dite optimale après la reprise de la conduite. Ce temps supplémentaire rejoint ici l'idée sous-jacente du modèle MART selon laquelle un temps d'adaptation serait requis afin que le réservoir attentionnel retrouve une capacité optimale. Les novices nécessiteraient donc un temps d'adaptation plus conséquent dans la mesure où les exigences associées à la reprise seraient plus élevées que pour les experts.

L'expertise routière se construisant avec la pratique, les CP de demain n'atteindront peut-être jamais un niveau d'expertise suffisant à la mise en place de comportements sécuritaires lorsqu'ils devront reprendre leur statut de conducteur (Hancock, 2013). La présente étude a pour objectif d'évaluer pour la première fois le comportement visuo-attentionnel et la charge mentale de CP novices en le comparant à celui de CP experts en phase de reprise en main d'un véhicule autonome de niveau 3 et de conducteurs en condition de conduite non-autonome. Dans un premier temps, le comportement visuo-attentionnel des CP était comparé à celui des conducteurs, en fonction de leur niveau d'expertise routière. Nous attendons à ce que les CP aient un comportement visuo-attentionnel détérioré par rapport à celui des conducteurs (H1), particulièrement lorsque leur niveau d'expertise routière est faible (H2). Nous supposons également que la charge mentale des CP en phase de reprise soit plus élevée que celle des conducteurs (H3), soulignant ses exigences élevées pour l'individu. Alors que les conducteurs novices sont supposés expérimenter une charge mentale plus importante que les conducteurs experts (H4), nous supposons que celle des CP novices et experts soit comparable (H5), causé par le rétrécissement de leur réservoir attentionnel et donc leur incapacité à adapter leur charge mentale aux exigences de la reprise. Dans un second temps, une analyse de l'activité menée par les CP novices et experts lors de la phase de reprise était réalisée. Nous présumons ici que les CP novices investissent moins de ressources attentionnelles à la reprise de la conduite (i.e., tel que stipulé par H2) et davantage à la poursuite de la NDRA (H6) que les experts lorsqu'ils sont alertés de la désactivation prochaine du système (i.e., moins de ressources attentionnelles disponibles, consciences de la situation et des risques associés plus restreintes ; Wallis et Horswil, 2007).

2. METHODE

2.1. Participants

Les participants ($n = 60$) étaient des conducteurs novices (i.e., expérience de conduite inférieure à 1 an) ou experts (i.e., expérience de conduite supérieure à 5 ans, fréquence de conduite minimum de 3 fois par semaine), titulaires du Permis B Français et âgés de moins de 35 ans ($M = 23.4$, $Min = 18$, $Max = 33$). Ces derniers étaient principalement recrutés via des groupes Facebook d'étudiants Toulousains. Finalement, 54 participants (i.e., 31 femmes et 23 hommes) ont été inclus aux analyses, 4 exclus pour avoir rapporté une faible appréciation du film visionné (i.e., inférieure à 3 sur une échelle allant de 1 à 6) et 2 du fait d'un problème dans l'enregistrement des données oculométriques. Parmi eux, 25 étaient en condition de conduite non-autonome (i.e., 13 novices et 12 experts) et 29 en condition de conduite autonome (i.e., 12 novices et 17 experts).

2.2. Matériel

2.2.1. Activité de conduite simulée

Le simulateur de conduite *OKTAL* est une Peugeot 207 à transmissions automatiques intégrant le logiciel *Scanner*. Il est situé à l'Université Toulouse 2 Jean-Jaurès (i.e., Plateforme CCU, MSHS-T). Ce simulateur fixe est composé de 3 affichages avant et 2 arrières, permettant une immersion à 360 degrés au sein de l'environnement routier simulé. Deux circuits ont été conçus pour cette étude. Le premier, d'une distance de 15.7 km, était un circuit d'entraînement ayant pour objectif de familiariser le participant avec la conduite sur simulateur. Ce circuit comportait des lignes droites, des virages et des intersections tels qu'il pouvait le rencontrer lors du circuit expérimental. Ce dernier, d'une distance de 33 km et d'une durée estimée à 32.3 minutes, comportait des sections de routes limitées à 50 ou 90 km/h et diverses situations routières impliquant d'autres véhicules. Le circuit expérimental était réalisé en mode autonome durant environ 32 minutes jusqu'à l'émission de l'alerte à la reprise. Celle-ci survenait au sein d'une situation routière peu exigeante (i.e., complexité et criticité faible : ligne droite limitée à 90km/h, absence d'autres usagers de la route), 18 secondes avant la désactivation effective du mode autonome (i.e., durée jugée suffisante à une reprise sécuritaire de la conduite ; Wright et al., 2016). L'alerte était composée du message vocal (i.e., voix féminine non-artificielle) suivant : « Attention, vous allez reprendre le volant dans 10

secondes, [silence de 5 secondes], 5 secondes, 4 secondes, 3 secondes, 2 secondes, 1 secondes, reprenez le volant ». Ce mode de conduite était paramétré de telle sorte à respecter le code de la route française. La simulation s'interrompait lors de la désactivation effective du système autonome. Les participants en condition de conduite non-autonome effectuaient le même circuit en mode manuel de conduite.

2.2.2. NDRA de visionnage de film

Deux films de genre comédie (i.e., *Alibi.com* et *Adopte un veuf*) ont été présélectionnés pour l'expérience. Leur caractère de nouveauté pour le participant était contrôlé en 3 étapes : la date de sortie récente du film (i.e., inférieure à 1 an), les réponses du participant au questionnaire pré-expérimental (i.e., sélection des films déjà visionnés parmi une liste de 8 films, comportant les 2 films présélectionnés ainsi que 6 films distrayeurs) et leurs réponses au questionnaire post-expérimental (i.e., confirmation du caractère de nouveauté du film visionné). L'appréciation positive des films présélectionnés était contrôlée par leur note supérieure à 4 sur 5 sur le site *Allociné* d'une part, et les réponses des participants au questionnaire post-expérimental (i.e., évaluation de leur appréciation sur une échelle allant de 1 à 6) d'autre part. Le film *Alibi.com* était sélectionné en priorité, et *Adopte un veuf* seulement si le participant déclarait avoir déjà visionné le premier. Aucun d'entre eux n'avait rapporté avoir visionné les deux films antérieurement. Les 30 premières minutes du film sélectionné étaient visionnées durant le mode autonome, sur une tablette située au centre du tableau de bord et à une intensité sonore jugée suffisamment élevée pour entendre l'alerte à la reprise, et confortable pour entendre la bande sonore du film. Le diamètre pupillaire étant sensible à la lumière, l'intensité lumineuse des films était mesurée avec un luxmètre. Chacun était compris entre 6 et 20 lux, rendant ces analyses valides.

2.2.3. Oculométrie

Le comportement oculaire et le diamètre pupillaire des participants ont été enregistrés avec les lunettes oculométriques SMI. Les fixations étaient catégorisées selon deux zones de fixation : la scène routière (i.e., fixations à travers le pare-brise) et la tablette. Ainsi, la zone de fixation *scène routière* correspondait à l'activité de conduite pour les conducteurs, ou à sa reprise pour les CP, alors que la zone de fixation *tablette* correspondait à la poursuite de la NDRA de visionnage de film pour les CP. Une fixation était considérée en tant que telle si sa durée était à *minima* égale à 80 ms en partant de l'assomption que l'élément visuel fixé au-delà de cette durée sera traité par l'individu (Crundall et Underwood, 2011). L'attention investie dans l'activité de conduite d'une part, et dans sa reprise versus la poursuite de la NDRA d'autre part, a été évaluée à partir de trois paramètres oculométriques : le dwell time, le nombre de fixations et la durée moyenne de fixation. Le dwell time correspond au temps total (en secondes) de fixation alloué dans une zone de fixation. Il est considéré en tant qu'indicateur général et le plus stable de l'engagement visuo-attentionnel de l'individu au sein d'une activité donnée (Crundall et Underwood, 2011). En effet, ce paramètre prend en compte le nombre de fixations et la durée moyenne de fixation puisqu'il est obtenu par la multiplication de ces derniers. Ces deux paramètres ont également été évalués afin d'investiguer plus précisément comment le comportement visuo-attentionnel des CP différait de celui des conducteurs en fonction de leur niveau d'expertise. Par exemple, une durée de fixation (en secondes) plus importante peut être associée à un traitement plus profond de l'information fixé ou sa difficulté de traitement (Goldberg et Kotval, 1998) alors qu'un plus grand nombre de fixations peut révéler une complexité accrue de l'activité menée (Crundall et Underwood, 1998). Finalement, la charge mentale, ou la quantité de ressources investies par les CP et les conducteurs pour répondre aux exigences de l'activité menée, a été évaluée à partir de leur diamètre pupillaire moyen (i.e., association positive ; Kahneman, 1973).

2.3. Procédure

Tous les participants répondaient au questionnaire pré-expérimental qui leur était envoyé au moins 3 jours avant le début de l'expérience de conduite simulée. Sur la base de leurs réponses, un film était sélectionné pour chaque participant randomisé au sein de la condition de conduite autonome. Ils étaient ensuite conviés à se rendre à la MSHS-T située à l'Université Toulouse 2 Jean-Jaurès. Il leur était demandé de

remplir une feuille de consentement libre et éclairé après que le déroulement de l'expérience leur soit expliqué. La phase de familiarisation était alors réalisée en présence de l'expérimentateur, jusqu'à qu'ils se sentent à l'aise avec la conduite sur simulateur (i.e., environ 15 minutes). Les instructions relatives à la phase de conduite expérimentale leurs étaient fournies à l'oral (i.e., pour tous les participants : application du code de la route Française, suivi de la direction Toulouse ; pour ceux de la condition de conduite autonome : nécessité de reprendre le volant après l'alerte à la reprise et proposition de regarder un film durant le mode autonome). Tous les participants réalisaient la phase expérimentale sans la présence de l'expérimentateur, après avoir été équipé des lunettes oculométriques calibrées. La phase de conduite simulée se terminait immédiatement après la reprise effective de la conduite ou au même moment du circuit pour les participants de la condition non-autonome. Finalement, le questionnaire post-expérimental leur était administré et les objectifs de l'étude leurs étaient explicités. Ils étaient enfin remerciés de leur participation à l'étude.

2.4. Analyses statistiques

Dans un premier temps, une ANOVA 2x2 était réalisée pour chacun des paramètres oculométriques et le diamètre pupillaire moyen, avec la condition de conduite (i.e., non-autonome vs autonome) et le niveau d'expertise routière (i.e., novice vs expert) en facteurs inter-sujets. Seules les fixations allouées à la scène routière durant les 18 dernières secondes du circuit étaient prises en compte (i.e., correspondant à la phase de reprise), l'objectif étant de comparer le comportement visuo-attentionnel et la charge mentale des CP en phase de reprise avec ceux des conducteurs. Dans un second temps, une ANOVA mixte 2x2 était conduite sur chaque paramètre oculométrique, avec la zone de fixation (i.e., scène routière vs tablette) en facteur intra-sujet et le niveau d'expertise en facteur inter-sujet. Les analyses étaient ici conduites uniquement sur les CP afin d'évaluer leur distribution attentionnelle entre la reprise de la conduite et la poursuite de la NDRA. Le seuil alpha considéré était de 0.05 bien que les résultats marginalement significatifs (i.e., $p < 0.09$) étaient reportés. Les ANOVAs étaient conduites en utilisant l'éta carré partiel, et étaient suivies par des tests post-hoc ajustés sous Tukey.

3. RÉSULTATS

3.1. Analyses comparatives des conducteurs et des CP

L'ANOVA conduite sur le dwell time indique un temps de fixation alloué au balayage visuel de la scène routière plus élevé chez les conducteurs ($M = 13.68$, $SD = 2.85$) que chez les CP ($M = 9.03$, $SD = 4$), $F(1, 50)$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.37$. L'effet d'interaction entre la condition de conduite et le niveau d'expertise routière, $F(1, 50) = 4.49$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.08$, révèle un dwell time plus élevé chez les CP experts ($M = 10.51$, $SD = 3.49$) que chez les novices ($M = 6.94$, $SD = 3.86$), $p < 0.05$, alors qu'aucune différence significative n'est observée entre les conducteurs experts ($M = 13.52$, $SD = 3.06$) et novices ($M = 13.83$, $SD = 2.76$). Par ailleurs, les tests post-hoc soulignent un dwell time plus élevé chez les conducteurs novices que chez les CP novices, $p < 0.001$, alors que cette différence est marginalement significative chez les experts, $p = 0.09$. Un effet marginalement significatif du niveau d'expertise était observé, $F(1, 50) = 3.16$, $p = 0.08$, $\eta^2 = 0.06$, indiquant une tendance à ce que le dwell time de la scène routière des experts ($M = 11.76$, $SD = 3.6$) soit plus élevé que celui des novices ($M = 10.53$, $SD = 4.79$).

Concernant le nombre de fixations, les analyses indiquent un nombre de fixations de la scène routière plus élevé chez les conducteurs ($M = 34.16$, $SD = 8.83$) que chez les CP ($M = 28.45$, $SD = 11.38$), $F(1, 50) = 6.55$, $p = 0.01$, $\eta^2 = 0.12$. L'effet principal du niveau d'expertise, $F(1, 50) = 7.13$, $p = 0.01$, $\eta^2 = 0.12$, révèle un nombre de fixations plus élevé chez les experts ($M = 34.14$, $SD = 9.39$) que chez les novices ($M = 27.56$, $SD = 10.97$). L'effet d'interaction entre ces variables n'est pas ici significatif.

L'ANOVA menée sur la durée moyenne de fixation révèle uniquement un effet principal de la condition de conduite, $F(1, 50) = 7.46$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.13$, les conducteurs ayant alloué des fixations plus longues à la scène routière ($M = 0.43$, $SD = 0.17$) que les CP ($M = 0.32$, $SD = 0.12$).

Finalement, l'analyse du diamètre pupillaire moyen indique un effet marginalement significatif de la condition de conduite, $F(1, 50) = 3.32$, $p = 0.07$, $\eta^2 = 0.06$, le diamètre pupillaire moyen des CP ($M = 84.48$, $SD = 19.1$) étant plus élevé que celui des conducteurs ($M = 76.24$, $SD = 17$).

3.2. Analyses du comportement visuo-attentionnel des CP en phase de reprise

L'ANOVA conduite sur le dwell time indique un temps de fixation plus élevé alloué à la scène routière ($M = 9.03$, $SD = 4$) qu'à la tablette ($M = 2.93$, $SD = 2.89$), $F(1, 27) = 26.85$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.5$. L'effet d'interaction observé entre la zone de fixation et le niveau d'expertise routière, $F(1, 27) = 6.79$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.2$, est représenté ci-dessous (cf. Table 1). Alors que les tests post-hoc révèlent un dwell time sur la scène routière plus élevé chez les experts que chez les novices, $p < 0.05$, aucune différence n'est mise en évidence concernant la tablette, *ns*. De plus, les analyses indiquent un dwell time plus élevé sur la scène routière que sur la tablette concernant les CP experts, $p < 0.001$, alors que les novices allouent un temps de fixation comparable entre la scène routière et la tablette, *ns*. Notons que l'ANOVA ne montre pas ici d'effet principal significatif du niveau d'expertise routière.

Les analyses du nombre de fixations indiquent que celui-ci est plus élevé sur la scène routière ($M = 28.45$, $SD = 11.38$) que sur la tablette ($M = 8.21$, $SD = 7.46$), $F(1, 27) = 46.24$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.63$. L'effet d'interaction entre la zone de fixation et le niveau d'expertise (cf. Table 1 ci-dessous), $F(1, 27) = 11.33$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.3$, révèle un nombre de fixations de la scène routière plus élevé chez les experts que chez les novices, $p < 0.01$, tandis qu'aucune différence n'est observée concernant les fixations allouées à la tablette, *ns*. De plus, les CP experts allouent un nombre de fixations plus élevé à la scène routière qu'à la tablette, $p < 0.001$, alors que cette différence n'est pas significative chez les CP novices. L'effet principal du niveau d'expertise routière n'est pas ici significatif.

L'ANOVA menée sur la durée moyenne de fixation des CP indique que celle-ci est plus longue chez les experts ($M = 0.39$, $SD = 0.14$) que chez les novices ($M = 0.29$, $SD = 0.06$), $F(1, 27) = 4.8$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.15$. L'effet d'interaction observé (cf. Table 1), $F(1, 27) = 4.82$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.15$, montre que les fixations faites sur la tablette étaient plus longues chez les experts que chez les novices, $p < 0.05$, alors qu'aucune différence n'est observée concernant la scène routière, *ns*. Les analyses révèlent une tendance à ce que les fixations de la tablette soient plus longues que celles de la scène routière chez les experts, $p = 0.07$ (i.e., *ns* chez les novices). L'effet de la zone de fixation n'est pas ici significatif.

	Dwell time (s)		Nombre de fixation		Durée moy. de fixation (s)	
	<i>M</i> (<i>SD</i>)		<i>M</i> (<i>SD</i>)		<i>M</i> (<i>SD</i>)	
	Scène routière	Tablette	Scène routière	Tablette	Scène routière	Tablette
Novices	6.94 (3.86)	4.15 (3.76)	21.92 (9.77)	12.5 (8.93)	0.31 (0.13)	0.28 (0.09)
Experts	10.51 (3.49)	2.07 (1.72)	33.06 (10.32)	5.18 (4.36)	0.33 (0.12)	0.45 (0.2)

Table 1. Statistiques descriptives de l'effet d'interaction entre la zone de fixation et le niveau d'expertise routière sur le dwell time, le nombre de fixations et la durée moyenne de fixation des CP en phase de reprise.

4. DISCUSSION

La présente étude avait pour premier objectif de comparer le comportement visuo-attentionnel de CP à celui de conducteurs. En accord avec notre hypothèse (H1), les CP en phase de reprise allouent des fixations plus courtes et moins nombreuses que les conducteurs à la reprise du balayage visuel de la scène routière. Bien qu'ils soient alertés de la désactivation proche du mode autonome, les CP vont poursuivre en temps partagé la NDRA en plus de la reprise de la conduite. Ces deux activités s'inscrivant principalement dans la modalité visuelle, leur alternance vont conduire les CP à allouer moins de temps et de ressources attentionnelles à l'une et l'autre des activités. Ainsi, ils ne mobilisent pas suffisamment de ressources à la reprise d'un balayage visuel efficace de la scène routière et comparable à celui des conducteurs. Une explication complémentaire peut être apportée par le modèle MART (Young et

Stanton, 2002b). La poursuite de la NDRA en temps partagé rendrait cette phase de reprise particulièrement exigeante (Recarte et Nunes, 2003), bien que la situation routière à laquelle ils étaient exposés était peu complexe et critique. Ainsi, qu'ils soient novices ou experts, le rétrécissement attentionnel des CP lors du mode autonome ne leur permettrait pas de mobiliser une quantité suffisante de ressources attentionnelles afin de faire face à l'augmentation soudaine des exigences requises. L'alternance entre ces deux activités et les faibles ressources attentionnelles disponibles des CP apportent ici une explication plus complète concernant leur comportement visuo-attentionnel particulièrement détérioré durant la phase de reprise.

Notre deuxième objectif était de comparer la charge mentale des CP et des conducteurs selon leur niveau d'expertise. Les résultats indiquaient une tendance à ce que le diamètre pupillaire des CP soit plus important que celui des conducteurs (H3). Cette différence marginalement significative peut être expliquée par une incapacité des CP à mobiliser suffisamment de ressources attentionnelles afin de répondre efficacement aux exigences de la reprise. En effet, lorsqu'un rétrécissement attentionnel a lieu en réponse à une faible charge mentale (i.e., lors du mode autonome), un temps d'adaptation est nécessaire afin que les individus retrouvent des capacités dites optimales alors que les exigences de l'activité menée augmentent soudainement (i.e., lors de la phase de reprise). La période de transition de 18 secondes apparaît être ici insuffisante à ce que les CP réacquièrent des capacités adéquates leur permettant d'allouer suffisamment de ressources attentionnelles et ainsi augmenter de manière significative leur charge mentale. Concernant le niveau d'expertise routière, aucune différence significative n'était observée entre CP novices et experts, confirmant ainsi notre hypothèse à ce sujet (H5). Bien que l'activité de conduite et sa reprise sont supposées être plus exigeantes pour des CP novices que pour des experts, il semblerait que leur charge mentale soit similaire dans la mesure où ils ne parviennent pas à adapter leur mobilisation attentionnelle aux exigences requises à la reprise. Cependant, et contrairement à notre hypothèse (H4), aucune différence significative n'était observée entre conducteurs novices et experts. La situation routière ici très peu exigeante peut expliquer pourquoi l'expérience de nos conducteurs novices soit suffisante afin qu'une mobilisation supplémentaire de ressources attentionnelle ne soit pas requise.

Notre dernier objectif était d'évaluer dans quelle mesure le niveau d'expertise routière est susceptible d'accroître les risques encourus lors de la reprise. Nos résultats indiquaient que les CP novices mobilisent moins de ressources que les CP experts et les conducteurs à la reprise de la conduite (i.e., dwell time scène routière), alors qu'aucune différence significative n'était observée entre les conducteurs novices et experts. Ces résultats confirment notre hypothèse (H2) selon laquelle la reprise de la conduite est une activité particulièrement critique pour des novices, ces derniers étant moins en capacité d'agir efficacement face à un potentiel danger lors de la reprise effective de la conduite. Finalement, notre dernière hypothèse (H6) n'est pas ici validée, les novices s'investissant tout autant (i.e., dwell time et nombre de fixations), voire de manière moins importante (i.e., durée moyenne de fixation), que les experts au sein de la NDRA. Alors que tous les CP poursuivaient en temps partagé la NDRA en plus de la reprise de la conduite, les experts parvenaient à allouer davantage de ressources à la reprise de la conduite que les novices (i.e., dwell time et nombre de fixations). Ainsi, ces derniers partageaient leur attention entre ces deux activités alors que les experts privilégiaient la reprise de la conduite. Par ailleurs, la durée moyenne de fixation de la NDRA était plus élevée chez les experts, dénotant d'un traitement et un investissement plus conséquent dans la NDRA que les novices. Bien que novices et experts disposeraient de ressources attentionnelles comparables lors de la reprise selon le modèle MART, les exigences requises seraient ainsi moins conséquentes pour les experts, leur permettant de mobiliser davantage d'attention à la reprise de la conduite d'une part, et à la poursuite de la NDRA d'autre part. Un désengagement total de la NDRA dès l'alerte pourrait alors permettre aux CP de mobiliser davantage de ressources à la reprise. Les futures recherches devront étudier comment les caractéristiques de la NDRA et celles de la situation routière peuvent altérer ou bien faciliter la mise en place de comportements sécuritaires chez les CP, selon leur niveau d'expertise routière.

5. CONCLUSION

La présente étude a permis de montrer pour la première fois que les comportements particulièrement détériorés observés chez les novices lors de la reprise en main d'un véhicule autonome (Wright et al., 2016) pouvaient être associés à un comportement visuo-attentionnel peu adapté, dénotant de capacités restreintes par l'activité même de conduite autonome. Dans la mesure où une diminution, voire à terme, une disparition de l'expertise routière est à prévoir avec l'autonomisation de la conduite (Hancock, 2013), l'étude du comportement des novices au volant d'un véhicule autonome apparaît cruciale. Ces résultats soulignent ainsi l'importance de questionner dès aujourd'hui les moyens permettant de prévenir les risques émergents des véhicules autonomes afin de rendre possible une automatisation de la conduite bénéfique pour l'humain.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Crundall, D., & Underwood, G. (1998) The effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41: 448–458.
- Crundall, D., & Underwood, G. (2011). Visual attention while driving. In B. E. Porter (Ed.), *Handbook of traffic psychology* (pp. 137–148). London: Academic Press.
- De Winter, J. C. F., Happee, R., Martens, M. H., & Stanton, N. A. (2014). Effects of adaptive cruise control and highly automated driving on workload and situation awareness: A review of the empirical evidence. *Vehicle Automation and Driver Behaviour*, 27, 196-217. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.06.016>
- Dingus, T. A., Klauer, S. G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., Perez, M. A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z. R., Jermeland, J., & Knippling, R. R. (2006). The 100-Car Naturalistic Driving Study, Phase ii—Results of the 100-Car Field Experiment Performed by Virginia Tech Transportation Institute, Blacksburg, VA, Sponsored by National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC, April 2006, DOT HS 810 593 - April 2006.
- Endsley, M.R. (1995). Towards a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32–64.
- Goldberg, J.H.; Kotval, X.P. Eye movement-based evaluation of the computer interface. In *Advances in Occupational Ergonomics and Safety* ; Kumar, S., Ed.; ISO Press: Amsterdam, The Netherlands, 1998; pp. 529–532
- Hancock, P.A. (2013). Automation: how much is too much? In: *Ergonomics*, vol. 57, nr. 3, p. 449-454.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs (NJ) : Prentice-Hall.
- Matthews, G., & Desmond, P. A. (1995). Stress as a factor in the design of in-car driving enhancement systems. *Le Travail Humain: A Bilingual and Multi-Disciplinary Journal in Human Factors*, 58(2), 109-129.
- Navarro, J. (2018): A state of science on highly automated driving, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, DOI: 10.1080/1463922X.2018.1439544
- Paxion, J., Galy, E., & Berthelon, C. Overload depending on driving experience and situation complexity: which strategies faced with a pedestrian crossing?. *Applied Ergonomics*, Elsevier, 2015, pp.343-349. 10.1016/j.apergo.2015.06.014 . hal-01213495
- Recarte, M. A., & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 119–137. <http://dx.doi.org/10.1037/1076-898X.9.2.119>
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing : I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84 (1), 1-66.

- Sivak, M., 1996. The information that drivers use: is it indeed 90% visual. *Perception* 25 (9), 1081–1090. Society of Automotive Engineers (SAE), SAE-J3016: Taxonomy and Definitions for terms Related to Driving Automation Systems for On-ROad Motor Vehicles, Sep 2016.
- Smith, B.W.: SAE Levels of Driving Automation. <http://cyberlaw.stanford.edu/blog/2013/12/sae-levels-driving-automation>. Accessed 10 October 2014
- Underwood, G., Chapman, P., & Crundall. D. (2009). Experience and visual attention in driving. In C. Castro (Ed.) *Human factor of visual and cognitive performance in driving* (pp. 89 – 116). Boca Raton, FL : CRC Press.
- Wallis, T. S. A., & Horswill, M. S. (2007). Using fuzzy signal detection theory to determine why experienced and trained drivers respond faster than novices in a hazard perception test. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 1137-1185.
- Wright, T. J., Samuel, S., Borowsky, A., Zilberstein, S., & Fisher, D. L. (2016). Experienced drivers are quicker to achieve situation awareness than inexperienced drivers in situations of transfer of control within a Level 3 autonomous environment. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60, 270-273. <https://doi.org/10.1177/1541931213601062>
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002b). Malleable Attentional Resources Theory: A New Explanation for the Effects of Mental Underload on Performance. *Human Factors*, 44(3), 365– 375. <https://doi.org/10.1518/0018720024497709>
- Zeeb, K., Buchner, A., Schrauf, M., 2015. What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving. *Accid. Anal. Prev.* 78, 212–221. DOI: 10.1016/j.aap.2015.02.023

Session 2 - Analyse de l'activité

L'analyse de l'activité pour concevoir des outils d'actimétrie permettant un travail et des usages raisonnés

Irène Gaillard

Université de Toulouse, CERTOP, IPST-Cnam
irene.gaillard@ipst-cnam.fr

Vanina Mollo

Université de Toulouse, CERTOP, IPST-Cnam
Vanina.mollo@ipst-cnam.fr

Amélie Dutrieux

Université de Toulouse, CERTOP
amedutr@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cette communication rend compte d'une étude menée à la demande de chercheurs en informatique et d'un industriel, équipementier, engagés dans le développement de nouveaux outils d'actimétrie. Partant d'une demande concernant le décompte des sollicitations biomécaniques et des inquiétudes en concernant les impacts sociaux de ces outils, l'analyse de l'activité a permis d'associer au projet le sens des activités des acteurs concernés. L'analyse de l'activité a constitué un moyen pour soutenir des décisions de conception intégrant les activités de travail. Plusieurs registres d'action sur le projet ont été assurés : (1) répondre aux préoccupations technologiques en assurant une analyse croisée des performances des outils et l'analyse des gestes ; (2) formaliser le sens de l'activité pour dépasser une lecture en termes de dynamiques de segments corporels et enrichir les modalités de prise en compte des zones de confort ; (3) aller au-delà de la notion « d'action technique » structurant la norme de conception, pour relier aux gestes et contraintes posturales les stratégies de construction de marges de manœuvre temporelles et de mise en œuvre de compétences au cours de l'action face aux aléas au cours de l'activité ; (4) proposer des axes de réflexion pour la conception au-delà de la période d'étude.

MOTS-CLES

Actimétrie ; Analyse de l'activité ; TMS ; Sens de l'action ; Gestes.

1. CADRE DE LA RECHERCHE : DE L'ACTIMETRIE A L'ERGONOMIE

1.1. Origine de la recherche

Cette communication s'inscrit dans le contexte du développement de nouvelles technologies informatiques de traitement des images qui permettent l'acquisition et l'exploitation en temps réel de nouvelles données sur l'activité de travail en situation. Au niveau mondial, l'actimétrie est actuellement étudiée en association à la reconnaissance de gestes et d'actions. Techniquement le problème est abordé par des méthodes très diverses, souvent basées sur l'apprentissage supervisé, à partir de descripteurs tantôt locaux, ou globaux. Par le simple usage d'une caméra, ces technologies produisent des données sur l'activité jusqu'ici inaccessibles. Elles reposent sur l'identification de composantes de l'activité physique permettant de tracer les dynamiques des segments corporels.

Certains industriels préparent l'implantation de ces nouvelles technologies dans les systèmes de production. À la demande de chercheurs en informatique de l'IRIT⁶ soucieux des enjeux sociaux et humains que comportent leurs travaux en traitement du signal, nous avons participé à un projet de développement d'outils d'actimétrie. Ce travail en pluridisciplinarité s'est déroulé à partir du projet d'un industriel, équipementier de sites industriels. Notre contribution ergonomique a consisté à apporter la connaissance de ce qui est pertinent et fait sens au cours de l'activité des opérateurs pour guider le développement technologique. Par l'expression "travail et usages raisonnés" mentionnée dans notre titre, nous entendons participer à ce développement technologique en intégrant la prévention de la santé au travail à l'efficacité des systèmes, ce qui constitue une base de la durabilité des systèmes utilisant ces technologies. Le choix est ici de partir de l'analyse de l'activité pour guider les choix technologiques.

1.2. Enjeux pour l'ergonomie

Les progrès des capteurs d'actimétrie et des possibilités de traitement associées permettent d'envisager des approches de l'activité de plus en plus élaborées. Au-delà de la détection et la quantification des mouvements, les données acquises peuvent conduire à de nouvelles interprétations de l'activité utiles à différents acteurs des systèmes de production. Ces perspectives permettent d'envisager des informations d'un niveau d'interprétation plus poussé sur l'activité. Elles ouvrent des perspectives de conception d'outils à l'attention de différents acteurs des systèmes de production. Il peut s'agir d'acteurs au plus près des lieux de production comme les salariés et les encadrants de proximité, de préventeurs ou d'acteurs à des niveaux organisationnels plus éloignés des situations de travail. De plus, ces informations pourront également être disponibles en « temps réel », rendant possible des actions, des régulations sur le système de production au cours de la dynamique de production et de développement de l'activité de travail du/des opérateurs. À moyen ou long terme, elles ouvrent donc des perspectives de conception de nouveaux outils de pilotage.

Si l'ergonomie a un regard sur ces développements, d'autres acteurs, porteurs d'autres points de vue sur le travail peuvent orienter ces nouveaux moyens. Dans le champ de la santé au travail et de la prévention, de nouvelles fonctionnalités pourraient enrichir des outils de prévention des risques professionnels au service d'analyses ergotoxicologiques, de la prévention des TMS, voire même en ergonomie des outils d'analyse de l'activité et des situations de travail. Au niveau du management, ces informations sur la production au plus près de l'activité productive sont à même de contribuer au développement de dispositifs de suivi, de reporting, de remontée d'information et de contrôle de la production (Dujarier, 2015). Pour l'ergonomie de l'activité, l'enjeu est d'intégrer à ces développements technologiques la connaissance de l'activité, du sens, des besoins et de la santé au travail des opérateurs et salariés dont l'activité est concernée qu'ils soient objet et/ou destinataires de l'actimétrie.

L'usage futur de ces technologies ouvre aussi bien des perspectives d'amélioration des conditions de travail, de développement de sens et de ressources pour les salariés, que de nouvelles formes de contrôle de l'activité, ou de risques professionnels allant à l'encontre de situations acceptables, praticables, pertinentes et significatives pour les personnes. L'enjeu global est que des projets trop focalisés sur des objectifs extérieurs à la question du travail et de l'activité perdent de vue la part humaine et sociale qu'ils comportent et en deviennent finalement destructeurs. Il revient aux concepteurs de ne pas se tromper de référentiel pour penser leurs développements techniques. Il s'agit de ne pas omettre ce qui relève des besoins de l'activité de ceux qui travaillent au profit de ce qui serait uniquement « bon » pour l'entreprise ou la performance économique. Cette capacité à prendre en compte les personnes dont l'activité est l'objet de l'actimétrie, mais ne va pas de soi. La demande qui nous était formulée relevait davantage de l'aide à l'analyse biomécanique du travail et au décompte de mouvements, que de la recherche du sens et de la compréhension de l'activité, ou de la prise en compte des usages possibles de ces futurs dispositifs au sein des entreprises.

⁶ Institut de Recherche en Informatique de Toulouse.

1.3. Positionnement de la recherche : l'activité pour penser l'actimétrie

Ainsi aujourd'hui ces technologies se fondent sur la seule dimension biomécanique de l'activité, dans une logique de mesure (comptabilisation des mouvements), pour agir sur les conditions de travail des personnes considérées (changement de poste, modulation des flux de matière à traiter, instauration de pauses, etc.). Si le projet technologique est formulé en ces termes, les intentions d'usage relèvent des perspectives présentées. Nous avons participé à un premier travail exploratoire avec les informaticiens et l'industriel en considérant que :

(1) ces outils engagent les conditions de travail futures des salariés au-delà des enjeux biomécaniques ;

(2) la connaissance de l'activité est non pas un produit de l'actimétrie, mais un point de départ pour penser l'actimétrie ;

(3) Les dimensions biomécaniques dont témoigne l'activité se construisent en rapport avec l'organisation industrielle dans laquelle elles s'insèrent et tout autant elles intègrent le sens de l'activité. Autrement dit, dans une perspective systémique de l'activité, toute décision prise à partir de données biomécaniques engage le sens du travail et impacte l'organisation de la production.

Ces principes nous ont conduits à participer à ce projet de conception en prenant en compte la demande formulée par les chercheurs en informatique et l'industriel tout en s'attachant à porter le plus largement l'activité des opérateurs pour rapprocher le sens de l'activité et les choix d'outils d'actimétrie. L'enjeu pour nous était de concevoir cette technologie en tenant compte des deux questions qu'elle soulève, à savoir : (a) la nature et le sens des données qui sont présentées comme mesures objectives de l'activité, et (b) les outils et fonctionnalités que ces données peuvent générer.

2. LE SENS DE L'ACTIVITÉ POUR CONSTRUIRE LE SENS DE L'OUTIL

2.1. Approche théorique de l'activité, du geste à l'organisation

L'idée sous-jacente à l'usage de l'actimétrie est que l'analyse quantitative des mouvements permettrait d'agir sur l'activité. Ce postulat est largement remis en cause par l'ergonomie pour qui l'actimétrie est une vision partielle de l'activité et témoigne plus d'une résultante de l'activité qu'elle ne l'explique. L'ergonomie voit dans l'actimétrie un moyen limité d'accès à la compréhension des gestes professionnels tels qu'en témoignent les travaux de Chassaing (2010). Dès lors, comment des ergonomes attachées au sens de l'activité et au rapport entre activité et organisation peuvent-elles participer à une recherche « technopoussée » ? Notre pari est justement que la prise en compte de l'activité permet de mieux concevoir la technologie, les outils et les usages qui peuvent en découler. En soi, il s'agit d'un principe général largement partagé en ergonomie qui n'a rien d'original. C'est plus la conception de l'activité qui conduit à un accompagnement distinct.

Pour notre part, l'activité est ici entendue comme un processus continu d'actions, d'interprétations, de communications socialement situées (Theureau, 2011). Elle repose sur le flux de significations enactées au cours de l'activité. Ce sens se fonde sur ce qui est perçu et vécu au cours de l'activité. Ces significations sont pour partie liées par le cadre structurant de la situation d'action, communément dénommée « organisation ». Elles sont également tout autant structurantes de l'activité sur un plan intrinsèque. Par un passage de l'activité individuelle à un partage collectif, elles ont potentiellement la possibilité de conduire à des renormalisations plus largement partagées dans les pratiques effectives. Elles peuvent même conduire à une renormalisation du cadre de réalisation de l'activité et au-delà du travail.

Ainsi, la manière de faire ce qui est fait au cours de l'activité, jusque dans les gestes, est fondée sur ce qui est significatif au cours de l'activité. Pensée ainsi, l'activité a la capacité de renforcer ou de disqualifier l'ordre et l'organisation établie. L'activité est structurée et structurante de l'organisation établie au sens de Giddens (1987). Ce pouvoir de l'activité sur l'organisation se joue dans une forme de travail d'organisation (Terssac, 2011) ou chacun, individuellement ou collectivement, retravaille son

positionnement, mais aussi par sa manière même d'agir, instancie, incarne, développe et donne un contenu au cadre d'action ou au contraire l'ignore, le vide et le disqualifie.

Dans cette perspective, notre contribution au projet visait à comprendre la conception de l'activité dont sont porteurs les acteurs de la conception et à guider leurs décisions de conception en repositionnant l'activité vue par les capteurs d'actimétrie et l'activité comme processus continu de significations structurées et structurantes.

2.2. Terrain d'application : le tri des déchets, activité complexe

Le terrain d'application à partir duquel nous avons considéré le développement de ces outils concerne le tri des déchets. Ce secteur a vocation à se développer dans le cadre de la recherche d'une société plus durable et d'une économie circulaire. Les situations de travail qui y sont associées sont considérées comme faciles et ne nécessitant pas de compétences particulières. Elles sont l'apanage de salarié.e.s précaires et peu qualifié.e.s. Ce travail souffre d'une image sociale délétère avec une vision de « sale boulot » (Lhuillier, 2005). Pourtant, l'activité de tri des déchets est plus complexe qu'il n'y paraît (Chay, 2015). Elle comporte des cadences importantes et nécessite de détecter les matières à rejeter ou conserver parmi un flux qui défile sur un tapis roulant. Elle nécessite de la concentration. Boudra (2016) a montré l'influence des spécificités territoriales sur cette activité qui ne sont pas prises en compte par les systèmes techniques, alors qu'il est nécessaire de penser la prévention selon une compréhension intégrée des situations et pas uniquement technocentrée.

La prévalence des troubles musculosquelettiques (TMS) dans ce secteur est par contre bien établie, et a donné lieu à une norme de conception des installations techniques de centre de tri qui renvoie à des principes dits « ergonomiques » mentionnés dans la Directive Européenne 2006/42/CE. Cette norme définit des principes pour diminuer la gêne, la fatigue et les contraintes physiques et psychiques, en tenant compte : de la variabilité des opérateurs et des espaces nécessaires à leurs mouvements ; de la concentration prolongée que nécessite une surveillance continue, et en évitant que le rythme de travail soit déterminé par la machine. Elle comporte une définition des « actions techniques élémentaires » effectuées dans l'activité de tri, et renvoie à la norme NF EN 1005-5 et aux contraintes de l'activité dues aux manipulations répétitives, aux postures contraignantes, à la charge mentale, et aux manutentions manuelles. Elle rappelle les facteurs de risques identifiés concernant : les ambiances physiques telles que les vibrations, les poussières, les risques biologiques, toxiques et chimiques et les contraintes biomécaniques (postures, absence d'appui aux bras, répétitivité et amplitude des gestes). Tous ces risques sont évalués dans la norme par la quantification des actions techniques, la manutention de charges, la charge mentale, l'organisation du travail et l'environnement de travail. Cette norme souligne qu'il y a un effet systémique de l'ensemble de ces éléments. Par exemple, les équipements en amont des postes de tri ont un effet sur la matière à trier, ce qui peut gêner la qualité du tri et multiplier le nombre de gestes nécessaires au prélèvement des objets triés.

3. L'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ POUR PENSER LE SENS DE L'ACTIMÉTRIE

Au regard de ces travaux, nous nous sommes intéressées à l'activité de tri à la fois au travers des actions considérées de façon micro, mais aussi en allant au-delà des seules interactions avec la table de tri. Nous avons cherché à prendre en compte le geste professionnel dans son rapport avec l'environnement plus large, collectif et organisationnel, en amont et en aval de la chaîne du tri, sans aller jusqu'à la question des territoires mentionnée précédemment.

3.1. Méthode d'analyse de l'activité : confrontation aux données d'actimétrie et participation aux choix de développement

Partant de ces éléments, la recherche a combiné une approche micro de l'activité gestuelle à une approche « meso » tenant compte des déterminants de l'activité propres au site industriel. L'analyse de l'activité qui a été menée a combiné plusieurs recueils de données distincts qui ont été effectués sur la base du cadre théorique présenté et des contraintes d'accès au terrain auxquels nous étions confrontées. En effet, le projet étant porté par l'équipementier, l'accès aux situations de tri qui relevait

des exploitants a été limité. De ce fait, nous nous sommes basées sur des données d'activité de tri filmée en situation réelle ou de test du prototype de capture de données par les informaticiens et l'équipementier. Ces films représentent près de 15h dans 3 centres de tri différents. Différents postes ont été analysés : le tri en début et en fin de chaîne, en équipe ou seul.e, en flux latéral et en flux de face. Ces vidéos donnent accès à ce qui est visible d'un point de vue extrinsèque de l'activité : l'enchaînement des gestes de tris, des postures, des communications manifestes, des regards face au flux de matière, l'agencement des postes et lignes de tri, et certains éléments de l'ambiance physique, bruit, éclairage...

D'autre part, nous avons réalisé une journée d'observation de l'activité et d'autoconfrontations d'opérateur.trices sur un site. Quatre opérateurs ont ainsi été observés et ont commenté en situation de confrontation le film d'activité d'opérateur de tri. Il s'agissait de collecter des données pour comprendre le point de vue des opérateurs sur leur activité à partir de la confrontation au film d'activité de tri dont nous disposons en choisissant la situation plus proche de leur situation de travail. L'intérêt de cette situation de confrontation est qu'elle permet de faire raconter et commenter l'activité, ce qui donne accès au sens de l'activité et de conforter, compléter, nuancer... l'interprétation des vidéos analysées.

Si la situation d'accès au terrain semblait dans un premier temps limiter la recherche, il s'est avéré que fonder l'analyse de l'activité sur des données partagées avec les chercheurs informaticiens développeurs de la technologie des capteurs, et l'industriel équipementier a été un atout. En effet, les films ont servi d'objets intermédiaires pour confronter les analyses de chacun, argumenter et convaincre de la robustesse des résultats de l'analyse ergonomique de l'activité. Cet « observatoire partagé » de l'activité réelle a ainsi permis une analyse croisée entre les performances technologiques décomptant des actions techniques dans le flux continu des actions de tri, les définitions d'actions techniques de la norme et le sens de ces gestes au cours de l'activité et du point de vue des opérateurs. Ainsi les deux approches ont été confrontées pour élaborer des choix conjoints. Les compromis méthodologiques que nous avons été contraintes de faire se sont avérés favorables au travail collectif ergonomie-informaticien-équipementier. En effet, il a été central que notre méthodologie ait été rendue visible. Au final, nous avons pu accéder à l'activité, en construisant des outils supports à l'expression des opérateurs sur leur activité réelle, et d'autre part les vidéos ont servi de support à l'expérience de l'équipementier sur l'activité.

3.2. Traitement et résultats d'analyse de l'activité : ce qui est significatif pour les opérateurs pour penser la technologie

Le traitement des données a revêtu plusieurs formes et a produit différents résultats. Premièrement, un travail de détection et de qualification des gestes de tri a été effectué indépendamment par les ergonomes et les informaticiens à partir des films de l'activité de tri. Des graphes des actions de tri ont été élaborés par les ergonomes avec le logiciel Actograph⁷. Une analyse automatique des actions techniques a quant à elle été produite à partir de l'outil d'actimétrie développé par les informaticiens. À partir de ces formalisations, des réunions entre ergonomes et informaticiens ont eu lieu pour considérer les correspondances et les écarts, les parts de l'activité non prises en compte par les outils d'actimétrie, les accords ou les désaccords sur l'identification de gestes, les logiques d'identification du début et de la fin d'un geste, les décomptes opérés, la nature des décomptes au niveau des algorithmes... Ce travail collectif a conduit les chercheurs en informatique à revenir sur leur choix technologique initial et à changer le modèle de détection des gestes. D'une part, ils ont abandonné leur modélisation initiale qui était limitée à la prise en compte de la partie supérieure du corps pour adopter une technologie leur permettant d'appréhender l'ensemble des segments corporels. D'autre part, ils ont changé la technologie d'identification et de décompte pour assumer les zones d'incertitudes liées à l'identification d'actions techniques données par la norme de prévention des TMS. Ils ont adopté un mode de détection des gestes plus adapté au fait que l'activité réelle révèle un flux continu de mouvements qui comprennent pour partie ces actions techniques (lancer, jeter...).

Les relevés ont montré l'extrême sollicitation des membres supérieurs, allant au-delà des zones de confort recommandées par l'INRS au niveau du cou, du dos et du buste. Ils ont également révélé des gestes antagonistes, des gestes d'amplitude extrêmes, ou encore des gestes nécessitant de la précision dans la saisie des objets.

Deuxièmement, ces données ont permis de formaliser ce qui prend sens pour les opérateurs au cours de leur activité sous la forme d'un diagramme des éléments significatifs au cours de l'activité de tri (Cf. figure 1). Il représente de manière statique les interprétations et les informations prises en compte en situation qui sont sous-jacentes aux gestes. Il témoigne de savoir-faire et de besoins informationnels qui engagent physiquement les trieurs, les postures à tenir, les gestes à faire en lien avec les aménagements et outils dont ils disposent. Cette représentation de l'activité a également permis de discuter des modalités d'identification et de comptage des actions par les outils d'actimétrie au regard de ce qui est pris en compte et structure l'activité des opérateurs de tri. Elle montre les bases de raisonnement associées à l'activité de tri qui vont au-delà des actions techniques que comporte la norme. Tous ces savoir-faire conduisent à des gestes assurant la qualité du tri et rendant le travail faisable. Les connaître permet de penser l'outil en développement en considérant la pertinence des données produites par l'outil technologique au regard de l'activité et de concilier le traitement de ces données pour soutenir et concevoir des situations qui aident l'activité.

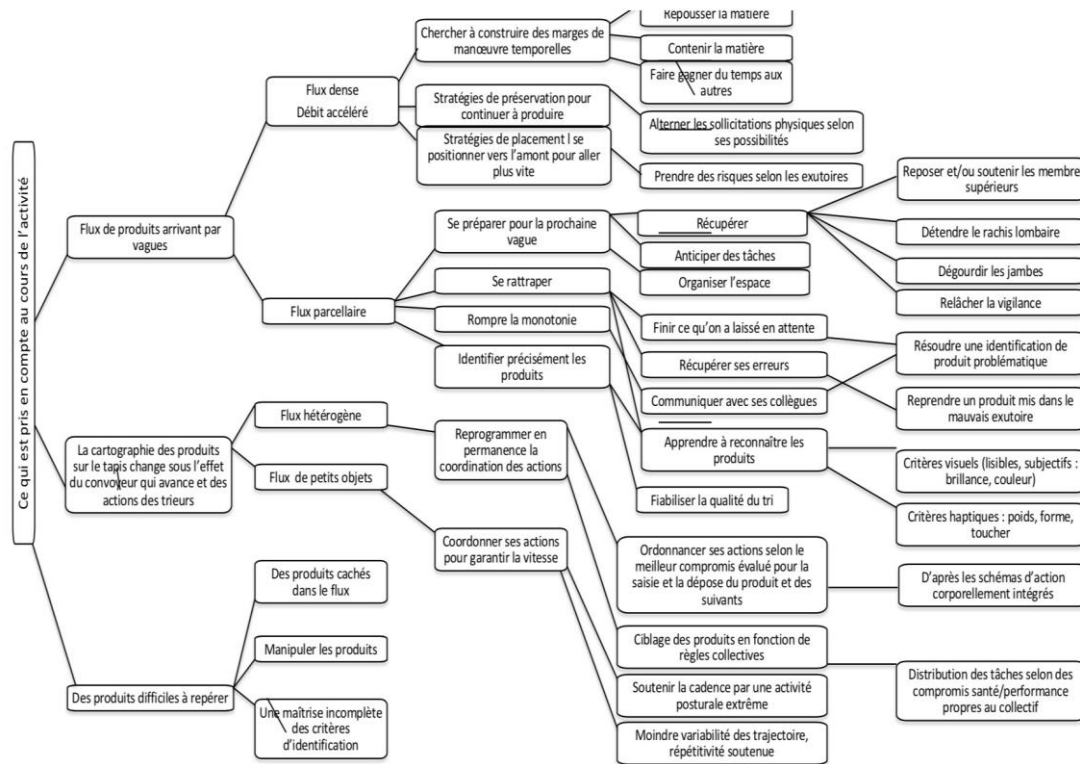


Figure 1. Diagramme des éléments significatifs au cours de l'activité de tri

Troisièmement, cette représentation a servi de base pour introduire les stratégies et les sources de variabilités des situations de travail. La vitesse du tapis, l'épaisseur des matières, la visibilité des produits, le nombre d'opérateurs sont autant de déterminants des actions de tri. Concernant les stratégies, des gestes importants et peu connus ont été identifiés, tels certains permettant d'allonger le temps de traitement possible d'un déchet, en réorganisant et agissant sur le flux de matière, les gestes de fouille de recherche de matière, les gestes de stockage intermédiaire des matières en jouant sur des passages d'une main à l'autre. Ces gestes, qui permettent de se dégager des marges de manœuvre, de gagner du temps sur le temps de passage des matières, sont autant de témoins de la qualité du tri, ou de situations dégradées pour l'opérateur lorsqu'ils ne sont plus possibles. Dans une perspective de développement d'outils d'actimétrie, ils peuvent permettre d'aller au-delà de la norme et d'acquérir d'autres sources

d'information sur les conditions de déroulement de l'activité. Dans le même ordre d'idée, des stratégies de répartition des actes de tri au sein de situations de tri collectif ont été identifiées. Toutes ces stratégies sollicitent le corps par le maintien ou non de posture, par la durée de certaines situations, par le maintien statique de points d'appui.

Quatrièmement, les entretiens ont permis d'identifier des indices qui permettent aux opérateurs d'ajuster la manière dont ils vont agir (quantité, nature, taille des déchets, informations sonores, état des déchets...). Tous ces indices impactent et organisent l'activité.

3.3. Ce qui est significatif au cours de l'activité pour discuter et concevoir la technologie

Les échanges avec l'équipe de recherche en informatique et l'industriel ont donné lieu à des rencontres régulières tout au long de l'étude. Ces réunions avaient pour objectif de favoriser un apprentissage mutuel et d'éclairer les choix d'outils d'actimétrie. Elles ont été organisées selon différentes modalités de réunion : avec une des personnes du projet où l'ergonome montre et rediscute des points (ces moments permettent individuellement à chacun de s'ajuster) ; en réunions d'équipe de chercheurs ergonomes-informaticiens où les objets de recherche de chacun sont présentés et partagés ; en réunions d'équipe chercheurs-industriels qui servent de transfert de connaissances vers l'industriel et d'orientation de la recherche par les attentes industrielles. Des décisions d'ajustement et de réorientations techniques fortes ont été prises.

L'analyse de l'activité a permis de passer d'un raisonnement de conception en termes d'actions techniques de tri, à un travail de conception prenant en compte une vision plus complète du geste technique. La mise en évidence de la variabilité des situations de tri et des différentes significations associées à un geste a pointé les limites du dispositif en cours de développement, et a conduit au choix d'une nouvelle technologie d'identification basée sur l'estimation d'un squelette simplifié pour mieux appréhender la mesure des angulations, les positions des membres dans les zones de travail et les prises d'information (Dutrieux et al, 2018). Tous ces éléments enrichissent la vision du projet et amènent les informaticiens à faire évoluer les termes de leur projet. Par exemple, ils ont été invités à retravailler la qualité de détection des gestes de leur capteur, à prendre en compte le degré de précision requis dans la manipulation des produits ou encore à réfléchir à l'intérêt de prendre en compte les temps de récupération possibles dans le déroulement des gestes qu'ils détectent.

Pour l'industriel, le travail de recherche technologique, enrichi par la connaissance de l'activité, a ouvert des perspectives de développement du prototype dans lequel il investit. Il a pu revoir à court, moyen et long terme sa stratégie. À court terme l'interface du prototype a été retravaillée pour intégrer une conception des actions techniques plus enrichie. À moyen et long terme, les usages de cette technologie se sont précisés.

Pour l'ergonomie, la connaissance de l'activité a permis d'enrichir la compréhension des risques professionnels physiques par les zones de confort, les répétitivités, les durées..., mais aussi en terme plus cognitif et temporel. Une partie des connaissances de l'activité a pu être prise en compte, mais d'autres aspects n'ont pas été pris en compte. Nous considérons que cet apport a une épaisseur dans le temps dans la mesure où les réflexions menées pourront être pertinentes à d'autres phases du développement technologique. De même, ce travail ouvre des perspectives de développement en matière de dispositifs complémentaires, de besoin de détection de nouvelles informations sur la situation de travail pour pouvoir lui donner un sens du point de l'activité de travail, ou de présence de risques professionnels.

4. CONCLUSION -PERSPECTIVE

L'analyse de l'activité de tri a montré que l'activité de tri combine un engagement physique important, mais aussi des compétences et des stratégies dont la méconnaissance peut conduire à un échec du développement technologique. Elle a induit une réorientation forte des choix technologiques initiaux en termes de développements informatiques (changement de modèle). Elle a également permis l'identification de mesures plus pertinentes de l'activité en orientant la technique à considérer non plus

des “actions techniques”, mais des gestes à risque. Cette analyse ergonomique est fondée sur une approche de ce qui est pertinent et fait sens au cours de l’activité, et a nécessité un travail collaboratif où chacun, ergonomes, informaticiens et industriels, a pris en compte l’apport des autres membres du projet. Elle a également permis de soulever la question de l’usage des données d’actimétrie pour organiser la production auprès des concepteurs et industriels. Elle a permis d’intégrer la logique de l’activité en amont de la conception des outils d’actimétrie, ce qui constitue pour nous les conditions de la conception de situations de travail et d’usages raisonnés de la technologie. Du point de vue de la recherche, ce travail constitue une occasion de travailler la place de l’analyse de l’activité centrée sur ce qui est significatif pour les opérateurs dans un projet dont les termes étaient initialement fondés sur une conception de l’activité en tant qu’enchaînement de gestes à risque TMS. D’un point de vue plus pratique, il pourrait être l’occasion de traiter de la notion d’accompagnement qui se distingue sensiblement de l’intervention ergonomique. Il s’agit d’une voie que nous n’avons pas véritablement explorée bien qu’elle se loge dans les modalités de travail que nous avons mentionnées entre ergonomes et informaticiens.

Enfin, n’ayant pas la maîtrise des décisions de conception ni de notre participation dans le temps, les réalisations concrètes ont été partielles. Au regard des enjeux que nous avons soulignés, il serait présomptueux de considérer qu’ils sont maîtrisés. Il revient aux chercheurs.euses en ergonomie d’être conscient.e.s des risques que comportent de telles technologies. Pour cette raison, il nous a été indispensable de ne pas faire de concession sur le sens de l’activité pour ne pas contribuer à un système technique porteur d’un modèle de l’activité qui nous semble trop limité pour permettre le développement de nouveaux outils d’actimétrie.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Chassaing, K. (2010). Les «gestuelles» à l’épreuve de l’organisation du travail : du contexte de l’industrie automobile à celui du génie civil. *Le travail humain*, 73, 163-192.
- Chay, C. (2015) *Le travail des déchets. Regards croisés sur une activité industrielle et environnementale.* Thèse de doctorat de l’Université de Toulouse.
- Chay, C., et Thoemmes, J. (2015). Le tri sélectif des déchets : entre difficultés et potentialités d’une nouvelle profession industrielle. *Sociologies*. [en ligne] URL : <http://journals.openedition.org/sociologies/5026>
- Boudra, L. (2016). *Durabilité du travail et prévention en adhérence : le cas de la dimension territoriale des déchets dans l’activité de tri des emballages ménagers.* Thèse, Université Lyon 2, Lyon.
- Dujarier, M-A. (2015) *Le management désincarné. Enquête sur les nouveaux cadres de travail.* Paris, la Découverte.
- Dutrieux, A., Gaillard, I., Mollo, V., Blanc Beyne, T., Carlier, A. & Charvillat, V. (2018). De l’actimétrie à l’activité, quels sont les apports de l’ergonome à la conception d’un outil numérique de mesure sur le travail ? *Communication au 53^{ème} congrès de la SELF*, 3-5 Octobre 2018, Bordeaux, France.
- Lhuillier, D., (2005). Le « sale boulot ». *Travailler*, (14-2), 2005, pp. 73-98.
- Garrigou, A., (A paraître). Contribution de l’analyse de l’activité à la définition du concept de risque et développements pour son usage en situation. 54^{ème} Congrès de la SELF
- Giddens, A. (1987). *La constitution de la société.* Paris, PUF.
- Theureau, J. (1992). *Le cours d’action : analyse sémio-logique.* Berne, Peter Lang.

Diagnostic des freins et des ruptures durant les déplacements urbains de personnes à mobilité réduite

Charlotte Habiche

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) 351 Cours de la Libération, 33400 Talence
charlotte.habiche@mobilib.com

Aline Roc

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) 351 Cours de la Libération, 33400 Talence
aline.roc@mobilib.com

Jessica Amrane-Delafosse

MOBALIB, 213 cours Victor Hugo, 33130 Bègles
jessica.amrane@mobilib.com

Véronique Lespinet-Najib

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) 351 Cours de la Libération, 33400 Talence
veronique.lespinet@ensc.fr

François Demontoux

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) 351 Cours de la Libération, 33400 Talence
francois.demontoux@u-bordeaux.fr

RÉSUMÉ

Les travaux présentés concernent une analyse des attentes et des besoins des personnes à mobilité réduite se déplaçant en fauteuil roulant (manuel et/ou électrique) en vue de la conception d'une technologie numérique d'assistance au déplacement. À travers une démarche d'ingénierie de conception centrée utilisateur, des entretiens semi-directifs et des observations en situation naturelle ont été menés auprès des futurs utilisateurs du produit. L'analyse des résultats permet de mettre en évidence les contraintes rencontrées par les participants durant leurs parcours de mobilité, tant sur le plan matériel, psychologique que sur l'utilisabilité, l'accessibilité numérique et l'utilisation de l'information. Cette étude des besoins permettra de proposer un outil numérique de navigation utile et utilisable pour les personnes à mobilité réduite.

MOTS-CLES

Mobilité ; Personne à Mobilité Réduite ; Accessibilité ; Itinéraire piéton ; Conception Centrée Utilisateur.

1. INTRODUCTION

L'accès à la mobilité universelle est un enjeu sociétal important. Le constat actuel est un contexte d'inégalité d'accès à la scolarité, à l'emploi et aux soins en défaveur des personnes en situation de handicap. La difficulté à se déplacer de façon autonome est un facteur qui aggrave ces disparités (Alauzet & Pochet, 2013), et particulièrement pour les personnes à mobilité réduite. La notion de personnes à mobilité réduite (PMR) regroupe tous les individus ayant des difficultés à se déplacer. On

retrouve ainsi des personnes en situation de handicap moteur, sensoriel, intellectuel, mais aussi les femmes enceintes et les personnes âgées (Direction Départementale de l'Équipement de l'Eure) ou de pathologies telles que la fibromyalgie. Dans ces travaux, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à la mobilité des personnes en situation de handicap moteur se déplaçant en fauteuil roulant. En France, on estime que 360 000 personnes sont en fauteuil roulant électrique ou manuel (AGEFIPH & FIPHFP, 2014).

Depuis 2005, la législation française impose des dispositions afin de favoriser l'égalité des droits et des chances des personnes en situation de handicap. Notamment, les établissements recevant du public, mais aussi les aménagements et équipements extérieurs doivent être accessibles à tous (République Française, 2005). Malheureusement, ce n'est pas encore le cas de beaucoup de lieux, entraînant alors des difficultés pour les personnes en situation de handicap qui se retrouvent à limiter leurs déplacements. On parle alors de restriction de participation. Les nouveaux bâtiments sont, en principe, aux normes d'accessibilité depuis 2005 mais la plupart des anciennes constructions restent à adapter. Les localités et les instances publiques mettent progressivement en œuvre des projets pour améliorer l'accessibilité des lieux publics. Les ambitions concernent notamment l'amélioration des voiries pour le déplacement des vélos, des voitures, des transports en commun et aussi des piétons. Pour ces derniers, c'est l'optimisation de la signalétique, de l'intermodalité des moyens de transport et la limitation des obstacles matériels à la mobilité qui sont visés (Thomas, 2004). Les ruptures de parcours pour les personnes en situation de handicap sont multiples. Les contraintes limitant la mobilité se présentent sous plusieurs formes : physique, accès à l'information, etc. Malheureusement, elles diffèrent en fonction de la personne qui les rencontre ce qui complexifie les efforts pour les limiter. En effet, un obstacle peut être appréhendé différemment par deux individus. Par exemple, une personne en fauteuil manuel ayant la capacité de se lever de façon autonome et de faire quelques pas ne va pas considérer une marche seule comme un obstacle infranchissable. A contrario, une personne en fauteuil électrique qui présente une déficience motrice plus importante ne pourra en aucun cas franchir la marche. De plus, certaines contraintes ne peuvent pas être évitées par un aménagement physique prévu par les instances publiques comme des travaux de voirie temporaires, une voiture mal garée ou une poubelle gênante laissée au mauvais endroit.

Face à ce constat, la société MOBALIB ambitionne de rendre la mobilité accessible à tous à l'aide de technologies du numérique. Il s'agit entre autres d'apporter une assistance pour améliorer les déplacements à travers une approche systémique de la mobilité afin de repenser le parcours dans sa globalité. C'est dans ce contexte que MOBALIB et le laboratoire IMS ont associé leurs compétences pour répondre aux appels à projets « XP Saint Jean » et « Dernier Kilomètre » (lancés en 2017 par SNCF Gares & Connexions et par la fondation LISEA Carbone en 2016 puis en 2018, en partenariat avec la Fondation Bordeaux Université). Ces projets visent à améliorer l'expérience des utilisateurs, en gare et ses abords, dans une perspective d'amélioration intermodale.

L'objectif du projet de recherche qui en résulte est la création d'une plateforme numérique pour répondre aux problématiques d'accessibilité quotidiennes des PMR. Les outils de calcul d'itinéraire et/ou de navigation existants proposent majoritairement des informations adaptées aux automobilistes, plus rarement pour les piétons et cyclistes. Dans ce contexte, la prise en compte des besoins spécifiques des PMR est encore critique, notamment pour ce qui concerne l'évaluation de l'accessibilité des trottoirs. L'outil numérique à concevoir doit être utilisable par la population cible et proposer un itinéraire adapté aux problématiques de son utilisateur pour faciliter sa mobilité. Le projet a été abordé sous l'angle de la conception dite « centrée utilisateur » (Nielsen, 1994). Cette démarche fait intervenir des méthodes de conception qui font appel aux utilisateurs cibles du produit durant tout le processus de conception. Nous présentons la première étape de ce travail, à savoir l'analyse des attentes et des besoins des utilisateurs finaux en termes d'outil d'aide au déplacement piéton. En particulier, le recours et l'utilisation des outils de navigation existants par les PMR sont étudiés. Ce travail sera le socle du cahier des charges de l'outil numérique à concevoir.

2. MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

Nous avons réalisé un recueil de données qualitatives avec dix-huit personnes basé sur des entretiens semi-directifs et des observations in situ. Ces deux méthodes de conception centrée utilisateur ont fait l'objet d'un enregistrement audio et d'une retranscription. Un formulaire de consentement éclairé a été signé par chacun des participants.

2.1. Entretiens

La méthode d'entretien utilisée permet d'explorer les cas d'utilisation actuels des outils de navigation. Le caractère semi-directif des entretiens laisse la possibilité à l'interviewer de suivre un plan d'entretien en gardant pour autant une certaine flexibilité dans la discussion (Lallemand & Gronier, Entretien, 2016). Huit personnes (entre 25 et 75 ans – dont une femme) ont participé à la première séquence d'entretiens. Les entretiens ont duré en moyenne 40 minutes (entre 30 minutes et 1h30). La population était composée de quatre personnes en fauteuil roulant manuel (une personne accompagnée d'une auxiliaire de vie car présentant des difficultés motrices au niveau des membres supérieurs ; une personne sportif professionnel ; une personne en activité professionnelle et une personne retraitée) et de quatre personnes en fauteuil roulant électrique (une personne présentant des difficultés motrices au niveau des mains ; une personne atteinte de tétraplégie et deux personnes atteintes de paraplégie).

L'expérience utilisateur d'un système est la prise en compte de l'utilisateur, du système et du contexte (Hassenzahl & Tractinsky, 2006). Dans cette optique, nous avons établi une grille d'entretien permettant d'aborder ces trois dimensions. Il s'agit donc de comprendre les problématiques, besoins et attentes des personnes en fauteuil roulant pendant les différentes étapes du déplacement (dimension utilisateur), les problématiques d'utilisation des smartphones et outils numériques de navigation existants (dimension système), et les problématiques liées à l'environnement d'utilisation (dimension contexte). Pour se faire, la grille d'entretien semi-directif était organisée autour des quatre thèmes suivants : (1) moyens de transports utilisés et leurs contextes d'utilisation ; (2) planification d'itinéraire et guidage pendant le déplacement : outils utilisés, critères de choix d'un itinéraire, informations nécessaires pour réaliser le déplacement, évocation d'une expérience positive et d'une expérience négative ; (3) utilisation des smartphones : habitudes, difficultés rencontrées, utilisation pendant un déplacement ; et (4) utilisation de sites et d'applications de navigation : habitudes, utilisabilité, avantages et inconvénients de ces outils.

Afin d'analyser les résultats des entretiens, une retranscription intégrale de chaque passation a été réalisée. Puis, les patterns verbaux ont été extraits de ces dernières afin de déterminer les unités d'analyse suivantes : moyens de déplacement, accompagnement humain dans le déplacement, méthodologie de planification d'itinéraire et critères de choix, accessibilité urbaine, utilisation de la fonctionnalité de guidage, méthodes palliatives à la fonctionnalité de guidage, avantages des outils de navigations existants, inconvénients des outils de navigation existants. L'exploitation des résultats de la première session d'entretiens a permis la conception d'une première version de personas. Cette méthode de conception centrée utilisateur permet d'établir une représentation stéréotypée des groupes d'utilisateur utile à la génération d'idées de conception (Lallemand & Gronier, Personas, 2016).

2.2. Observations

La seconde méthode utilisée, l'observation, (i.e. sessions d'observation) a pour objectif de recueillir des données qualitatives sur le terrain. Elle consiste à observer l'activité réelle et à analyser l'environnement naturel d'usage à travers une technique dite de *shadowing* (Lallemand & Gronier, Observation, 2016). Cette technique a été privilégiée de par son caractère mi-interférent, c'est-à-dire que l'observateur peut recueillir les informations directement auprès des participants et demander des explicitations sur ses comportements sans pour autant perturber directement l'activité observée. Trois contextes de centre-ville ont été sélectionnés pour le cas d'étude, respectivement deux à Bordeaux (33) et un à Talence (33). La session commençait par une tâche de planification à l'aide d'un outil GPS grand public existant, suivie de la réalisation d'un itinéraire en navigation guidée puis en déplacement libre.

L'observation comportait une prise de notes suivant une grille composée des trois thèmes suivants : (1) accessibilité et usage de l'outil GPS pour la planification et le guidage ; (2) nature et fréquence des éléments gênants et/ou bloquants rencontrés ; (3) stratégies employées. Dix nouveaux participants (entre 19 et 65 ans – dont une femme) ont pris part à cette deuxième séquence (observations suivies d'entretiens). Parmi celles-ci, trois personnes se déplacent exclusivement en fauteuil roulant manuel, trois ont effectué la session en fauteuil électrique mais disposent également d'un fauteuil manuel et quatre se déplacent exclusivement en fauteuil roulant électrique (dont deux personnes rencontrant d'importantes difficultés pour se repérer dans l'espace). Seule une personne de chaque groupe avait une bonne connaissance préalable du trajet effectué. La session d'observation (entre 20 et 40 minutes) était suivie d'un entretien semi-directif (entre 20 min et 1h). Comme la première session d'entretiens, la grille d'entretien fut organisée autour des trois éléments composants l'expérience utilisateurs : les problématiques rencontrées pendant la planification et le déplacement effectif (dimension contexte), l'utilisabilité de l'outil de navigation (dimension système) et les problématiques de déplacement liées au fauteuil roulant et aux capacités de spatialisation (dimension utilisateur). Ainsi, la grille d'entretien fut érigée autour des cinq thèmes suivants : (1) problèmes rencontrés : critères et contraintes d'accessibilité lors des déplacements urbains ; (2) utilisabilité de l'application de navigation ; (3) planification d'itinéraires : habitudes, outils utilisés ; et (4) guidage : spatialisation et repères lors du déplacement.

Concernant l'analyse de la seconde série de passations (observations et entretiens post-observation), les éléments observés et les verbatims ont été codés afin de travailler sur les éléments suivants : utilisation de l'outil GPS ; planification et choix global d'itinéraire ; spatialisation, orientation et repères ; choix local d'itinéraire (propension à rouler sur la route, ...) ; multimodalité et rapport aux transports ; critères et contraintes associés au déplacement urbain. Cette dernière catégorie étant particulièrement riche, un second travail a permis de répartir les éléments observés et verbatims selon deux axes : type de critère ou contrainte externe (e.g. largeur voie, obstructions du cheminement, revêtement, météo, distance à parcourir, affluence piétonne, etc.) et type de critère ou contrainte interne (Faisabilité/Capacité ; Risque/Appréhension ; Fatigue/Effort physique ; Charge mentale/Concentration nécessaire ; Préférences individuelles/ Critères personnels).

3. RESULTATS

L'activité de déplacement peut se diviser en deux étapes : la planification (i.e. détermination du trajet à réaliser et des moyens à mettre en œuvre) et la réalisation effective du déplacement. Cette présentation des résultats obtenus se concentre sur les comportements associés aux problématiques d'accessibilité physique et numériques rencontrées par les participants pendant la réalisation effective de leur trajet piéton.

3.1. Moyens de transport

Les résultats concernant le premier thème abordé lors de la première passation d'entretiens ont mis en évidence les principaux moyens de transport utilisés par les participants ainsi que leurs contextes d'utilisation. Ainsi, nous remarquons que la voiture adaptée, possédée seulement par certains participants en fauteuil roulant manuel, est utilisée principalement pour des déplacements non urbains à cause de la difficulté de stationnement. Le panel interrogé déclare favoriser les déplacements en transport en commun. L'usage du tramway apporte un sentiment de confort et de sécurité par rapport à celui des bus, dont les trajets mouvementés provoquent une instabilité du fauteuil roulant, manuel ou électrique. Les participants regrettent notamment le nombre de places limitées réservées aux personnes en fauteuil dans les bus qui impose parfois une attente très longue et le fait de ne pas pouvoir partager un déplacement avec d'autres personnes en fauteuil roulant. De plus, l'accès aux stations est relevé comme difficile, a contrario des tramways. Les observations suggèrent cependant que les quais de tram ne sont pas exempts de soucis d'accessibilité. Les transports adaptés (service « Mobibus » de Kéolis) sont majoritairement privilégiés aux transports en commun lorsque la météo n'est pas clémente (froid, pluie). Cependant, ce service impose une rigidité dans les horaires de déplacement ainsi que dans la procédure de réservation du transport adapté.

3.2. Prise de décision pendant le déplacement

Concernant les besoins, attentes et difficultés relevés pendant le déplacement des participants rencontrés lors des entretiens (2^{ème} thématique de la grille d'entretien) et des observations, nous constatons que les éléments gênants et/ou bloquants le déplacement qui ont été identifiés correspondent à ceux qui ont déjà fait l'objet d'ontologies dans la littérature (Karimi & Hashemi, 2015). En effet, nous retrouvons notamment les obstructions du cheminement par des obstacles physiques temporaires ou permanents (voitures, poubelles, bancs publics, etc.), les difficultés liées au revêtement du sol (pavés, dalles etc.), au degré, à la longueur et à l'orientation des pentes et des dévers, à la largeur et à la hauteur des trottoirs, aux intempéries (pluie, neige, froid, etc.), à la densité de la circulation routière et à l'affluence piétonne.

La décision de la personne en fauteuil roulant face à une difficulté de ce type est prise en fonction de l'évaluation des trois points suivants :

- l'effort physique estimé,
- la charge mentale estimée,
- les éléments contextuels.

L'effort physique estimé englobe le niveau de difficulté estimé face à l'obstacle (capacités estimées pour le contrôle des chutes, glissements, etc.) et l'anticipation de fatigue physique ressentie suite à l'effort (e.g. force dans le tronc pour se maintenir en passant un dévers en fauteuil électrique, force dans les membres supérieurs pour maintenir un fauteuil manuel en roues arrières sur des pavés, etc.). La charge mentale estimée concerne les ressources attentionnelles disponibles pour le traitement de l'information, l'attention divisée (e.g. emprunter la route alors qu'on regarde le téléphone et/ou qu'on discute), la planification (e.g. complexité de l'itinéraire à emprunter), la prise de décision et la flexibilité mentale. Enfin, les éléments contextuels regroupent les limites pratiques (e.g. autonomie du fauteuil), les éléments dangereux (circulation routière, solitude la nuit, etc.), le type d'obstacle rencontré (évaluation du risque d'être immobilisé sans possibilité de demi-tour) et son incidence sur le confort de progression (fluidité ressentie, vitesse et quantité de micro-déviations). L'importance accordée à ces trois points varie en fonction :

- du contexte de la situation,
- de la finalité du parcours (professionnel, médical, personnel, etc.),
- de la temporalité (importance allouée l'horaire d'arrivée),
- des caractéristiques individuelles, aussi bien au niveau des contraintes physiques (type de fauteuil, etc.) que des facteurs motivationnels comme la crainte de déranger les automobilistes ou le rapport à la difficulté (e.g. réaliser un effort afin de se maintenir en forme, d'entretenir sa maîtrise de l'équilibre du fauteuil ou en réponse à l'envie d'être confronté à un challenge).

Dans certaines situations, la stratégie adoptée face à un obstacle (i.e. franchissement, contournement, ou abandon) diffère selon la population. Une personne en fauteuil manuel choisira plus facilement de monter ou descendre d'un trottoir tandis qu'une personne en fauteuil électrique adoptera une stratégie de contournement, par exemple en prenant une déviation. Cependant, les résultats suggèrent que le type de fauteuil utilisé pour le déplacement impacte seulement en partie les prises de décisions des personnes interrogées. Par exemple, le rapport à la route (voies de circulation des voitures) est très variable d'une personne à l'autre : certains participants expliquent prendre la route par goût (progression ressentie comme plus fluide et/ou plus rapide), d'autres seulement par obligation ponctuelle, et d'autres enfin refusent de rouler sur la route quel que soit le contexte et quelle que soit la longueur du détour imposé.

3.3. Smartphone

L'utilisation et l'utilisabilité du smartphone ont été analysées suite aux observations et aux réponses à la troisième thématique abordée lors des premiers entretiens. Concernant la prise

d'information visuelle pendant le déplacement, les premiers entretiens suggèrent qu'elle n'est possible que pour les personnes disposant d'un support pour fixer leur smartphone et pour les personnes se déplaçant en fauteuil électrique ayant la capacité de tenir le dispositif grâce à la main non occupée par la direction du fauteuil. Dans le cas contraire, le smartphone ne serait pas visible et habituellement placé dans un sac ou dans une poche à l'abri des chutes, du vol et des intempéries. Néanmoins, les personnes se déplaçant en fauteuil manuel rencontrées lors des observations auraient l'habitude de placer leur smartphone entre les genoux afin d'utiliser le guidage tout en se déplaçant. Cette solution n'est pourtant pas optimum, car certains participants relèvent les risques de chute et de casse de l'appareil.

On observe chez plusieurs participants un phénomène de saturation lors de l'utilisation du GPS : beaucoup s'arrêtent pour vérifier une information à l'écran (même les utilisateurs de la synthèse vocale). L'attention dirigée vers le téléphone lors des moments "clés" d'orientation (savoir où tourner / dans quelle direction partir) est parfois cause d'incidents (e.g. un participant ne remarque pas une marche et la descend brutalement, un participant prend une roue dans un trou, et un troisième soulève l'arrière de son fauteuil en prenant un virage près d'une bosse qu'il n'avait pas remarquée).

3.4. Outils de navigation existants

Enfin, l'utilisation des outils de navigation existants a été abordée lors des deux sessions d'entretiens (4^{ème} thématique des deux grilles d'entretien) et grâce aux observations. D'après les observations effectuées en milieu naturel, il semble que les applications de navigation embarquées soient utilisées essentiellement pendant la réalisation du trajet, plus précisément pour visualiser l'itinéraire du trajet ou ponctuellement pour la fonctionnalité de géolocalisation (e.g. lorsque l'utilisateur a un doute sur la suite de son itinéraire). Les premiers entretiens semi-directifs permettent de mettre en avant une faible utilisation de la fonctionnalité de guidage (i.e. navigation contextualisée dite « tour par tour ») pendant le déplacement, justifiée par des difficultés d'usage (e.g. tenir un smartphone dans une main suppose de s'arrêter lorsque l'on se déplace en fauteuil manuel). Certains participants rapportent l'usage du guidage en mode vocal grâce aux instructions retransmises via des écouteurs. Les observations en activité de déplacement montrent cependant qu'une majorité des utilisateurs en fauteuil roulant électrique lance la fonctionnalité de guidage – bien que ce comportement puisse être partiellement impacté par l'effet de demande de l'expérimentateur (Rosnow & Rosenthal, 1997). Il ressort des entretiens post-observation que la fonctionnalité de guidage est majoritairement utilisée en terrain inconnu et dépend de la finalité du déplacement (e.g. importance de l'heure d'arrivée), de l'appréhension de l'utilisateur face à la difficulté du trajet et de la confiance accordée à la solution numérique. En ce qui concerne les participants qui n'ont pas utilisé le guidage mais seulement le calcul d'itinéraire qui précède cette fonction, ce sont les informations et repères spatiaux présentés sur la carte qui étaient exploités pendant le déplacement. Cela regroupe les noms de rue, les points d'intérêt (arrêts de transports, enseignes, monuments), le pointeur de position de l'utilisateur, le tracé de l'itinéraire calculé, ou encore la forme des pâtés de maisons (tracé des voies, carrefours). Les observations et entretiens post-observation suggèrent que les personnes rencontrées rencontrent parfois d'importantes difficultés pour identifier la direction de départ ou la localisation précise du point d'arrivée (s'il est inconnu) en se basant sur les informations fournies par le GPS. Ces derniers utilisent des stratégies spécifiques (vérification systématique de l'adéquation entre le nom de la rue et la consigne vocale ; objectif tenu de faire coïncider le tracé et le curseur de position – un écart signifiant une mauvaise direction).

Lors des observations, l'orientation (souvent imprécise ou mal interprétée) du curseur s'est révélée être un problème : elle gêne le départ de plusieurs participants, pousse au détour des personnes qui allaient dans la bonne direction, etc. De même, la réorientation automatique de l'écran gêne la lecture de la carte et provoque généralement un temps d'arrêt de la personne et l'étude du contenu à l'écran (+ verbalisation de frustration).

4. DISCUSSION

Nos travaux visaient à analyser les attentes et besoins des PMR se déplaçant en fauteuil roulant manuel ou électrique pour permettre, dans un second temps, la conception d'un outil numérique répondant aux problématiques d'accessibilité physique, numérique et d'information rencontrées au quotidien par ces personnes. Pour ce faire, une démarche de conception centrée utilisateurs a été adoptée. Celle-ci mobilise les futurs utilisateurs du produit afin de concevoir un outil répondant au mieux à leurs besoins et à leurs attentes. La complémentarité des deux méthodes employées (i.e. entretiens semi-directifs et des observations de type *shadowing*) a permis d'identifier non seulement les différents types de contraintes auxquelles les utilisateurs sont confrontés lors de leur déplacement mais aussi d'analyser les contextes d'usage d'un outil de navigation.

L'étude des moyens de transports utilisés par les participants nous confirme l'importance d'inscrire ce projet d'outil d'aide au déplacement piéton dans un contexte multimodal. En effet, les déplacements piétons s'inscrivent essentiellement dans un contexte de déplacement en transport en commun. Ainsi, si certains utilisateurs limitent leurs déplacements purement piétons en fonction des intempéries, il semble évident que le facteur météorologique doit être intégré au dispositif afin d'être un appui à la prise de décision de l'itinéraire le plus adapté.

D'importantes différences interindividuelles et intra-individuelles ressortent des analyses. On observe une grande variabilité des besoins et des motivations selon les préférences et le contexte, ainsi qu'une évolution des caractéristiques physiques, mentales et motivationnelles au cours du temps (e.g. davantage de confiance pour sortir ou une fatigabilité qui augmente). Il ressort que les informations factuelles liées à l'accessibilité d'un lieu ne sont pas les seules ressources impactant leur prise de décision pendant le déplacement. D'autres facteurs motivationnels entrent en compte tels que l'envie d'affronter une difficulté.

Afin de proposer un calcul d'itinéraire efficace, il serait souhaitable de rendre paramétrables un certain nombre de critères impactant la prise de décision de l'utilisateur comme les facteurs motivationnels ou encore les limites en termes de hauteur, largeur, etc. Ainsi, la vitesse de déplacement est dépendante non seulement du fauteuil roulant utilisé mais également des capacités physiques de la personne. Un tel dispositif doit alors être couplé à un système disposant d'informations (caractéristiques descriptives et position) relatives au cheminement et/ou aux obstacles temporairement gênants sur celui-ci.

L'étude de l'utilisation des outils de navigation existants suggèrent de ne pas négliger la représentation du tracé de l'itinéraire sur la carte. En effet, il semble qu'une partie non négligeable des utilisateurs ne lance la fonctionnalité de guidage que lors de la réalisation d'un trajet totalement inconnu (en prévention) ou à un moment précis du trajet (lorsque la personne est perdue). L'amélioration de la compréhension du tracé de l'itinéraire (vue dite allocentrée) doit être une priorité. Une attention toute particulière doit être accordée à (1) la différenciation du tracé avec les autres routes ; (2) l'identification des changements de direction à l'écran ; (3) la clarté du pointeur de localisation de l'utilisateur. Des consignes proposées en mode "liste" peuvent fournir une alternative utile.

Enfin, les utilisateurs n'ont pas toujours accès à la modalité visuelle, ou du moins pas sans risque de casse pour l'outil, lors de l'utilisation du smartphone pendant le déplacement. Il est donc nécessaire de travailler à la multiplication des canaux de diffusion de l'information (modalité visuelle, auditive, haptique) pendant le guidage afin que la modalité visuelle ne soit plus déterminante pour l'utilisation de la fonctionnalité.

5. REMERCIEMENTS

Nous remercions SNCF Gares et Connexions, la Fondation LISEA Carbone ainsi que la Fondation Bordeaux Université pour leur confiance et leur soutien financier sans lesquels le projet n'aurait pas pu être mené.

6. BIBLIOGRAPHIE

- AGEFIPH, & FIPHFP. (2014). *Les personnes handicapées et l'emploi: chiffres clés*.
- Alauzet, A., & Pochet, P. (2013). Mobilité quotidienne des personnes en situation de handicap: que sait-on des effets de cumuls avec des inégalités socioéconomiques et territoriales?
- Direction Départementale de l'Équipement de l'Eure. (s.d.). Handicap et accessibilité : définitions, statistiques, situation de handicap.
- Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience - a research agenda. *Behaviour & information technology*, 25(2), 91-97.
- Karimi, H. A., & Hashemi, M. (2015). Accessible wayfinding testbed: Infrastructure and components. *EAI Endorsed Transactions on Cloud Systems*, 1(2).
- Lallemand, C., & Gronier, G. (2016). Entretien. Dans C. Lallemand, & G. Gronier, *Méthodes de design UX: 30 méthodes fondamentales pour concevoir et évaluer les systèmes interactifs* (pp. 114-135). Paris: Eyrolles.
- Lallemand, C., & Gronier, G. (2016). Observation. Dans C. Lallemand, & G. Gronier, *Méthodes de design UX: 30 méthodes fondamentales pour concevoir et évaluer les systèmes interactifs* (pp. 81-93). Paris: Eyrolles.
- Lallemand, C., & Gronier, G. (2016). Personas. Dans C. Lallemand, & G. Gronier, *Méthodes de design UX: 30 méthodes fondamentales pour concevoir et évaluer les systèmes interactifs* (pp. 193-210). Paris: Eyrolles.
- Nielsen, J. (1994). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. . *Proceedings of the sigchi conference on human factors in computing systems*, 152-158.
- République Française. (2005). Loi n°2005-102 su 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. *Journal officiel de la république française*(36), 23-53.
- Rosnow, R. L., & Rosenthal, R. (1997). People studying people: Artifacts and ethics in behavioral research. 63-64.
- Thomas, R. (2004). L'accessibilité des piétons à l'espace public urbain : un accomplissement perceptif situé. *Espaces et sociétés*(113-114), 233-249.

Triangulation des méthodes dans une intervention ergonomique en binôme : quelles mises en place et quels apports pour analyser l'activité des voyageurs dans les transports ?

Camille Julien

Laboratoire Paragraphe (EA 349), équipe C3U, Université Paris 8
2 rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis
camille.julien22@gmail.com

Céline Rondepierre

Laboratoire Paragraphe (EA 349), équipe C3U, Université Paris 8
2 rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis
celine.ronddepierre@free.fr

Sonia Adèle

Université Paris-Est, COSYS, GRETTIA, IFSTTAR,
20 boulevard Newton, 77 447 Marne-la-Vallée, France
sonia.adele@ifsttar.fr

Gaëtan Bourmaud

Laboratoire Paragraphe (EA 349), équipe C3U, Université Paris 8
2 rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis gaetan.bourmaud@univ-
paris8.fr

Françoise Decortis

Laboratoire Paragraphe (EA 349), équipe C3U, Université Paris 8
2 rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis francoise.decortis@univ-
paris8.fr

RÉSUMÉ

La présente communication vise à rendre compte de l'utilisation et de la mise en place d'une triangulation des méthodes lors d'une intervention ergonomique en binôme. L'objectif de l'étude présentée est d'identifier et de proposer une méthodologie pour l'étude de l'impact de l'information voyageurs (IV) sur l'activité des voyageurs. Elle est recueillie par le biais de diverses méthodes (observations, entretiens semi-directifs, entretiens d'auto-confrontation, entretiens d'explicitation) qui ont permis d'obtenir des données complémentaires sur l'activité des voyageurs étudiés. L'intervention menée montre que l'utilisation de la triangulation a enrichi l'étude de par la confrontation des données obtenues avec chacune des méthodes utilisées. Elle met également en évidence l'intérêt et les apports du binôme dans le recueil et l'analyse des données. Nous verrons dans cette communication que le binôme permet un recueil plus important et une analyse plus approfondie des données.

MOTS-CLES

Triangulation de méthodes ; Binôme ; Ressources informationnelles ; Analyse de l'activité ; Transports.

1. INTRODUCTION

Un grand nombre de déplacements se fait aujourd'hui grâce à l'utilisation des transports en commun : 6,7 millions de déplacements – tous modes – en Ile-de-France sont comptabilisés pour le premier semestre de l'année 2018, selon l'Observatoire de la mobilité en Ile-de-France. La surcharge de la capacité du réseau parisien influence le besoin de comprendre les usagers pour optimiser le fonctionnement global du système de transport.

Le projet multi-partenarial, Information Voyageurs Augmentée (IVA), vise à comprendre les comportements des usagers des transports en commun face à l'Information Voyageurs (IV) en particulier en situation perturbée. Ceci a pour objectif d'obtenir une meilleure prévision de la charge de transports pour anticiper et gérer un dépassement de la capacité du réseau.

L'intervention⁸ présentée, conduite en binôme, s'inscrit au cœur de ce projet avec pour objectif d'explorer les possibilités méthodologiques autour des éléments clés de l'activité des voyageurs des transports en commun parisiens, en préparation d'études de plus grande ampleur.

Dès le début de l'intervention, nous avons identifié l'intérêt de questionner l'impact d'un binôme d'ergonomes. En général, la pratique du binôme en tant que méthodes d'analyse est justifiée, lorsqu'elle concerne les experts, par une analyse pluridisciplinaire d'une situation (Elwert & Foot, 2018 ; Lux & Quillerou-Grivot, 2014), lorsqu'elle concerne les sujets, par le recueil d'une co-analyse entre pairs (Boubée, 2010) ou de controverses professionnelles (Clot, Faïta, Fernandez & Scheller, 2000) dans le cadre d'auto-confrontations. Dans le cas présenté dans cette contribution, le binôme d'ergonomes est considéré comme une manière d'enrichir le recueil et l'analyse de données autant sur le plan quantitatif (nombre de méthodes déployées) que sur le plan qualitatif (recueil plus riche et analyse plus complète des données). Les apports du binôme tout au long de l'intervention seront abordés dans les parties suivantes, en parallèle de la présentation de celle-ci.

Ce travail a débuté par une phase exploratoire constituée d'observations ouvertes in situ (n=10) et d'entretiens semi-directifs (n=11), qui a permis de rendre compte de l'activité des voyageurs lors de leurs déplacements. Aussi, elle a mis en avant un panel de ressources informationnelles disponibles (Dethorey, 2016 ; Chatigny 2001) sur différents supports (visuels ou auditifs) et de différents types : matérielles (écrans, panneaux...), humaines (agents, autres voyageurs ...) ou temporelles. Ainsi, nous avons constaté :

- **Une utilisation variée de ces ressources** selon les fonctions que leurs attribuent les voyageurs, en situation normale et perturbée. Ces fonctions présentent une diversité interindividuelle et une variabilité intra individuelle (Rabardel, Carlin, Chesnais, Lang, Le Joliff & Pascal, 1998) : elles sont différentes selon les personnes et les situations;

- **Une mobilisation du temps de trajet variable** selon l'objet de l'activité souhaité (Bationo--Tillon & Rabardel, 2015), envisagé comme les buts poursuivis par la personne (chercher une information ou se reposer), et selon les artefacts disponibles, c'est-à-dire, « *les dispositifs techniques, matériels ou symboliques* » (Folcher & Rabardel, 2004) pouvant être « *produit[s] par le sujet, ou bien par d'autres* » (Bourmaud, 2007), tels que des écouteurs ou un livre;

- **L'utilisation des ressources et l'activité des voyageurs** (pensée sous le prisme de la mobilisation du temps) **dépendent du trajet effectué** (Julien, Rondepierre, Adélé, Bourmaud, & Decortis, 2019) : en effet, la situation du trajet influence la mobilisation du temps de trajet par les voyageurs qui sera tournée soit vers des activités productives, soit vers l'utilisation des ressources informationnelles ;

- **Une catégorisation en quatre classes de situation** (Bourmaud, 2007 ; Bationo-Tillon & Rabardel, 2015) : les trajets en situation normale (réalisés quotidiennement sans encombre) ont servi de situation de référence pour notre étude et ont été comparés avec les autres situations, comme les trajets avec une perturbation. Les trajets avec une contrainte externe (heure d'arrivée imposée) et les trajets

⁸ L'intervention menée s'est déroulée à l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) dans le cadre d'un stage de Master 2.

inhabituels (nouvellement effectués) ont complété cette catégorisation. Du fait de leurs résultats se rapprochant de ceux des situations perturbées, nous avons décidé de les prendre en compte dans l'analyse. Cette classification facilitera l'analyse future.

Suite à ces premières constatations, il nous est apparu nécessaire d'utiliser diverses méthodes afin de recueillir des données complémentaires pour enrichir la compréhension globale des situations observées. Ce choix de recueillir et de croiser différents points de vue par le biais d'une triangulation des méthodes est également justifié par la complexité du sujet étudié et le caractère imprévisible de la situation de perturbation (difficile à appréhender par l'observation). Cette triangulation est un « moyen de compléter, voire de contraster, les regards sur l'activité réelle » (Cahour & Créno, 2017) et « permet une mise en lumière plus détaillée [...] de l'activité » (Altrichter, Feldman, Posch & Somekh, 2008, cités par Cahour, Licoppe & Créno, 2018).

Plus précisément, sa mise en place a permis de recueillir et de coupler le point de vue extrinsèque (celui du chercheur) et le point de vue intrinsèque (celui du voyageur) sur l'activité (Cahour & Créno, 2017), situés ou non, par l'utilisation de méthodes d'observations et d'entretiens.

Lorsque cela a été possible, l'activité située a été privilégiée afin de relever les actions «*exécutées dans le contexte dans lequel elles sont réalisées, en fonction de circonstances singulières*» (Suchman, 1987 cité par Decortis, 2016). Cette approche relève plutôt d'une juxtaposition articulée de méthodes que d'une articulation fine. Les données sont issues de différentes méthodes mises en place sur un temps donné. En effet, notre proposition consiste à produire «*des résultats issus de différentes méthodes [qui] amène[nt] des éléments d'information différents sur un même objet d'étude* » (Cahour, Licoppe & Créno, 2018).

Cette communication porte sur l'utilisation de diverses méthodes articulant les points de vue extrinsèque et intrinsèque sur l'activité des voyageurs dans le cadre d'une intervention ergonomique. Son objectif est de discuter de l'usage d'une triangulation des méthodes et de questionner les apports du couplage méthodologique au sein d'une étude réalisée en binôme. Pour cela, la mise en place d'une triangulation des méthodes sera présentée et nous discuterons des apports de cette technique de croisement de données.

2. METHODES

Cinq méthodes, comprenant différents types d'observation et d'entretien, ont constitué la triangulation mise en place. Elles ont été pensées en s'appuyant sur la Méthode de Défaillance et de Substitution des Ressources (Bourmaud, 2007, 2012 ; Dethorey, Decortis, Bationo-Tillon & Bourmaud, 2017). Cette méthode se réalise, habituellement, sous forme d'entretien individuel par le biais d'une grille constituant ainsi une base d'analyse et une trame d'entretien. La consigne donnée aux personnes propose de trouver différentes alternatives face à un artefact défaillant et/ou manquant. Dans notre intervention, la MDSR a servi de base à la construction de nos cinq méthodes utilisées dans la seconde phase terrain. En effet, elle nous permettait de mieux comprendre le système de ressources constitué et les actions des voyageurs face à l'information. Nous cherchions donc à recueillir les ressources utilisées lors des déplacements observés, leurs fréquences d'utilisation, leurs fonctions, les éventuelles ressources et conditions de substitution ainsi que les conséquences sur le trajet et l'activité des voyageurs.

Les cinq méthodes ont été mises en place auprès de 19 personnes (9 hommes et 10 femmes) âgées de 21 ans à 63 ans, avec une expérience plurielle des transports en commun parisiens allant de six mois à trente ans sur des trajets domicile /travail ou travail / domicile (cf. tableau 1).

2.1. Les observations (n=11)

Les observations consistent à suivre les personnes volontaires sur l'intégralité de leur trajet, de l'extérieur de leur gare de départ à l'extérieur de celle d'arrivée et permettent d'accéder à l'activité des personnes lors de leur prise de transports. Ces observations recueillent le point de vue extrinsèque

situé. En effet, le binôme recueille des données par le biais d'outils méthodologiques en situation réelle au moment où le voyageur effectue son activité.

Deux méthodes de relevé ont été utilisées afin de recueillir l'activité des personnes :

- Un tableau de direction des regards sur lequel l'une de nous relevait par des bâtonnets la majorité des regards de la personne (quai, panneau, voyageurs, etc.) lorsqu'elle était à bord des trains (moment de non-déplacement). Dans les moments de déplacements, la prise de vidéo était privilégiée car le remplissage de ce tableau était complexe et peu efficace : nécessitant un remplissage a posteriori par le biais du visionnage de la vidéo;

- Une grille d'observation où la deuxième ergonome indiquait la localisation de la personne (train, quai, correspondance, etc.), les ressources utilisées, et ses activités en fonction du temps, et cela en continu durant tout le trajet.

Ces deux outils méthodologiques ont été élaborés et mis en place pour limiter la perte de données et optimiser leur complémentarité. En effet, étant donné que les observations ont eu lieu en mobilité, certaines données comme les regards brefs pouvaient être complexes à relever, et de ce fait, le remplissage de la grille pouvait être moins précis : la vidéo a permis de pallier ce manque lors des déplacements.

2.2. Les entretiens⁹ semi-directifs (n=12)

Les entretiens semi-directifs reviennent sur l'utilisation des sources d'information consultées durant le trajet de la personne en fonction de sa localisation. Ils permettent d'obtenir le point de vue intrinsèque non situé qui complète le point de vue extrinsèque situé obtenu grâce aux observations.

Cinq thématiques ont été abordées lors des douze entretiens effectués, à savoir, la disponibilité et la mobilisation des ressources informationnelles matérielles et humaines, l'utilisation des ressources internes (connaissance et expérience des transports), la disponibilité et l'utilisation des ressources de l'environnement, la gestion du temps et les informations personnelles (âge, habitudes des transports). La trame des entretiens avait pour base la trame de la MDSR et reprenait les éléments vus lors des observations, questionnant ainsi les voyageurs sur les ressources utilisées, les fréquences d'utilisation, les fonctions, l'activité et les effets sur le trajet et l'activité. Pour cela, nous tentions de (re)situer la personne interrogée au moment de l'observation. En effet, pour les trajets quotidiens et non perturbés, les souvenirs d'utilisation des ressources informationnelles pouvaient être biaisés du fait de leur caractère automatique. En ce sens, la grille d'observation remplie lors du trajet nous permettait de préciser au voyageur l'utilisation effective de telle ou telle ressource et d'en comprendre la raison. De là, le voyageur reprenait les ressources proposées et nous donnait les utilisations qu'il en faisait habituellement sans relater forcément une situation particulière.

2.3. Les entretiens d'explicitation (n=3)

Les entretiens d'explicitation (Vermersch, 2014) ont pour objectif d'accéder à l'activité réelle des personnes pendant une perturbation, avec un point de vue intrinsèque (re)situé. Ces entretiens ont été réalisés sans observation préalable du fait de l'imprévisibilité des perturbations; cette méthode visait à pallier la difficulté d'observer des situations perturbées.

Lors des entretiens, nous revenions sur une perturbation vécue dans les transports en commun. Nous questionnions la personne sur les ressources utilisées, leurs fréquences et fonctions ainsi que sur ses actions, pensées, ressentis et perceptions, dans le but de recueillir la situation vécue, le plus finement possible par la personne interrogée.

⁹ L'ensemble des entretiens réalisés le binôme se répartissait de la manière suivante : l'une de nous effectuait l'entretien tandis que l'autre prenait des notes. Ceci permettait d'éviter l'interruption de l'échange entre l'intervieweur et l'interviewé. Aussi, la personne témoin de l'échange pouvait revenir a posteriori sur des éléments peu investigués en entretien.

2.4. Les observations en parcours commentés (n=7)

Les observations en parcours commentés consistent à suivre des voyageurs volontaires sur l'intégralité de leur trajet de l'extérieur de la gare de départ à l'extérieur de celle d'arrivée. La personne verbalisait ses actions de façon synchrone, c'est-à-dire, en même temps, à l'une de nous, pendant que l'autre remplissait la grille d'observation présentée dans la sous-section des observations. Elles recueillent l'activité des voyageurs en couplant de façon synchrone le point de vue extrinsèque et intrinsèque situés, couplage qui n'était pas permis par l'usage des observations et entretiens initiaux. Cette méthode a été testée suite au constat de l'incapacité de certaines personnes à revenir sur des regards inconscients lors des entretiens semi-directifs post-observation.

2.5. Les entretiens d'auto-confrontation (n=2)

Les entretiens d'auto-confrontation reprennent les mêmes thématiques que les entretiens semi-directifs et d'explicitation, mais en s'appuyant ici sur des traces visuelles. En effet, deux parcours ont été filmés en intégralité, nous permettant de tester cette méthode. Ces entretiens fournissent le point de vue intrinsèque (re)situé du voyageur, par la confrontation à un support vidéo présentant de façon différée la part visible de l'activité réelle. Relativement aux parcours commentés, la verbalisation différée limite l'impact du recueil sur le déroulement de l'activité en cours.

2.6. Synthèse des méthodes de la triangulation

Chaque voyageur observé n'a pas été soumis à l'intégralité des méthodes mises en place, afin de ne pas induire une modification de l'activité des voyageurs observés du fait des thématiques investiguées par les autres méthodes plus verbales (cf. tableau 1). Par exemple, il était complexe de mener un entretien sur les thématiques choisies puis de faire une observation car la personne risquait de cibler son activité sur l'objet d'étude (la recherche d'information). En revanche, les méthodes utilisées auprès de chaque personne croisaient le point de vue intrinsèque et extrinsèque.

Le choix des méthodes testées en fonction des personnes s'est fait selon trois critères :

- La disponibilité des voyageurs volontaires à l'étude;
- Le type de trajet effectué, à savoir s'il s'agissait d'un trajet habituel ou inhabituel afin de diversifier les trajets observés ;
- La connaissance du sujet d'étude suite à la participation de certaines personnes à la phase exploratoire pouvant biaiser certains résultats obtenus en entretiens post-observations mais au contraire en enrichir d'autres grâce à de nouvelles méthodes testées comme les observations en parcours commentés. En effet, les personnes pouvaient verbaliser plus facilement les ressources utilisées sans intervention systématique d'un membre du binôme.

De plus, ces différentes méthodes ont été construites et mobilisées en parallèles les unes des autres. En effet, la phase exploratoire, constituée uniquement d'observations et d'entretiens semi-directifs, nous a permis d'entrevoir des limites méthodologiques dans cette intervention. Nous avons tenté d'y remédier en complétant la méthodologie lors du second temps sur le terrain.

Personnes	Sexe	Age	Observations	Observations en parcours commentés	Entretiens semi-directifs	Entretiens d'auto-confrontation	Entretiens d'explication
A	H	55	X		X		
B	H	22	X		X		
C	H	29	X ³		X		
D	H	63	X		X		
E	F	43	X		X		
F	F	51	X		X		
G	H	28		X	X		
H	H	23		X	X		
I	F	21	X		X		
J	F	31		X			
K	F	59		X			
L	F	53		X			
M	F	22	X			X	
N (Laurent)	H	50		X	X		
O (Caroline)	F	46	X		X		
P (Lucille)	F	52		X	X		
Q	H	23	X			X	
R	F	25					X
S	H	26					X + X ⁴
TOTAL	9 hommes & 10 femmes	≅ 38 ans	11	7	12	2	2

Tableau 1 : Présentation des méthodes employées et des participants

Note du tableau. (3) Le voyageur C a été observé pendant deux trajets ; (4) Le voyageur S a explicité deux situations perturbées considérées comme deux entretiens d'explication.

3. RESULTATS

3.1. Les apports de la triangulation des méthodes

Avec les observations et les entretiens réalisés dans la phase exploratoire, nous avons constitué un répertoire de ressources informationnelles mobilisées dans les transports en commun. Lors des verbalisations synchrones et/ou asynchrones, nous interrogeons, entre autres, les personnes sur les fonctions de ce panel de ressources. Cela nous a permis de les catégoriser selon trois types:

- De direction (*où vais-je ?*) ;
- De localisation (*où suis-je ?*) ;
- De conditions de circulation (*vais-je arriver sans encombre ?*).

Cette classification a été modulée et précisée avec la multiplication des méthodes testées dans un second temps. En effet, lors de la seconde phase sur le terrain basée sur la triangulation des méthodes, nous avons découvert que certains panneaux pouvaient faire partie de plusieurs catégories. Par exemple, le panneau indiquant la durée d'attente pour le prochain métro était placé dans la catégorie ressource de conditions de circulation. Il permettait aux voyageurs de savoir si tout se passait bien sur cette ligne, car un temps d'attente trop long ou non indiqué signifiait, pour les voyageurs, un éventuel problème. En revanche, lors d'une situation perturbée observée dans la seconde phase, la voyageuse suivie a regardé ce même panneau dès son entrée sur le quai pour valider sa direction. Ce panneau offre donc des informations relevant de deux catégories: de direction et de conditions de circulation.

3.1.1. Une complémentarité des méthodes : une émergence de sources d'information

L'articulation des différentes méthodes mobilisées au cours de la phase de recueil a permis de réunir un ensemble important de données. D'une part, l'ajout de méthodes amène de nouveaux sujets non mis en lumière par les autres méthodes. En effet, l'observation permet uniquement d'adopter un

point de vue extrinsèque situé, complété d'un point de vue intrinsèque non situé (subjectif) avec les entretiens semi-directifs. Par exemple, lors d'une observation, nous avons remarqué que Lucille¹⁰, depuis sa place dans le train, a regardé le quai quelques secondes. En tant qu'observatrices de la situation, nous supposons qu'elle regardait le panneau indiquant le nom de la station où le train était arrêté. Puis lors de l'entretien semi-directif nous avons appris qu'elle regardait en fait la couleur des murs du quai de la gare ce qui lui permet de savoir à quelle station elle en est (« *si je suis dans le jaune c'est Vincennes, si c'est rouge, c'est Nation*»). Cette stratégie lui évite de chercher un panneau qui n'est pas toujours visible selon sa place dans le train. Le couplage des deux méthodes nous a permis de mettre en évidence une stratégie subtile de recherche d'indices dans l'environnement qui n'aurait pas pu être mis en évidence par l'utilisation séparée des deux méthodes. En effet, l'observation est trop imprécise pour identifier où porte exactement le regard et l'entretien (utilisé seul), est trop centré sur les sources d'information pour permettre à la personne de parler spontanément de ces stratégies de transformation d'indices environnementaux en ressources informationnelles. Les parcours commentés ont également permis de pallier les biais des observations et entretiens semi-directifs (cf. 2.4). En effet, nous recueillions simultanément et en situation le point de vue extrinsèque et intrinsèque sur les regards portés sur les ressources informationnelles. Cela permet, par exemple, de mettre en évidence des éléments qui ne sont pas mémorisés par les passagers et ne peuvent être évoqués a posteriori, tels que les regards rapides. Par exemple, Laurent regardant plusieurs fois au bout de son quai de RER, nous lui avons demandé simultanément quelle(s) en étai(en)t la/les raison(s). Ces regards permettaient à ce voyageur de voir si son train entrait en gare, ou s'il devait patienter. Encore une fois, les parcours commentés ont mis en évidence l'usage de ressources non étiquetées par nous comme des ressources informationnelles.

D'autre part, les méthodes se complètent les unes et les autres et ajoutent à la précision des données recueillies. En effet, les enregistrements vidéo nécessités par les entretiens d'auto-confrontation ont permis d'obtenir des données plus précises que les observations quant à l'enchaînement temporel des actions et regards. En effet, certains mouvements de tête relevés sur vidéo ont permis de remarquer et de valider un regard vers une ressource informationnelle ou de chronométrer des durées de consultation des ressources : il s'agit de données difficiles à obtenir lorsque la personne et le binôme d'observateurs se déplacent (dans les correspondances par exemple). Cette méthode a permis d'obtenir le point de vue extrinsèque situé et intrinsèque (re)situé. En revanche, la caméra étant externe tous les regards n'ont pas été filmés. La personne devait se souvenir, lors de l'entretien, des regards effectués et de la situation. Le fait de filmer avec une caméra subjective, avec un système d'*eye-tracking*, par exemple, permettrait d'obtenir un point de vue extrinsèque et intrinsèque situé. Ainsi, lors d'un entretien d'auto-confrontation, ce système permettrait l'obtention d'une meilleure précision quant à l'ensemble des regards effectués lors de l'observation.

Enfin, les méthodes couplées permettent de confirmer des résultats. Les entretiens d'explicitation ont permis d'accéder à l'activité des voyageurs en situation perturbée, élément complexe à observer du fait du caractère imprévisible de la situation. Au final, nous avons eu la chance d'observer une situation perturbée au milieu du trajet de Caroline et nous avons recueilli trois situations perturbées grâce aux entretiens d'explicitation. Les données obtenues par ces deux biais ont été complémentaires. En effet, lors des entretiens, nous avons obtenu des données sur les pensées et ressentis des personnes interviewées au moment d'une perturbation comme de l'énerverment et du stress lorsque les voyageurs ont un rendez-vous (éléments subjectifs non visibles). Ces éléments justifiaient les stratégies mobilisées par les voyageurs dans des trajets perturbés. Lors de l'observation du trajet de Caroline, nous avons obtenu des données quant à son activité réelle en situation. Par exemple, dès son arrivée sur le quai du RER Caroline constate un problème sur sa ligne et retire immédiatement ses écouteurs. Cette action est également explicitée par une voyageuse lors d'un entretien d'explicitation qui nous informe que c'était « *pour écouter les annonces sonores* ». Ici, le constat est validé par l'usage de deux points de vue (intrinsèque – entretien d'explicitation et extrinsèque – observation), ce qui permet d'ajouter du poids aux résultats obtenus.

¹⁰ Les prénoms ont été modifiés afin de garder l'anonymat des personnes observées.

3.1.2. Une compensation des biais des méthodes

Cette pluralité de méthodes distinctes a permis de compenser les biais inhérents à chaque méthode. Par exemple, le biais mnésique présent dans les techniques d'entretien est compensé par les techniques d'observation. En effet, dans une situation donnée, les usagers des transports retiennent le contenu de l'information consultée essentiellement le temps de son utilisation. Seules des observations sur le terrain peuvent permettre de connaître les informations précisément consultées. Aussi, la conscience trop forte d'être en situation de recueil de données, par exemple durant les parcours commentés, peut interférer sur l'activité des voyageurs. Par exemple, une voyageuse nous a fait part de sa gêne à lire devant nous (activité productive effectuée régulièrement lorsqu'elle est seule). Cet effet est moins présent pour les autres méthodes où l'observateur tend à limiter l'interaction avec le sujet durant le déroulement de l'activité étudiée.

Néanmoins, le fait d'avoir pris comme base la MDSR nous a permis de mettre en lien l'activité des personnes en situation réelle face aux ressources informationnelles utilisées lors de leur(s) trajet(s) et d'obtenir un point commun entre chaque méthode. En effet, nous avons obtenu un vocabulaire similaire ce qui a permis de comparer les données et de les analyser plus facilement.

3.2. Les apports du binôme

3.2.1. Un recueil de données important

Lors du recueil sur le terrain, la visualisation des situations observées était plus globale. En effet, nous avons ainsi deux angles d'observation possible, notamment lors des observations dans les trains où nous nous mettions de part et d'autre du wagon pour bien représenter la situation vécue par le voyageur. Le cumul de points de vue nous permettait une meilleure identification de la direction des regards et donc de l'utilisation des ressources informationnelles, et une meilleure interprétation de la situation.

Aussi, le fait d'être en binôme a permis une division des tâches importante pour le recueil et donc d'obtenir des données complémentaires par exemple lorsque l'une de nous prenait des notes, tandis que l'autre filmait dans les correspondances. Ceci a permis notamment de compléter la grille d'observation avec plus de précision que la prise de notes papier-crayon non précise lors de moment de déplacement. Le fait de filmer et de prendre des notes en parallèle a permis d'appréhender la globalité de la situation et non seulement celle visible dans l'angle de vue de la caméra. De plus, la vidéo (hormis les deux trajets filmés pour les deux entretiens d'auto-confrontation) n'était pas réalisée sur la totalité du trajet mais uniquement sur les parties de déplacements afin de limiter la captation des images des autres voyageurs en position statique. De ce fait, la grille permettait de recueillir l'activité des personnes de façon continue pour relier les extraits vidéo.

De plus, lors des observations, le binôme a permis de mettre en place des méthodes de recueil en parallèle (grille d'observation et vidéo ou tableau de direction des regards), mais également de rendre progressivement la prise de note plus complète. En effet, afin de tester notre grille d'observation, nous l'avons dans un premier temps utilisée et remplie chacune notre tour sur des situations différentes (l'une auprès d'un premier voyageur et l'autre d'un second voyageur). Ce changement de rôle, au début de la mise en place des observations, a permis d'identifier les manques éventuels et d'ajuster les éléments importants à recueillir. Ainsi, les notes recueillies étaient singulières, par exemple, l'une de nous précisait sur la grille les temps où le train était à quai permettant de justifier l'utilisation de ressources informationnelles tandis que l'autre non. Par conséquent, une prise de note plus commune a été élaborée ajustant ainsi la grille d'observation.

3.2.2. Une analyse des données approfondie

Comme nous venons de le voir, une intervention conduite en binôme permet un recueil de données plus large. Notons aussi que l'analyse de ces dernières est également plus complète et approfondie. Le binôme a permis d'améliorer la représentation des données pour augmenter le nombre de variables prises en compte. La confrontation des visions et des points de vue de chacune a eu un

impact sur la forme des chroniques d'activité réalisées. Par conséquent, des éléments ont été ajoutés à la représentation de l'activité au regard du temps et cela de manière non conventionnelle. En effet, la majorité des chroniques d'activité sont représentées sous forme de bâtonnets. Nos échanges ont abouti à ajouter des sources d'information telles que les annonces sonores sous forme d'étoile, par exemple.

Aussi, certaines idées ont été enrichies par la confrontation à l'autre. En effet, différentes méthodes étaient envisageables pour analyser l'ensemble des éléments recueillis sur le terrain: par voyageur, par classe de situation, par méthode. Nous avons débuté une analyse quantitative de l'utilisation des ressources informationnelles (durée et fréquence d'utilisation, etc.). Il est alors apparu une perte de données qualitatives, notamment relatives à l'utilisation de l'environnement comme une ressource informationnelle. Différents temps d'échange et de réflexion ont été mis en place afin de confronter les possibilités d'analyse. L'analyse quantitative ayant mis en évidence des similitudes entre les classes de situation inhabituelle et perturbée (rapport temps de consultation des informations / temps de trajet), des échanges ont permis de décider d'inclure les trajets inhabituels dans l'analyse. Ce choix avait pour avantage de permettre l'observation en incluant des situations prévisibles.

4. DISCUSSION

Nos résultats montrent que la triangulation permet, comme le disaient Guilbert & Lancry, *d'améliorer la richesse et la finesse de notre analyse*» (2007). En effet, elle apporte une réelle plus-value aux résultats obtenus, en enrichissant les sujets déjà identifiés, en apportant de nouveaux éléments et en compensant les biais inhérents à chaque méthode. Cet effet est notamment lié à la mise en œuvre de méthodes permettant d'avoir accès aux points de vue intrinsèque et extrinsèque non situé, situé et (re)situé (Cahour & Créno, 2017).

D'autres enseignements peuvent être tirés de la mise en œuvre de la triangulation des méthodes pour étudier l'activité des usagers des transports en commun :

- Mettre en œuvre une triangulation des méthodes nécessite de pouvoir faire dialoguer les résultats de nature très différente. Pour cela, nous avons fait le choix de nous appuyer sur une méthode centrale : la Méthode de Défaillance et de Substitution des Ressources (Bourmaud, 2007, 2012), autour de laquelle nous avons ajouté des méthodes différentes selon les participants. Les protocoles de ces méthodes ont été élaborés en prenant pour base le fil conducteur de questionnement proposé par la MDSR. De ce fait, quelles que soient les données recueillies sur le terrain, nous avons un vocabulaire et un prisme d'analyse communs qui permettent les comparaisons. Notre choix d'utiliser une méthode «pivot» facilite la compréhension et l'analyse des données tout en limitant la lourdeur du protocole de recueil (chaque personne est soumise à toutes les méthodes) et les biais de chaque méthode ;

- La méthodologie de la triangulation s'élabore progressivement, s'enrichissant et se précisant au fur et à mesure de la mise en place des méthodes sur le terrain et des données récoltées.

Aussi, cette élaboration méthodologique progressive grandit proportionnellement à l'affinement du regard porté sur les situations analysées en ergonomie.

Concernant le rôle du binôme d'intervenants en ergonomie dans la mise en œuvre de la triangulation, nous avons montré un réel apport dans le recueil de données pertinentes. Certaines méthodes ont pu être mises en place en simultanément: par exemple, il a été possible de filmer une situation observée comme support à l'entretien d'auto-confrontation tout en remplissant une grille d'observation. Le fait de pouvoir obtenir des données et des points de vue distincts sur une même séquence temporelle a permis de produire des analyses plus pertinentes. Du point de vue qualitatif, l'observation en binôme permettait de limiter la perte d'information liée à l'itinérance de la situation observée, à la nécessité de recueillir les actions du participant et les ressources mobilisées, et à la perte de vue du participant dans la foule. Ainsi la part observable de l'activité des usagers était analysée de façon plus complète.

Il apparaît que, dans cette étude ergonomique, la triangulation des méthodes mobilisées a été enrichie par la pluralité des intervenants de cette discipline.

5. CONCLUSION

En conclusion nous pouvons dire que, dans le cadre de cette étude, la triangulation des méthodes a permis un enrichissement des résultats obtenus et donc de la précision de l'analyse des situations étudiées. La base de ces croisements de méthodes, la Méthode de Défaillance et de Substitution des Ressources, a offert un référentiel commun à l'ensemble des méthodes déployées grâce au prisme d'analyse portant sur les ressources et au vocabulaire commun employé. Ceci a rendu plus pertinent la confrontation des données et l'analyse de chaque situation. Pour finir, une telle triangulation a été mise en place grâce à la pluralité des intervenants en ergonomie travaillant sur ce terrain d'étude commun, permettant de déployer un plus large panel de méthodes dans une même temporalité.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Altrichter, H., Feldman, A., Posch, P. & Somekt, B. (2008). *Teachers investigate their work; an introduction to action research across the professions* (2nd ed.). Londres, UK: Routledge.
- Bationo-Tillon, A. & Rabardel, P. (2015). L'approche instrumentale : conceptualiser et concevoir pour le développement. In F. Decortis (Ed.), *L'ergonomie orientée enfants. Concevoir pour le développement* (p. 111-145). Paris : PUF.
- Boubée, N. (2010). La méthode de l'auto confrontation : une méthode bien adaptée à l'investigation de l'activité de recherche d'information? *Études de communication. Langages, information, médiations*, (35), 47-60.
- Bourmaud, G. (2007). L'organisation systémique des instruments : méthodes d'analyse, propriétés et perspectives de conception ouvertes, In C. Bourjot, N. Grégori, H. Schroeder et A. Berardi (Eds.) *Acta cognitiva, ARCO'07, colloque de l'association pour la recherche cognitive*, (p. 61-75).
- Bourmaud, G. (2012). Système de ressources des opérateurs, ressources pour l'innovation : propositions méthodologiques. In 47^{ème} *Congrès de la SELF. Innovation et travail : sens et valeur du changement*, (P. 120-127).
- Cahour, B., & Créno, L. (2017). La triangulation des méthodes: de la juxtaposition articulée à l'articulation fine. In 9^{ème} *Conférence de Psychologie Ergonomique. Ergonomie des technologies pour le développement des compétences*, (p. 282-289).
- Cahour, B., Licoppe, C. & Créno, L. (2018). Articulation fine des données vidéo et des entretiens d'auto-confrontation explicite : étude de cas d'interactions en covoiturage. *Le travail humain*, 4(81), (p.269-305).
- Chatigny, C. (2001). Les ressources de l'environnement : au cœur de la construction des savoirs professionnels en situation de travail et de la protection de la santé. *PISTES*, 3(2).
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2000). Entretiens en auto confrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *PISTES*, 2 (1).
- Decortis, F. (2016). *Analyse de l'activité située. Fondements théoriques*. Vincennes – Saint- Denis : Université Paris 8.
- Dethorey, S. (2016). *Des ressources pour la bienveillance : Analyse de l'activité des aides-soignantes dans une Unité de Soins de Longue Durée*. Mémoire de master 2. Université Paris 8.

- Dethorey, S., Decortis, F., Bationo-Tillon, A. & Bourmaud, G. (2017). Des ressources pour la bientraitance : Une lecture de l'activité des Aides-Soignantes à travers leur Système de Ressources. In 52^{ème} Congrès de la SELF. Présent et Futur de l'Ergonomie.
- Elwert, L., & Foot, R. (2018, October). La Vacma, l'ergonome et l'acteur réseau. In 53^{ème} Congrès International de la SELF.
- Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). Hommes, artefacts, activités : Perspective instrumentale. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (p. 251-268). Paris : PUF.
- Guilbert, L. & Lancry, A. (2007). L'analyse de l'activité des cadres : l'intérêt de la triangulation des méthodes. *Le travail humain*, 70(4), p. 313---342.
- Julien, C., Rondepierre, C., Adele, S., Bourmaud, G. & Decortis, F. (2019, à paraître). Temps et ressources informationnelles dans les transports en commun : quelles utilisations pour quelles activités ? Actes du 54^{ème} Congrès de la SELF, Université de l'Ergonomie: Comment contribuer à un autre monde ? Tours, 25, 26 et 27 septembre 2019
- Lux, A., & Quillerou-Grivot, E. (2014, November). Un ingénieur et une psychologue pour une analyse d'activité de production : quels apports pour la prise en compte de la santé au travail lors de la conception des systèmes de production? In *MOSIM 2014, 10^{ème} Conférence Francophone de Modélisation, Optimisation et Simulation*.
- Rabardel, P., Carlin, N., Chesnais, M., Lang, N., Le Joliff, G., & Pascal, M. (1998). La régulation dans une situation de travail. In P. Rabardel, N. Carlin, M. Chesnais, N. Lang, G. Le Joliff & M. Pascal (Eds.), *Ergonomie : concepts et méthodes* (pp. 161---166). Toulouse : Octarès Editions.
- Recoura, C. (2018). *Tendances : Les chiffres sur les déplacements en Ile-de-France*. Disponible sur http://www.omnil.fr/IMG/pdf/tendances_1er_semestre_2018.pdf
- Suchman, L.A. (1987). *Plans and situated actions: the problem of human-machine communication*. Cambridge (M.A.) : Cambridge University Press.
- Vermersch, P. (2014). *L'entretien d'explicitation*. Paris : ESF Editeurs.

Briefing et leadership transformationnel en sport de haut niveau

Anne-Claire Macquet

Laboratoire Sport, Expertise et Performance (EA 7370), Unité de la Recherche, Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance (INSEP) Paris
anne-claire.macquet@insep.fr

Neville, A. Stanton

Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Southampton, Royaume Uni
N.Stanton@soton.ac.uk

RÉSUMÉ

L'étude vise à expliquer les comportements des entraîneurs nationaux de sports collectifs lorsqu'ils briefent leurs joueurs pendant les championnats d'Europe, du Monde et les Jeux Olympiques. Le modèle lié au Differentiated Transformational Leadership Inventory (TDLI) a été utilisé comme prisme pour étudier ces comportements de briefing. Neuf entraîneurs nationaux ont participé individuellement à des entretiens semi-structurés. L'analyse inductive et déductive des entretiens a montré neuf catégories de comportement de briefing en relation avec les six comportements de briefing transformationnels du TDLI : (a) la considération individuelle, (b) la motivation inspirante, (c) la stimulation intellectuelle, (d) le renforcement de l'acceptation des buts du groupe, (e) les attentes de performance élevées, (f) la présentation d'un modèle à suivre. Les résultats sont discutés en articulant des perspectives centrées sur les individus et sur les tâches à réaliser.

MOTS-CLES

Expertise, coaching, team-work, task-work, leadership.

1. INTRODUCTION

L'intérêt de réaliser des briefings avant les compétitions importantes est largement reconnu. Le briefing vise à : (a) fournir aux athlètes des informations sur le plan de jeu à adopter (e.g., Lainé, Mouchet, & Sarremejane, 2016; Vargas-Tonsing, 2009), (b) aider à réguler les émotions et optimiser la motivation des athlètes pour atteindre des performances maximales (e.g., Breakley, Jones, Cunningham, & Holt, 2009), (c) renforcer le sentiment de compétence individuel et collectif (Vargas-Tonsing, 2009), (d) augmenter la cohésion opératoire (e.g., Lainé et al., 2016), et (e) améliorer la confiance en soi des athlètes (e.g., Lainé et al., 2016). Au-delà du sport, des études menées dans les domaines militaire, médical, et industriel ont montré que le briefing visait à définir et présenter le plan d'action (e.g., Jensen, 2009), stimuler l'engagement individuel et collectif, s'accorder sur le travail à faire et prévenir les incompréhensions (e.g., Stanton, Rafferty, Salmon et al., 2010). Les études sur le briefing portent principalement sur le contenu du discours des entraîneurs en sport amateur et rendent peu compte du comportement des entraîneurs en sport élite lorsqu'ils briefent les joueurs dans un contexte où l'incertitude et les enjeux sont particulièrement élevés.

L'entraîneur se comporte comme un leader : il stimule et inspire les athlètes pour atteindre des performances élevées (Smith, Young, Figgins, & Arthur, 2017). En psychologie des organisations, Bass (1999) a développé le modèle du leadership transactionnel et transformationnel pour expliquer les

comportements des leaders. Le leader transactionnel est plutôt centré sur la tâche et récompense ou punit le travail des suiveurs, alors que le leader transformationnel est davantage focalisé sur le bien-être des suiveurs : il les influence, les inspire pour se dépasser, les stimule intellectuellement et les considère individuellement. Macquet, Ferrand et Stanton (2015) ont montré que les entraîneurs nationaux de sports collectifs étaient des leaders à la fois transactionnels et transformationnels lorsqu'ils débriefaient, favorisant ainsi le task-work et le team-work. Des études ont montré que l'inter-corrélation entre les comportements de leadership transformationnel et transactionnel constituait une limite au modèle initial (e.g., Zacharatos et al., 2000). Pour dépasser cette limite et expliquer le leadership en sport, Callow, Smith, Hardy, Calum, et Hardy (2009) ont développé le Differentiated Transformational Leadership Inventory (TDLI). Le TDLI présente six comportements transformationnels : (a) la considération individuelle, (b) la motivation inspirante, (c) la stimulation intellectuelle, (d) le renforcement de l'acceptation des buts du groupe, (e) les attentes de performance élevées, (f) la présentation d'un modèle à suivre. Il propose un comportement transactionnel lié aux récompenses contingentes. Callow et al. (2009) ont montré que les comportements transformationnels des entraîneurs avaient un effet positif sur la cohésion sociale et opératoire. Smith et al. (2017) ont insisté sur l'importance des attentes élevées de performance et la considération individuelle chez les entraîneurs et les capitaines en sports collectifs. Les travaux sur le leadership ne sont pas centrés sur les comportements de briefing des entraîneurs. La présente étude cherchait à dépasser cette limite. Elle visait à expliquer les comportements de leadership des entraîneurs nationaux de sports collectif lorsqu'ils briefent leurs athlètes au cours des compétitions majeures. Dans la présente étude, le TDLI est utilisé comme un prisme pour étudier les comportements des entraîneurs de sports collectifs quand ils briefaient leurs joueurs.

2. MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

Neuf entraîneurs principaux d'équipes nationales séniors féminines et masculines (sept hommes et deux femmes) ont participé à l'étude. Leurs équipes étaient engagées aux championnats d'Europe, du monde et aux tournois de qualification olympiques et/ou aux Jeux Olympiques. Ils entraînaient en volley-ball, basket-ball, hand-ball, hockey sur glace et gazon. Ils étaient âgés entre 34 et 60 ans ($M=46,5$ ans ; $ET=8$ ans).

Des entretiens semi-dirigés ont été menés individuellement avec chaque entraîneur pour identifier les comportements adoptés au cours des briefings collectifs menés plusieurs heures ou le jour précédent le match. Ce briefing collectif vise à présenter le plan de jeu et à mobiliser les joueurs pour le réaliser et l'adapter en cours d'action aux circonstances du match. Ce briefing est long et systématique. Il peut être complété par des briefings plus courts. Le long briefing collectif a fait l'objet de notre étude. Les entraîneurs principaux étaient amenés à expliquer comment, de manière générale, ils commençaient le briefing avec les joueurs, puis à expliquer les comportements adoptés pour briefier dans des situations spécifiques. Les questions étaient complétées par des relances visant à développer en profondeur leurs propos. Les relances portaient, par exemple, le plan de jeu à adopter et les rôles des joueurs (« comment présentiez-vous le jeu adverse ? »), ou sur leurs comportements en relation avec leur perception du ressenti des joueurs (e.g., « qu'avez-vous dit aux joueurs quand les enjeux du match étaient élevés et lorsque vous perceviez leur stress ? »). Les entretiens ont été enregistrés, puis retranscrits. Ils ont duré entre 60 et 90 minutes.

Le traitement des données a été réalisé selon une analyse inductive et déductive du discours, en référence à la théorie ancrée (Corbin & Strauss, 1990). A un premier niveau d'interprétation, les verbatim étaient divisés en unités de sens en relation avec les comportements de briefing adoptés par les entraîneurs. Ces unités de sens étaient nommées et caractérisées en fonction de leurs traits communs pour faire apparaître un premier niveau d'interprétation. Leurs propriétés étaient ensuite comparées et classées en catégories de premier ordre. Chaque catégorie était alors nommée et ses caractéristiques étaient précisées. Au cours du traitement, un second niveau d'interprétation a émergé de la comparaison entre les propriétés de ces catégories. Le second niveau renvoyait aux comportements de briefing associés aux comportements de leadership répertoriés dans le TDLI (les six

comportements de leadership transformationnel et les récompenses contingentes liées au leadership transactionnel). Deux chercheurs ont analysé séparément les données de verbalisation. Les résultats liés aux catégories de différents ordres ont été comparés jusqu'à obtenir un niveau de saturation. Ce niveau est atteint lorsqu'aucune nouvelle catégorie n'émerge des retranscriptions. A l'issue de chaque étape, les deux chercheurs ont comparé leurs résultats et discuté tout désaccord initial, afin d'atteindre un consensus. 465 unités de sens ont été identifiées et classées en neuf catégories de premier ordre. Le taux d'accord pour les catégories de premier ordre est de 80.15%, qui est consistant avec le taux proposé par Von Someren et al. (1994).

3. RESULTATS

Les résultats issus de deux niveaux d'analyse ont montré neuf comportements de briefing en relation avec les six comportements de leadership transformationnel issus du TDLI (Callow et al., 2009). Afin de faciliter la lecture, les résultats sont présentés en six sections, en référence aux six comportements transformationnels du TDLI : (a) la considération individuelle, (b) la motivation inspirante, (c) la stimulation intellectuelle, (d) le renforcement de l'acceptation des buts du groupe, les attentes de performance élevées, (f) la présentation d'un modèle à suivre. En suivant ces six sections, les neuf comportements de briefing sont ensuite expliqués : (a) gérer le stress et la fatigue des joueurs, (b) renforcer la motivation des joueurs, (c) amener les joueurs à analyser le jeu adverse et développer le plan de jeu, (d) encourager les joueurs à être flexible et adapter le plan de jeu, (e) présenter aux joueurs le jeu adverse et leur propre plan de jeu, (f) donner des rôles aux joueurs, (g) mettre en place à l'entraînement ce qui a été dit au briefing, (h) exprimer des attentes élevées de performance, et (i) présenter un modèle à suivre. Les entraîneurs n'ont pas rapporté de comportements de leadership transactionnel.

3.1. La considération individuelle

Ce comportement concerne la focalisation du leader sur les différences interindividuelles et les besoins propres à chaque individu (Callow et al., 2008). Au cours des compétitions majeures (championnats d'Europe, du monde et Jeux Olympiques), les enjeux sont élevés pour les équipes et les nations. Ces enjeux amènent les athlètes à ressentir du stress et de la fatigue, en relation avec un niveau élevé de concentration et les émotions suscitées par les événements (Mesquita, Rosado, Januario & Barroja, 2008). Les résultats ont montré que entraîneurs géraient le stress et la fatigue des athlètes en renforçant leur confiance et en prenant en compte la limitation concomitante de leurs capacités attentionnelles. Par exemple, l'entraîneur 9 a dit :

Avant de jouer la Russie, les joueuses étaient stressées et semblaient avoir une confiance faible dans leurs capacités de réussite. On leur a montré des séquences de jeu difficiles de leur match contre l'Espagne, dans lesquelles elles avaient bien joué. On voulait renforcer leur confiance et les rassurer. »

3.2. La motivation inspirante

La motivation inspirante se réfère à un comportement dans lequel le leader développe une vision positive de l'avenir et inspire les suiveurs pour rendre possible cette vision (Callow et al., 2008). Pour amener les joueurs à réaliser le plan de jeu et atteindre des performances élevées, les entraîneurs renforçaient la motivation des joueurs en valorisant leur sentiment de compétence, et en leur inspirant une vision positive de l'avenir. Ils leur suggéraient des possibilités multiples et ambitieuses, en vue de les amener à se dépasser. Par exemple, l'entraîneur 5 a dit :

Avant la finale, je leur ai dit qu'elles étaient la meilleure équipe que j'avais managé. Je leur ai dit : vous avez énormément travaillé. Vous avez fait votre boulot. Vous pouvez faire un long chemin. Vous pouvez aller très loin...Je voulais les toucher... pour les amener à se dépasser. »

3.3. La stimulation intellectuelle

Ce comportement de leadership se réfère à l'incitation portée aux suiveurs à réfléchir par eux-mêmes, à les aider à trouver eux-mêmes des solutions (Callow et al., 2008). Au cours du match, les

joueurs sont amenés à analyser le jeu adverse, pour s'assurer que les conditions de jeu en cours correspondent à celles anticipées dans le plan de jeu développé dans le briefing. Si elles correspondent, les joueurs appliquent le plan de jeu, sinon, ils adaptent ce plan. Pour faciliter cette analyse et cette adaptation, les entraîneurs rapportaient deux types de comportements : (a) amener les joueurs à analyser le jeu adverse et développer le plan de jeu et, (b) encourager les joueurs à être flexibles et adapter le plan de jeu.

3.3.1. Amener les joueurs à analyser le jeu adverse et développer le plan de jeu

Lorsqu'ils en avaient le temps, les entraîneurs présentaient aux joueurs des séquences vidéo des matches des adversaires et encourageaient les joueurs à analyser les forces et faiblesses des adversaires et les modes de coordination des joueurs les plus fréquents et les plus efficaces. Ils amenaient ensuite les joueurs à définir des tactiques pour s'adapter efficacement à celles des adversaires (i.e., utilisation de règles si... alors). Par exemple, l'entraîneur 8 a dit :

Nous leur montrons des séquences vidéo des adversaires lors des matches récents et les amenons à analyser le jeu adverse. Nous leur demandons d'observer les types de coordinations entre les joueurs et nous leur demandons ce qu'ils pensent qu'ils doivent faire pour casser les coordinations adverses. »

3.3.2. Encourager les joueurs à être flexibles et adapter le plan de jeu

Le plan de jeu est défini avec les joueurs à partir d'une anticipation du jeu probable de l'équipe adverse. Au cours du match, le jeu peut se développer différemment de ce qui a été prévu et les joueurs sont alors amenés à s'ajuster en cours d'action. Pour faire face à l'incertitude du jeu adverse, les entraîneurs encourageaient les joueurs, au cours du briefing, à être flexibles et à adapter le plan s'il s'avérait inefficace. Par exemple, l'entraîneur 6 leur a demandé au cours du visionnage d'une séquence de jeu spécifique :

Et si le ballon vient de ce côté, plutôt que de celui-ci, que faites-vous ? comment jouez-vous ? »

3.4. Le renforcement de l'acceptation des buts du groupe

Ce comportement concerne la façon dont le leader cherche à promouvoir la coopération au sein de l'équipe et à amener les membres de l'équipe à travailler ensemble pour atteindre un but commun (Callow et al., 2008). Les résultats ont montré que pour renforcer l'acceptation des buts du groupe, les entraîneurs utilisaient trois types de comportements : (a) présenter aux joueurs le jeu adverse et leur propre plan de jeu, (b) donner des rôles aux joueurs, (c) mettre en place à l'entraînement ce qui a été dit au briefing.

3.1.1. Présenter aux joueurs le jeu adverse et leur propre plan de jeu

Pour renforcer l'acceptation des buts du groupe, les entraîneurs confrontaient les joueurs à des séquences vidéo des adversaires afin de présenter leur propre évaluation du jeu adverse (forces, faiblesses et coordinations les plus fréquentes) et le plan de jeu à mettre en place. Ils fournissaient une information concise afin que les joueurs puissent la retenir. Par exemple, l'entraîneur 3 a dit :

Nous leur expliquons les systèmes de défense utilisés par les adversaires. Nous expliquons leurs tendances à l'attaque. Nous passons en revue chacun des attaquants. Par exemple, nous leur disons que nous décidons de bloquer la ligne de cet attaquant là, pour l'amener à attaquer la diagonale. »

3.1.2. Donner des rôles aux joueurs

Le plan de jeu définit les types de coordinations des joueurs en relation avec des situations spécifiques. Chaque coordination implique des joueurs particuliers en relation avec leur rôle dans l'équipe (i.e., passeur, attaquant, défenseur au volley-ball), leurs compétences et le développement possible du jeu en relation avec les adversaires. Les résultats ont montré que les entraîneurs donnaient à chacun des joueurs un rôle spécifique et expliquaient ce qu'ils attendaient de chacun d'eux en relation avec ce rôle, pour favoriser le task-work et le team-work. Ainsi, l'entraîneur 3 a dit :

On parle des postes à responsabilités. Nous avons le service qui est commun à tout le monde. Après, y'a le passeur central qui est au milieu du système défensif avec le libéro. On responsabilise beaucoup le libéro sur les lignes de réception. On insiste sur son rôle en défense. »

3.1.3. Mettre en place à l'entraînement ce qui a été dit au briefing

Au cours du briefing, les entraîneurs interrogeaient les athlètes pour s'assurer qu'ils avaient mémorisé les forces et faiblesses des adversaires et le plan de jeu à mettre en place. Pour s'assurer que les joueurs avaient compris et étaient capables d'exécuter le plan de jeu, les entraîneurs amenaient les joueurs à mettre en œuvre les tactiques au cours d'un entraînement. Par exemple, l'entraîneur 7 a dit :

Au cours d'un court entraînement, nous appliquons ce que nous avons dit au briefing, pour nous assurer qu'ils ont bien compris quelles tactiques mettre en œuvre, quand et comment les exécuter. »

3.5. Les attentes élevées de performance

Les attentes élevées de performance renvoient aux demandes d'excellence (Callow et al., 2008). Les équipes étaient impliquées dans des compétitions de très haut niveau et visaient à atteindre l'excellence pour gagner des médailles. Les résultats ont montré que les entraîneurs exprimaient aux joueurs des attentes élevées de performance. Ces comportements verbaux insistaient sur l'importance d'améliorer continuellement leur niveau de jeu et de maintenir leurs efforts. Ainsi, l'entraîneur 2 a dit : « *On a tout à gagner... On doit jouer match par match, s'accrocher contre les plus forts, quoi qu'il arrive, on prend, on avance, on se bat jusqu'au bout, dans tout le match. »*

3.6. La présentation d'un modèle à suivre

La présentation d'un modèle à suivre renvoie aux comportements dans lesquels le leader montre un ensemble de comportements aux suiveurs, en relation avec les valeurs auxquelles il adhère (Callow et al., 2009). Nos résultats montrent que le modèle à suivre concernait des attitudes et des valeurs à adopter. Seuls quatre entraîneurs ont rapporté ce type de comportement. Par exemple, l'entraîneur 1 a dit :

Ce qui était important pour nous, c'était aussi de rentrer dans la compétition, de trouver le bon rythme et de progresser. On n'avait pas l'ambition sur ce premier match de faire notre finale, de faire le meilleur match possible. On avait l'ambition déjà d'afficher des valeurs de sérieux, de concentration, de rigueur... »

Les comportements de leadership les plus fréquemment rapportés concernaient le renforcement de l'acceptation des buts du groupe et la considération individuelle. Les comportements les moins commentés sont liés à la présentation d'un modèle à suivre (voir figure 1).

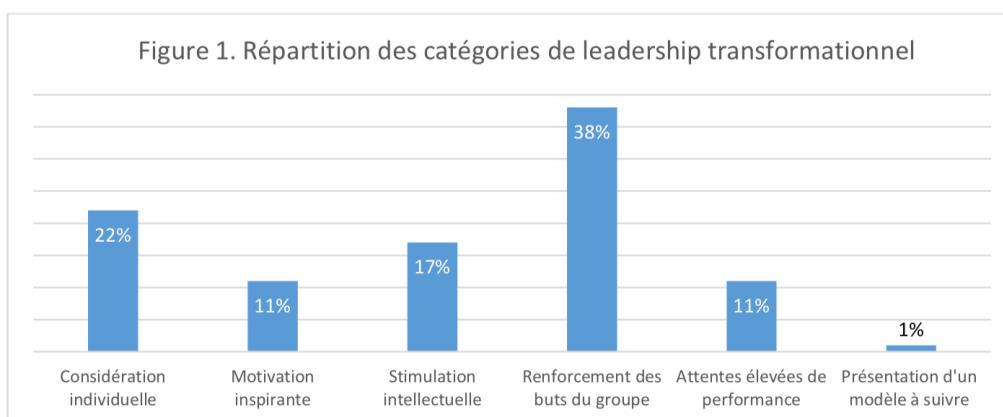


Figure 1. Répartition des catégories de leadership transformationnel

4. DISCUSSION

Le but de cette étude était d'enrichir les connaissances sur le leadership transformationnel en se focalisant sur les comportements de briefing des entraîneurs nationaux de sports collectifs. Cette étude

est la première qui met à jour les comportements de leadership des entraîneurs lorsqu'ils briefent leurs athlètes en compétitions majeures. Ces résultats permettent de compléter les connaissances sur les comportements adoptés par les leaders efficaces en sports de haut niveau. Elle montre que les entraîneurs se comportaient comme des leaders transformationnels, ce qui est consistant avec les travaux de Smith et al. (2017). L'absence de comportement transactionnel dans le briefing est sans doute liée au but du briefing qui s'inscrit sur la projection principale sur l'avenir et non sur le passé. Lors du briefing, les entraîneurs n'indiquaient pas être amenés à récompenser les comportements réalisés par les joueurs en relation aux comportements attendus. Ils étaient plutôt focalisés sur les comportements attendus dans le match à venir.

A travers leurs comportements, les entraîneurs prenaient en compte le stress et la fatigue des athlètes et s'assuraient qu'ils avaient compris les consignes. Cette attention portée aux besoins et au bien-être des athlètes est consistante avec les comportements liés à la considération individuelle modélisés dans le TDLI (Callow et al., 2009) et dans le modèle de Bass (1999) et à la gestion du stress centrée sur le problème à résoudre (Lazarus & Folkman, 1984). Elle suggère que les entraîneurs sont proches des athlètes, comme Jowett et Clark-Carter (2006) ont pu le mettre en évidence dans leur modèle des relations entraîneur-athlète. Cette proximité, source de considération individuelle, semble être particulièrement importante dans les situations à fort enjeu et potentiellement stressantes.

Les résultats ont montré que les entraîneurs présentaient aux joueurs une vision attractive de l'avenir en vue d'aller au-delà de leurs intérêts individuels pour atteindre des succès collectifs. Ces résultats sont consistants avec la dimension liée à la vision inspirée du leadership transformationnel (Bass, 1999 ; Callow et al., 2009), l'augmentation de la motivation à s'engager et performer dans la compétition (Breakley et al., 2009), le renforcement du sentiment de compétence (e.g., Vargas-Tonsing, 2009) et l'instillation de l'optimisme et de la confiance (Lainé et al., 2016). Cette inspiration à se dépasser pour atteindre des performances de très haut niveau fournit un état motivationnel puissant qui semble particulièrement important lorsque les joueurs vivent les périodes difficiles des compétitions majeures (Smith et al., 2017).

Les entraîneurs encourageaient les athlètes à participer au processus de décision à travers l'analyse, le développement et l'adaptation du plan de jeu. Cette stimulation intellectuelle est consistante avec le modèle de Bass (1999), le TDLI (Callow et al., 2009) et l'incitation à la pratique réflexive (Hanton, Cropley, & Lee, 2009). Les entraîneurs amenaient les joueurs à être flexibles dans l'utilisation du plan de jeu et des tactiques collectives. Cette incitation à l'adaptation du plan de jeu suggère une adaptation dans le fonctionnement de l'équipe. Ces résultats sont consistants avec les travaux sur l'adaptation au sein des équipes (Klein, 2009 ; Macquet & Skalek, 2015). En situation complexe, l'absence d'adaptation risque d'aboutir à la perte de contrôle et à l'échec. L'adaptation permet de faire face aux risques imprévus. Macquet et Skalej (2015) ont montré l'importance de l'adaptation en cours d'action chez les basketteurs élite et son impact sur la prise de risque. On peut s'attendre à ce que cette stimulation intellectuelle pour rendre les joueurs flexibles au cours du briefing soit ensuite utilisée au cours du match par les joueurs, comme ont pu le montrer Macquet et Skalej (2015).

Les résultats ont montré que les entraîneurs fournissaient aux joueurs des moyens pragmatiques pour atteindre les buts collectifs (i.e., présentation du jeu adverse et de son propre plan de jeu, attribution de rôles et mise en œuvre du plan de jeu à l'entraînement) ; ces moyens sont consistants avec la composante liée à l'acceptation et au partage de buts communs du modèle du TDLI (Callow et al., 2009) et la fourniture d'informations sur le plan de jeu à adopter (Lainé et al., 2016). On peut s'attendre à ce qu'ils soient source de cohésion opératoire (Smith et al., 2017 ; Lainé et al., 2016) et favorisent le task-work et le team-work (Macquet et al., 2009). La connaissance et l'adhésion au plan de jeu est particulièrement importante en sports collectifs, pour optimiser le fonctionnement de l'équipe et la coordination des joueurs (Eccles & Tran, 2012). Enfin, les comportements de l'entraîneur liés à la mise en œuvre du plan de jeu à l'entraînement permettent de stimuler l'engagement individuel et collectif, s'accorder sur le travail à faire et prévenir les incompréhensions, consistants avec les travaux sur le briefing dans le domaine militaire (e.g., Stanton et al., 2010).

Les entraîneurs ont rapporté qu'ils exprimaient aux joueurs des attentes élevées de performance, en vue d'atteindre un niveau d'excellence. Smith et al. (2017) ont souligné l'importance de coupler des attentes de performances élevées avec de la considération individuelle, en vue d'atteindre des performances élevées. Nos résultats sont consistants avec ces précédents résultats.

Enfin, les résultats ont peu indiqué que les entraîneurs présentaient à leurs joueurs un modèle à suivre. Les entraîneurs pouvaient ne pas être conscients qu'ils fournissaient un modèle à suivre aux joueurs, ce qui ne signifie pas qu'ils ne fournissaient pas un tel modèle. D'autres études sont nécessaires pour vérifier que les entraîneurs présentent un modèle à suivre à leurs joueurs.

Cette étude présente des implications pour l'optimisation des briefings et la construction de programmes de leadership transformationnel centrés sur le développement d'une vision positive de l'avenir, la présentation de défis aux athlètes, un guidage tactique, la participation au processus de décision, l'attention à l'état et aux besoins des athlètes et la proposition d'un modèle à suivre.

Cette étude présente des limites. Elle s'appuie sur les comportements rapportés uniquement par les entraîneurs. D'autres études utilisant le point de vue des athlètes sont nécessaires pour permettre de modéliser les comportements de briefing des entraîneurs lorsqu'ils briefent les joueurs.

Pour conclure, les résultats ont montré que les entraîneurs articulaient des perspectives centrées sur le bien-être des individus et sur tâches à réaliser. La poursuite d'études sur le briefing en relation avec le leadership permettra d'améliorer nos connaissances sur le coaching et les perspectives d'accompagnement personnel et collectif dans des domaines variés.

5. REFERENCES

- Bass, B. M. (1999). Two decades of research and development in transformational leadership. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 8(1), 9-32.
- Breakey, C., Jones, M., Cunningham, C. -T., Holt, N. (2009). Femal athletes' perceptions of a coach's speeches, *International Journal of Sports Sciences & Coaching*, 4(4), 489-504.
- Callow, N., Smith, M. J., Hardy, L., Arthur, C. A., & Hardy, J. (2009). Measurement of transformational leadership and its relationships with team cohesion and performance level. *Journal of Applied Sport Psychology*, 21, 395-412.
- Corbin, J., & Strauss, A. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory. Procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Eccles DW, Tran KB (2012) Getting them on the same page: Strategies for enhancing coordination and communication in sports teams. *J. Sport Psychology in Action*, 3, 30-40. DOI: 10.1080/21520704.2011.649229.
- Hanton, S., Cropley, B., & Lee, S. (2009). Reflective practice, experience, and the interpretation of anxiety symptoms. *Journal of Sports Sciences*, 27, 517-533.
- Jensen, E. (2009). Sensemaking in military planning: A methodological study of command teams, *Cognitive Technology and Work*, 11, 103-118.
- Jowett, S., & Clark-Carter, D. (2006). Perceptions of empathic accuracy and assumed similarity in the HC-athlete relationship. *British Journal of Social Psychology*, 45, 617-637. doi:10.1348/014466605X58609
- Klein, G. A. (2009) *Streetlights and shadows: searching for the keys to adaptive decision-making*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge
- Lainé, M., Mouchet, A., & Sarremejane, P. (2016). Le discours d'avant-match des entraîneurs de rugby : des temps d'intervention enchâssés. In B. Lenzen, D. Dering, B. Poussin, H. Denervaud, & A. Cordoba (Eds.), *Temps, temporalité et intervention en EPS et en sport* (pp. 199-219). Bern: Peter Lang.

- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal and coping*. New York: Springer.
- Macquet, A. - C., Ferrand, C., & Stanton, N. A. (2015). Divide and rule: A qualitative analysis of the debriefing process in elite team sports. *Applied Ergonomics*, *51*, 30-38. doi: 10.1016/j.apergo.2015.04005.
- Macquet, A. -C., & Skalej, V. (2015). Time management in elite sports: How do elite athletes manage time under fatigue and stress conditions? *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, *88*(2), 341-363. doi: 10.1111/joop.12105
- Mesquita, L., Rosado, A., Januario, N., Barroja, E. (2008). Athletes' retention of a coach's instruction before a judo competition. *Journal of Sports Science and Medicine*, *7*, 402-407
- Smith, M. J., Young, D. Y., Figgins, S. G., and Arthur, C. A. (2017). Transformational leadership in elite sport: A qualitative analysis of effective leadership behaviors in cricket. *The Sport Psychologist*, *31*, 1-15.
- Stanton, N. A., Rafferty, L. A., Salmon, P. M., Revell, K. M. A., McMaster, R., Caird-Daley, A., & Cooper-Chapman, C. (2010). Distributed Decision-Making in multihelicopter teams: Case study of mission planning and execution from noncombatant evacuation operation training scenario, *Journal of Cognitive Engineering and Decision-Making*, *4*, 328-353.
- Vargas-Tonsing, T. M. (2009). An exploratory examination of the effects of coaches' pre-game speeches on athletes' perceptions of self-efficacy and emotion. *Journal of Sport Behavior*, *32*, 1, 92-110.
- Von Someren MW, Barnard YF, Sandleberg JAC (1994). The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes. London: Academic Press.
- Zacharatos, A., Barling, & Kellowa, E. K. (2000). Development and effects of transformational leadership in adolescents. *Leadership Quarterly*, *11*, 211-226.

Apports des entretiens d'auto-confrontation basés sur des vidéos oculométriques pour rendre compte des processus d'élaboration de la conscience de la situation

Léonore Bourgeon

Institut de recherche biomédicale des armées – BP73 – 91223 Brétigny-sur-Orge cedex
leonore.bourgeon@intradef.gouv.fr

Vincent Tardan

Institut de recherche biomédicale des armées – BP73 – 91223 Brétigny-sur-Orge cedex
vincent.tardan@intradef.gouv.fr

Baptiste Dozias

Institut de recherche biomédicale des armées – BP73 – 91223 Brétigny-sur-Orge cedex
baptiste.dozias@def.gouv.fr

Françoise Darses

Institut de recherche biomédicale des armées – BP73 – 91223 Brétigny-sur-Orge cedex
francoise.darses@intradef.gouv.fr

RÉSUMÉ

L'élaboration de la Conscience de la Situation (CS) est un facteur déterminant de l'adaptation aux évolutions de la situation au sein des systèmes dynamiques à risques. Comprendre les processus sous-tendant cette élaboration revêt donc un enjeu majeur pour l'amélioration de la sécurité de ces systèmes. Cependant, les nombreuses méthodes existantes, basées sur l'évaluation directe ou indirecte du produit de la CS, ou encore basées sur l'évaluation des indicateurs du processus d'élaboration de la CS, sont souvent critiquées pour leur manque de validité et/ou de fiabilité. L'objectif de cette communication est de présenter les apports d'une nouvelle méthode d'évaluation de la CS consistant en la conduite d'entretiens d'auto-confrontation à partir de vidéos oculométriques. Cette méthode a été appliquée auprès de huit chefs d'équipe de conduite de sous-marin nucléaire d'attaque. Quatre apports principaux sont décrits et illustrés par des extraits d'entretiens. Enfin, les bénéfices et limites de cette méthode sont discutés.

MOTS-CLES

Conscience de la situation ; Entretiens d'auto-confrontation ; Oculométrie ; Système dynamique à risque.

1. INTRODUCTION

Concept largement étudié depuis une trentaine d'années, l'élaboration de la Conscience de la Situation (CS) constitue un enjeu primordial pour l'activité des opérateurs évoluant dans des systèmes socio-techniques complexes à risques tel que le sous-marin. Ils doivent en effet s'adapter à des situations qui évoluent en permanence et où chaque prise de décision peut avoir un impact important sur la sécurité du système. Objet de nombreux débats scientifiques autour de sa définition et de ses mécanismes, le modèle prédominant est celui développé par Endsley (1995a, 2015a) qui définit la CS

comme « la perception des éléments de l'environnement dans un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur sens et une projection de leur état dans un futur proche »¹¹ (Endsley, 1988, p97). Selon l'auteur, la CS est élaborée à partir de trois processus cognitifs hiérarchisés et interdépendants : 1) la perception des éléments de la situation; 2) la compréhension de la situation; 3) la projection de l'évolution de la situation. Selon ce modèle, l'élaboration de la CS est directement influencée par les objectifs et les attentes des opérateurs ainsi que par des facteurs individuels (expérience, connaissances, compétences, ...) et des facteurs liés au système (interfaces, organisation du travail, ...).

Cependant, les processus mis en œuvre par les opérateurs dans la dynamique de l'activité ont été peu mis en évidence. Ce constat peut être expliqué par les différentes méthodes utilisées pour évaluer la CS que l'on peut classer en trois catégories principales :

a) *les méthodes basées sur l'évaluation directe du produit de la CS* où l'opérateur est questionné, pendant l'activité ou *a posteriori*, sur l'état de sa conscience de la situation, soit par des questions objectives conçues à partir de la situation rencontrée par l'opérateur, soit par des questions subjectives. Le questionnaire le plus fréquemment utilisé dans ce type de méthode est le SAGAT (*Situation Awareness Global Assessment Technique*) (Endsley, 1995b). Les principaux inconvénients de ce type de méthode sont liés à l'interférence induite sur l'activité de l'opérateur et le manque de validité des réponses obtenues aux questions subjectives ;

b) *les méthodes basées sur l'évaluation indirecte du produit de la CS* par la prise en compte d'un autre indicateur de l'activité plus facilement mesurable. C'est le cas de l'évaluation de la performance avec le postulat que si la performance est réussie, cela implique une bonne qualité de CS. L'inconvénient principal est le risque de manque de validité lié au postulat. De nombreux exemples ont montré qu'un opérateur peut réussir à atteindre l'objectif visé tout en ayant développé une conscience de la situation erronée ;

c) *les méthodes basées sur l'évaluation des indicateurs du processus d'élaboration de la CS* à partir de l'analyse des comportements observables au cours de l'activité. Les techniques principalement utilisées sont l'oculométrie et l'analyse de protocoles verbaux. Le postulat sous-jacent est l'existence d'une corrélation positive entre le temps de fixation oculaire sur un élément important de la situation et la qualité de la CS (Moore & Gugerty, 2010). Pour l'analyse des protocoles verbaux, le postulat est l'existence d'une corrélation positive entre une fréquence élevée d'échanges verbaux portant sur les niveaux élevés de CS et la qualité de la CS (Tardan et al, 2016 ; Lee et al, 2012). L'une des critiques portée à ce type de méthode est le manque de validité lié au caractère indirect de cette mesure.

Pour rendre compte des processus d'élaboration de la CS, il nous semble que les méthodes existantes ne sont pas suffisantes et présentent de nombreux biais. Les deux premières catégories de méthode portent sur le produit de la CS et permettent difficilement de mettre en évidence les processus d'élaboration de la CS, tandis que la troisième catégorie qui pourrait être pertinente pour rendre compte de ces processus manque de validité par son caractère indirect.

L'élaboration de la CS étant sous-tendue par des processus cognitifs aussi bien sub-symboliques que symboliques, il nous semble indispensable de privilégier les entretiens pour accéder à ces processus et en particulier les entretiens d'auto-confrontation qui présentent l'intérêt de resituer l'opérateur dans son activité et ainsi l'amener à verbaliser les déterminants de ses prises de décision, ses ressentis et peut l'aider à conscientiser les parties peu conscientes de son activité (Cahour, Salembier & Zouinar, 2016 ; Cahour et Licoppe, 2010 ; Mollo & Falzon, 2004). De plus, dans les systèmes socio-techniques complexes, la part de la prise d'informations visuelles fournies par les interfaces étant très importante, il nous semble que l'oculométrie est une technique particulièrement pertinente pour évaluer les processus d'élaboration de la CS. Le biais lié à la mesure indirecte serait alors réduit par l'auto-confrontation où l'opérateur pourra expliciter ses prises d'informations visuelles. Cette

¹¹ "The perception of the elements in the environment within a volume of time and space, comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future"

technique est par ailleurs utilisée avec succès dans le cadre de l'analyse de performance sportive ou encore médicale (O'meara et al, 2015 ; Omodei, McLennan & Withford, 1998).

Nous proposons de décrire cette nouvelle méthode d'évaluation des processus d'élaboration de la CS par entretiens d'auto-confrontation basées sur des vidéos oculométriques que nous avons mise en place auprès de sous-marinières en contexte de simulation. Les apports et les limites de cette méthode seront discutés.

2. METHODE

2.1. Participants

Notre méthode d'évaluation des processus d'élaboration de la CS a été mise en place dans le cadre d'un projet visant à développer une formation aux compétences non techniques au profit des équipes de sous-marinières conduisant les Sous-marinières Nucléaires d'Attaque (SNA). Nos observations se sont déroulées durant les phases d'entraînement en simulateur auprès des équipes « sécurité-plongée » composées de trois opérateurs :

- Le Maître de Centrale (MDC) qui est le chef d'équipe. Il est responsable de la conduite et de la sécurité du bâtiment. Dans ce but, son rôle est de superviser et coordonner l'activité des membres de l'équipe en fonction des ordres opérationnels émis par le commandement. Il est responsable des décisions prises par l'équipe ;

- L'opérateur Tableau Sécurité-Plongée (TSP) qui doit contrôler en permanence l'état des installations techniques grâce à des interfaces dédiées ;

- Le barreur (BAR) qui est responsable de la conduite du sous-marin grâce à des interfaces dédiées.

Le MDC peut également interagir directement en face à face avec un représentant du commandement : l'Officier Chef de Quart (OCQ), responsable de la conduite des opérations et qui relaie les ordres opérationnels auprès du MDC.

L'activité du MDC est en grande partie centrée sur la prise d'informations auprès des opérateurs concernant l'état et la position du sous-marin, soit par échange verbal, soit par la prise d'informations visuelles sur les interfaces. A partir de ces informations, il élabore une représentation de la situation qui lui permet de prendre des décisions répondant aux besoins opérationnels tout en garantissant la sécurité du sous-marin.

Nos observations ont porté sur huit équipes. Les MDC étaient âgés en moyenne de 33 ans (± 3 ans) avec une expérience à bord des sous-marinières de 10 missions en moyenne (± 3) variant de 4 à 14 missions. Leur expérience en tant que MDC variait de 0 à 3 missions.

2.2. Matériels

Les observations ont été réalisées lors d'une séance d'entraînement en simulateur pleine échelle. Toutes les équipes étaient confrontées au même scénario correspondant au plus haut niveau de difficulté de leurs sessions d'entraînement puisqu'ils devaient faire face à différents risques simultanément : risques liés à l'état et à la position du sous-marin (survenue de deux avaries) et risques liés aux menaces extérieures (faible profondeur des eaux et présence de bateaux en surface).

Le MDC était équipé de lunettes oculométriques portatives *ASL Mobil'Eyes* composé d'un capteur monoculaire et échantillonné à 30 hertz. Ces lunettes ne pèsent que 78 grammes, ce qui est très peu gênant pour les opérateurs. Ces lunettes sont également équipées d'un micro qui permet une restitution des échanges verbaux de bonne qualité.

Par ailleurs, quatre caméras fixées à l'intérieur du simulateur enregistraient l'activité de l'ensemble des membres de l'équipe. Ceux-ci étaient tous équipés de micro-cravates afin d'accéder à leurs verbalisations en cas de doute.

2.3. Entretiens d'auto-confrontation avec vidéos oculométriques

Réalisés à l'issue de la simulation, les entretiens étaient basés sur la visualisation de vidéos oculométriques positionnées au même événement du scénario pour tous les participants. Cela nous permettait de pouvoir comparer d'éventuelles stratégies en fonction des événements rencontrés. Les participants visionnaient la vidéo oculométrique de leur propre activité et l'expérimentateur la stoppait dès qu'une nouvelle zone de direction du regard était fixée, lors d'un nouveau chemin visuel ou à la survenue d'un événement particulier. Certains participants arrêtaient d'eux-même la vidéo afin de décrire un élément important de leur activité.

Le but de l'entretien était que le MDC décrive et explicite son comportement visuel et ses actions, verbalise sa représentation de la situation ainsi que son raisonnement. Pour cela, l'interviewer pouvait le guider à travers des questions qui relayaient les 3 niveaux de CS. Par exemple, niveau 1 : "A ce moment-là, sur quoi portait votre attention ?", "Etiez-vous en train de regarder quelque chose en particulier ?", " Etiez-vous en train d'écouter la conversation qui se déroulait à ce moment entre les autres opérateurs ou est-ce que votre attention portait sur autre chose ?" ; niveau 2 : "A ce moment-là, que compreniez-vous de la situation ?", "à ce moment-là, quel était votre but ?", "A ce moment-là, quelle était votre intention ?" ; niveau 3 : "Quelles conséquences pensiez-vous que votre décision aurait sur l'évolution de la situation?".

Les entretiens ont duré en moyenne 46 min (\pm 20 min).

3. APPORTS DES ENTRETIENS D'AUTO-CONFRONTATION AVEC VIDEOS OCULOMÉTRIQUES

L'analyse des huit entretiens nous ont permis de mettre évidence quatre apports principaux :

- Rendre compte des processus sous-tendant la détection d'informations grâce à l'identification de l'allocation de l'attention

Dans ce type de situation où les opérateurs travaillent en équipe et où les prises d'informations composent une partie importante de leur activité, l'attention n'est pas seulement portée par le canal visuel. Le canal auditif est tout aussi important puisque chaque opérateur est amené à écouter les échanges verbaux entre les autres membres de l'équipe pour maintenir sa CS. En se confrontant aux traces de la direction de son regard grâce aux vidéos oculométriques, l'opérateur peut confirmer ou infirmer les informations qu'il a détectées tout en explicitant les déterminants de ces prises d'informations. Ainsi, des stratégies d'allocation de l'attention sur différents canaux sensoriels ont pu être mises en évidence.

Dans l'extrait d'entretien suivant, le MDC explique qu'il dirige son attention auditive sur deux opérateurs et recherche simultanément une information visuelle sur l'interface d'un troisième, le tout dans un même but : s'assurer que son ordre de pomper est bien mis en œuvre.

Interviewer.— "Là, vous avez donné une directive au TSP, pendant que vous regardez ce que fait le BAR. Est-ce que vous écoutez le TSP pendant que vous regardez le... ?"

MDC6.— "Oui, quand je lui demande de faire quelque chose [au TSP], par exemple ce que je viens de demander, de pomper 300 litres, je regarde ce que fait le BAR. J'écoute le Commandant qui était derrière en même temps et j'écoute également le TSP. Sans le regarder, je sais qu'il vient de le demander, donc je m'attends quelque part à ce qu'on va commencer à pomper. La personne qui est en bas va lui dire : c'est bon, je commence à pomper. En même temps, au-dessus du poste de pilotage, en fait, on a un petit indicateur de vitesse ascensionnelle. Donc en regardant le capteur qui est là-haut, je me rends compte ou pas si on pompe ou pas."

Cet exemple met bien en évidence un processus d'élaboration de la CS par l'articulation entre ordre donné et prises d'informations visuelles et auditives, visant à surveiller l'évolution de la situation et à vérifier l'écart ou non avec les attentes du MDC relatives aux conséquences du pompage sur la vitesse ascensionnelle.

- Rendre compte des processus de compréhension et de projection de l'évolution de la situation grâce à l'explicitation du raisonnement sous-tendant les comportements observés

Les explicitations données lors des entretiens permettent aux opérateurs de verbaliser leur raisonnement, leur compréhension de la situation ainsi que les évolutions de la situation qu'ils attendaient. Ces phases de construction de la conscience de la situation sont très importantes à recueillir or elles sont souvent peu verbalisées lors de l'activité. En effet, de nombreux implicites sont partagés entre les membres d'une équipe experts d'une tâche, ce qui conduit les opérateurs à donner des ordres directement après le partage d'informations, sans verbaliser les phases de compréhension et d'anticipation de la situation de la CS.

Dans l'exemple suivant, l'entretien a permis de recueillir des processus d'élaboration de CS à travers le constat d'un écart entre l'évolution de la situation telle que le MDC l'attendait et l'évolution réelle.

MDC3.— *“Je regarde en fait au niveau du collecteur d'air HP qu'on a bien une cohérence par rapport au fait qu'on était en train de prendre une charge en air. Et là après, je regarde la pression atmosphérique qui aurait dû baisser, du fait qu'on pompe l'air à bord. Et là, en réalité, on a bien une baisse dès le départ mais elle est remontée. Ce qui est complètement incohérent. Donc moi, à partir de ce moment-là, je sais qu'il y a une fuite d'air à bord.”*

Cet extrait met en évidence la compréhension de la situation du MDC et ses attentes vis-à-vis de l'évolution de la situation. L'écart qu'il a détecté lui permet de comprendre que la situation a changé et d'identifier qu'il se trouve dans une situation problématique de fuite d'air à bord.

- Pallier les déficits mnésiques grâce à l'ancrage vidéo

Dans les activités expertes, de nombreuses informations sont traitées de manière automatique à un faible niveau de conscience. Aussi, il peut être difficile pour l'opérateur de se remémorer cette activité mentale et de le verbaliser. Se confronter aux vidéos de sa propre activité, peut servir d'ancrage et aider à pallier ces déficits mnésiques.

Dans l'extrait suivant, le MDC décrit un balayage visuel automatisé où il vérifie que l'information sur son interface correspond bien à une annonce verbale qui vient d'être réalisée.

Interviewer.— *“Donc là, vous venez d'écouter son message. Et là, vous êtes en train de regarder quelque chose ?”*

MDC5.— *“Oui, je ne sais plus ce que c'est. Je ne sais plus. Je sais que... enfin si, je contrôle que l'aérien est bien vu affalé et ... qu'est-ce que je fais ? J'en profite pour faire un tour de pupitre complet. »*

Cet extrait révèle que, dans un premier temps, le MDC ne semble pas se rappeler sur quelles zones de l'interface portait son balayage visuel ni dans quel but, ce qui illustre le faible niveau de conscience de cette action. Le visionnage de la vidéo oculométrique lui a permis de restituer cette stratégie visuelle.

- Accéder à l'expérience émotionnelle

L'expérience émotionnelle est un ressenti subjectif vécu par un individu. Ce ressenti n'est pas forcément exprimé. L'entretien d'auto-confrontation avec ancrage visuel peut permettre de stimuler cette expression si elle est utile pour comprendre l'activité. Un ressenti de stress peut par exemple influencer les choix d'actions de l'opérateur sans que ce lien ne soit exprimé verbalement. Dans ce cas, les entretiens d'auto-confrontation a posteriori sont effectivement un moyen de le mettre en évidence.

Dans l'exemple suivant, le MDC décrit un stress ressenti face à une avarie récurrente sur laquelle il ne peut agir de manière efficace.

Interviewer.— *“Vous essayez de gérer l'avarie ?”*

MDC7.— *“De la station d'huile, qui finalement n'est pas une avarie qui nous pénalise énormément finalement, mais comme elle est revenue assez régulièrement pendant toute la plateforme, au bout d'un*

moment, c'est assez stressant de revoir tout le temps la même avarie et de voir que ça ne change pas, qu'on n'arrive pas à trouver de solution. (...). Ça arrive souvent dans la réalité qu'on ait des stations dégradées, et du coup après, on s'habitue. Mais là, on a des défauts, le défaut de la station d'huile qui revient, qui est récurrent, et ça met un petit peu de stress parce qu'on dit : est-ce que j'ai fait tout ce qu'il fallait ? Est-ce que je suis allé jusqu'au bout dans le traitement de cette avarie pour qu'on puisse améliorer la situation ou pas ?”

La verbalisation du ressenti de stress par le MDC permet ici de mettre en évidence une stratégie de recherche de solutions concernant une avarie mineure, au détriment de la recherche de solutions pour les avaries plus importantes rencontrées au cours du scénario.

4. DISCUSSION

La conduite d'entretiens d'auto-confrontation basés sur des vidéos oculométriques fournit des perspectives intéressantes pour rendre compte des processus d'élaboration de la CS. En effet, l'application de cette méthode auprès de huit chefs d'équipe de conduite de sous-marins nucléaires d'attaque a permis de mettre en évidence quatre apports principaux : la mise en évidence des processus sous-tendant la détection d'informations grâce à l'identification de l'allocation de l'attention visuelle permise par les enregistrements oculométriques mais également des autres canaux sensoriels grâce à l'explicitation fournie par les opérateurs, la mise en évidence des processus de compréhension et de projection de l'évolution de la situation grâce à l'explicitation par l'opérateur du raisonnement sous-tendant les comportements observés, la possibilité de pallier les déficits mnésiques grâce à l'ancrage vidéo et l'accès à l'expérience émotionnelle qui peut influencer les processus de décision. Ces premiers résultats montrent que cette méthode permet de recueillir des données très riches et précises sur les processus en jeu dans l'élaboration de la conscience de la situation. En ce sens, elle nous semble plus appropriée que celles classiquement utilisées, décrites dans le chapitre 1, qui fournissent peu d'informations sur les processus en jeu. Toutefois, une étude systématique devrait être réalisée afin de vérifier les niveaux de validité et de fiabilité.

De plus, cette méthode présente plusieurs limites à prendre en compte, dont le temps nécessaire à la conduite de l'entretien et la possibilité technique de porter des lunettes oculométriques en situation réelle.

A la lumière des résultats, cette méthode peut constituer une alternative adaptée pour mettre en évidence les processus d'élaboration de la conscience de la situation. De plus, dans le contexte de la conception de formation, l'utilisation de cette méthode a été bénéfique car elle a permis de révéler des stratégies appliquées par les opérateurs peu explicitées par ailleurs. Ces connaissances ont ainsi pu être intégrées dans le contenu de la formation. Cette méthode peut ainsi être également utilisée pour mieux rendre compte de l'activité cognitive des opérateurs au sein de systèmes socio-techniques complexes.

5. REMERCIEMENTS

Cette étude exploratoire a bénéficié d'un financement de la Direction Générale de l'Armement (DGA) dans le cadre du projet IMMERSION. Les auteurs remercient tous les participants ainsi que les collaborateurs de l'école de navigation sous-marine de Toulon.

6. BIBLIOGRAPHIE

Cahour, B., & Licoppe, C. (2010). Confrontations with traces of one's own activity. *Revue d'anthropologie des connaissances* 4(2), a-k.

Cahour, B., Salembier, P., & Zouinar, M. (2016). Analyzing lived experience of activity. *Le Travail Humain*, 79(3), 259–283.

- Endsley, M.R. (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. *Proceedings of the Human Factors Society 32st Annual Meeting*, pp. 97-101. Human Factors Society : Santa Monica, USA.
- Endsley, M.R. (1995a). Towards a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37, 32–64.
- Endsley, M.R.: Measurement of Situation Awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37, 65–84 (1995b).
- Endsley, M.R. (2015a). Situation awareness misconceptions and misunderstandings. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 9(1), 4–32.
- Endsley, M.R. (2015b). Final reflections: Situation Awareness models and measures. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1), 101–111.
- Lee, S. W., Park, J., Kim, A. r., & Seong, P. H. (2012). Measuring situation awareness of operation teams in NPPs using a verbal protocol analysis. *Annals of Nuclear Energy*, 43, 167–175.
- Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto- and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied Ergonomics*, 35, 531–540.
- Moore, K., & Gugerty, L. (2010). Development of a novel measure of situation awareness: The case for eye movement analysis. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 54th Annual Meeting*, 1650–1654.
- O’Meara, P., Munro, G., Williams, B., Cooper, S., Bogossian, F., Ross, L., Sparkes, L., & McClounan, M. (2015). Developing Situation Awareness amongst nursing and paramedicine students utilizing eye tracking technology and video debriefing techniques: A proof of concept paper. *International Emergency Nursing*, 23, 94–99.
- Omodei, M.M., McLennan, J., & Withford, P. (1998). Using a head-mounted video camera and two-stage replay to enhance orienteering performance. *International Journal of Sport Psychology*, 29, 115–131.
- Salmon, P.M., Stanton, N.E., Walker, G.H., Jenkins, D., Ladva, D., Rafferty, L., & Young, M. (2009). Measuring Situation Awareness in complex systems: Comparison of measures study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 490–500.
- Tardan, V., Bourgeon, L., & Darses, F. (2016). How do team leaders elaborate situation awareness?: An exploratory study in nuclear submarine simulator. *Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics*, Article No. 21. ACM : New York, USA.

Session 3 – Santé/Handicap

Effets des manuels d'utilisation sur l'utilisabilité des dispositifs médicaux : Les cas d'un tensiomètre et d'un oxymètre de pouls

Noémie Chaniaud

CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
noemie.chaniaud@u-picardie.fr

Emilie Loup-Escande

CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
emilie.loup-escande@u-picardie.fr

Natacha Métayer

CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
natacha.metayer@u-picardie.fr

Olga Megalakaki

CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
olga.megalakaki@u-picardie.fr

RÉSUMÉ

Les dispositifs médicaux à domicile semblent être un moyen rentable de faire face aux besoins croissants de santé. Cependant, ces dispositifs médicaux peuvent être complexes à utiliser ce qui peut mettre en péril la sécurité du patient. Un marquage de conformité européenne (CE) se basant sur les normes de qualité, de sécurité (ISO/IEC 62366-1, 2015) et d'utilisabilité (ISO 9241-11, 2018) est aujourd'hui nécessaire pour la commercialisation de ces produits. Toutefois, l'évaluation de l'utilisabilité reste un débat houleux dans la communauté scientifique. Nous avons donc entrepris d'observer si ce marquage de conformité européenne était suffisant pour limiter les erreurs d'utilisation sur un tensiomètre et sur un oxymètre de pouls (tous deux comprenant le sigle « CE ») disponible au grand public. Pour cela, 51 étudiants de psychologie répartis en deux groupes (avec notice et sans notice) ont manipulé ces deux objets. Nous avons pu mettre en évidence l'importance des manuels d'utilisation et de la dangerosité des erreurs de manipulation ainsi que des tests utilisateurs centrés sur l'utilisabilité.

MOTS-CLES

Evaluation ; Utilisabilité ; Dispositifs médicaux ; Sécurité du patient ; e-santé.

1. INTRODUCTION

Les professionnels de santé prescrivent de plus en plus de dispositifs médicaux pour leurs patients dans un but de les rendre actifs dans leur santé et de décongestionner les hôpitaux. Ces

dispositifs utilisables au domicile du patient, disponibles pour le grand public, doivent convenir à tous les types de population, indépendamment de l'environnement dans lequel ils sont utilisés. Cependant, certains d'entre eux peuvent être particulièrement complexes à manipuler. Si le produit est mal conçu, cette complexité peut engendrer des erreurs d'utilisation ayant d'importantes répercussions sur la sécurité et donc sur la santé du patient. Ainsi, les concepteurs ont une responsabilité importante, et doivent simplifier l'utilisation de ces dispositifs.

Cette communication propose une étude de l'utilisabilité de deux dispositifs (un tensiomètre et un oxymètre de pouls) certifié « Conformité Européenne » non invasif appartenant à la classe IIa (degré moyen de risque) des dispositifs médicaux, disponible au grand public.

2. ETAT DE L'ART : EVALUATION DES DISPOSITIFS MEDICAUX A DOMICILE

2.1. Caractéristiques des dispositifs médicaux

Pour commercialiser un dispositif médical, celui-ci doit obtenir une marque de « *conformité européenne* » (CE). Ce marquage sert à approuver l'utilisabilité (selon la norme ISO 9241-11, 2018 dans un contexte spécifique d'utilisation) et la sécurité (selon la norme ISO/IEC 62366-1, 2015) du dispositif. Il impose par ailleurs l'intégration obligatoire d'une notice d'utilisation pour les dispositifs classés IIa (degré moyen de risque). Les méthodologies centrées sur l'utilisateur (LeRouge & Wickramasinghe, 2013) sont autant de moyens pour répondre aux normes de qualité, de sécurité et d'utilisabilité imposées par le marquage européen. Malgré tous ces standards, il semblerait que des problèmes d'ergonomie persistent et seraient dus pour la plupart à des problèmes d'utilisabilité (Peute, Spithoven, Bakker, & Jaspers, 2008).

2.2. L'utilisabilité

2.2.1. Définition de l'utilisabilité

Selon la norme ISO 9241-11 (2018), l'utilisabilité est définie comme le « *degré selon lequel un système, un produit ou un service peut être utilisé, par des utilisateurs spécifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié* ». Ce cadre permet de stabiliser l'utilisabilité autour de trois dimensions principales largement utilisées dans le domaine de la e-santé (e.g. Georgsson & Staggers, 2016; Yen & Bakken, 2012).

2.2.2. Evaluation de l'utilisabilité

Afin d'obtenir des outils de santé adaptés aux caractéristiques du contexte d'utilisation, des évaluations ergonomiques doivent être présentes tout au long du processus de conception. Cela signifie qu'il faut impliquer des experts en ergonomie dès les premières phases de conception (Marcus, 2005). Afin d'obtenir une mesure fiable de l'utilisabilité, il est nécessaire de choisir des méthodes adaptées (Jaspers, 2009) en fonction du contexte d'utilisation (Yen & Bakken, 2012). Mais surtout ce couplage de méthodes doit permettre d'évaluer les trois dimensions (*efficacité, efficience et satisfaction*) (tableau 1) de manière indépendante (Georgsson & Staggers, 2016).

Tableau 1 : Définition des trois principales composantes de l'utilisabilité selon ISO 9241-11 (2018)

<i>Efficacité</i>	Exactitude et exhaustivité avec lesquelles les utilisateurs atteignent les objectifs fixés.
<i>Efficience</i>	Ressources utilisées par rapport aux résultats obtenus (les ressources typiques comprennent le temps, l'effort humain, les coûts et le matériel).
<i>Satisfaction</i>	Mesures dans lesquelles les réponses physiques, cognitives et émotionnelles de l'utilisateur résultant de l'utilisation d'un système, d'un produit ou d'un service répondent aux besoins et attentes de l'utilisateur.

2.2.3. Contexte d'usage de l'utilisabilité

D'après la norme ISO 9241-11 (2018), le résultat de l'utilisabilité est influencé par le contexte dans lequel le produit est manipulé. Cette norme définit quatre déterminants de l'utilisabilité : *les*

utilisateurs (l'âge, le niveau de littératie en santé, le niveau de technophilie, le profil santé...), *l'environnement* (le domicile du patient, l'hôpital...), *l'objectif/ la tâche* (ici il s'agit de prendre sa tension et son taux d'oxygène), et enfin *les ressources* (les formations, la notice d'utilisation...). D'après la norme ISO 9241-11 (2018), la présence d'une notice d'utilisation ainsi que son format auraient un impact sur le résultat de l'utilisabilité. Dans cet acte, nous nous concentrerons exclusivement sur l'effet du manuel d'utilisation sur la mesure de l'utilisabilité.

3. PROBLEMATIQUE

Nous avons entrepris de vérifier le résultat de l'utilisabilité de deux dispositifs médicaux à domicile, en l'occurrence un tensiomètre connecté et un oxymètre de pouls connecté également, possédant tous deux un marquage CE. Le but de notre étude est de caractériser les effets de la présence de manuels d'utilisation (notice) sur le résultat de l'utilisabilité d'un dispositif médical à destination du grand public. Pour ce faire, nous mesurons l'utilisabilité en mobilisant des utilisateurs et nous tentons d'identifier les apports des notices.

4. METHODE : ETUDE EXPERIMENTALE

4.1. Participants

Nous avons demandé à 51 étudiants ($M = 20.67$ ans, $ET = 1.21$; 36 femmes, 15 hommes) de licence en psychologie de l'Université Picardie Jules Verne d'utiliser un tensiomètre et un oxymètre de pouls (de manière randomisée). Les participants ont été répartis en deux groupes : avec notice ($N = 26$) et sans notice ($N = 25$). Tous les participants étaient de langue maternelle française et ont signé un formulaire de consentement éclairé.

4.2. Matériel

Le tensiomètre (iHealth BP7S, figure 1 à gauche) disponible en grande surface permet d'afficher, une fois la mesure prise, la tension systolique (SYS) et diastolique (DIA) en mmHg (millimètre de mercure), ainsi que la fréquence cardiaque (PUL) directement sur le boîtier du tensiomètre.

L'oxymètre de pouls (iHealth PO3, figure 1 à droite) indique le niveau d'oxygène dans le sang en %SpO2, ainsi que le pouls en PR bpm (battement par minute). Comme pour le tensiomètre, les mesures restent affichées sur le boîtier de l'appareil.

Ces objets fonctionnent normalement avec une application sur smartphone mais peuvent être utilisés sans ce dispositif. Ce matériel a été sélectionné car il fera l'objet d'un kit pour patient et sera livré avec une notice sur tablette dans le cadre du projet *Smart Angel*, projet de monitoring des patients en chirurgie ambulatoire.



Figure 1. Le tensiomètre (iHealth BP7S) à gauche, et l'oxymètre de pouls (iHealth PO3) à droite.

4.3. Procédure

Nous avons demandé aux participants de prendre leur tension et leur taux d'oxygène. Ces tâches sont détaillées dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Description des tâches demandées aux participants en fonction de l'utilisation du tensiomètre ou de l'oxymètre de poils.

Tensiomètre	Oxymètre de poils
(1) positionner correctement le tensiomètre/l'oxymètre	
(2) l'allumer	
(3) incliner l'avant-bras avec un système de flèches lumineuses présentes sur le tensiomètre pour aider à trouver le bon angle pour commencer la mesure	
(4) lancer la mesure	
(5) interpréter les symboles (par exemple, SYS pour systolique, ou SpO2 pour la saturation en oxygène)	
(6) interpréter les résultats	
(7) éteindre l'appareil	

Le fabricant fournit un petit schéma étiqueté sur le bracelet du tensiomètre. Il propose aussi un manuel d'utilisation pour les deux appareils. Les participants étaient seuls dans la pièce et ne pouvaient interagir avec un expérimentateur qu'en cas de problème technique. Ils ont été filmés pendant leur passation. Une fois la prise de mesure réalisée, les participants devaient inscrire leurs données sur une feuille prévue à cet effet. A la fin de la manipulation, les participants étaient invités à répondre au questionnaire System Usability Scale (SUS).

4.4. Codage des données

Nous avons analysé l'utilisabilité du dispositif en nous basant sur les métriques de la norme ISO 9241-11 : 2018 indiquées ci-dessous :

- Efficacité : nombre d'erreurs d'utilisation (par exemple, le participant met le brassard du tensiomètre à l'envers)
- Efficience : temps de manipulation de la tâche (à partir de la première action réalisée par le participant jusqu'à l'extinction du dispositif)
- Satisfaction : Mesure du questionnaire System Usability Scale (Bangor, Kortum & Miller, 2008).

Les vidéos ont été codées à l'aide du logiciel BORIS. Les données recueillies ont ensuite été analysées avec le logiciel SPSS. Les résultats n'étant pas homogènes, nous avons utilisé des tests non paramétriques (test U de Mann-Whitney).

5. RESULTATS

Nous avons observé que l'utilisation du tensiomètre sans notice comprenait un nombre très important d'abandons (tableau 3). En effet, 8 participants ont abandonné leur manipulation alors qu'aucun autre groupe ne compte d'abandon.

5.1. Efficacité

Les erreurs de manipulation restent plus élevées pour l'utilisation de l'oxymètre (M = 1.35, ET = 1.074) que pour le tensiomètre (M = 1.80, ET = 2.1). En revanche, l'implantation d'une notice d'utilisation influence positivement et significativement le nombre d'erreurs de manipulation du tensiomètre (U = 82, $p > .000$) ce qui n'est pas le cas pour l'oxymètre (U = 229.5, $p = .051$). En effet, le nombre d'erreurs sur le tensiomètre est passé d'une moyenne de 3.16 (ET = 2.09) pour le groupe sans notice à 0.50 (ET = 0.72) avec notice. Ces données sont présentées dans la figure 2 ci-dessous :

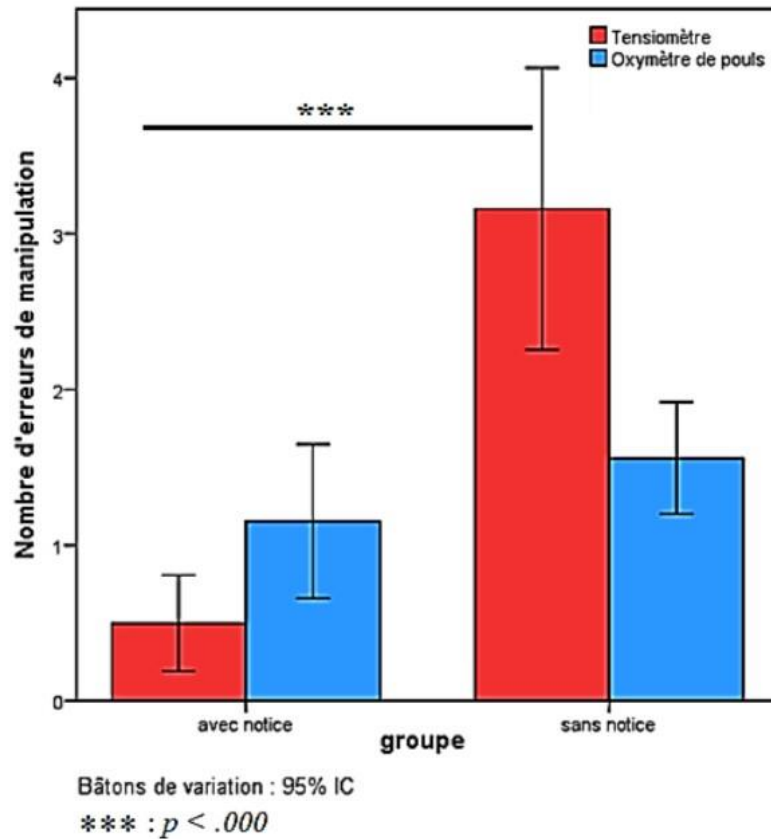


Figure 2. Représentation graphique du nombre d'erreurs de manipulation du tensiomètre et de l'oxymètre de pouls en fonction de la présence d'une notice.

5.2. Efficience

Le temps de manipulation du tensiomètre est aussi significativement réduit ($U = 142, P = 0.001$) lorsque le participant possède une notice ($M = 248.19s, ET = 98.65$) que lorsqu'il n'en a pas ($M = 271.77, ET = 158.21$). Ce résultat n'est pas applicable à l'oxymètre ($U = 320, p = .925$).

5.3. Satisfaction

Les participants ont noté le tensiomètre sur le score SUS de 47.5/100 en moyenne ($ET = 24.23$) ce qui correspond à « not acceptable » pour le groupe sans notice. En revanche, le groupe avec notice ont noté l'appareil à 75.7/100 en moyenne ($ET = 14.01$) ce qui correspond à « acceptable » d'après l'interprétation de Bangor, Kortum et Miller (2008). Cette différence est significative d'après le test U de Mann-Whitney ($U = 97, p > .000$). Tout comme le temps de manipulation, ces résultats ne sont pas transférables sur l'oxymètre puisqu'ils ne sont pas significatifs ($U = 317, p = .88$). Avec ou sans notice, le score SUS de l'oxymètre est considéré comme « acceptable » d'après l'interprétation de Bangor, Kortum et Miller (2008).

5.4. Bilan

Enfin, il est aussi important de signaler qu'aucun participant n'a réussi à donner sa mesure de tension exacte et encore moins à l'interpréter. À l'inverse, 57% des participants ont annoncé correctement leur taux d'oxygène.

Tableau 3 : Résultats des mesures d'utilisabilité du tensiomètre et de l'oxymètre (avec et sans notice)

N=51		Nombre d'abandon	Nombre d'erreurs de manipulations (efficacité)	Temps de manipulation en seconde (efficience)	Score SUS (satisfaction)
Tensiomètre	Avec notice (sur tablette)	N = 0	M = 0.50 ET = 0.72	M = 248.19 ET = 98.65	M = 75.77 ET = 14.01
	Sans notice	N = 8	M = 3.16 ET = 2.19	M = 271.77 ET = 158.21	M = 41.40 ET = 24.23
	U de Mann-Whitney		U = 82, p > .000***	U = 142, P = 0.001***	U = 97, p > .000***
Oxymètre de pouls	Avec notice (sur tablette)	N = 0	M = 1.15 ET = 1.23	M = 242.88 ET = 112.71	M = 69.58 ET = 17.4
	Sans notice	N = 0	M = 1.56 ET = 1.22	M = 62.02 ET = 66.12	M = 67.36 ET = 19.17
	U de Mann-Whitney		U = 229.5, p = .051	U = 320, p = .925	U = 317, p = .88

*** = $p < .001$

6. DISCUSSION

Cette étude exploratoire avait pour objectif d'évaluer l'utilisabilité d'un tensiomètre et d'un oxymètre de pouls connectés détenteurs d'un marquage CE (conformité européenne). Ces deux objets appartiennent à la classe IIa, soit comprenant un risque « moyen » et de ce fait, doivent obligatoirement être fournis avec un manuel d'utilisation.

Nos résultats ont montré l'importance de cette notice d'utilisation surtout pour le tensiomètre. En effet, cet objet est bien plus complexe à utiliser que l'oxymètre. Il nécessite douze étapes dans la notice contre neuf pour l'oxymètre de pouls. Ainsi, le tensiomètre connecté a permis de révéler qu'une population jeune généralement à l'aise avec les nouvelles technologies ne pouvaient pas se soustraire d'une formation ou d'une notice d'utilisation. À l'inverse, l'oxymètre de pouls ne présente pas de différences dans la mesure de l'utilisabilité si celui-ci est utilisé avec notice ou sans notice. Cependant, malgré la présence d'un manuel d'utilisation, environ une personne sur deux réalise une erreur dans la manipulation du tensiomètre.

On peut considérer que cette erreur peut être normale et sans conséquences car le participant doit pouvoir réaliser la tâche plusieurs fois avant d'acquérir des gestes automatisés. Cependant, l'étude de Larsen (2017) sur l'utilisation d'un monitoring INR (International Normalized Ratio) permettant de mesurer la coagulation du sang, a montré que les patients réalisant des erreurs avec ce type d'appareil, pouvaient apprendre à se servir du dispositif tout en continuant à réaliser la même erreur. Ce comportement peut alors biaiser les résultats du patient sans qu'il ne s'en rende compte et compromettre sa sécurité. C'est pourquoi, il est nécessaire d'évaluer les notices d'utilisation de manière systématique (Mykityshyn, Fisk, & Rogers, 2002) afin de permettre une manipulation parfaite dès la première utilisation. Des erreurs peuvent être réalisées pendant l'installation du matériel mais celle-ci doivent être corrigées ce qui n'est pas le cas des erreurs relevées ici.

Nous aurions pu réaliser différents essais de manière longitudinale afin d'observer si les résultats de l'étude de Larsen (2017) s'appliquent à ces deux objets. De même que notre population exclusivement étudiante permettait de contrôler le niveau de technophilie et d'éviter les biais liés à l'âge. Cependant, il semble évident que ce genre d'étude doit s'étendre davantage à la population cible généralement plus âgée. En effet, le manque d'intérêt pour ces appareils peut expliquer les résultats peu encourageants du score SUS (« acceptable »). Enfin, nous nous sommes centrés exclusivement sur la manipulation du dispositif sans prendre en compte sa connectivité avec d'autres appareils (application sur smartphone ou tablette). Il sera nécessaire pour les futures études d'ajouter une tâche en lien avec la connectivité pour vérifier si l'utilisation du Bluetooth n'est pas un frein supplémentaire à l'utilisation de ce type d'appareil. Enfin, les notices proposées ici ne limitent pas assez le nombre

d'erreurs de manipulation, il serait pertinent de réaliser une étude afin d'obtenir des informations sur les formats les plus adaptés à ce genre de produit.

Malgré cela, le nombre d'abandons (N = 8) ainsi que le nombre d'erreurs des deux groupes est révélateur de la difficulté de la tâche demandée. Les particularités de ce tensiomètre à se positionner sur le poignet peut être l'une des causes de ces résultats. En effet, nous avons recensé que 11 participants avaient pris leur tension en mettant le tensiomètre à leur bras au lieu de le positionner sur le poignet. Cela est probablement issu d'une certaine croyance collective. La plupart des participants ont réussi malgré cela à prendre leurs mesures potentiellement erronées. Cela montre que les erreurs de manipulation en santé peuvent avoir des conséquences dangereuses, soulignant ainsi la nécessité des évaluations de l'utilisabilité à être irréprochables.

7. REMERCIEMENTS

Cette communication s'inscrit dans le cadre du projet SMART ANGEL et est soutenu financièrement par la Région Haut-De-France et FEDER ainsi que par le Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) dans le cadre du programme des « Projets de Recherche et Développement Structurants pour la Compétitivité » PSPC 5.

8. REFERENCES

- Berkman, N. D., Sheridan, S. L., Donahue, K. E., Halpern, D. J., & Crotty, K. (2011). Low Health Literacy and Health Outcomes: An Updated Systematic Review. *Annals of Internal Medicine*, 155(2), 97. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-2-201107190-00005>
- Frøkjær, E., Hertzum, M., & Hornbæk, K. (2000, janvier 4). *Measuring usability: are effectiveness, efficiency and satisfaction really correlated ?* 345-352. <https://doi.org/10.1145/332040.33245>
- Georgsson, M., & Staggers, N. (2016). Quantifying usability: an evaluation of a diabetes mHealth system on effectiveness, efficiency, and satisfaction metrics with associated user characteristics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 23(1), 5- 11. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv099>
- ISO 9241-11:2018. (2018). Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts.
- ISO/IEC 62366-1:2015. (2018). Medical devices -- Part 1: Application of usability engineering to medical devices.
- Jaspers, M. W. M. (2009). A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: Methodological aspects and empirical evidence. *International Journal of Medical Informatics*, 78(5), 340- 353. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.10.002>
- Larsen, T. (2017). Nurses' instruction of patients in the use of HbA1c monitors for self-management of cardiovascular conditions: Missed instructional opportunities. *Patient Education and Counseling*, 100(4), 673- 681. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2016.10.001>
- LeRouge, C., & Wickramasinghe, N. (2013). A Review of User-Centered Design for Diabetes-Related Consumer Health Informatics Technologies. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 7(4), 1039- 1056. <https://doi.org/10.1177/193229681300700429>
- Lyles, C. R., Sarkar, U., & Osborn, C. Y. (2014). Getting a technology-based diabetes intervention ready for prime time: a review of usability testing studies. *Current Diabetes Reports*, 14(10), 534. <https://doi.org/10.1007/s11892-014-0534-9>
- Marcus, A. (2005). 2 chapter - User Interface Design's Return on Investment: Examples and Statistics. In R. G. Bias & D. J. Mayhew (Ed.), *Cost-Justifying Usability (Second Edition)* (p. 17- 39). <https://doi.org/10.1016/B978-012095811-5/50002-X>

- Matthew-Maich, N., Harris, L., Ploeg, J., Markle-Reid, M., Valaitis, R., Ibrahim, S., ... Isaacs, S. (2016). Designing, Implementing, and Evaluating Mobile Health Technologies for Managing Chronic Conditions in Older Adults: A Scoping Review. *JMIR MHealth and UHealth*, 4(2), e29. <https://doi.org/10.2196/mhealth.5127>
- Mykityshyn, A. L., Fisk, A. D., & Rogers, W. A. (2002). Learning to use a home medical device: mediating age-related differences with training. *Human Factors*, 44(3), 354- 364. <https://doi.org/10.1518/0018720024497727>
- Peute, L. W. P., Spithoven, R., Bakker, P. J. M., & Jaspers, M. W. M. (2008). Usability studies on interactive health information systems; where do we stand? *Studies in Health Technology and Informatics*, 136, 327- 332.
- Schnall, B., Rojas, M., Bakker, S., Brown, W., Carballo-Diaz, A., Carr, M., Travers, J. (2016). A user-centered model for designing consumer mobile health (mHealth) applications (apps). *Journal of Biomedical Informatics*, 60, 243- 251. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.02.002>
- Triantafyllidis, A., Velando, C., Chantler, T., Shah, S. A., Paton, C., Kherchidi, R., Bahimi, K. (2015). A personalised mobile-based home monitoring system for heart failure: The SUPPORT-HF study. *International Journal of Medical Informatics*, 84(10), 743- 753. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.05.003>
- Yen, P.-Y., & Bakken, S. (2012). Review of health information technology usability study methodologies. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(3), 413- 422. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2010-000020>

Difficultés et stratégies de mobilité urbaine avec un handicap cognitif : une étude par la technique des incidents critiques

Romain Delgrange

Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées, IFSTTAR/Université Paris Descartes
romain.delgrange@ifsttar.fr

Jean-Marie Burkhardt

Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées, IFSTTAR/Université Paris Descartes
jean-marie.burkhardt@ifsttar.fr

Valérie Gyselinck

Laboratoire de Psychologie et d'Ergonomie Appliquées, IFSTTAR/Université Paris Descartes
valerie.gyselinck@ifsttar.fr

RÉSUMÉ

Nombre de personnes atteintes de handicap cognitif évitent les activités à l'extérieur, semble-t-il par crainte de se perdre. La nature exacte des difficultés qu'elles rencontrent ne fait l'objet que de rares travaux dans la littérature et reste, de fait, assez méconnue. L'objectif de cette étude est de rendre compte des différents types de difficultés associées à la mobilité urbaine telles que vécues par les personnes présentant un handicap cognitif, dans la perspective de formuler des recommandations dans la conception d'aides à la navigation. Des entretiens basés sur la technique des incidents critiques (Flanagan, 1954) ont été menés auprès de 66 participants, dont 44 présentant un handicap cognitif. L'analyse des transcriptions montre en particulier pour ces derniers une orientation marquée vers la demande d'assistance en cas de situation complexe. Ce constat est intéressant car il met en lumière une résolution dont il apparaît difficile d'anticiper la réalisation. Cela semble ainsi être une source possible d'améliorations pour la mobilité de ces personnes.

MOTS-CLES

Cognition spatiale ; Handicap ; Mobilité ; Entretiens semi-dirigés ; Incidents critiques.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

La Loi pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées (Loi 2005-102 du 11 février 2005) prévoit l'accessibilité généralisée à tous les domaines de la vie sociale pour les personnes atteintes d'une altération substantielle des fonctions « mentales, cognitives ou psychiques ». Or les personnes atteintes d'incapacités cognitives souffrent d'une faible intégration à la vie sociale (Dawson, & Chipman, 1995 ; Linden, Crothers, O'Neill, & McCann, 2005). Elles pratiquent très peu d'activités à l'extérieur de leur domicile telles que loisirs ou courses seules, ni même visites à des proches, semble-t-il par crainte de se perdre (Doig, Fleming, & Tooth, 2001 ; Sohlberg, *et al.*, 2005). Elles mentionnent pourtant leur désir de se rendre dans des musées, bibliothèques, centres commerciaux, bureaux de poste ou domiciles de proches (Sohlberg, *et al.*, 2005). Ainsi, la mobilité en ville se révèle être une activité complexe à mener pour cette population. La nature

exacte des difficultés que rencontrent ces personnes ne fait l'objet que de rares travaux dans la littérature et reste, de fait, assez méconnue (Meissonnier, 2015 ; Nakamura, & Ooie, 2017).

La mobilité urbaine est abordée par les recherches sur la cognition spatiale au travers du thème de la « navigation dirigée » (« *wayfinding* ») et des processus cognitifs coûteux sous-jacents (Golledge, 1991 ; Montello, 2017). La littérature suggère que toute atteinte à ces processus cognitifs peut rendre difficile la navigation dirigée en milieu urbain (Courbois, Farran, Lemahieu, Blades, Mengue-Topio, & Sockeel, 2013). Il existe peu de travaux ciblant les personnes avec un handicap cognitif (p. ex. séquelles de lésions cérébrales). Les quelques résultats existants vont dans le sens d'une résolution de problème moins indépendante pour les individus avec une incapacité cognitive, comparativement à des individus en bonne santé (Sohlberg, *et al.*, 2005 ; Lemoncello, Sohlberg, & Fickas, 2010b). Enfin, bien qu'il existe de nombreux dispositifs d'aide à la navigation urbaine (p. ex. applications, GPS), ces dispositifs s'adressent majoritairement à la population moyenne et ne considèrent pas ou peu les difficultés et capacités spécifiques des individus atteints d'un handicap cognitif (Sohlberg, *et al.*, 2007).

L'objectif de cette étude est par conséquent d'identifier et analyser les types de difficultés associées à la mobilité urbaine telles que vécues par les personnes présentant un handicap cognitif. Nous nous intéressons également aux stratégies de résolution mises en place. A terme, cette étude vise à formuler des recommandations dans la construction d'aides à la navigation.

Une étude par entretiens sur les situations de difficultés expérimentées lors de la mobilité urbaine a été menée auprès de personnes présentant une altération des fonctions cognitives résultant d'une lésion (p. ex. AVC, traumatisme crânien, lésions chirurgicales). L'étude s'appuie sur la technique des incidents critiques (Flanagan, 1954) et compare les difficultés rapportées par le groupe ciblé et par un groupe « contrôle » de participants ne présentant pas de telles incapacités.

2. METHODE : ENTRETIENS STANDARDISES ET TRAITEMENTS DES DONNEES

2.1. Guide d'entretien et procédure

Le guide d'entretien se base sur la technique des « incidents critiques » (Flanagan, 1954). Chaque incident critique » est relatif à une situation vécue au cours d'un déplacement urbain pour laquelle le contexte, le lieu et le déroulement sont clairement rapportés. Ces situations inscrites dans l'expérience de navigation des participants pouvaient avoir été vécues comme agréables ou désagréables. La description des « incidents » par les participants était guidée par l'expérimentateur de manière standardisée à l'aide de questions et de relances portant sur le déroulé de l'incident étape par étape et sur les réactions du participant. Lorsque la description d'un incident était terminée, l'expérimentateur demandait si le participant pensait à une autre situation en réitérant la consigne initiale. L'entretien prenait fin lorsque le participant déclarait ne se souvenir d'aucun autre incident.

2.2. Participants

Nous avons pris comme critères d'inclusions des personnes majeures, bénéficiant d'une reconnaissance administrative d'un handicap cognitif, se déplaçant de façon autonome et ne présentant pas d'incapacité affectant également la motricité. Les responsables des structures partenaires tenaient compte de ces critères d'inclusion pour inviter les personnes fréquentant leur établissement à se porter volontaires.

Quarante-quatre adultes atteints d'un handicap cognitif (28 hommes et 16 femmes, moyenne d'âge 39 ans) répondant aux critères d'inclusion ont ainsi pris part à l'étude. Le handicap cognitif est caractérisé dans cette étude par une altération des fonctions cognitives résultant d'une lésion (p. ex. AVC, traumatisme crânien, lésions chirurgicales) et impliquant des séquelles reconnues administrativement. Les participants ont été recrutés au travers d'une collaboration avec quatre structures spécialisées dans l'accueil et l'accompagnement d'individus en situation de handicap : deux établissements ou services d'aide par le travail (ESAT) et deux services d'accompagnement médico-social pour adultes handicapés (SAMSAH), en région parisienne et dans la métropole lilloise. Les effectifs des ESAT sont constitués en totalité de personnes en situation de handicap, et dont la capacité de travail ne permet pas l'accès à une entreprise ordinaire. Les ESAT ayant collaboré à l'étude reçoivent exclusivement des personnes avec un handicap « mental, cognitif

ou psychique ». Les SAMSAH accompagnent des personnes porteuses d'un handicap et visant une plus grande autonomie dans les activités de la vie quotidienne. Les SAMSAH ayant collaboré à l'étude reçoivent des personnes vivant à domicile et atteintes d'un handicap « mental, cognitif ou psychique » ou d'un handicap moteur. Les passations se sont déroulées au domicile des participants ou au sein même de la structure partenaire.

Vingt-deux participants contrôles adultes sans handicap (8 hommes et 14 femmes, moyenne d'âge 37 ans) ont également pris part à l'étude.

2.3. Données recueillies

Les entretiens étaient intégralement enregistrés à l'aide d'un dictaphone. Ils duraient en moyenne 19 minutes (minimum = 3, maximum = 58, SD = 10). Transcrits intégralement, ils ont permis d'extraire les verbatim de 218 incidents critiques : 126 pour les participants avec un handicap (60% par des hommes, 2.9 par personne en moyenne), 92 pour les individus contrôles en bonne santé (40% par des hommes, 4.2 par personne en moyenne).

2.4. Analyse des incidents

Le contenu des incidents a été codé au moyen d'une grille basée sur la littérature et la méthode des incidents critiques (Flanagan, 1954 ; Uzan, M'Ballo, Wagstaff, & Dejeammes, 2011). Le modèle SOLID (Uzan, *et al.*, 2011) identifie différentes localisations dans lesquelles peuvent survenir des incidents au cours d'un déplacement. Trois principaux aspects précisant le contenu des incidents critiques étaient en outre relevés et analysés : (a) les variables décrivant le contexte de l'incident : lieu de survenue de l'évènement, fréquence du déplacement, origine et destination du déplacement, présence ou non d'une personne accompagnante) ; (b) les variables décrivant les caractéristiques de l'incident en lui-même : son « type » (sa caractérisation), ses « causes » selon le participant, ses conséquences », sa « résolution », et les « émotions » qu'il a provoquées ; (c) les apprentissages que l'incident a occasionnés d'après le participant : changements « prospectifs » (correspondant à ce que la personne ferait si elle se trouvait dans la même situation) et « objectifs » (correspondant à ce que la personne a fait, dans le cas où elle s'est à nouveau trouvée confrontée à la même situation). Dans cette étude, nous nous concentrerons sur les trois variables principales décrivant l'incident en lui-même : ses causes, son type et sa résolution.

Les informations relatives aux différentes variables ont été extraites des verbatim des incidents, puis pour chacune des variables, ont ensuite été regroupées dans des catégories plus larges et mutuellement exclusives, pour faciliter l'analyse. Par exemple, pour la variable « cause selon le participant » (tableau 1), les modalités spécifiques à deux participants « signalisation mal visible » et « éclairage urbain trop faible » ont été rassemblées sous l'intitulé plus global de cause « environnement »). Selon les récits d'incidents, une modalité pouvait apparaître comme une cause ou comme type d'incident. Par exemple, un « problème interindividuel » entre le conducteur d'un bus et un autre passager peut entraîner pour le participant un incident de type « interruption du service de transports en commun », sans que ce « problème interindividuel » ne constitue l'essentiel de l'incident vécu. De façon différente, un « problème interindividuel » entre le participant et un usager peut survenir sans cause apparente selon le participant, et constituer le type d'incident.

Une fois codés, les incidents critiques et leurs caractéristiques constituent les données de base pour l'analyse statistique. L'analyse comparative selon le groupe de participants a été réalisée en utilisant le test exact de Fisher. Lorsqu'une différence apparaissait, la magnitude de l'association entre les deux variables (V^2 de Cramer) était calculée (Corroyer, & Rouanet, 1994 ; Wolff, & Corroyer, 2004). Lorsque l'association était modérée ou forte ($V^2 > .04$), les taux de liaison (« *relative deviations* », RD) entre les modalités étaient calculés (Bernard, 2003). Ces taux indiquent une « attraction » envers une modalité lorsqu'ils sont positifs, et une « répulsion » envers une modalité lorsqu'ils sont négatifs. Ils sont considérés comme notables, et interprétés, à partir d'une valeur absolue de .25.

Variable	Exemples de modalités	Exemples de verbatim
Cause de l'incident	Problème interindividuel	« Je me suis disputé avec mon ami au rendez-vous, ça m'a stressé sur le chemin du retour »
	Non reconnaissance de l'environnement	« L'endroit ne ressemblait pas à l'image que j'en avais »
	Cause interne	« J'avais oublié qu'il y avait une déviation »
	Choix initial d'un itinéraire inhabituel ou imprévu	« Je m'étais dit tiens je vais passer par là »
	Demande de renseignements	« Il nous a donné de mauvais renseignements »
Type d'incident	Erreur d'une tierce personne	« Le chauffeur ne connaissait pas son parcours »
	Progression dans un itinéraire inhabituel ou imprévu	« Obligé de changer et de prendre une autre ligne »
	Obstacle sur le parcours	« La sortie qu'on devait prendre était bouchée »
	Problème interindividuel	« Il y avait des gens ivres dans la rame »
	Interruption du service	« Le métro ne circulait pas »
	Perte du chemin	« Je ne trouvais pas la rue »
	Situation à risque	« J'ai fait une chute »
Action de résolution	Demande d'assistance	« J'ai téléphoné pour qu'ils viennent me chercher »
	Demande de renseignements	« J'ai demandé mon chemin à des étudiants »
	Planification	« J'ai regardé sur mon application ce qu'il fallait faire »
	Bascule vers un itinéraire alternatif	« Finalement je me suis arrêté plus tôt et j'ai marché »
	Recherche de point de repère	« J'ai regardé en l'air pour chercher le clocher »
	Abandon	« J'ai dit tant pis et je suis rentré chez moi »

Tableau 1 : Exemples de modalités et de verbatim correspondant pour les variables « cause désignée », « type d'incident » et « action de résolution ».

3. RESULTATS

3.1. Causes des incidents rencontrés

Cause de l'incident	Participants contrôles	Participants avec handicap	Total
Problème interindividuel	1	4	5
Demande de renseignements	0	4	4
Non reconnaissance de l'environnement	9	21	30
Cause interne	5	11	16
Environnement	10	14	24
Organisme de transport	19	16	35
Choix initial d'un itinéraire inhabituel	3	1	4
Contexte	21	20	41
Autre	2	5	7
N/A	22	30	52
Total	92	126	218

Tableau 2 : Effectifs par groupe pour chaque modalité du type d'incident.

Huit types de causes sont observés (tableau 2). La catégorie « autre » regroupe des causes peu fréquentes et n'entrant pas dans les huit autres catégories.

L'origine des incidents relève principalement de trois causes « externes » : problème imputable à la société de transports en commun (p. ex. retard, panne), à un contexte particulier ou à l'environnement. Ces trois causes représentent 40% des causes principales citées par les personnes avec un handicap, et 54% des causes désignées dans le groupe contrôle. Des causes « internes » sont également relevées : les situations où l'individu se met en cause (p. ex. inattention, oubli) et la non reconnaissance d'un environnement sont citées dans 25% des cas pour les personnes avec un handicap, et 15% des cas pour le groupe contrôle. La comparaison des deux groupes (test de Fisher) ne montre pas de différence significative entre les participants quant aux causes des incidents rencontrés.

3.2. Types d'incidents rencontrés

Type d'incident	Participants contrôles	Participants avec handicap	Total
Erreur de chemin	10	18	28
Erreur d'un tiers	5	1	6
Inconfort physique ou émotionnel	5	6	11
Interruption du service	29	25	54
Obstacle sur le parcours	8	3	11
Perte du chemin	15	40	55
Problème interindividuel	1	9	10
Progression dans un itinéraire inhabituel	8	2	10
Situation à risque	0	5	5
Transport différé	3	5	8
Transport manqué	2	4	6
Autre	6	8	14
Total	92	126	218

Tableau 3 : Effectifs par groupe pour chaque modalité du type d'incident.

Douze types d'incidents (incluant un type « autre ») ont été relevés dans les verbatim pour l'ensemble des participants. Les principaux (représentés dans plus de 10% des cas de chaque groupe) sont l'interruption du service de transport, la perte du chemin (p. ex. « Je ne savais pas où aller ») et l'erreur de chemin (p. ex. « Je me suis trompé de métro ») (voir tableau 3).

Une comparaison des deux groupes de participants (test de Fisher) montre un effet du groupe ($p < .01$, $V^2 > .08$). Il n'y a par contre pas d'effet du genre ($p > .10$). Une analyse des taux de liaisons indique une attraction des personnes avec un handicap cognitif principalement vers les incidents centrés sur une situation à risque, un problème interindividuel ou la perte du chemin. A l'inverse, on observe pour ces personnes une répulsion pour les incidents centrés sur la progression dans un itinéraire inhabituel ou imprévu, une erreur commise par une tierce personne et la présence d'un obstacle sur le parcours.

Les participants du groupe contrôle présentent des attractions notables pour les incidents centrés sur une erreur commise par une tierce personne, l'emprunt d'un itinéraire alternatif, la présence d'un obstacle sur le parcours et une interruption du service de transports. Une répulsion est observée pour les situations à risque, les problèmes interindividuels et la perte de chemin (voir figure 1).

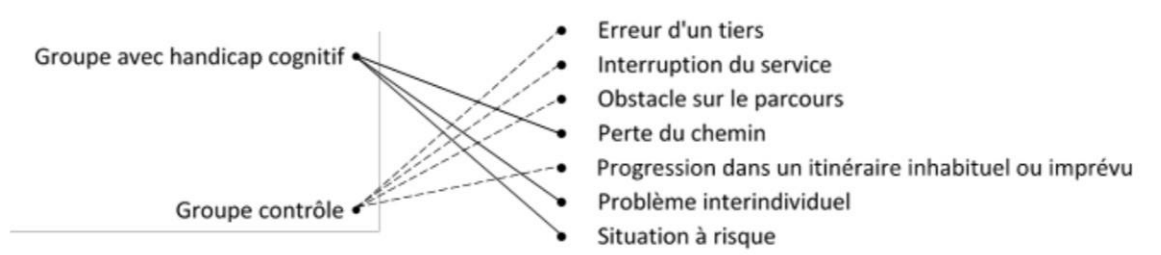


Figure 1. Graphique des attractions entre les groupes de participants et les types d'incidents rencontrés.

3.3. Actions de résolution de problème

Action de résolution	Participants contrôles	Participants avec handicap	Total
Abandon	1	3	4
Aucune	16	24	40
Bascule vers un itinéraire alternatif	23	14	37
Demande d'assistance	3	16	19
Demande de renseignements	14	31	45
Planification	7	5	12
Recherche de point de repère	4	8	12
Retour en arrière	6	9	15
Autre	6	5	11
N/A	12	11	23
Total	92	126	218

Tableau 4 : Effectifs par groupe pour chaque modalité d'action de résolution.

Action de résolution	Hommes avec un handicap	Femmes avec un handicap	Total
Abandon	1	2	3
Aucune	15	9	24
Bascule vers un itinéraire alternatif	10	4	14
Demande d'assistance	5	11	16
Demande de renseignements	20	11	31
Planification	2	3	5
Recherche de point de repère	6	2	8
Retour en arrière	6	3	9
Autre	1	4	5
N/A	10	1	11
Total	76	50	126

Tableau 5 : Effectifs par genre pour le groupe de personnes avec un handicap, pour chaque modalité d'action de résolution.

Neuf types de résolutions (incluant un type « autre ») de problèmes apparaissent dans les entretiens (tableau 4). Les principaux représentés (plus de 10% des cas de chaque groupe) sont la demande de renseignements (p. ex. « J'ai demandé la direction »), la demande d'assistance (p. ex. « J'ai demandé s'ils pouvaient m'accompagner »), la bascule vers un itinéraire alternatif et la passivité (p. ex. confirmation à des instructions données, attente). L'abandon (p. ex. « J'ai laissé tomber, je suis reparti chez moi ») est une stratégie apparue moins fréquemment, qui ne permet pas de résoudre le problème dans le but d'atteindre l'objectif initial du déplacement.

Une comparaison des deux groupes de participants (test de Fisher) montre un effet du groupe ($p < .05$, $V^2 > .08$) et un effet du genre à l'intérieur du groupe de personnes avec un handicap ($p < .05$, $V^2 > .13$). Les taux de liaisons indiquent une attraction des participants avec un handicap vers la stratégie de demande d'assistance et pour l'abandon, comparativement au groupe contrôle. A l'inverse, une répulsion est observée pour les actions de résolution impliquant l'emprunt d'un itinéraire alternatif ou une planification de la suite du trajet.

Pour le groupe contrôle, on relève une attraction pour l'emprunt d'un itinéraire alternatif et la planification. Il y a répulsion pour les stratégies de demandes d'assistance et de renseignements ainsi que pour l'abandon du trajet (voir figure 2).

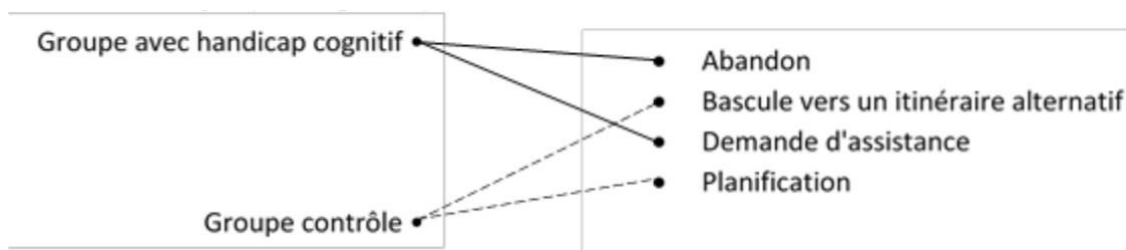


Figure 2. Graphique des attractions entre les groupes de participants et les actions de résolution mises en œuvre

De façon générale dans notre échantillon, pour les individus avec un handicap, l'appel à une tierce personne (demande de renseignements et d'assistance confondues) pour résoudre des problèmes de mobilité est la stratégie la plus représentée (37.3% des cas déclarés). Cela ne se retrouve pas chez les participants contrôles, qui ne s'appuient sur une tierce personne que dans 18.5% des cas, derrière l'emprunt d'un itinéraire alternatif (25% des cas).

Les données relatives au genre des participants avec un handicap cognitif (tableau 5) montrent un effet de ce facteur sur l'action de résolution. Les taux de liaison montrent une attraction des femmes pour la demande d'assistance à une tierce personne, la planification ou le complet abandon du trajet. A l'inverse, on note une répulsion pour la recherche de point de repère et l'emprunt d'un itinéraire alternatif. Pour les hommes en situation de handicap, on relève une répulsion pour la demande d'assistance, la planification et l'abandon du trajet, mais aucune attraction significative (voir figure 3).

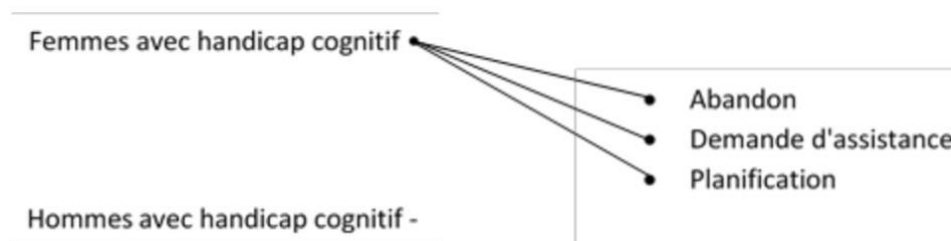


Figure 3. Graphique des attractions entre le genre des participants et les actions de résolution mises en œuvre

4. DISCUSSION

4.1. Conclusion sur les résultats

Nos participants ne diffèrent pas sur les contextes initiaux qui les amènent à être en situation de difficulté dans la navigation urbaine, qu'ils soient porteurs de handicap cognitif ou non. Ainsi, pour les deux groupes, les principales causes et contextes sont le plus fréquemment d'origine « externe » et plus rarement d'origine « interne ». Cependant, les mêmes causes n'occasionnent pas les mêmes effets. Les types d'incidents sont distribués différemment selon la présence ou non de handicap. Les personnes avec un handicap mentionnent davantage de situations où elles se déclarent « perdues », et de situations impliquant un conflit entre elles et un autre usager (catégorie « problème interindividuel »). Les individus contrôles déclarent davantage d'incidents correspondant à l'emprunt d'un itinéraire alternatif, comparativement à ceux porteurs d'un handicap. Les individus contrôles jugent compliqué le fait d'avoir à emprunter un autre trajet que celui initialement prévu, ce qui doit expliquer que les personnes atteintes d'un handicap cognitif s'engagent moins dans une telle situation.

Ce moindre engagement vers des itinéraires alternatifs apparaît cohérent avec les actions de résolutions mises en place. Une différence émerge entre les deux groupes et indique une répulsion des individus avec un handicap pour l'emprunt d'un itinéraire alternatif à la suite d'un problème. En revanche, une action particulièrement représentée chez les individus avec un handicap réside dans la demande d'assistance à une tierce personne. Les personnes avec un handicap auraient significativement plus tendance à s'appuyer sur l'aide d'autrui pour résoudre une difficulté rencontrée au cours du trajet. Cet élément est intéressant car il met en lumière une action de résolution qui présente une incertitude du fait qu'une telle « tierce personne » peut être absente de la scène de l'évènement, ou ne pas être en mesure de fournir une aide efficace.

Les actions de résolution mises en place au cours d'une situation critique peuvent inspirer des améliorations à mettre en œuvre pour la mobilité de ces personnes. En effet, les dispositifs d'aide à la navigation actuels, tels que les GPS, intègrent le plus souvent des éléments relevant de représentations spatiales « allocentriques », indépendantes de l'observateur, comme des cartes ou des instructions vocales fondées sur l'utilisation de directions cardinales (p. ex. Google Maps). Ces informations allocentriques », correspondant à une « vue d'ensemble » de l'environnement, sont pourtant considérées comme les plus complexes, et acquises le plus tardivement au cours du développement, comparativement aux représentations relatives aux points de repère (Golledge, Gale, Pellegrino, & Doherty, 1992). L'absence de mention d'utilisation de ces outils pour résoudre une situation complexe, dans le groupe avec handicap cognitif, pourrait provenir de la faible adéquation entre ces systèmes et les styles cognitifs des personnes (Grison, & Gyselinck, 2019).

4.2. Perspectives

A partir de ces résultats, nous avons conçu une étude pour évaluer, au moyen d'un environnement virtuel représentant un quartier urbain, le déplacement d'individus selon différentes aides à la navigation. Prenant en compte la préférence marquée des individus avec un handicap pour l'appel à une aide extérieure, l'une des aides testées fournit auditivement des informations en se basant sur une unité fondamentale des représentations spatiales, les points de repère (Siegel, & White, 1975). Cet outil est comparé à une aide fondée sur des représentations allocentriques, plus proche des outils de suppléance actuels. Les résultats permettront de fournir des recommandations en vue de la conception d'aides à la navigation à destination d'individus avec un handicap.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Bernard, J.-M. (2003). Analysis of local or asymmetric dependencies in contingency tables using the imprecise Dirichlet model. *In 3rd International symposium on imprecise probabilities and their applications ISIPTA'03*, Lugano, Switzerland, 2003.
- Corroyer, D., & Rouanet, H. (1994). Sur l'importance des effets et ses indicateurs dans l'analyse statistique des données. *L'année psychologique*, 94(4), 607-623.
- Courbois, Y., Farran, E. K., Lemahieu, A., Blades, M., Mengue-Topio, H., & Sockeel, P. (2013). Wayfinding behaviour in Down syndrome: A study with virtual environments. *Research in Developmental Disabilities*, 34(5), 1825-1831.
- Dawson, D. R., & Chipman, M. (1995). The disablement experienced by traumatically brain-injured adults living in the community. *Brain Injury*, 9(4), 339-353.
- Doig, E., Fleming, J., & Tooth, L. (2001). Patterns of community integration 2-5 years post-discharge from brain injury rehabilitation. *Brain Injury*, 15(9), 747-762.
- Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological bulletin*, 51(4), 327.
- Golledge, R. G. (1991). Cognition of physical and built environments. *Environment, cognition, and action: An integrated approach*, 35-62.
- Golledge, R. G., Gale, N., Pellegrino, J. W., & Doherty, S. (1992). Spatial knowledge acquisition by children: Route learning and relational distances. *Annals of the Association of American Geographers*, 82(2), 223-244.
- Grisson, E., & Gyselinck, V. (2019). La cognition spatiale pour repenser les aides à la navigation. *L'Année Psychologique*, 119, 243-278.
- Lemoncello, R., Sohlberg, M. M., & Fickas, S. (2010b). When directions fail: Investigation of getting lost behaviour in adults with acquired brain injury. *Brain Injury*, 24(3), 550-559.
- Linden, M. A., Crothers, I. R., O'Neill, S. B., & Mccann, J. P. (2005). Reduced community integration in persons following traumatic brain injury, as measured on the Community Integration Measure: An exploratory analysis. *Disability and rehabilitation*, 27(22), 1353-1356.
- Meissonnier, J. (2016). Le pôle d'échanges multimodaux comme lieu d'attente: nœud des problèmes rencontrés en situation de handicap psychique, cognitif ou mental ? *Espace populations sociétés*, 2.
- Montello, D. R. (2016). Cognition and Spatial Behavior. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*. 1-20.
- Nakamura, F., & Ooie, K. (2017). A study on mobility improvement for intellectually disabled student commuters. *IATSS research*, 41(2), 74-81.
- Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. *Advances in child development and behavior*, 1. 9-55.

- Sohlberg, M. M., Todis, B., Fickas, S., Hung, P. F., & Lemoncello, R. (2005). A profile of community navigation in adults with chronic cognitive impairments. *Brain Injury*, 19(14), 1249-1259.
- Uzan, G., M'Ballo, S., Wagstaff, P., & Dejeammes, M. (2011). SOLID: A Model of the information requirements in transport systems for sensory impaired people. *Invited presentation, 18th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Orlando, October 16th-20th 2011.
- Wolff, M. & Corroyer, D. (2004). *L'analyse statistique des données en psychologie*. Paris:Armand Colin.

Projet Innov-Care : ruptures des parcours de soins des personnes en situation de handicap mental ou visuel

Véronique Lespinet-Najib

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) Equipe CIH
351 cours de la Libération 33400 Talence
veronique.lespinet@ensc.fr

Marie Fissot

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) Equipe CIH
351 cours de la Libération 33400 Talence

Bruno Vallespir

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) Equipe productive
351 cours de la Libération 33400 Talence

Thecle Alix

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) Equipe productive
351 cours de la Libération 33400 Talence

Jean-Marc André

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) Equipe CIH
351 cours de la Libération 33400 Talence

Bernard Oriola

Laboratoire IRIT, Equipe Elipse
Avenue de l'étudiant 31400 Toulouse
bernard.oriola@irit.fr

Christophe Jouffrais

Laboratoire IRIT, Equipe Elipse
Avenue de l'étudiant 31400 Toulouse

Antonio Serpa

Laboratoire IRIT, Equipe Elipse
Avenue de l'étudiant 31400 Toulouse

Quentin Chibaudel

Laboratoire IRIT, Equipe Elipse
Avenue de l'étudiant 31400 Toulouse

Henri Kromm

Acthan, 5 côte du Piquet, 33270 Bouliac
hkromm@acthan.fr

Amélie Roche

Yumaneed, 3 quai de la Monnaie, 33800 Bordeaux
amelie.roche@yumaneed.com

Camille Loussayre

Yumaneed, 3 quai de la Monnaie, 33800 Bordeaux

Grégoire Denis

IJA Toulouse, Rue Monplaisir, 31400 Toulouse
g.denis@ijatoulouse.org

Claudine Bonafos

IJA Toulouse, Rue Monplaisir, 31400 Toulouse

Muriel Pontie

IJA Toulouse, Rue Monplaisir, 31400 Toulouse

Karima Durand

ADGESSA, 31 rue du fils, 33 000 Bordeaux
karima.durand@adgessa.fr

RÉSUMÉ

Notre projet Innov-Care a pour objectif de comprendre les parcours (et les ruptures) de soins de personnes en situation de handicap mental et visuel et d'en identifier les ruptures. Des entretiens semi-directifs et des focus group ont été réalisés auprès de personnes en situation de handicap et des professionnels du secteur médico-social. Nous avons pu alors proposer des modèles de parcours de soins et repérer la nature des freins et les obstacles rencontrés par les personnes en situation de handicap (mental et visuel). Ces modèles ont mis en exergue notamment une difficulté majeure, rencontrée par tous les acteurs, concernant l'accès à l'information et à l'échange entre acteurs et ce indépendamment du parcours de soin (consultation chez un généraliste, gynécologue, dentiste, etc.) et de la situation de handicap. Nous discuterons nos résultats en termes de freins et de ruptures et en mettant en évidence les points communs entre nos deux populations et les spécificités de chacune d'entre elles.

MOTS-CLES

Parcours de soin ; Handicap mental ; Handicap visuel ; Restriction de participation ; Modélisation.

1. INTRODUCTION

L'accès aux soins est l'un des droits fondamentaux des êtres humains. En effet, la charte de l'ONU du 27 Juillet 1946 stipule que « *la possession du meilleur état de santé qu'un être humain est capable d'atteindre constitue l'un des droits fondamentaux* ». L'accès aux soins peut se définir comme la faculté offerte à chacun de recevoir des soins préventifs ou curatifs sans référence à une situation sociale ou à un état de santé. Le problème de l'accès aux soins se pose toujours de manière vitale pour les personnes démunies, en situation de précarité et pour les personnes en situation de handicap. Pourtant, la loi du 11 février 2005, précise que « *Toute personne handicapée a droit à la solidarité de l'ensemble de la collectivité nationale, qui lui garantit, en vertu de cette obligation, l'accès aux droits fondamentaux reconnus à tous les citoyens ainsi que le plein exercice de sa citoyenneté* ». Ainsi, les personnes en situation de handicap devraient pouvoir, au regard de la loi, accéder avec la même qualité que tout autre citoyen aux services de soins en France. Or, de nombreux travaux mettent en évidence que certaines populations se retrouvent exclues des parcours de soins ou au moins se retrouvent confrontées à des ruptures au sein de ces parcours de soins (Bauduret, 2016 ; Pujade et al., 2017). Cela concerne notamment citer les personnes en situation de handicap mental et les personnes en situation de handicap visuel. L'accès aux soins et la réalisation d'un parcours de soins dépend de nombreux facteurs (Penneau et al., 2008 ; 2015). Deux facteurs semblent prépondérants : 1/ la possibilité pour un patient de savoir expliquer sa problématique clinique (symptômes, ressentis, douleurs, etc.) et en

retour comprendre les informations médicales reçues de la part des professionnels ; 2/ la problématique de l'observance c'est-à-dire la capacité à suivre les prescriptions et les préventions des professionnels, cela touche la problématique de l'observance. Les personnes en situation de handicap mental et les personnes en situation de handicap visuel sont particulièrement en difficulté au regard de ces facteurs (Camoin et al., 2016 ; Chibaudel et al., 2016 ; Chibaudel et al., 2017). En effet, en référence aux approches de conception universelle (Andrès, 2017 ; Borioli et al., 2014), il est indispensable d'intégrer dans nos démarches les populations les plus fragiles et celles présentant le plus de restrictions de participation.

C'est pourquoi dans notre projet, nous nous focaliserons sur deux situations de handicap qui sont fortement impactées par les difficultés d'accès aux soins : la situation de handicap mental et la situation de handicap visuel. L'objectif de notre projet Innov-Care est de mettre en évidence les freins rencontrés et les ruptures dans ces parcours de soin. Pour réaliser ce projet, nous avons obtenu un financement dans le cadre d'un appel à projet du Tremplin Carnot Cognition. Afin d'aborder de façon systémique et holistique (Lespinet-Najib et al., 2017 ; Roche et al., 2014) cette problématique, nous avons constitué un consortium impliquant 3 types de partenaires :

- deux partenaires académiques :

(1) Laboratoire IMS (Bordeaux) – équipe Cognitive (spécialisée en IHM et conception universelle et inclusive, usage et accessibilité) et équipe productique (spécialisée en modélisation et ingénierie des organisations) ;

(2) Laboratoire IRIT (Toulouse) – équipe ELIPSE (spécialisée en IHM et technologies d'assistance pour déficients visuels) ;

- deux collectifs d'utilisateurs (professionnels du secteur médical et paramédical, personnes en situations de handicap et leurs aidants) :

(1) ADGESSA (Bordeaux) : association gérant plusieurs établissements du secteur médico-social (secteurs du handicap mental et psychique et secteurs du vieillissement) ;

(2) IJA (Toulouse) : fondation à but non lucratif ayant pour objectif d'accueillir et d'accompagner dans leur devenir les personnes déficientes visuelles.

- deux start-up :

(1) Yumaneed (start-up de cogniticiens) : IHM et accessibilité, ergonomie et facteur humain ;

(2) Acthan (start-up – consultant) : conseil en organisation et formation professionnelle.

Notre consortium permet une démarche interdisciplinaire (voire transdisciplinaire) intégrant de nombreuses spécialités (cognitive, productique, biologie humaine, psychologie, informatique, ingénierie, professionnels expert handicap mental et visuel). De plus, les personnes en situation de handicap mental et visuel, ainsi que leurs aidants, sont des acteurs à part entière de notre projet dans le respect des règles éthiques.

2. DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Notre démarche méthodologique s'est déroulée en trois temps (Benabdjihil et al., 2014 ; Brock et al., 2010 ; Brulé et al., 2015) :

(1) identification avec les professionnels d'un parcours de soins à étudier de façon prioritaire

(2) entretiens semi-directifs et/ou focus group auprès de personnes en situation de handicap et des professionnels du secteur médico-social pour comprendre les difficultés et les feins au sein du parcours sélectionné

(3) proposition d'une modélisation du parcours de soin pour caractériser la nature des freins et donc les risques de rupture.

En 2017-2018, des études de terrains ont été réalisées auprès de ces deux populations : des personnes en situation de handicap (visuel et mental) et des professionnels des deux secteurs (respectivement IJA et ADGESSA). Ces études de terrain nous ont permis dans un premier temps de modéliser les parcours de soins et dans un deuxième temps de repérer les éléments bloquants, en identifiant les étapes clés et les acteurs concernés comme par exemple : trouver un professionnel, prendre un rendez-vous, se rendre au rendez-vous, expliquer ses symptômes, comprendre le diagnostic et/ou le traitement, suivre le traitement (observance), etc.

3. RESULTATS

3.1. Population et choix des parcours

Deux parcours distincts ont été choisis par les professionnels comme étant prioritaires :

- pour la situation de handicap mental (ADGESSA) : la gestion d'une situation de crise psychiatrique
- pour la situation de handicap visuel (IJA) : la consultation médicale (médecin généraliste, ORL, etc.) que ce soit de manière régulière ou occasionnelle.

Le choix des deux parcours a été effectué lors de focus group auprès des professionnels des deux structures (respectivement IJA et ADGESSA). Les professionnels ont listé les parcours de soins dans lesquels des ruptures de soins étaient observés par eux et par les personnes en situation de handicap. Suite à ce listing, les professionnels ont priorisé afin de sélectionner un parcours de soin qui étaient le plus problématique pour chacune des populations cibles. Cette démarche explique pourquoi les deux parcours de soin étudiés sont différents car l'objectif est de vraiment répondre aux besoins des personnes concernées.

Une fois les deux parcours sélectionnés, des études de terrains ont été réalisées auprès de ces deux populations : des personnes en situation de handicap (visuel et mental) et des professionnels des deux secteurs (respectivement IJA et ADGESSA).

Pour l'ADGESSA, un focus group de 4 professionnels a été réalisé (1 infirmière, 1 psychologue, 1 éducatrice spécialisée, 1 directeur adjoint). Les professionnels avaient recueilli à travers des entretiens au préalable les difficultés et le ressenti des personnes en situation de handicap mental. La durée moyenne du focus group était d'1h30. Pour l'IJA, des entretiens semi-directifs ont été réalisés auprès de 2 infirmières, 1 assistante sociale, 2 personnes non-voyantes et 2 personnes malvoyantes.

Nous présenterons les résultats obtenus dans un premier temps pour les personnes en situation de handicap mental et dans un deuxième pour les personnes en situation de handicap visuel.

3.2. Parcours de soin pour les personnes en situation de handicap mental

La modélisation du parcours lors d'une crise psychiatrique a permis d'identifier 3 grandes phases : l'accueil et l'accompagnement de la personne ; la gestion de la situation et la gestion des ruptures. Pour chaque phase, une succession d'activités (noté A) est proposée comme l'illustre la figure 1.

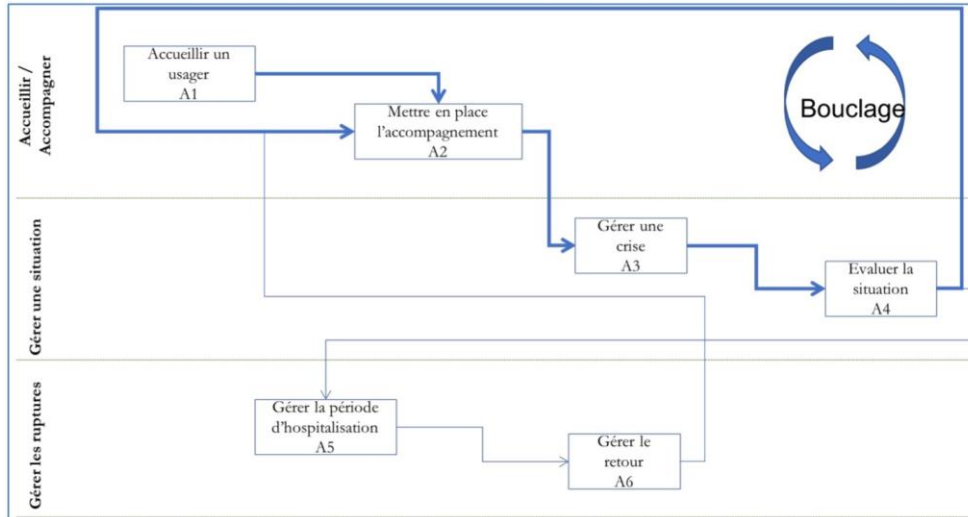


Figure 1. Illustration des grandes phases du parcours de soins lié à la gestion d'une crise psychiatrique.

Pour chacune des activités, nous avons identifié les acteurs impliqués, les éléments requis pour réaliser l'activité (conditions d'entrée) et les ressources nécessaires (ie. carte vitale, dossier médical, etc.). Au regard des entretiens nous pouvons situer au sein du parcours les freins évoqués par les personnes ainsi que leur nature. La figure 2 illustre la localisation des freins pour l'activité A1 « Gérer l'arrivée de l'utilisateur » et l'activité A2 « Mettre en place l'accompagnement ». Ces freins sont symbolisés sur le modèle par un triangle rouge.

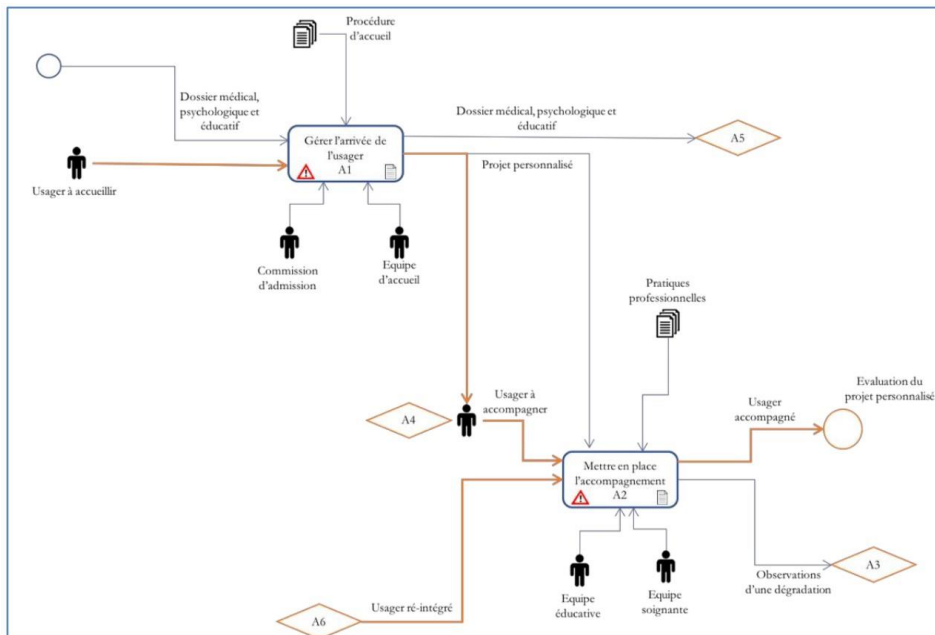


Figure 2. La figure 2 illustre l'émergence de freins pour l'activité A1 « Gérer l'arrivée de l'utilisateur » et l'activité A2 « mettre en place l'accompagnement ».

Ensuite, pour chaque frein identifié une fiche descriptive a été proposée. Un exemple de fiche descriptive des freins, est illustré Figure 3 pour l'activité A1 « Gérer l'arrivée de l'utilisateur ».

A1 : FICHE

Objectif :

- Prise de connaissance du dossier médical de l'utilisateur à son arrivée.

Freins :

- Le dossier médical est creux, il n'y a pas l'historique et l'histoire de vie de cette personne. L'établissement d'accueil manque cruellement d'informations.
- L'absence d'informations dans le dossier est une situation assez régulière.

Compléments (exemple de verbatims)

« Il faudrait avoir un dossier unique qui suive l'utilisateur depuis ses 4 ans jusqu'à l'entrée dans l'âge adulte pour ainsi pallier ce manque d'informations et éviter également de toujours re-questionner l'utilisateur sur son historique et son parcours de vie. Ce dossier pourrait transiter d'institution en institution »

« Il faudrait peut-être renforcer la vigilance et être plus exigeant au moment du processus d'admission »

Figure 3. Un exemple de fiche descriptive des freins pour l'activité A1 « gérer l'arrivée de l'utilisateur ».

Cette démarche a été réalisée pour l'ensemble du parcours de soins. Elle nous a permis d'identifier de nombreux risques de ruptures au sein de ce parcours.

Les origines de ces risques sont multiples :

- perte ou absence d'informations sur l'anamnèse du patient ;
- manque de formation des professionnels de santé concernant la spécificité de prise en charge des personnes en situation de handicap mental ;
- problème de coordination entre les différents acteurs ;
- etc.

3.3. Parcours de soin pour les personnes en situation de handicap visuel

La même démarche que celle présentée précédemment a été appliquée. Six grandes phases ont été identifiées pour la réalisation du parcours de soins en lien avec la consultation chez un généraliste : « Identifier un besoin », « Préparer la consultation », « Se rendre à la consultation »,

« Réaliser la consultation », « Suivre l'ordonnance », « Suivre le traitement ». Là encore, pour chaque phase, une série d'activités (A) a été identifiée, les acteurs impliqués, les ressources nécessaires à la réalisation des activités et les éléments requis définis. En nous appuyant sur les entretiens, il a été possible de situer les freins rencontrés par les personnes.

La figure 4 illustre la phase « Réaliser la consultation », cette phase est constituée de deux activités « réaliser la consultation » (A10) et « clôturer la consultation » (A11). Plusieurs risques de ruptures apparaissent pour ces deux activités. Une fiche descriptive des freins a été élaborée comme illustrée Figure 5 et ceci pour chaque activité.

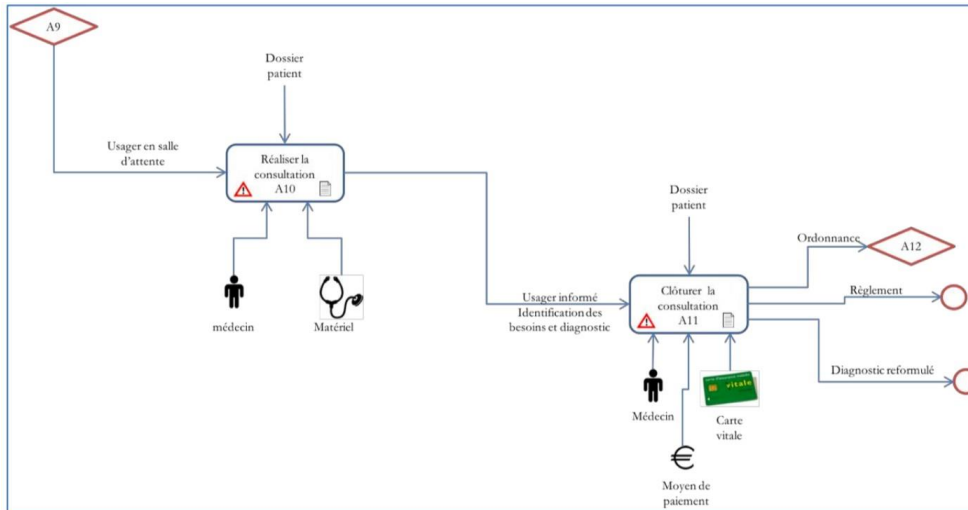


Figure 4. Illustration de la phase « réaliser la consultation », cette phase est constituée de deux Activités « réaliser la consultation » (A10) et « clôturer la consultation » (A11).

A10 : FICHE

Objectif :

- Se faire comprendre pour expliquer ses symptômes et comprendre ce que le médecin fait et dit pendant la consultation.

Freins :

- Temps : Les médecins généralistes n'ont pas nécessairement plus de temps à accorder à des personnes en situation de handicap. Or, la situation l'exige souvent notamment du point de vue de la communication (reformulation).
- Communication : il est important de tout oraliser et expliciter les actions durant la consultation afin d'informer la personne DV sur l'ensemble des manipulations que le médecin va réaliser. "Je vais vous prendre le bras, pour prendre la tension" --> Une personne sans déficience anticiperait ce genre de situation en voyant le médecin prendre le tensiomètre.
- Connaissance du handicap : adaptation des prescriptions à la spécificité du patient : ouverture, prise de médicament, ...

Figure 5. Présentation d'une fiche descriptive des freins pour l'activité A10 « réaliser la consultation ».

4. DISCUSSION & PERSPECTIVES

L'objectif de notre projet Innov-Care était d'identifier les freins rencontrés par les personnes en situation de handicap mental et de handicap visuel dans leur parcours de soins. Deux parcours de soins ont été étudiés : celui de la gestion d'une crise psychiatrique pour la situation de handicap mental et celui de la consultation chez un médecin pour la situation de handicap visuel. Le choix de ces parcours de soins distincts est un issu d'une priorisation de la part des acteurs. Les enquêtes de terrain ont permis de proposer des modèles des parcours de soins et de mettre en évidence l'existence de véritables freins au sein de ces parcours. Un point très important à noter est que malgré deux parcours de soins distincts et deux populations cibles différentes est freins similaires ont été observés. Ces freins (et donc ces risques forts de ruptures) ont des origines multiples : problèmes de coordination et de communication entre tous les acteurs, difficultés pour anticiper et se représenter une consultation

et/ou un examen médical, incompréhension de la part des professionnels du secteur médical des spécificités des personnes en situation de handicap et problématique pour les personnes en situation de handicap d'explicitier et de faire comprendre leurs douleurs, leurs ressentis.

On peut constater que ces freins et des blocages impactent l'ensemble des acteurs et apparaissent sur l'ensemble des étapes du parcours de soins et que les questions qui se posent pour chacun sont les suivantes :

- Pour les personnes en situation de handicap : où et comment accéder à un professionnel de santé, comment anticiper l'examen et/ou la consultation pour diminuer l'aspect anxiogène, de quelle manière décrire les signes cliniques (douleur, etc.), comment respecter l'observance des traitements, etc. ;

- Pour les professionnels du secteur médical : comment comprendre et appréhender les particularités et les spécificités d'une personne en situation de handicap pour mener une consultation adaptée en respectant le libre-arbitre de la personne ;

- Pour les aidants : comment accompagner la personne en situation de handicap sans se « substituer à elle », comment « servir » d'interface pour favoriser la communication entre les personnes fragiles et les professionnels de la santé.

Au vu des résultats obtenus, les perspectives de notre projet sont d'apporter des réponses techniques et/ou d'accompagnement pour lever les principaux freins identifiés afin de faciliter l'accès aux soins pour les personnes fragiles. Les ruptures dans les parcours de soins sont une réalité. Une enquête en ligne au fil de l'eau sur le site Handifaction a mis en évidence qu'au 21% des répondants de personnes en situation de handicap ont subi un refus de soins de la part des professionnels de santé [<https://www.handifaction.fr/derniers-resultats/>]. C'est pourquoi, les professionnels de la santé (médecins, dentistes, pharmaciens, etc.) doivent absolument être inclus dans la suite de notre projet afin de les accompagner dans leur pratique professionnelle et de leur modifier de représentation des situations de handicap.

5. BIBLIOGRAPHIE

Andrès, R. (2017). De l'universel au singulier: prendre soin «des» vieillissements. *Sciences du Design*, (2), 92-102.

Bauduret, J. F. (2016). La loi du 11 février 2015: un outil indispensable pour mieux articuler maladie mentale et handicap psychique. *Pratiques en santé mentale*, 62(1), 6-10.

Benabdejlil, H., Alix, T., Vallespir, B. (2014). Cartographie des acteurs et des processus de soins support à de nouveaux services de santé à forte valeur ajoutée. – 2^{ème} Edition des journées du Réseau Associatif Marocain pour l'Amélioration de la Qualité en Santé (RAMAQS), 15-16 avril, Rabat, Maroc.

Borioli, J., Margot-Cattin, P., & Kessler, S. (2014). Design universel et milieu naturel: quelles contraintes et quelles solutions?. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 165(12), 364-371.

Brock, A., Vinot, J. L., Oriola, B., Kammoun, S., Truillet, P., & Jouffrais, C. (2010, September). Méthodes et outils de conception participative avec des utilisateurs non-voyants. In *Proceedings of the 22nd Conference on l'Interaction Homme-Machine* (pp. 65-72). ACM.

Brulé, E., Bailly, G., & Gentes, A. (2015, October). Identifier les besoins des enfants en situation de déficience visuelle: état de l'art et étude de terrain. In *27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. (p. a11). ACM.

Camoin, A., Tardieu, C., & Le Coz, P. (2016). Problèmes éthiques soulevés par les soins dentaires chez la personne en situation de handicap. *Éthique & Santé*, 13(2), 91-98.

- Chibaudel, Q., Lespinet-Najib, V., Durand, K., Piant, L., & Piant, F. (2017, March). Fragilité chez les personnes en situation de handicap mental avançant en âge (PHA): intérêt et apport de la méthode des personas. In *Congrès Fragilité*.
- Chibaudel, Q., Lespinet-Najib, V., Durand, K., Piant, L., & Piant, F. (2016, October). Access to care for people with mental disabilities getting older through the study of the accessibility to medical devices: the situation in France. In *HEPS 2016*.
- Lespinet-Najib, V., Roche, A., & Chibaudel, Q. (2017). Santé et handicap: d'une conception centrée «utilisateur» à la conception universelle. In *Annales des Mines-Réalités industrielles* (No. 2, pp. 25-27). FFE.
- Penneau, A., Pichetti, S., & Sermet, C. (2008). Les personnes en situation de handicap vivant à domicile ont un moindre accès aux soins de prévention que celles sans handicap. *Une exploitation de l'enquête Handicap-Santé volet Ménages*, 1-7.
- Penneau, A., Pichetti, S., & Sermet, C. (2015). L'accès aux soins courants et préventifs des personnes en situation de handicap en France. *Tome 2 Résultats de l'enquête Handicap-Santé volet Institutions*.
- Pujade, C., Kheng, R., Braconni, M., Bdeoui, F., Monnier, A., Hoang, L., ... & Pirnay, P. (2017). Soins bucco-dentaires pour les patients handicapés. *Santé Publique*, 29(5), 677-684.
- Roche, A., Lespinet-Najib, V., & André, J. M. (2014, July). Development of a pedagogical aid tool for pupils with multiple disabilities: setting up a systemic design method. In *Congress of applied Psychology. UCAP 2014*.

Adaptation de la démarche ergonomique en phase amont de la conception de technologies en santé : un retour d'expérience

Emilie Loup-Escande

EA 7273 CRP-CPO, Univ. de Picardie Jules Verne, Chemin du Thil, 80000 Amiens
emilie.loup-escande@u-picardie.fr

Natacha Metayer

EA 7273 CRP-CPO, Univ. de Picardie Jules Verne, Chemin du Thil, 80000
natacha.metayer@u-picardie.fr

Annette Valentin

42 Avenue de Saxe, 75007 Paris
annette.valentin@wanadoo.fr

Vincent Ricquebourg

Evolucare Labs, Groupe Evolucare Technologies, 51 chaussée du Val de Somme, 80800
Villers-Bretonneux
v.ricquebourg@evolucare.com

Alice Bidart

Evolucare Labs, Groupe Evolucare Technologies, 51 chaussée du Val de Somme, 80800
Villers-Bretonneux
a.bidart@evolucare.com

Pierre Damay

p.damay@evolucare.com
Evolucare Labs, Groupe Evolucare Technologies, 51 chaussée du Val de Somme, 80800
Villers-Bretonneux

Christophe Boisson

CHU de Nîmes, Place du Pr Robert Debré, 30029 Nîmes
christophe.boisson@chu-nimes.fr

Philippe Cuvillon

CHU de Nîmes, Place du Pr Robert Debré, 30029 Nîmes
philippe.cuvillon@chu-nimes.fr

Noémie Chaniaud

EA 7273 CRP-CPO, Univ. de Picardie Jules Verne, Chemin du Thil, 80000 Amiens

noemie.chaniaud@u-picardie.fr

RÉSUMÉ

Afin de désengorger les hôpitaux, les politiques publiques ont tendance à promouvoir la chirurgie ambulatoire (sur la journée). En réponse à ce besoin, le projet Smart Angel vise à assurer une surveillance individualisée des patients opérés au moyen de dispositifs médicaux connectés mobilisant des technologies e-santé, en particulier pour la première semaine de retour à domicile. Ce projet collaboratif regroupe plusieurs partenaires dont le Groupe Evolucare Technologies, le Centre de Recherche en Psychologie : Cognition, Psychisme, Organisations (CRP-CPO) de l'Université de Picardie Jules Verne et le Centre Hospitalier de Nîmes. Ces technologies e-santé sont composées d'objets connectés et d'IHM destinés aux patients, ainsi que d'IHM destinés aux soignants. La conception de ces technologies e-santé co-construites avec et pour patients et soignants pose de nombreuses questions en termes de contribution de la démarche d'intervention ergonomique dans la phase amont de la conception de ces IHM, dès l'étude de faisabilité.

MOTS-CLES

Démarche ergonomique ; phase amont ; conception pluridisciplinaire ; e-santé ; chirurgie ambulatoire.

1 INTRODUCTION

Le taux d'incidents postopératoires suite à des actes de chirurgie reste encore élevé (Pearse, Moreno, Bauer, Pelosi, Metnitz, Spies, Vallet, Vincent, Hoeft, Rhodes, Pickkers, & Bouw, 2012). Le projet Smart Angel a pour objectif d'assurer une surveillance médicale individualisée des patients. Il comporte deux axes : l'intra-hospitalier et l'ambulatoire.

Pour cette communication, nous nous intéresserons uniquement à la surveillance du patient suite à une chirurgie en ambulatoire. Dans ce dispositif, le patient sort le jour de son opération. Cela implique de conserver un suivi médical à distance, au domicile du patient, au moyen de technologies dites « e-santé ». Ces technologies posent des questions en termes de conception et d'utilisation aussi bien par les patients et les aidants que par les professionnels de santé. L'ergonomie peut apporter des éléments de réponse dans ce processus.

Cette communication est centrée sur la façon dont nous avons conduit la démarche ergonomique dans la phase amont du projet, concernant les objets connectés et les IHM patients. Pour ce faire, nous présenterons le projet Smart Angel avant de détailler l'adaptation de la démarche et d'expliquer en quoi les nombreux retours ont permis d'orienter la conception.

2 LE CAS D'USAGE DE L'AMBULATOIRE

En chirurgie ambulatoire, de nombreuses spécialités médicales sont aujourd'hui présentes : orthopédie, sphère digestive, vasculaire, gynécologie, odontologie, plastique et reconstruction, otorhinolaryngologie, urologie...

L'objectif du projet est de prévenir les complications à travers la surveillance de paramètres physiologiques durant 5 à 30 jours au moyen de trois composantes :

- Des objets connectés (par exemple, oxymètre, tensiomètre) contenus dans une mallette mise à disposition des patients à leur sortie de l'hôpital ;

- Une application de suivi fonctionnant sur tablette et contenant des questions auxquelles le patient doit répondre (dans la suite du texte, nous parlerons d' « IHM Patients ») ;

- Des informations venant des objets connectés et de l'application « Patients », remontées au corps médical sur une application destinée à l'équipe soignante (nous n'aborderons pas les IHM soignants dans cette communication).

Le cas de l'ambulatorie mobilise la société Evolucare en charge d'implémenter des dispositifs techniques, le CHU de Nîmes dans lequel seront effectués les tests et le Centre de Recherches en Psychologie (Cognition, Psychisme, Organisations) de l'Université de Picardie Jules Verne qui a pour mission d'optimiser la conception ergonomique de ces technologies e-santé.

3 ADAPTATION DE LA DEMARCHE ERGONOMIQUE

L'apport de l'ergonomie dans le processus de conception est depuis longtemps organisé autour d'une démarche centrée sur l'Expérience Utilisateur (Norman & Draper, 1986 ; Kolski, Ezzdedine & Abed, 2001). Ces principes ont été intégrés et diffusés dans des normes (ISO 13407; ISO 9241-210). Dans cette perspective, l'analyse de l'activité s'est développée, plus particulièrement en ergonomie francophone, avec des observations permettant de connaître le déroulement de l'action et son contexte, des analyses de verbalisations permettant d'appréhender les objectifs et les raisonnements (Wisner, 1995 ; Leplat, 2008). Dans cette approche, l'action et la cognition sont situées (Suchman, 1987), elles émergent des circonstances (Béguin & Clot, 2005 ; Theureau, 2005 ; Norros & Savioja, 2006).

En ce sens, toute situation est complexe et spécifique, ce qui nécessite des adaptations de la démarche ergonomique tant sur les objectifs que sur les méthodes permettant d'investiguer les situations. Dans le contexte de projets technologiques complexes, cette adaptation est d'autant plus délicate que de nombreuses composantes sont totalement inconnues. Typiquement, l'organisation et les usages liés à l'activité avec la nouvelle technologie ne sont pas connus *a priori*, c'est-à-dire avant que le dispositif soit intégré dans la situation. Le défi pour la conception de ces technologies est alors d'anticiper et d'évaluer ces usages avant que la solution finale soit terminée. Deux approches coexistent : l'approche prospective (Brangier & Robert, 2014) et l'approche rétrospective (Loup-Escande & Burkhardt, 2017). L'approche prospective correspond aux possibles envisagés par chaque acteur de la conception, relevant de la prédiction, de la projection ou encore de l'imagination des fonctions et des propriétés de l'outil voire des futurs usages. L'approche rétrospective renvoie à une (re)construction des fonctions, des propriétés et des usages, sur la base de l'état actuel ou d'états précédents de l'outil, en tenant compte des propriétés de l'environnement d'utilisation et de l'état des connaissances de l'utilisateur (Loup-Escande, Burkhardt & Richir, 2013). Dans la suite de la communication, nous présentons l'adaptation de la démarche ergonomique alliant l'approche prospective et l'approche rétrospective.

3.1 Adaptation par rapport aux phases d'avancement

La disponibilité de nombreuses boîtes à outils (critères, tri par cartes, définition de parcours, fiche de personae...) ne doit pas faire oublier les fondements de l'ergonomie, en particulier :

- La différence entre le prescrit décrit dans les procédures et le réel effectivement mis en place en fonction des aléas ;

- L'écart entre ce qui est exprimé hors contexte (mémorisé, reconstruit...), et ce qui est réalisé en situation d'usage (expliqué en parallèle ou à court terme avec des supports) ;

- L'interaction éventuelle des composantes d'une situation (règles, espaces, périodes, outils, collectifs...) qui peut être complexe à exprimer mais plus facile à appréhender en direct.

Ces contraintes supposent de procéder à des observations d'utilisateurs en situations d'usage au cours de différentes phases de la conception (voir Tableau 1) :

- Des observations en situations réelles pour identifier les besoins, conduire le changement entre l'existant et la cible, adapter les outils aux situations réelles ;
- Des observations du déroulement de scénarios réalisés en situation simulées, sur des maquettes ou des prototypes, pour approcher au mieux la cible et les futures conditions d'utilisation.

Tableau 1 : Apport de l'ergonomie en conception

Phases	Contributions de l'ergonomie
Analyse Conception	- Besoins en situation réelle et aléas rencontrés - Situations de référence guidant la conception - Objectifs de tâches servant de base aux scénarios de tests
Réalisation de versions	- Interface Homme-Machine Charte générale et détail des composants (structure, actions, navigation, présentation)
Tests Ajustements	- Observation d'utilisateurs mis en situation sur des maquettes ou prototypes (scénarios)

La démarche de conception de Smart Angel a nécessité plusieurs adaptations à ces principes de base :

- Le développement Agile retenu pour le projet a permis de faire 3 séries de tests, pendant la phase d'étude de faisabilité, c'est-à-dire très tôt dans la conception ;
- L'observation de situations existantes a été abordée à travers des entretiens de patients opérés récemment sans Smart Angel et venant en consultation post-opératoire. Ces entretiens ont été complétés par des tests qui leur permettaient de comparer la situation vécue avec le suivi actuel et les apports potentiels de Smart Angel ;
- Les scénarios ont été construits en fonction des besoins identifiés dans une phase précédente de l'étude ; les premières versions ont été ajustées lors d'entretiens avec le personnel médical et après la première série de tests ;
 - Le produit étant au stade de prototype, les tests ont été réalisés à l'hôpital, avec des patients concernés par une opération en ambulatoire : en visite préopératoire ou le jour de l'intervention (avant de repartir à domicile) ;
 - La première série de tests a également permis de cadrer la durée acceptable pour des patients se trouvant dans ces conditions à l'hôpital, soit une durée globale d'environ 30mn alors que des tests habituels durent plus souvent une ou deux heures, voire plus.

3.2 Adaptation par rapport aux interfaces

Une autre particularité importante du projet est liée à la nécessité de tester les interactions entre plusieurs types d'interfaces. En effet, les outils prévus pour le patient comportent des objets de mesures des paramètres physiologiques (tensiomètre, oxymètre...) et un outil de communication avec l'hôpital (une tablette avec un logiciel adapté aux profils des patients). Les objets étant automatiquement connectés au logiciel de la tablette, il fallait étudier conjointement les 2 composantes.

Les tests comportaient donc une évaluation de la manipulation des objets et une évaluation de l'usage du logiciel sur tablette. Les remarques concernant les objets ont amené à proposer d'autres objets plus petits et plus pratiques à installer (voir Figure 1), ce qui a nécessité de modifier l'interface avec le logiciel et de tester à nouveau.



Figure 1. Tensiomètre de bras puis de poignet

3.3 Adaptation par rapport aux normes et critères IHM

Les évaluations réalisées lors des tests étaient basées principalement sur des observations en situations simulées. Le scénario de base consistait à réaliser un rendez-vous de contrôle avec les mesures principales. Un autre demandait au patient de regarder ses résultats de la veille ou d'aller vérifier ses rendez-vous du lendemain. Le déroulement des pages était enregistré pour revenir à des captures ou vérifier des étapes. L'observateur suivait également les étapes en direct et relevait les commentaires simultanés.

En fin de test, un questionnaire permettait au patient de faire une synthèse des principaux points rencontrés. Compte tenu du délai global disponible (30mn par patient) il n'était pas envisageable de passer en revue tous les critères IHM souvent utilisés (Bastien & Scapin, 2001 ; ISO 9241-110 ; voir Tableau 2).

Tableau 2. Critères IHM

Guidage	Lisibilité, structuration, incitation dans le choix des actions
Charge	Informations brèves et non ambiguës, densité limitée ; Actions ciblées
Contrôle	Traduire les effets des actions + les rendre prévisibles ; Laisser le contrôle à l'utilisateur
Adaptabilité	Prendre en compte la diversité des utilisateurs (expérience, profils)
Erreurs	Protéger, éviter les erreurs ; Informer sur la cause et les actions de correction
Homogénéité	Faire des choix constants ; faciliter l'apprentissage et l'utilisation
Codes	Utiliser le vocabulaire des utilisateurs, respecter les stéréotypes culturels
Compatibilité	Avec les besoins et les connaissances des utilisateurs (univers connu)

Ces différents points ont été traités en évaluation experte pour la préparation des maquettes et des prototypes. Par contre, pour les tests avec les patients, une version simplifiée a été formalisée (voir un extrait en Tableau 3). Elle permettait plutôt de donner un ressenti final (à travers une note et une phrase de synthèse), l'essentiel des points forts et des difficultés étant analysé à partir des chemins suivis et des commentaires.

Tableau 3. Evaluation par les patients

Patients	Impression générale	Présentation des pages	Saisie	Navigation entre pages
Vincent	5	4	4	4
Christine	4	3	4	3

3.4 Adaptation méthodologique par rapport aux échantillons

3.4.1 Evaluations de maquettes et prototypes

Les évaluations de maquettes et de prototypes ont été réalisées avec des patients concernés par l’ambulatoire et des membres de l’équipe hospitalière ambulatoire (cadre infirmière, infirmières et médecins).

Pour l’équipe, des profils différents ont pu être sollicités en fonction de critères tels que le genre (homme-femme), l’ancienneté dans la profession et dans l’unité, la connaissance de l’informatique et l’intérêt pour des outils de suivi à distance. Malgré la disponibilité des personnes, il a parfois été difficile d’équilibrer certains critères. Par exemple, la plupart des personnes de l’équipe étaient très expérimentées, ce qui est probablement nécessaire pour intervenir dans le contexte de l’ambulatoire.

Pour les patients, la définition des critères a été plus délicate. Certains critères ne faisaient pas partie du périmètre des premiers essais : maîtrise du français, accès à une connexion réseau, opération des yeux... D’autres étaient validés par presque tous, par exemple : l’intérêt pour un suivi à distance. Enfin, certains critères étaient difficiles à catégoriser, par exemple la connaissance des objets médicaux connectés : certains patients pensaient connaître les tensiomètres mais avaient des difficultés avec un appareil connecté ; inversement des personnes ne connaissant pas d’objets médicaux se trouvaient à l’aise car ils utilisaient des objets connectés (ex, montre de training). Les contraintes de délais rencontrées dès les premiers tests ne permettaient pas de passer beaucoup de temps sur des explications ou des présentations d’objets.

Les critères retenus étaient donc faciles à catégoriser : genre, patient avant l’opération (attentes)/ juste après l’opération (attentes plus précises) / en consultation post-opératoire (connaissance claire des besoins), connaissance de l’informatique, tranche d’âge, actif ou non...

D’après les études de Nielsen, un échantillon d’environ 6 personnes par profil permet une évaluation efficace des outils, c’est-à-dire un recueil d’environ 80% des problèmes (Nielsen & Landauer,1993).

Les profils similaires (patient 1, 2, ...18) étaient difficiles à trouver. Il semblait alors plus efficace de construire un échantillon permettant de tester suffisamment chaque critère, soit 6 tests par critère

(Valentin, Lancry & Lemarchand, 2010; Valentin, 2011 ; voir Tableau 4).

Tableau 4. Répartition par critère (et non par profil)

Patients	Genre	Tranche d’âge	Informatique connue	...
	H	F 16-25 26-60 >60	Peu Moyen Fort	
1	X	X		
2	X	X	X	
...	X			
18	X			
Total	9	9	6	6 6 6 6 6 6

De plus, dans le cadre des hospitalisations, il était difficile de prévoir les patients qui seraient présents (nombreux rendez-vous annulés ou reportés) et qui accepteraient de participer. L’échantillon

a donc été construit en fonction des personnes disponibles. L'équipe a aidé de son mieux pour équilibrer progressivement les critères retenus.

3.4.2 Personae

Des personae ont été définis à partir des premiers tests. L'objectif était de les utiliser dans les étapes de conception générale pour projeter différents types de comportement, préciser les scénarios d'usages potentiels, essayer d'anticiper les attentes.

Dès l'étude de faisabilité, les premiers patients rencontrés ont permis de formaliser 6 fiches de profils théoriques, chacune étant caractérisée par un prénom représentatif (ex : Micheline), une photo en situation (ex : dans son fauteuil avec son tricot), une phrase clé (ex : « J'aime prendre mon temps») et différentes caractéristiques :

- Le profil : âge, situation familiale, métier, rôle ; Contexte, organisation de vie ; Objectifs/ contraintes (ex : 72 ans, mariée, couturière à la retraite)
- Plaisir/ émotions, comportement : aime, n'aime pas habitudes ; Est (dynamique, peu organisé, créatif...) ; (ex : soigneuse, curieuse mais prudente, elle aime prévoir pour passer du temps avec ses petits-enfants)
- Liens avec les technologies : usages (fréquence, expérience), difficultés ; Utilisation de smart phone, tablette, PC ; Relation aux technologies émergentes ; (ex : elle a un téléphone mobile pour ses numéros privilégiés, une tablette pour les photos et Skype)
- Liens avec la Santé : état de santé (hors opération) ; Priorisation de sa santé ; Hygiène de vie ; Connaissances des objets connectés ; Connaissances des médicaments ; Confiance, engagement personnel (ex : elle prend soin de sa santé mais surtout avec des plantes ; elle a tendance à reporter la visite chez le médecin ou à l'hôpital...)
- Motivations par rapport au service proposé (ex : c'est rassurant d'être suivie mais il faudra m'expliquer)

Ces fiches permettront notamment d'étudier des critères plus détaillés mais trop longs à expliquer dans les 30mn de tests, en particulier les liens aux objets connectés et à la santé. Elles permettront aussi de préciser les aspects organisationnels du service plus global (contacts en cas de douleur ou de question, assistance à distance...). Et elles aideront à intégrer des composantes émotionnelles.

Ces premiers personae théoriques serviront ensuite pour composer les nouveaux échantillons de population des prochaines séries de tests. Les résultats des nouveaux tests seront ensuite intégrés de façon itérative dans les évolutions du service (logiciel, objets, organisation) mais également dans la mise au point des fiches de personae. En fonction des résultats, certains profils seront peut-être supprimés, d'autres au contraire seront développés [29]. De même, certaines composantes seront enrichies ou supprimées en fonction de l'impact constaté sur le produit.

4 RESULTATS : DE NOMBREUX RETOURS POUR GUIDER LES CHOIX

Notre adaptation de la démarche ergonomique décrite précédemment, notamment en réalisant des tests très tôt dans la phase d'étude de faisabilité technique nous a permis de préciser la conception relative au matériel, aux objets connectés et à l'IHM des patients.



Figure 2. Mallette contenant les objets connectés

Pour la mallette contenant les objets connectés (voir Figure 2), nous avons identifié des points positifs (par ex., présence de poignée et de bandoulière, dimensions et poids corrects : « ça rentre même dans mon sac à main »). Nous avons également suggéré des pistes d'évolution (ex, mettre un logo Smart Angel, limiter l'accès aux recharges (prises, fils) en proposant une poche spécifique...).

Les retours sur les objets connectés testés (l'oxymètre et le tensiomètre) étaient globalement positifs, mais nous avons pu relever qu'une personne a été un peu gênée car elle avait des doigts et des poignets forts. Ceci suggère qu'il faudrait donc vérifier la possibilité de proposer plusieurs tailles.

Plusieurs évolutions ont également été évoquées sur l'IHM nous permettant de proposer une version améliorée des interfaces. L'idée ici n'est pas de présenter l'ensemble des préconisations mais plutôt d'illustrer à partir d'un exemple. Nous nous focaliserons sur la prise de mesure. Entre la première version de l'IHM destiné aux patients (voir Figure 3a) et la seconde (voir Figure 3b), plusieurs propositions extraites des verbalisations des patients et des critères ergonomiques ont été formulées, par exemple, pour améliorer le guidage des mesures effectuées par les patients : donner les consignes une par une, présenter une action par un texte clair et un schéma, montrer où sont les boutons, ne pas intégrer de conditions du type si alors, et afficher les messages seulement si nécessaire...

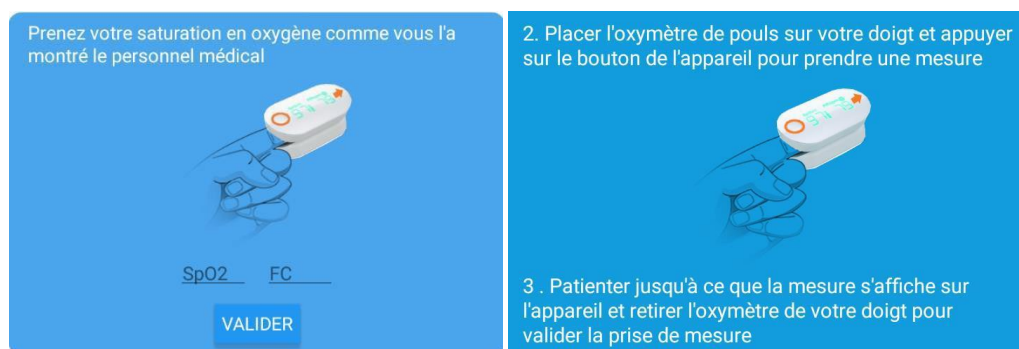


Figure 3. Ecran « mesures » de l'IHM Patients, V1 (Fig. 3a, à gauche), V2 (Fig. 3b, à droite)

Lorsque plusieurs alternatives étaient envisageables, la confrontation des patients avec les technologies a permis de proposer plusieurs options, par exemple pour les couleurs. Les verbalisations ont montré une tendance à préférer le bleu en page d'accueil et une préférence nette pour des caractères foncés sur un fond pâle dans les tons ocres en saisie et synthèse. L'échantillon de personnes

questionnées restant faible, nous avons suggéré de faire des ajustements en fonction du rendu sur la tablette voire idéalement de donner le choix entre les deux versions.

Au-delà d'être des supports nécessaires aux mises en situation avec les patients, les maquettes produites dans le cadre de l'intervention ergonomique ont été un outil concret favorisant le dialogue entre les ergonomes et les développeurs. Ces tests réalisés dans des phases très amont du processus ont permis d'identifier des principes transférables à d'autres objets si de nouveaux dispositifs peuvent être intégrés en fonction des innovations à venir.

5 DISCUSSION

Le projet Smart Angel est un projet complexe pour lequel trois partenaires sont mobilisés : un industriel, un laboratoire de recherche et un centre hospitalier. Cette complexité est due non seulement aux verrous techniques ralentissant l'intervention ergonomique, mais aussi aux attentes contradictoires des différents partenaires. En effet, dans ce type de projet, il existe « *un besoin fort de principes, de préconisations et de recommandations ergonomiques, à cause du caractère émergent de la technologie, et, d'autre part, il n'y a que peu de réponses ergonomiques concrètes à fournir aux concepteurs, puisque le savoir de l'ergonomie s'appuie en grande partie sur l'analyse de défauts [...] observés antérieurement ou par ailleurs* » (Anastassova, 2006, pp. 156, 157). Le défi de ce projet consiste à adapter la démarche ergonomique à ces caractéristiques, en particulier en intégrant des mises en situation dès l'étude de faisabilité.

L'objectif de cette communication était d'expliquer la façon dont nous avons réalisé cette adaptation au projet en utilisant à la fois une approche prospective (ex, les personae) et une approche rétrospective (ex, les critères ergonomiques, les tests de maquettes au CHU...).

Cette démarche, a permis de proposer des options et des pistes temporellement situées, propres aux technologies actuelles. Toutefois, et parce que nous sommes dans un contexte d'innovation, l'évolution ne cessera d'évoluer d'ici la fin du projet (avril 2020). Il sera donc nécessaire de poursuivre cette démarche ergonomique tout au long du projet en mobilisant des méthodes spécifiques à l'approche rétrospective en vue d'intégrer aux dispositifs les besoins « latents » ou non conscientisés (Robertson, 2001) des patients, aidants et soignants, à l'instar de ce qui a pu être fait dans d'autres contextes émergents (par exemple, Loup-Escande, Burkhardt & Richir, 2013).

6 REMERCIEMENTS

Ce projet est soutenu financièrement par le Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) dans le cadre du programme des « Projets de Recherche et Développement Structurants pour la Compétitivité » P5.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Pearse, R. M., Moreno, R. P., Bauer, P., Pelosi, P., Metnitz, P., Spies, C., Vallet, B., Vincent, J. L., Hoeft, A., Rhodes, A., Pickkers, P. & Bouw, M. P. (2012). Mortality after surgery in Europe: a 7 days cohort study. *Lancet*, 380(9847), 1059-1065.
- Norman, D. & Draper, S.W. (1986). *User centred system design*, Lawrence Erlbaum.
- Kolski, C., Ezzedine, H. & Abed, M. (2001). Développement du logiciel : des cycles classiques aux cycles enrichis sous l'angle des IHM. In C. Kolski (Ed.), *Analyse et conception de l'IHM. Interaction homme-machine pour les SI*. (pp. 23-49). Paris : Hermès.
- Wisner, A. (1995). *Réflexions sur l'ergonomie*, Toulouse : Octarès.
- Leplat, J. (2008). *Repères pour l'analyse de l'activité en ergonomie*. Paris : PUF.
- Suchman, L. (1987). *Plans and situated action : the problem of human- machine communication*. New-York: Cambridge University Press.

- Béguin, P. & Clot, Y. (2005). Situated action in the development of activity. *Activités*, 1(2), 35-49.
- Theureau, J. (2005). L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition de l'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. *Activités*, 1(2), 11-25.
- Norros, LL. & Savioja, P.J. (2006). *Towards a theory and method for usability evaluation of complex human-technology systems*. IEA congress, 10-14 July, Maastrich, The Netherlands.
- Brangier, E., & Robert, J.-M. (2014). L'ergonomie prospective : fondements et enjeux. *Le Travail Humain*, 77(1), 1-20.
- Loup-Escande, E., & Burkhardt, J.-M. (2017). *Co-concevoir l'utilité des technologies émergentes en situation de travail : exemple d'Appli-Viz'3D*. Actes du 52ème Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie - Répondre aux défis actuels (Toulouse, 20-22 septembre).
- Loup-Escande, E., Burkhardt, J.-M., & Richir, S. (2013). Anticiper et évaluer l'utilité dans la conception ergonomique des technologies émergentes : une revue. *Le Travail Humain*, 76(1), 25-55.
- Bastien, J. M. C. & Scapin, D. L. (2001). Evaluation des systèmes d'informations et critères ergonomiques, in Kolski C. (Ed.). *Environnements évolués et évaluation de l'IHM*. Paris : Hermès. p. 53-74.
- Nielsen, J. & Landauer, T. K. (1993). *A mathematical model of the finding of usability problems*. Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference, 24-29 April, Amsterdam, The Netherlands, 206-213.
- Valentin A., Lancry A. & Lemarchand C. (2010). La construction des échantillons dans la conception ergonomique de produits logiciels pour le grand public : Quel quantitatif pour les études qualitatives ? *Le Travail Humain*, 73(2), 261-290.
- Valentin, A. (2011). *Définir des échantillons de situations pour intégrer l'activité située dans la conception*, Actes du congrès de la SELF, Paris, France, 15 – 17 septembre 2011.
- Theureau, J. & Pinsky, L. (1984). Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique, *Revue des conditions de travail*, 9.
- Anastassova, M. (2006). *L'analyse ergonomique des besoins en amont de la conception de technologies émergentes : le cas de la Réalité Augmentée pour la formation à la maintenance automobile*. Thèse de doctorat, Université Paris V, Paris.
- Robertson, S. (2001). Requirements trawling: techniques for discovering requirements. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 405-421

Déterminants de l'activité de gestion d'alertes épidémiologiques pour la conception de scénarios de simulation

Liliane Pellegrin

Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées, SSA, France
Aix Marseille Univ, IRD, AP-HM, SSA, VITROME, IHU-Méditerranée Infection, Marseille, France
liliane.pellegrin_chaudet@univ-amu.fr

Matthieu Bourret

Naval Group, Marseille
matthieu.bourret@naval-group.com

Gaetan Texier

Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées, SSA, France
Aix Marseille Univ, IRD, AP-HM, SSA, VITROME, IHU-Méditerranée Infection, Marseille, France
gaetex1@gmail.com

Nathalie Bonnardel

Aix Marseille Univ, Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PSYCLE), Aix-en-Provence, France
nathalie.bonnardel@univ-amu.fr

Hervé Chaudet

Centre d'Epidémiologie et de Santé Publique des Armées, SSA, France
Aix Marseille Univ, IRD, AP-HM, SSA, VITROME, IHU-Méditerranée Infection, Marseille, France
herve.chaudet@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

L'activité-cible qui nous intéresse se situe dans le cadre de la surveillance épidémiologique, et concerne plus spécifiquement la gestion d'alertes et leur prise en charge. Dans le cadre d'un projet de conception d'une plateforme de simulation pour l'étude et la formation dans ce domaine, le travail présenté ici a eu pour objectif d'identifier des éléments issus de l'activité qui permettraient de concevoir des scénarii de simulation. Nous présentons ici les résultats d'une première étude en initiant les premiers jalons : la mise en œuvre de la procédure de référence de gestion d'une alerte épidémique par les médecins de santé publique au regard de leur pratique et en fonction de leur expertise et leur avis issu de l'expérience de terrain sur des situations épidémiques intéressantes à scénariser.

MOTS-CLES

Formation ; Expertise médicale ; Simulation ; Scénario ; Surveillance et alertes épidémiologiques.

1. INTRODUCTION

Dans le contexte actuel de l'utilisation de plus en plus courante de la mise en situation simulée pour l'apprentissage de compétences expertes en Santé publique, le travail présenté ici a eu pour

objectif d'identifier des éléments issus de l'activité qui permettraient de concevoir des scénarii de simulation. L'activité-cible qui nous intéresse se situe dans le cadre de la surveillance épidémiologique, et concerne plus spécifiquement la gestion d'alertes et leur prise en charge. La surveillance épidémiologique comprend la reconnaissance, l'investigation et la construction d'une solution de maîtrise d'une épidémie. Elle repose sur trois tâches principales, à savoir le recueil de données, leur analyse et la dissémination des résultats (Thacker, 1996).

Surveiller pour Agir est l'expression généralement employée par ces professionnels puisque leur objectif principal est de détecter, dans les délais les plus brefs, des épidémies au sein de collectivités en France, qu'elles soient civiles (les Agences Régionales de Santé, Santé Publique France, ...) ou militaires (Centre d'Epidémiologie et des Santé Publique des Armées). Il s'agit ensuite d'alerter les autorités compétentes et de leur proposer un ensemble de mesures de santé publique permettant le contrôle de ces maladies, d'en réduire l'impact sur la santé des populations cibles. La surveillance épidémiologique est une activité technique experte, menée collectivement, caractérisée par la compréhension et des prises de décisions pour le contrôle de situations complexes incertaines, dynamiques et à forts enjeux. Elle est actuellement en cours d'évolution. La surveillance dite « traditionnelle » dans laquelle des données spécifiques, ciblées (par exemple les maladies déclaratoires obligatoires comme la méningite, les décès..) reçues et traitées toutes les semaines, est complétée par une surveillance dite « syndromique ». Celle-ci se caractérise par la réception de données de santé aspécifiques (des tableaux cliniques, des données d'activités sanitaires), réactualisées en temps quasi-réel par le biais de systèmes dédiés (Chaudet et al., 2006, Caserio-Schönemann et Fouillet, 2014).

Exercer ces deux modes de surveillance pose question sur les évolutions des pratiques, des activités. C'est ce qui nous a orienté à proposer un projet de conception d'une plateforme de simulation pour l'étude et la formation dans ce domaine. L'usage des simulations (et par extension, la mise en œuvre de simulateurs) est utilisé comme un outil utile, puisqu'elle met des professionnels dans une situation artificielle, reproduisant avec plus ou moins de fidélité les caractéristiques de la situation réelle (Vincenzi et al., 2009). Construire une simulation est décrite par Beguin et Well-Fassina (1997) comme un processus de substitution qui se fonde sur « l'analyse d'une situation naturelle, sa modélisation puis l'élaboration d'un dispositif qui reproduit quelques unes des caractéristiques choisies comme pertinentes ».

La scénarisation de situations réelles, quel que soit l'enjeu de la simulation (apprentissage ou recherche) est donc un enjeu majeur de ce projet. Afin de pouvoir construire des scénarii virtuels, il est nécessaire d'identifier les éléments constituant « la structure conceptuelle de la situation » au sens donné par Pastré (2005). C'est-à-dire « l'ensemble des dimensions de la tâche qu'il faut prendre en compte pour que l'action soit efficace » (Pastré, 2005 p.242.). La question qui doit être posée en préalable à la conception de scénarios est donc : Quels éléments de cette situation de travail doivent être pris en compte pour étudier et entraîner les professionnels en épidémiologie à résoudre différents types de situation possible ?

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Afin de pouvoir construire des scénarios utilisables, il est nécessaire d'identifier quels sont les éléments importants et récurrents de la situation de travail cible (Rogalski et Samurçay, 1998, Boccara et Delgoulet, 2015). Dans le cas présent, il s'agit des situations gestion d'alerte et de prise en charge d'épidémies réellement vécues par les épidémiologistes. Ces éléments doivent être identifiés au niveau du contexte de la situation et dans les tâches et des activités qui y sont déployées.

Les éléments à prendre en compte se déclinent sur plusieurs axes thématiques :

- *Les procédures, les « conduites à tenir » face à une suspicion d'épidémie* : décrire les composantes de l'activité de gestion d'une alerte épidémiologique, en miroir avec la procédure prescrite dite « les 10 étapes d'investigation d'une épidémie »

- Le *contexte organisationnel* : décrire l'environnement professionnel des acteurs réels (environnement sociotechnique) comprenant les intervenants extérieurs et leurs profils professionnels, les organisations impliquées, les systèmes et moyens accessibles et/ou disponibles

- *L'événement épidémique*: décrire les composantes épidémiologiques de la situation (courbes épidémiques, diffusion, nature des agents pathogènes, diffusion..). Les caractéristiques d'une maladie, sa fréquence d'apparition, son environnement géographique, sa gravité sont autant de critères qui entrent dans la conception d'un scénario.

- *L'expérience et expertise* : Identifier les profils des opérateurs chargés de la surveillance, plus spécifiquement leur niveau d'expérience permettant de reconnaître une épidémie, d'en identifier ses composantes principales et construire les actions de protection de la population

Nous présentons ici les résultats d'une première étude de terrain qui avait pour objectif de répondre à des questions portant sur certains de ces axes :

- Quelle est la mise en œuvre « réelle » de la procédure de référence de gestion d'une alerte épidémique ? Est-elle différente suivant le niveau d'expertise ? Notre objectif était d'identifier la mise en œuvre des tâches prescrites dans la procédure (fréquence, présence-absence) du point de vue des médecins au regard de leur pratique, en fonction de leur expertise.
- Pour ces spécialistes, quelles seraient les composantes possibles d'un scénario intéressant à jouer du point de vue des maladies possibles et des localisations de leur survenue ? Notre objectif était d'avoir un avis issu de l'expérience de terrain sur des situations épidémiques intéressantes à scénariser dans un objectif de formation, classifiable ensuite à posteriori en fonction de leur difficulté de résolution (fréquence, complexité biologique, situationnelle, ..).

3. MATERIEL ET METHODE

3.1. Contexte prescrit de la tâche

En situation de suspicion d'épidémie, le médecin doit suivre une démarche en 10 étapes, correspondantes à des tâches à effectuer permettant de comprendre la situation, ou « investiguer » selon le terme habituellement utilisé dans ce domaine (Desenclos et al., 2007). L'investigation permet de confirmer la présence effective d'une épidémie (temps, lieu, population), d'identifier son étiologie et de mettre en place les actions de contrôle et de prévention permettant de la contenir. Elle peut impliquer la mise en place d'une enquête de terrain, une équipe se déplaçant sur les lieux de l'épidémie. A long terme, une fois l'épisode passé, les résultats de l'investigation sont utilisés à des fins d'approfondissement et de capitalisation des connaissances, d'amélioration des conditions et des moyens mis en œuvre et de transmission des savoirs et des pratiques.

Les tâches de cette procédure sont donc utilisées dans un double objectif, recueillir des informations valides et fiables et construire une réponse efficace. Ces étapes sont articulées autour de deux phases, descriptive et analytique, de l'investigation d'une épidémie. Les tâches relevant de l'analyse descriptive doivent toujours se faire avant la phase analytique, avant le test des hypothèses. Cependant, leur ordre strict n'a pas forcément d'importance; elles peuvent être effectuées en fonction des besoins et des contraintes de l'investigation. De plus, les mesures de contrôle doivent être mises en place dès que possible.

Ces étapes sont les suivantes :

1. Affirmer l'existence de l'épidémie,
2. Confirmer le diagnostic,
3. Définir un cas (décrire le tableau clinique/biologique commun des cas),
4. Collecter les cas et les données sur les cas et les décompter

5. Décrire l'épidémie (temps, lieu, population).

A l'aide de ces informations descriptives, des hypothèses peuvent être émises sur les sources et les modes de contamination possibles :

6. Formuler les hypothèses d'exposition spécifique causant la survenue de la maladie
7. Tester les hypothèses, les confronter avec les faits lors d'une enquête étiologique
8. Vérifier la cohérence biologique par des études complémentaires
9. Prescrire les mesures de prévention et de contrôle
10. Rédiger un rapport d'enquête

3.2. Population étudiée

10 des 15 médecins ayant déjà fait de l'investigation d'une épidémie au sein du CESP (73% des spécialistes de l'établissement), ont participé à cette étude. Les autres médecins n'ont pas pu être inclus dans la mesure où ils n'étaient pas être présents pendant cette période. L'âge moyen est de 38, 5 ans (Min : 29 ans, Max : 48 ans), le sex-ratio est de 4,5. Parmi ces médecins spécialistes, 3 sont des seniors (+10 ans d'expérience en surveillance), 2 sont des experts confirmés (entre 5 ans et 10 d'expérience) et 5 sont des juniors (entre un an et 4 ans d'expérience).

3.3. Méthodes

Des entretiens ont été réalisés auprès de ces médecins, à l'aide d'un guide d'entretien. La trame de ces interviews semi-directifs ont été construits sur deux axes principaux : l'activité de gestion d'alerte épidémiologique, ses éléments remarquables et la description d'une situation critique (Flanagan, 1954). Une analyse de contenu a permis de dégager les éléments correspondants aux questions posées. Un questionnaire sur le suivi effectif des étapes d'investigation a été proposé, leur demandant d'estimer la fréquence de passage par étape sur une échelle subjective en 5 points. Les expressions verbales décrivant ces étapes sont celles habituellement employées par ces médecins (ex : Etape 3. Définir un cas).

4. RESULTATS

4.1. Suivi de la démarche des « 10 étapes d'investigation d'une épidémie »

<i>Etapas</i>	<i>Jamais</i>	<i>Rarement</i>	<i>Régulièrement</i>	<i>Souvent</i>	<i>Toujours</i>	<i>Total</i>
1. Confirmer/Affirmer l'existence d'une épidémie				1 (3,2%)	9 (20%)	10
2. Confirmer le diagnostic			4 (20%)	6 (19,4%)		10
3. Définir un cas (le tableau clinique/biologique des cas)				3 (9,7%)	7 (15,6%)	10
4. Collecter les cas et les données sur les cas				3 (9,7%)	7 (15,6%)	10
5. Décrire l'épidémie (temps, lieu, population)				2 (6,5%)	8 (17,8%)	10
6. Formuler les hypothèses (de survenue)			2 (10%)	2 (6,5%)	6 (13%)	10
7. Tester les hypothèses (enquête étiologique)			2 (10%)	6 (19,4%)	2 (4,4%)	10
8. Vérifier la cohérence biologique		3 (75%)	7 (35%)			10
9. Prescrire les mesures de prévention et de contrôle			1 (5%)	3 (9,7%)	6 (13,3%)	10
10. Rédiger un rapport d'enquête		1 (25%)	4 (20%)	5 (16,1%)		10
Total /item échelle		4	20	31	45	100

Tableau 1 : Fréquence d'exécution des tâches nécessaires à la prise en charge d'une alerte épidémique, estimée par les médecins interrogés

L'ensemble des répondants indiquent exécuter l'ensemble des tâches requises selon la procédure, aucune n'est omise. Cependant, c'est leur fréquence de mise en œuvre qui est variable suivant les tâches. Selon ces résultats, il apparaît que la quasi-totalité des étapes soit 9 sur les 10 est notifiée comme « toujours » effectuée (44% des réponses données sont catégorisées au niveau 5). La description temps/lieu/population), confirmation du diagnostic, définition des cas, collecte des cas et des données, formulation des hypothèses et prescription des mesures sont donc les activités systématiquement mises en œuvre par l'ensemble des médecins lors d'une investigation. La vérification de la cohérence biologique (étape 8) est évoquée plutôt comme régulièrement mise en œuvre (70 % des réponses pour cette étape sont classées dans cette catégorie). La rédaction du rapport final n'est pas un passage obligé, mais plutôt de l'ordre d'une pratique variable, plutôt jugée comme régulièrement ou souvent accomplie (40 % des réponses pour cette étape sont classées dans ces deux catégories).

4.2. Niveaux d'expertise et appropriation de la démarche

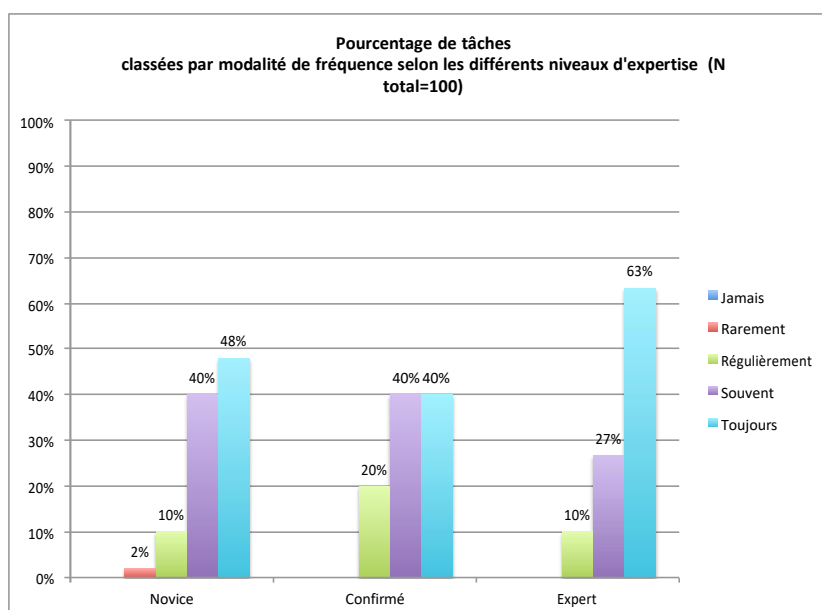


Figure 1. Suivi estimé de la procédure selon les niveaux d'expertise (% des tâches classées en fonction de leur fréquence de mise en œuvre)

Nous avons regroupé ces résultats selon les trois niveaux d'expertise présentés précédemment (3 experts seniors, 2 experts confirmés et 5 juniors). Notre objectif était de d'identifier le degré de suivi de la procédure en fonction de l'expertise, toutes tâches cumulées. Bien que la tendance soit globalement positive (96 % des réponses sont incluses dans les 3 catégories Régulièrement, Souvent et Toujours), les niveaux d'expertise se différencient sur les pourcentages de répartition des réponses par modalités (toutes étapes confondues) :

- Les experts privilégient un passage systématique des différentes étapes (Toujours-63%)
- Les confirmés déclarent ne pas suivre systématiquement l'ensemble des étapes (Toujours et Souvent -40%, régulièrement-20%).
- Les novices déclarent suivre plus ou moins la démarche recommandée sur 4 modalités de fréquence proposées (de Rarement-2% à Toujours-48%)

L'importance de l'apprentissage de cette démarche semble donc émerger de ces premières données, avec une évolution qui passerait en particulier par un stade « intermédiaire » d'expertise (les confirmés). Ce stade se caractériserait par une pratique non encore stabilisée, puisqu'ils indiquent une répartition équivalente entre une application soit fréquente soit systématique de la démarche prescrite.

4.3. Premiers éléments de scénarisation (maladie, localisation)

Une épidémie réfère à l'augmentation et à la propagation rapide d'une maladie infectieuse et contagieuse dans une région donnée. Ces maladies adoptent des comportements spécifiques selon mode de contamination, la population avec laquelle il est mis en contact, mais aussi de tout un ensemble de facteurs environnementaux tels le climat, la saison, la région géographique.

Le choix d'une maladie à l'origine d'une épidémie joue donc un rôle important pour une scénarisation adaptée aux objectifs pédagogiques et au public-cible. Il a été demandé aux médecins de choisir deux maladies intéressantes à intégrer dans un scénario. Un médecin donnant 1 à 3 pathologies possibles, 27 choix au total ont été effectués pour les 10 épidémiologistes. Les critères indiqués dans les réponses sont essentiellement la fréquence, la gravité, le tableau clinique (standard ou atypique), la facilité de sa prise en charge, la complexité en relation avec niveau d'apprentissage du scénario à jouer.

Maladies	Nb de choix
Toxi-infections alimentaires collectives	4
Grippe	3
Légionellose	3
Méningite	3
Paludisme	3
Tuberculose	2
Péril fécal	2
Ebola	2
Zika	1
Chikungunya	1
Choléra	1
Dengue	1
Fièvre Q	1
Total	27

Tableau 2 : Fréquence de choix des maladies identifiées comme scénarisables par les 10 médecins

Les toxi-infections alimentaires collectives sont en tête de liste suivies de la grippe et des légionelloses du fait de leur fréquence, de la simplicité du tableau clinique, de leur diffusion rapide. La méningite à cause de la gravité du pronostic et des contraintes temporelles pour sa prise en charge : *« La TIAC car elle est très classique, on doit faire toutes les étapes, c'est un cas d'école et la méningite car dans l'investigation, on doit être amené très vite à agir, afin d'éviter la propagation »*

Le paludisme, la tuberculose, péril fécal sont des causes d'épidémies que les épidémiologistes doivent savoir identifier et prendre en charge, car souvent rencontrées. Elles sont donc intéressantes à scénariser. Le choix de certaines pathologies, destinée à des scénarii experts, est orienté par la conjonction de plusieurs critères comme la gravité, la rareté (*« Et après je jouerais pour une maladie rare, une maladie par transmission de contact, de type Ebola, Marbourg, car ça reste une maladie très grave et surtout rare »*), la spécificité des modes de transmission et des tableaux cliniques (zoonose, - Fièvre Q, arbovirose- Dengue, Zika) », *« La fièvre Q : il y a très peu de monde qui la connaît, dont ça pousse l'étudiant au cours du scénario à augmenter son niveau de connaissance pour raisonner »*.

Les choix ont aussi été faits selon le niveau d'expertise des futurs apprenants (novice vs expert): *« Pour le novice, il faut une TIAC et le Paludisme (on sait ou on ne sait pas, on fait le diagnostic facilement). Pour les experts, je ne parlerais pas de maladie mais de fièvre, il faut pouvoir arriver à faire des diagnostics comme la légionellose (il faut trouver l'exposition car on a une origine environnementale) »*.

L'ensemble de ces critères correspondraient à des objectifs pédagogiques comme la capacité de gestion de la complexité ou la pratique des différentes tâches (« étapes ») de la procédure :

- *« La TIAC car elle est très classique, on doit faire toutes les étapes, c'est un cas d'école et la méningite car dans l'investigation, on doit être amené très vite à agir, afin d'éviter la propagation »,*
- *« La fièvre Q : il y a très peu de monde qui la connaît, dont ça pousse l'étudiant au cours du scénario à augmenter son niveau de connaissance pour raisonner ».*

La question suivante portait sur le choix de la localisation d'une épidémie : le scénario devrait-il se jouer en Métropole, Outre-Mer ou en Opération Extérieure ? Cette question était spécifique au contexte de santé militaire des médecins interviewés.

Une réponse pouvant amener plusieurs choix possibles, 18 choix au total ont été effectués (*« Il faut mieux mettre en Outre-Mer / Opex une TIAC pour les médecins militaires plutôt qu'en métropole. »*). Les choix identifiés ont été en majorité Outre-Mer (10/18), Opérations extérieures (6/18) puis Métropole (2/18). Ces choix ont été expliqués selon plusieurs critères d'intérêt :

- Les départements et territoires d'outremer et les pays concernés par les déploiements militaires, offrent une palette de situations à scénariser variées du fait de leurs conditions

environnementales et climatiques (« *Outre-mer, c'est mieux pour scénariser une maladie car on a plus de sources potentielles de contamination qu'en métropole* ») et correspondent à des situations fréquemment rencontrées (« *les maladies du péril fécal, c'est ce qui nous pose problème en Opex* »)

- Le soutien santé n'est pas structuré de la même manière en Opex, en Outre-Mer ou en métropole. Les choix se sont portés sur des contextes organisationnels spécifiques, permettant de mettre en jeu les relations entre les correspondants locaux et les épidémiologistes (*En Opex, c'est le DirMed (Directeur Médical, responsable des équipes médicales déployées sur le terrain), tu as aussi le commandement militaire qui est dedans.. En Outre-mer, tu as le DIASS* » (responsable de la direction interarmées du service de santé (DIASS) organisant le soutien santé des militaires affectés localement et leur famille)

Les réponses données à cette question par les médecins interviewés sont orientées par le réalisme de la pratique professionnelle à insérer au scénario, à la fois dans sa composante bio-environnementale et dans sa composante sociale et organisationnelle.

5. CONCLUSION

Cette étude exploratoire nous a permis d'identifier auprès de médecins pratiquant la surveillance épidémiologique et la gestion d'alertes certains éléments nécessaires à la préparation de simulations dans ce domaine, sur leur pratique et sur leur expertise.

Premièrement, notre questionnaire portait sur la façon dont la procédure d'investigation d'épidémie était mise en œuvre dans la pratique et comment l'expertise professionnelle en consolidait l'appropriation. Ainsi, les résultats indiquent-ils que les médecins, tous niveaux d'expertise confondus, exécutent l'ensemble des tâches prescrites par la procédure, soit régulièrement, soit souvent ou toujours. Aucune de ces tâches n'est omise. Parmi les 7 tâches déclarées comme étant toujours effectuées, trois d'entre elles correspondent au socle minimal nécessaire en épidémiologie pour comprendre la nature du phénomène et intervenir (confirmer l'épidémie, définir le tableau clinique des cas, la décrire en temps, lieu, population). Le deuxième point concernait la mise en œuvre variable de la procédure en fonction du niveau d'expertise et d'expérience (juniors, confirmés et seniors). Les médecins seniors ont déclaré suivre systématiquement l'ensemble des tâches de cette procédure alors que les juniors y semblent avoir plus de difficultés, omettant certaines d'entre elles.

La priorisation de l'exécution de certaines tâches par rapport à d'autres dans la pratique réelle est une donnée importante pour la mise en place des futures formations par la simulation. Elle orientera les modalités d'évaluation sur les connaissances et compétences attendues. Ainsi, le passage séquentiel sur l'ensemble des étapes/tâches de la procédure ne devrait pas être considéré comme pertinent mais les plus importantes devront être systématiquement exécutées. De plus, une approche différenciée par le niveau d'expertise en surveillance sera aussi nécessaire à prendre en compte à la fois dans la construction des scénarii et lors des retours d'expérience.

Enfin, nous désirions avoir un avis issu de l'expérience de terrain sur deux éléments nécessaires à la scénarisation: les maladies à l'origine d'une épidémie et leur localisation possible. Les choix effectués par les médecins interviewés ont suivi deux critères principaux: le public-cible (juniors vs seniors) du scénario et la proximité aux situations de référence, rencontrées dans la pratique quotidienne. Les commentaires explicitant ces choix ont mis l'accent sur la composition de plusieurs critères épidémiologiques, comme la complexité, la gravité, la rareté d'une pathologie, mais aussi des critères de réalisme organisationnel lors du choix du terrain.

Ces réponses ont ainsi alimentées une première formalisation de la structure d'un scénario. Celui-ci sera composé d'une épidémie décrite le plus précisément possible et de son histoire, d'un environnement social et organisationnel dans lequel elle évoluera. Pour un scénario épidémique donné et en fonction de ces éléments, il sera possible de définir un niveau de difficulté à associer au niveau des participants. Il nous faut y ajouter aussi l'environnement social et technique de la gestion d'alertes

épidémiologiques, à savoir les autres acteurs organisationnels susceptibles d'intervenir en situation réelle. Ces autres aspects non pas été abordés ici.

La fidélité aux situations de référence est donc importante pour que la simulation soit crédible pour les participants. Il s'agit donc bien de fidélité psychologique, donc de comportements et processus psychologiques équivalents à ceux en situation réelle (Burkhart, 2003). Dans le cas présent, il s'agit des processus engagés dans la construction de représentation de situations, telle la réduction d'incertitudes, la planification ou la prise de décision pour le contrôle de situations dynamiques et complexes, à forts enjeux dans un contexte organisationnel spécifique (Gaudin et al. 2014, Texier et al., 2017). Pour que la simulation remplisse son rôle, elle doit permettre aux participants de les mettre en œuvre dans des situations écologiquement valides et acceptables.

6. REMERCIEMENTS

Nous remercions tout particulièrement le Pr. J.B. Meynard, directeur du CESP, le Pr. R. Michel et le Dr. V. Pommier de Santi, responsables de l'unité fonctionnelle de surveillance épidémiologique ainsi que l'ensemble des médecins pour leur participation à cette étude, effectuée en 2016 dans le cadre du PEA n° PDH-1-SMO-4-17.

7. REFERENCES

- Beguïn, P., Well-Fassina (1997) A. De la simulation des situations de travail à la situation de simulation. In : Beguïn, P., Well-Fassina, A. (Eds), *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir* (pp. 5-28). Toulouse : Octares Editions.
- Boccaro V., Delgoulet, C. (2015). L'analyse des travaux pour la conception en formation, *Activités* 12(2), 73-92.
- Burkhardt, J.M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques. *Le travail Humain*, 66(1), 65-91.
- Caserio-Schönemann C., Fouille A. (2014) La surveillance syndromique en France en 2014, *Numéro spécial du Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, 3-4, 81 p.
- Chaudet, H., Pellegrin L., Meynard J-B., Texier G., Tournebize O., Queriaux B. & Boutin JP (2006). Web Services Based Syndromic Surveillance for Early Warning within French Forces. *Studies in Health Technologies and Informatics*, 124, 666-671.
- Desenclos J.C., Vaillant V., Delarocque Astagneau E., Campèse C., Che D., Coignard B., Bonmarin I., Lévy Bruhl & D., De Valk H. (2007). Les principes de l'investigation d'une épidémie dans une finalité de santé publique, *Médecine et maladies infectieuses* 37, 77-94.
- Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological Bulletin*, 51, 327-358.
- Gaudin, C., Bonnardel, N., Pellegrin, L. & Chaudet, H. (2014). Collective activities in a Technology Mediated Medical Team: An Analysis of Epidemiological Alert Management. *Behaviour and Information Technology*, 33(3), 249-258.
- Pastré P. (2005.) *Apprendre par la simulation : de l'analyse du travail aux apprentissages professionnels.*- Toulouse, Octarès, 363 p.
- Rogalski, J., Samurçay R. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le travail humain*, 61(4), 333-359.
- Texier G, Pellegrin L, Vignal C, Meynard JB, Deparis X. & Chaudet H (2017). Dealing with uncertainty when using a surveillance system. *International Journal of Medical Informatics*, 104, 65-73.
- Thacker SB. (1996). Surveillance. In Gregg MB (Ed), *Field Epidemiology* (pp 116-32). New York : Oxford University Press,

Vicenzi, D., Wise J., Mouloua, M., Hancock, P. (2009). *Human Factors in Simulation and Training*, CRC Press, Boca Raton, 450 p.

Session 4 – Interactions Homme-Machine

Le phénomène de contentement : comparaison entre un automate de l'action et un automate de l'information

Eugénie Avril

Laboratoire Science de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) – EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, 81000 Albi (France)

eugenie.avril@univ-jfc.fr

Jordan Navarro

Laboratoire d'Etudes des Mécanismes Cognitifs – EA 3082, Université des Lumières Lyon 2, 69676 Bron (France)

jordan.navarro@univ-lyon2.fr

Liên Wioland

INRS, Département Homme au Travail INRS, 54519 Vandœuvre-lès-Nancy (France)

lien.wioland@inrs.fr

Julien Cegarra

Laboratoire Science de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) – EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, 81000 Albi (France)

julien.cegarra@univ-jfc.fr

RÉSUMÉ

Le phénomène de contentement est une conséquence négative pouvant apparaître lorsque nous utilisons un système automatisé. Afin de vérifier si ce phénomène peut également intervenir avec des automates de l'information (i.e interfaces) qui sont de plus en plus présents dans notre quotidien (Smartphone, logiciels d'aide à la décision, etc.), nous avons confronté 96 participants à trois tâches du *Multi Attribute Task Battery* (MATB). Une tâche de détection de pannes était automatisée selon 2 types d'automate : action (répare automatiquement les pannes) vs. Information (signale les pannes) et selon 4 niveaux de fiabilité (0 ; 56,25; 87,5; 100%). Un effet de la fiabilité de l'automate sur la performance quel que soit le type d'automate a été trouvé. Le taux de détection et le temps de réaction étaient meilleurs lorsque les pannes étaient signalées par l'automate de l'information que lorsqu'elles ne l'étaient pas. Les données *eye-tracker* ont montré que la tâche automatisée était surveillée moins longtemps lorsque la fiabilité de l'automate de l'information était élevée. Cependant, aucun effet n'a été trouvé pour le score NASA TLX. Ainsi, un automate de l'information peut également engendrer un phénomène de contentement.

MOTS-CLES

Contentement ; fiabilité de l'automate ; interaction homme-machine ; interface ; eye-tracker.

1 INTRODUCTION

De nos jours, l'omniprésence des systèmes automatisés et leur utilisation croissante vient questionner la coopération entre l'humain et la machine. Les opérateurs humains sont amenés à interagir de plus en plus avec ces automates. Ces systèmes automatisés sont présents à la fois en exécutant des actions à la place d'un opérateur humain (véhicule autonome, pilote automatique ou métro sans conducteur) mais également à travers de multiples systèmes automatisés qui présentent Sheridan et Wickens (2000) ont développé un modèle théorique pour les types et niveaux d'automatisation. Il permet de distinguer plusieurs fonctions de l'automatisation relatives à l'action et à l'information. Ces automates de l'information (i.e interface) viennent en renfort pour prétraiter des informations et aider l'opérateur humain dans sa prise de décision.

Bien que les concepteurs soient conscients des risques pouvant être engendrés par l'interaction entre un opérateur humain et un système automatisé, il reste nécessaire d'étudier ces phénomènes (Hegarty, 2011). Cette coopération entre un opérateur humain et un automate peut entraîner des conséquences négatives (Bainbridge, 1983 ; Parasuraman & Riley, 1997). En effet, cette interaction change l'activité humaine et de nouveaux phénomènes peuvent apparaître (Hoc, 2000). Par exemple, le phénomène de contentement a été démontré dans de nombreuses études utilisant des automates de l'action (Parasuraman & Manzey, 2010) mais n'a pas été démontré avec des automates de l'information. Ce phénomène est d'abord apparu dans le secteur aéronautique à la suite de plusieurs accidents où les opérateurs n'ont pas mené de suffisamment contrôler le système. Il a donc été défini comme « une auto-satisfaction pouvant entraîner une non-vigilance basée sur une hypothèse non justifiée d'état de système satisfaisant » (Billings et al. 1976). Parasuraman et Manzey (2010) ont mené en revue de nombreux articles sur ce phénomène et ont conclu que bien qu'aucune définition ne fasse consensus dans la littérature, trois caractéristiques apparaissent de façon récurrente dans les rapports d'incidents et dans les études expérimentales sur l'émergence du phénomène de contentement : (1) l'apparition du phénomène implique la surveillance d'un système automatisé par un opérateur ; (2) la fréquence de cette surveillance est inférieure à une valeur standard ; (3) la performance est directement impactée par le phénomène, notamment à cause de la sous-surveillance du système. Ce constat nous a amené à définir le phénomène de contentement comme une faible suspicion envers l'automate menant à une surveillance sous-optimale de celui-ci (Wiener, 1981 ; Moray & Inagaki, 2000). En situation de travail, l'apparition de ce phénomène peut conduire à des situations dégradées voire accidentelles. Aussi, en termes de prévention traiter de cette question est aussi pertinent.

Ce phénomène a été observé à travers des études expérimentales utilisant des environnements multitâches (Onnasch, Wickens, Li, & Manzey, 2014) tel que le *Multi Attribute Task Battery* (Comstock Jr & Arnegard, 1992) et manipulant la fiabilité de l'automate (Bagheri & Jamieson, 2004; Parasuraman, Molloy, & Singh, 1993). L'étude de Parasuraman, Molloy et Singh (1993) est d'ailleurs devenue une référence lorsque l'on parle du phénomène de contentement, puisqu'elle montre directement le déclin de la performance dû à la non-vigilance des participants face à des systèmes à haute fiabilité. Avec l'aide d'une situation multitâches dans laquelle une seule tâche est automatisée, ces auteurs ont comparé un faible et un niveau élevé de fiabilité du système automatisé (56,25 % et 87,%) et ont montré que les participants avaient plus de difficulté à détecter les défaillances du système automatisé lorsque ce système était très fiable. Bagheri et Jamieson (2004) ont répliqué cette étude en ajoutant des mesures oculaires (Eye-tracker) et ont montré que la tâche automatisée était moins surveillée avec un niveau de fiabilité élevée comparé à lorsqu'elle était automatisée avec un faible niveau de fiabilité. Les environnements multitâches sont des environnements complexes à cause de leur simultanéité mais permettent de montrer ces déclin de surveillance typiquement présents lors de l'émergence du phénomène de contentement. Les questionnaires subjectifs (tels que le NASA TLX) permettent de mesurer les charges de travail ressenties par les participants afin de mieux comprendre les mécanismes pouvant se mettre en place durant ces études expérimentales.

L'objectif de cette étude est de comparer le phénomène de contentement avec un automate de l'action mais également avec un automate de l'information. Notre étude compare deux types

d'automates (action et information) et quatre niveaux de fiabilité (0 ; 56,25 ; 87,5 et 100%). Notre première hypothèse est qu'il y a un effet du degré de fiabilité de l'automate de l'information et de l'automate de l'action sur le temps accordé à la tâche de surveillance. Lorsque les niveaux de fiabilité sont élevés (87,5% et 100%), nous supposons que les participants accordent moins de temps à la tâche de surveillance (Bagheri & Jamieson, 2004). Notre deuxième hypothèse est que la performance (nombre de détection) et le temps de réaction sont faibles lorsque les pannes ne sont pas signalées par un automate de l'information (Rovira, Zinni, & Parasuraman, 2002). Notre troisième hypothèse est que les mesures de la charge sont plus élevées lorsque les niveaux de fiabilité sont faibles (Parasuraman et al., 1993; Wickens & Dixon, 2007).

METHODE

1.1 Participants

96 participants de l'Institut National Universitaire Jean François Champollion (Albi) ont été sollicités pour réaliser cette expérience. Les participants étaient des étudiants âgés de 18 à 27 ans (69 femmes et 27 hommes) avec une moyenne d'âge de 20.25. Ils avaient tous une vision correcte.

1.2 Matériel et Protocole

1.2.1 The Multi Attribute Task Battery

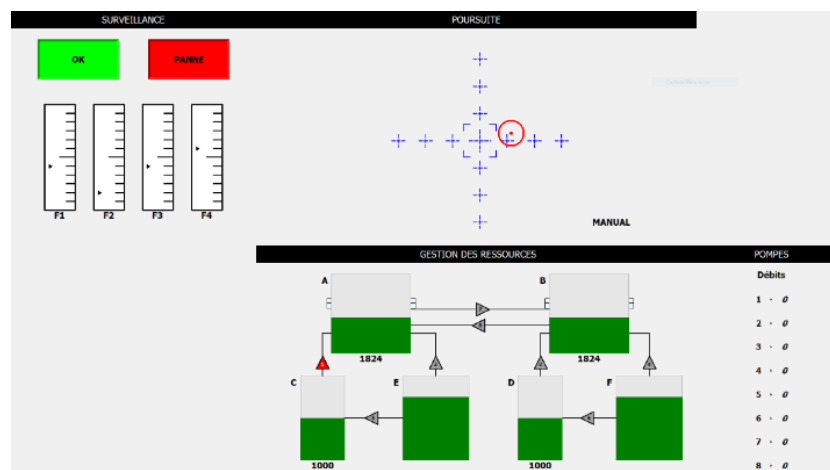


Figure 1: Screen shot du Open MATB

Le MATB (Comstock Jr & Arnegard, 1992; Santiago-Espada, Myer, Latorella, & Comstock Jr, 2011) est un micro-monde composé de plusieurs tâches présentées simultanément. Une version modifiée du MATB, intitulée OpenMATB a été conçue afin d'intégrer notamment la synchronisation avec l'*eye-tracker* (Cegarra, Valéry, Avril, Calmettes & Navarro, 2018). La tâche de cible est une tâche compensatoire qui consistait à maintenir un curseur dans une zone cible en utilisant un Joystick. La tâche de gestion de ressources est une tâche de raisonnement où le participant doit maintenir des niveaux cibles de liquide dans des réservoirs qui se vident continuellement. La tâche de surveillance est composée de 4 jauges dans lesquelles un curseur fluctue dans chaque colonne. Ce curseur se bloque parfois et doit être débloqué par le participant en appuyant sur les touches du clavier. Cependant, pour les besoins de l'étude, la tâche de surveillance a été automatisée (Bagheri & Jamieson, 2004). Lorsque l'automate de l'action était actif, le curseur fluctuait au centre de chaque jauge. En cas de défaillance de l'automate de l'action, le curseur se bloquait dans la partie supérieure ou inférieure d'une des jauges et le voyant « panne » s'allumait en rouge. Lorsqu'il y avait une défaillance de cet automate, le participant devait appuyer sur la touche F1 du clavier si le curseur était bloqué dans la première jauge ; sur F2 (jauge 2) ; sur F3 (jauge 3) ; F4 (jauge 4). Le curseur se débloquait

automatiquement au bout de 10 secondes lorsque le participant n'agissait pas. Parfois, le voyant « panne » ne s'allumait pas (automate de l'information) alors qu'il y avait une panne.

1.2.2 Design expérimental

de l'action vs automate de l'information) et du niveau de fiabilité des automates (quatre modalités : 0% ; 56,25% ; 87,5 % ; 100 % de fiabilité pour chaque type d'automate). Un participant était confronté aux deux types d'automate mais à une seule modalité de l'automate de l'information composée d'un niveau de fiabilité (0 ou 56,25 ou 87,5 ou 100 %, condition inter-sujets). Il passait également les quatre modalités de fiabilité de l'automate de l'action (0 et 56,25 et 87,5 et 100 %, condition intra-sujets). Il y avait 24 participants par condition inter-sujet.

1.3 Procédure

Le fonctionnement des trois tâches du MATB était expliqué aux participants. Ils étaient ensuite amenés à effectuer celles-ci en effectuant un entraînement de dix minutes au cours duquel la fiabilité de l'automate information était de 100% et celle de l'automate action était 0%. Suite à cet entraînement, les participants étaient informés de possibles défaillances des deux automates avant d'effectuer le test de 40 minutes. Le test était composé de quatre blocs de 10 minutes au cours desquels la fiabilité de l'automate de l'action était contrebalancée.

1.4 Mesures

La performance des participants a été mesurée dans chaque tâche : dans la tâche de surveillance, par le nombre de détections des participants lorsque l'automate de l'action ne fonctionnait pas ; dans la tâche de cible, par la proportion de temps du curseur dans la zone cible ; dans la tâche de gestion des ressources, par la moyenne des écarts absolues aux niveaux cibles (2500L), pour les deux réservoirs principaux (A et B).

Les données oculaires (temps cumulé de fixations) ont été mesurées par un *Eye-tracker* SMI (1000 hz) en définissant des aires d'intérêts par rapport aux différentes tâches du MATB. Comme Bagheri et Jamieson (2004), cette mesure permet de comprendre le temps délégué à chaque tâche selon les situations.

Le NASA-TLX a également été utilisé pour évaluer la charge globale des participants et pouvoir mieux comprendre les ressentis des participants lors des différentes situations

2 RESULTATS

Table 1. Résultats

Tâche	Automate de l'action	Automate de l'information
Cible :		
Temps cumulé	.010*	.243
Performance	.036*	.965
Gestion des ressources :		
Temps cumulé	.009**	.857
Performance	.173	.966
Surveillance :		
Temps cumulé	.511	.002**
Mesures subjectives : Nasa TLX	.856	.194

	Pannes signalées par l'automate de l'information 4 niveaux de fiabilité	Pannes non signalées par l'automate de l'information 4 niveaux de fiabilité
Surveillance : Performance Temps de réaction	.000** .000**	.000** .000**

Note. 4 niveaux de fiabilité : 0 %; 56,25 %; 87,5 %; 100 %. * $p < .05$. ** $p < .01$.

2.1 Mesures Eye-tracker

En ce qui concerne la tâche de surveillance, l'analyse des données par une ANOVA simple a mis en évidence un effet de la fiabilité de l'automate de l'information sur le temps passé sur la tâche de surveillance, $F(3,92) = 5.453$, $p < .01$, $\eta^2 = .151$. Lorsque la fiabilité de l'automate de l'information était élevée, alors le temps passé sur la tâche de surveillance était faible. Une Anova à mesures répétées n'a montré aucun effet de la fiabilité de l'automate de l'action pour le temps passé sur la tâche de surveillance ($p = .509$).

Concernant la tâche de cible, l'analyse des données par une ANOVA simple n'a pas montré d'effet de la fiabilité de l'automate de l'information sur le temps passé sur la tâche de cible ($p = .243$). Cependant, l'analyse a mis en évidence un effet de la fiabilité de l'automate de l'action sur le temps passé sur la tâche de cible, $F(3,92) = 3.895$, $p < .01$, $\eta^2 = .039$. Les participants passaient plus de temps sur la tâche de cible lorsque la fiabilité de l'automate de l'action était élevée sur la tâche de surveillance.

Pour la tâche de gestion des ressources, l'analyse des données par une ANOVA simple n'a pas montré d'effet de la fiabilité de l'automate de l'information sur le temps passé sur la tâche de cible ($p = .857$). Cependant, l'analyse a mis en évidence un effet de la fiabilité de l'automate de l'action sur le temps passé sur la tâche de gestion des ressources, $F(3,92) = 4.083$, $p < .01$, $\eta^2 = .042$. Les participants passaient plus de temps sur la tâche de gestion des ressources lorsque la fiabilité de l'automate de l'action était 0%.

2.2 Performance

Pour la tâche de surveillance, les données de performance ont été groupées en deux catégories : les pannes signalées et les pannes non signalées par l'automate de l'information. L'analyse des données par une ANOVA à mesures répétées avec l'automate de l'action comme facteur intra-sujet a révélé un effet significatif de la fiabilité de l'automate de l'action sur le nombre de détections des pannes lorsque celles-ci étaient signalées par l'automate de l'information, $F(3,71) = 8.234$, $p < .001$, $\eta^2 = .104$. L'automate de l'action comme facteur intra-sujet a révélé un effet significatif de la fiabilité de l'automate de l'action sur le temps de réaction lorsque celles-ci étaient signalées par l'automate de l'information, $F(3,71) = 141,447$, $p < .001$, $\eta^2 = .666$.

L'analyse des données par une ANOVA à mesures répétées avec l'automate de l'action comme facteur intra-sujets a révélé un effet significatif de la fiabilité de l'automate de l'action sur le nombre de détection des pannes lorsque celles-ci n'étaient pas signalées par l'automate de l'information, $F(3,71) = 61.60$, $p < .001$, $\eta^2 = .465$. De même, les résultats ont révélé un effet significatif de la fiabilité de l'automate de l'action sur le temps de réaction lorsque celles-ci n'étaient pas signalées par l'automate de l'information, $F(3,71) = 201,285$, $p < .001$, $\eta^2 = .739$.

Pour la tâche de cible, l'analyse n'a pas mis en évidence d'effet de la fiabilité de l'automate de l'information sur la performance dans la tâche de cible, ($p = .965$). Cependant, un effet de la fiabilité de l'automate de l'action a été montré, $F(3,92) = 3.463$, $p < .05$, $\eta^2 = .036$. La performance était significativement plus élevée lorsque le niveau de la fiabilité de l'action était de 100% comparé au niveau 0%. Concernant la tâche de gestion des ressources, l'analyse n'a mis en évidence d'effet de la fiabilité ni de l'automate information, ($p = .966$), ni de l'automate de l'action ($p = .173$) sur la performance.

2.3 Charge mentale

Aucun effet de la fiabilité de l'automate de l'information n'a été trouvé sur les mesures subjectives du NASA TLX, ($p = .194$). De la même façon, aucun effet de la fiabilité de l'automate de l'action n'a été trouvé, ($p = .856$).

3 DISCUSSION

Cette étude a permis de mettre en évidence qu'un automate de l'information peut engendrer les mêmes difficultés d'interaction qu'un automate de l'action (Parasuraman & Riley, 1997).

Plus précisément, nos résultats ont montré qu'une fiabilité élevée d'un automate de l'information engendrait une baisse du temps alloué à la tâche de surveillance. Bagheri et Jamieson (2004) avait trouvé les mêmes résultats avec un automate de l'action. Il est possible que dans notre étude la fiabilité de l'automate de l'information ait primé sur la fiabilité de l'automate de l'action puisque nous n'avons pas trouvé d'effet de l'automate de l'action. Les données de l'*eye tracker* ont montré que l'automate de l'action augmentait le temps alloué aux tâches de cible et de gestion des ressources bien que ces tâches ne soient pas directement automatisées. Cela montre que l'automatisation de la tâche de surveillance a engendré une réallocation des ressources visuelles sur les autres tâches manuelles (cible et gestion des ressources). Ces résultats sont en adéquation avec l'étude de Karpinsky, Chancey, Palmer et Yamani (2018) dans laquelle l'allocation des ressources était redistribuée aux tâches manuelles selon le niveau de demande d'une tâche et la fiabilité d'un automate.

Comme d'autres études (Oakley, Mouloua, & Hancock, 2003; Rovira et al., 2002), nos résultats ont également mis en évidence que la présence d'une automatisation de l'information, ainsi que sa fiabilité engendraient une meilleure performance et un temps de réaction plus faible lorsque les pannes étaient signalées. Les participants avaient une performance plus faible lorsque les pannes n'étaient pas signalées (Par exemple, 0.96 pour le niveau 0% de fiabilité de l'automate de l'action lorsque les pannes étaient signalées contre 0.6 lorsqu'elles ne l'étaient pas). Le temps de réaction était plus long lorsque les pannes n'étaient pas signalées (Par exemple, 3 s pour le niveau 0% de fiabilité de l'automate de l'action lorsque les pannes étaient signalées contre 6 s lorsqu'elles ne l'étaient pas).

Les mesures de la charge mentale n'ont pas donné de résultats significatifs. Notre interprétation est que le NASA TLX manque peut-être de sensibilité pour capturer les variations de la charge au sein de ces tâches (voir aussi Cegarra et Chevalier, 2008). De plus, les participants peuvent avoir eu des difficultés à évaluer leur charge mentale sans présence de Feedback sur leur performance et en devant évaluer une charge globale sur trois tâches différentes.

Ces résultats montrent enfin que les fonctions décrites par Parasuraman et al. (2000) peuvent amener à des défaillances de coopération et plus précisément au phénomène de contentement. Ces résultats sont une première étape à l'investigation du phénomène de contentement avec un automate de l'information. Le phénomène de contentement ayant été démontré avec un automate de l'information à travers le MATB, d'autres études intégrant un automate de l'information dans une tâche moins inhabituelle pourront être effectuées. Les concepteurs doivent être conscients des défaillances possibles avec un automate de l'information afin de pouvoir les prendre en compte et éviter ces défaillances en adaptant au mieux les outils aux utilisateurs. Notamment, puisque les interfaces peuvent présenter des informations qui ne sont pas tout à fait correctes et parce que le comportement des opérateurs n'est pas forcément adapté (Reising & Sanderson, 1996, 2004). Dans la littérature, nous pouvons trouver de multiples recherches qui s'intéressent à la transparence d'une

automatisation (Wright, Chen, Barnes, & Hancock, 2017) afin de permettre aux opérateurs de mieux comprendre l'origine des informations affichées sur l'interface. Il serait pertinent que ces recherches intègrent le phénomène de contentement et l'automate de l'information.

4 BIBLIOGRAPHIE

- Bagheri, N., & Jamieson, G. A. (2004). Considering subjective trust and monitoring behavior in assessing automation-induced "complacency." *Human performance, situation awareness, and automation: Current research and trends*, 54–59.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. In *Analysis, Design and Evaluation of Man–Machine Systems 1982* (p. 129–135). Elsevier.
- Billings, C. E., Lauber, J. K., Funkhouser, H., Lyman, G., & Huff, E. M. (1976). *Aviation Safety Reporting System* (Technical Report TM-X-3445). Moffett Field, CA: National Aeronautics and Space Administration Ames Research Center.
- Cegarra, J., & Chevalier, A. (2008). The use of Tholos software for combining measures of mental workload: Toward theoretical and methodological improvements. *Behavior Research Methods*, 40(4), 988–1000.
- Cegarra, J., Valery, B., Avril E., Calmettes, C., & Navarro, J. (2018). OpenMATB : an open source implementation of the Multi-Attribute Task Battery. Manuscript submitted for publication.
- Comstock Jr, J. R., & Arnegard, R. J. (1992). The multi-attribute task battery for human operator workload and strategic behavior research.
- Hegarty, M. (2011). The cognitive science of visual-spatial displays: Implications for design. *Topics in cognitive science*, 3(3), 446–474.
- Moray, N., & Inagaki, T. (2000). Attention and complacency. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1(4), 354–365. <https://doi.org/10.1080/14639220052399159>
- Oakley, B., Mouloua, M., & Hancock, P. (2003). Effects of automation reliability on human monitoring performance. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 47, p. 188–190). SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Onnasch, L., Wickens, C. D., Li, H., & Manzey, D. (2014). Human performance consequences of stages and levels of automation: An integrated meta-analysis. *Human factors*, 56(3), 476–488.
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human factors*, 52(3), 381–410.
- Parasuraman, R., Molloy, R., & Singh, I. L. (1993). Performance consequences of automation-induced 'complacency'. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(1), 1–23.
- Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human factors*, 39(2), 230–253.
- Reising, D. V. C., & Sanderson, P. M. (1996). Work domain analysis of a pasteurization plant: Using abstraction hierarchies to analyze sensor needs. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 40, p. 293–297). SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Reising, D. V. C., & Sanderson, P. M. (2004). Minimal instrumentation may compromise failure diagnosis with an ecological interface. *Human factors*, 46(2), 316–333.
- Rovira, E., Zinni, M., & Parasuraman, R. (2002). Effects of information and decision automation on multi-task performance. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 46, p. 327–331). SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.

- Santiago-Espada, Y., Myer, R. R., Latorella, K. A., & Comstock Jr, J. R. (2011). The multi-attribute task battery ii (matb-ii) software for human performance and workload research: A user's guide.
- Wickens, C. D., & Dixon, S. R. (2007). The benefits of imperfect diagnostic automation: A synthesis of the literature. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 8(3), 201–212.
- Wright, J. L., Chen, J. Y., Barnes, M. J., & Hancock, P. A. (2017). *Agent Reasoning Transparency: The Influence of Information Level on Automation Induced Complacency*. US Army Research Laboratory Aberdeen Proving Ground United States

Plateforme d'Adaptation des Dispositifs médicaux et des Aides techniques : outil numérique destination des professionnels en établissement médico-social

Chibaudel Quentin

IRIT, 118 route de Narbonne, 31 062 Toulouse Cedex 9

quentin.chibaudel@irit.fr

Lespinet-Najib Véronique

ENSC, 109 avenue Roul, 33 400 Talence

veronique.lespinet@ensc.fr

Durand Karima

ADGESSA, 31, rue du fils, 33 000 Bordeaux

karima.durand@adgessa.fr

Piant Laurence

CGPDM, 3, allée Daniel Bégu BP 28, 33 127 Martignas Sur Jalles

lpiant@cgpdm.com

Piant Frédéric

CGPDM, 3, allée Daniel Bégu BP 28, 33 127 Martignas Sur Jalles

fpiant@cgpdm.com

RÉSUMÉ

Les personnes en situation de handicap mental ont connu un net gain de leur espérance de vie au cours du dernier siècle. Cela a pour conséquence l'apparition d'une nouvelle population : les personnes en situation de handicap mental avançant en âge (PHA). Cette population fait face à des difficultés voire des freins pour accéder à des soins de qualité. Le système français est clivé en deux. D'un côté, les structures comme les foyers occupationnels accompagnent des personnes en situation de handicap mental et font face à des problématiques comme les troubles du comportement. De l'autre, les structures comme les EHPAD accompagnent des personnes avançant en âge et font face à des problématiques comme la dépendance. Chaque structure utilise des aides techniques et des dispositifs médicaux adaptés en fonction des problématiques auxquelles elle est confrontée. Face à constat, une question émerge : quel accompagnement offrir pour les PHA et quels outils leur proposer, elles qui sont situées à la croisée des chemins ? À travers des entretiens semi-directifs et des tests utilisateurs réalisés dans les deux types de structures, nous avons conçu une plateforme d'adaptation des dispositifs médicaux et des aides techniques (PADMAT) en nous appuyant sur une démarche de conception centrée utilisateur et de design universel. Cette plateforme aide à suivre le parcours de vie et de soins

du résident et de trouver des aides techniques et des dispositifs médicaux adaptés afin d'améliorer l'accès aux soins pour ces dernières.

MOTS-CLES

Situation de handicap ; vieillissement ; expérience utilisateur ; numérique ; IHM ; utilisabilité

1 INTRODUCTION

1.1 Les personnes en situation de handicap mental avançant en âge

Les personnes en situation de handicap mental ont connu un net allongement de leur espérance de vie au cours du dernier siècle. Celle-ci était de 21.5 ans en 1930. Elle était de 58.3 ans en 1980 (Carter & Jancar, 1983). Aujourd'hui, elle atteint 63.3 ans (Eggerickx, Léger, Sanderson, & Vandeschrick, 2018). Cela représente une multiplication par quasiment trois en près d'un siècle ! Cela a pour conséquence l'apparition d'une nouvelle population au sein de la société française : les personnes en situation de handicap mental avançant en âge (les PHA). Une personne en situation de handicap (mental ou autre) avançant en âge est une personne qui a connu sa situation de handicap (qu'elle qu'en soit la cause) avant de connaître les effets du vieillissement (Azéma & Martinez, 2005; CNSA, 2010). En France, le nombre de PHA est estimé à 635 000 dont 267 000 de plus de 65 ans (DREES, 2013). Ces personnes font face à des difficultés voire des freins pour accéder à des soins de qualités (Bussière, 2016; Jacob & Jousserandot, 2013; OMS, 2013).

1.2 L'accès aux soins en France

Le système d'accompagnement français est divisé en différents secteurs. Dans le cas de cette étude, deux nous intéressent : l'accompagnement des personnes en situation de handicap et l'accompagnement des personnes avançant en âge. Les personnes en situation de handicap mental sont accompagnées dans des structures comme les Foyers d'Accueil Médicalisés (FAM), les Etablissements de Service d'Aide par le Travail (ESAT) ou encore les Foyers Occupationnels (FO). Elles font face à des difficultés liées à la situation de handicap mental comme les troubles du comportement (Sullivan et al., 2012). De l'autre, les personnes âgées sont accompagnées dans des structures comme les Établissements d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes (EHPAD). Elles font face à des difficultés concernant l'avancée en âge comme la dépendance (Zribi & Poupée-Fontaine, 2015). Le critère définissant le secteur d'accompagnement de la personne (situation de handicap ou avancée en âge) est l'âge. Celui-ci est fixé, en France, à 60 ans (Roy, 2016; Tenand, 2016). Ces modes d'accompagnement sont séparés et distincts l'un de l'autre. Avant 60 ans, la personne est dite « *en situation de handicap* ». Après 60, la personne est dite « *dépendante* » (Tenand, 2016).

1.3 Impact de ce système dans l'accès aux soins pour les PHA

Pour les personnes en situation de handicap mental, les premiers signes de vieillissement apparaissent précocement, dès l'âge de 40 ans (CNSA, 2010). L'âge de 50 ans est un âge charnière celles vivant en établissement médico-social (Makdessi, Ravaud, & Vanderschelden, 2016). Cette dichotomie provoque une iniquité dans l'offre d'accompagnement (Roy, 2016) et engendre de nombreuses ruptures dans leur parcours de vie et leur parcours de soins (Piveteau & al., 2014).

L'usage des aides techniques et des dispositifs médicaux est particulièrement représentatif de cette dichotomie et des difficultés d'accès aux soins pour les PHA (Chibaudel, & al., 2016). Une aide technique est un « *produit d'assistance fabriqué spécialement ou généralement sur le marché, utilisé par ou pour des personnes en situation de handicap* » (ISO, 2008). Il existe des aides techniques très spécifiques : les dispositifs médicaux. Ceux-ci sont définis comme « *tout instrument, appareil, équipement, logiciel, matière ou autre article utilisé seul ou en association [...] à des fins de diagnostic, de compensation de handicap et/ou thérapeutiques* » (Conseil Des Communautés européennes, 1993).

Ceux-ci sont soit adaptés pour des situations de handicap soit pour des personnes avançant en âge. Pour les professionnels travaillant dans les établissements médico-sociaux, notamment en ce qui concerne l'accompagnement des PHA, une des difficultés rencontrées réside dans la recherche d'aides techniques ou de dispositifs médicaux adaptés en fonction des besoins de la personne. C'est, par exemple, le cas des lits médicalisés (Chibaudel & al., 2018).

1.4 Problématique et objectif de cette étude

Pour améliorer l'accès aux soins pour les PHA, nous souhaitons développer un outil, sous forme de plateforme numérique, à destination des professionnels de santé travaillant dans les établissements médico-sociaux. L'objectif est, pour les professionnels, de faciliter la recherche d'aides techniques et de dispositifs médicaux adaptés aux PHA et de suivre l'usage de ces outils avec ces résidents. Pour répondre à cette problématique, nous avons développé une **Plateforme d'Adaptation des Dispositifs médicaux et des Aides techniques (PADMAT)**. Afin d'en valider la pertinence, nous l'avons testée avec les professionnels.

2 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

2.1 Conception centrée utilisateur et design universel

Pour développer cet outil, nous nous sommes basés sur 2 approches : la Conception centrée utilisateur (CCU) et le design universel. La CCU est une démarche de conception où les besoins, les attentes et les caractéristiques propres des utilisateurs finaux sont pris en compte à chaque étape de processus de conception d'un produit et/ou d'un service. Cette méthode fournit des exigences et des recommandations relatives aux principes et aux activités de conception centrée sur l'opérateur humain (ISO, 2015). Le design universel est une approche complémentaire de la CCU (Lespinet-Najib, Roche, & Chibaudel, 2017). Aussi appelé « *design for all* » (Burzagli, Emiliani, & Gabbanini, 2009) ou « *Universal Design* » (Basham & al., 2010), c'est une méthode de conception prenant en compte les limitations des utilisateurs afin que les produits, services et environnement puissent être utilisés par d'autres sans modifications (Gronier & al., 2014). La CCU permet de répondre aux besoins de la majorité des utilisateurs. Le design universel permet d'inclure les besoins des utilisateurs spécifiques minoritaires (Lespinet-Najib, 2013). Nous avons retenu deux méthodes issues de la CCU : les entretiens semi-directifs et les tests utilisateurs.

2.2 Entretiens semi-directifs

L'entretien semi-directif, aussi appelé entrevue semi-dirigée (Savoie-Zajc, 2009), est une technique de collecte de données qui contribue au développement de connaissances. C'est une méthode de recueil d'informations sur des faits ou des représentations (Der Maren, 1996). Cette méthode qualitative s'inscrit dans une logique compréhensive privilégiant la description des processus plutôt que l'explication des causes (Imbert, 2010).

2.3 TESTS UTILISATEURS

Les tests utilisateurs correspondent à une « *mise en situation* » visant à étudier le comportement et à analyser l'activité des utilisateurs face à un nouvel outil. Elle permet d'observer directement l'usage du système et d'identifier les difficultés rencontrées (Roche, 2015).

2.4 DEROULEMENT DES DIFFERENTES PHASES ITERATIVES

Nous avons d'abord mené une première phase d'entretiens dite « *exploratoire* » afin de comprendre le contexte et d'identifier les attentes et les besoins des professionnels travaillant dans les établissements médico-sociaux. Nous avons ensuite mené une seconde série d'entretiens afin de préciser les fonctionnalités à développer. Puis, nous avons effectué une troisième série d'entretiens

pour valider nos propositions sous forme de maquettes. Enfin, une fois celles-ci validées, nous avons développé une version bêta de notre plateforme sous forme de site web et nous avons effectué des tests utilisateurs avec les professionnels. La figure Figure 1 illustre l'enchaînement des différentes phases de notre étude :

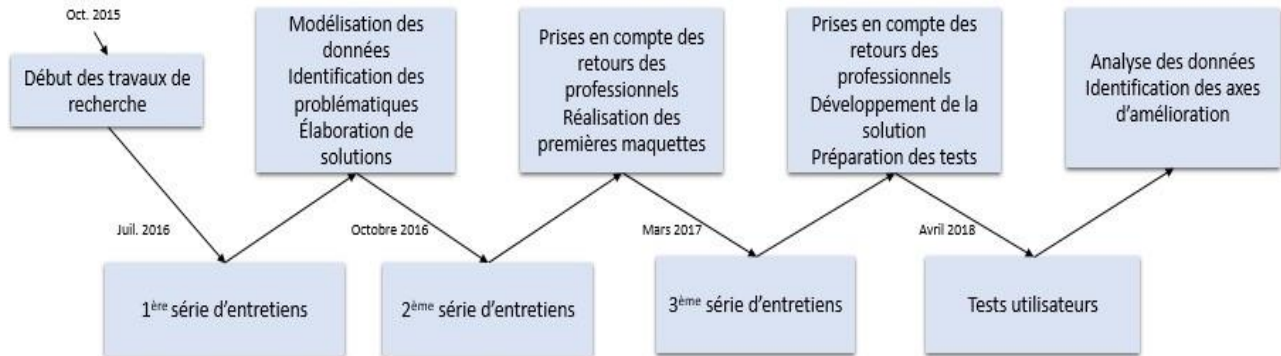


Figure 1 : illustration des différentes phases itératives mises en place

3 RESULTATS OBTENUS

3.1 Entretiens semi-directifs

La première série d'entretiens a eu lieu en juillet 2016 dans trois types d'établissement : EHPAD, ESAT et FO. 9 professionnels ont été rencontrés : aide-soignant, agent de service logistique, chef de service, directeur, directeur-adjoint, ergothérapeute, infirmier, médecin coordonnateur et psychologue. Les entretiens ont duré, en moyenne, 53 minutes. De cette première analyse, il ressort, entre autres, qu'une solution numérique est pertinente pour répondre à la problématique considérée. Ensuite, la seconde phase d'entretien a eu lieu en octobre 2016 dans trois types d'établissements : EHPAD, Foyer d'Hébergement et FO. 8 types de professionnels ont été interrogés : aide-soignant, agent de service logistique, animateur, éducateur spécialisé, ergothérapeute, éducateur moniteur, infirmier et psychologue. En moyenne, les entretiens ont duré 36 minutes. Cette deuxième étape a permis d'affiner les hypothèses issues de la première étape et de réfléchir aux fonctionnalités de l'outil. Enfin, la troisième série d'entretien a eu lieu en mars 2017 dans deux types d'établissements : EHPAD et FO. 3 types de professionnels ont été interrogés : infirmier, ergothérapeute et aide médico-psychologique. En moyenne, les entretiens ont duré 51 mn. Au cours de cette troisième étape, nous avons proposé des maquettes précises et expliqué aux professionnels l'usage qu'ils pourraient faire de l'outil.

L'ensemble de ces entretiens nous ont permis de valider les maquettes et les fonctionnalités du logiciel (que nous avons nommé « Plateforme d'Adaptation des Dispositifs médicaux et des Aides techniques » – PADMAT) développé sous forme de site web. La Figure 2 illustre l'interface finale de la plateforme¹²

¹² La résidente présentée sur cette interface n'existe pas en réalité. La photo est libre de droit [https://unsplash.com/]. Le texte est en latin afin de donner un aperçu de contenu

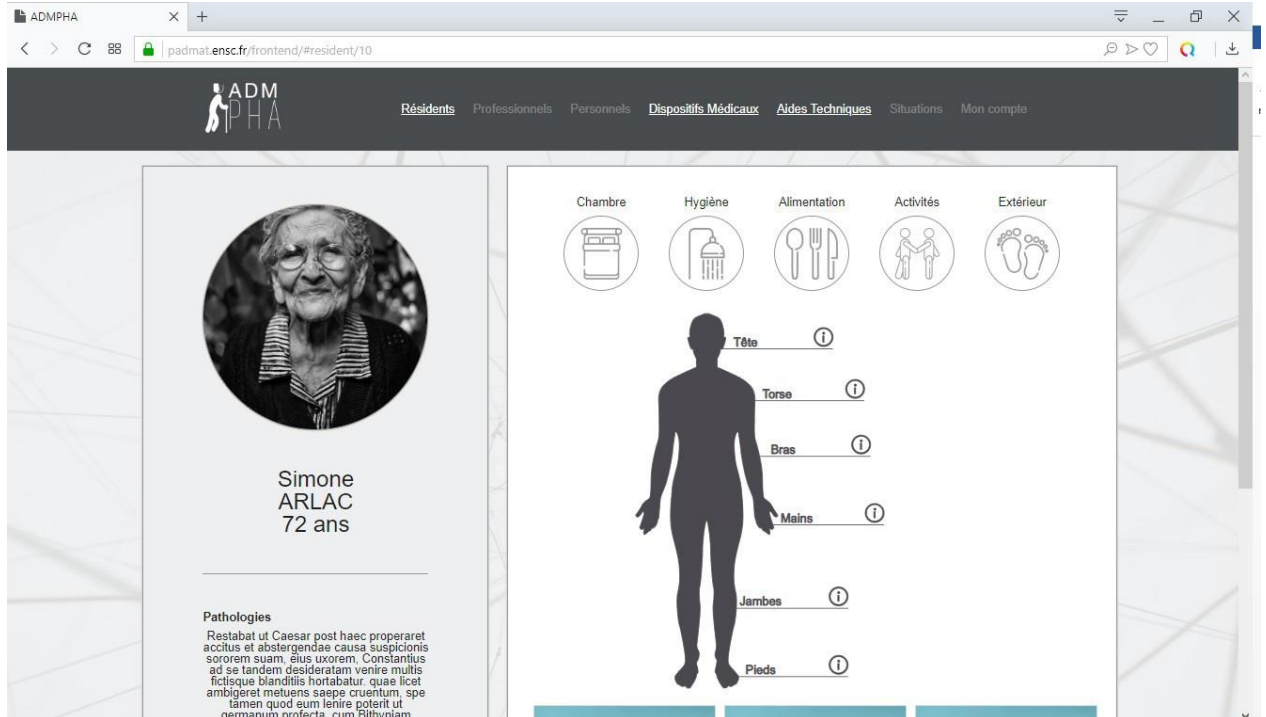


Figure 2 : interface finale de PADMAT

Le professionnel peut utiliser cette plateforme de deux façons :

1. accéder à des informations concernant le parcours de vie et de soins de la personne, relatives à son profil (besoins, envies, attentes par exemple) ;
2. rechercher des aides techniques et/ou des dispositifs médicaux adaptés à cet(te) résident(e) et obtenir des informations relatives à l'outil (coût, fabricant, ...). Pour cela, l'utilisateur peut effectuer une recherche selon deux modalités :
 - a. par partie du corps : en fonction de la zone du corps sélectionnée (pieds, jambes, ...), le logiciel proposera des dispositifs adaptés pour cette partie et en fonction de la personne (besoins, envies, attentes, habitudes de vie, etc.),
 - b. par activité : en fonction d'un type d'activité (chambre, hygiène, etc.), le professionnel pourra accéder à des informations concernant des outils adaptés à cette activité et à la personne. (besoins, envies, attentes, habitudes de vie, etc.).

Ainsi, l'objectif de cet outil est double :

1. permettre un meilleur suivi dans le parcours de soins et le parcours de vie des PHA ;
2. faciliter l'accès aux informations concernant les aides techniques et les dispositifs médicaux utilisés par les professionnels et les PHA.

3.2 Tests utilisateurs

Les tests utilisateurs ont eu lieu au mois de mars et avril 2018 dans deux établissements : un EHPAD et un FO. Nous avons récolté des informations sur la profession et l'âge des participants. Nous avons également évalué leur habitude d'utiliser les nouvelles technologies dans un cadre personnel et leur habitude d'utiliser des logiciels de santé dans un cadre professionnel. Les réponses proposées étaient réparties sur une échelle de Likert à 5 degrés : 1 correspondant à la réponse « *je ne l'utilise jamais* » et 5 à la réponse « *je l'utilise quotidiennement* ». Pour évaluer l'interface, nous nous

sommes basés sur le questionnaire « SUS »¹³ (Brooke, 1996). Le tableau décrit l'échantillon des participants.

	EHPAD	Foyer occupationnel	Total
Nombre de participants	7	8	15
Âge moyen (en nombre d'années)	38.5	31.5	34.8
Profession	2 infirmiers 2 aides-soignants 2 agents de service logistiques 1 psychologue	3 éducateurs spécialisés 2 aides médico- psychologiques 2 accompagnants éducatifs spécialisés 1 infirmier	/
Habitude d'utilisation des nouvelles technologies (/5)	3.9	4.2	4
Habitude d'utilisation de logiciel de santé (/5)	5	3.9	4
Score SUS	69	76	72

Tableau 1 : descriptif de l'échantillon ayant participé aux tests

Pour la modalité « *habitudes d'utilisation des nouvelles technologies* », nous obtenons un score moyen de 4. Les professionnels sont des utilisateurs réguliers mais pas quotidien des nouvelles technologies. Cela traduit le besoin de rester simple dans l'outil proposé. Celui-ci doit proposer uniquement les fonctionnalités essentielles et doit être facilement utilisable. Ainsi que nous le rappelait un professionnel, « *c'est le mot le plus important : simple* ».

Pour la modalité « *habitude d'utilisation de logiciel de santé* », nous obtenons un score de 4. Les professionnels de santé sont formés à l'utilisation d'un logiciel de santé. L'usage quotidien (« *on*

¹³ Le questionnaire SUS est un questionnaire simple et rapide qui permet d'évaluer la qualité de l'interface d'un

s'en sert tous les jours, donc ça va ») leur permet de connaître les différentes fonctionnalités et de les maîtriser. Nous devons proposer un système de fonctionnement similaire pour faciliter l'appropriation et favoriser l'usage régulier de notre outil.

Un score SUS inférieur à 68 traduit le fait que l'interface pose des difficultés aux utilisateurs (Brooke, 1996). Ici, nous obtenons un score de 72. Cela signifie que notre interface est utilisable mais possède des axes d'amélioration. Par exemple, les utilisateurs ont relevé que certaines des icônes illustrant les situations d'usage ne sont pas encore suffisamment explicites. Ils manquent d'affordance¹⁴ comme nous l'indiquait un professionnel : « *je n'avais pas compris la différence entre « extérieur » et « activités »* ». Un autre exemple concerne la sélection sur les parties du corps : elle n'est pas assez intuitive : « *je ne sais pas si je devais cliquer sur la zone du corps ou sur le texte désignant la zone du corps* » nous commentait un participant.

Les résultats obtenus nous permettent de penser que cet outil possède un potentiel intéressant pour aider les professionnels à mieux accompagner les PHA et, par extension, leur garantir un meilleur accès aux soins. Cependant, notre échantillon est relativement faible. Nous devons élargir nos tests afin de valider la pertinence de notre proposition.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Pour améliorer l'accompagnement des personnes en situation de handicap mental avançant en âge (PHA) dans leur parcours de soins et leur parcours de vie au sein des établissements médico-sociaux, nous avons mis en évidence une problématique d'accès à l'information pour les professionnels de santé. Ces difficultés concernent, entre autres, la recherche d'outils (aides techniques et dispositifs médicaux) adaptés pour ce public. Ces difficultés sont aussi présentes dans la transmission d'informations et le suivi d'un résident au sein d'un établissement médico-social par différents acteurs. Nous avons mené successivement trois séries d'entretiens semi-directifs afin d'imaginer un outil répondant à ces problématiques. Ces entretiens ont été menés à la fois dans des structures accompagnant des personnes avançant en âge (comme les EHPAD) et dans des structures accompagnant des personnes en situation de handicap mental (comme les FO, les ESAT). Cela nous permet de mieux comprendre les besoins et les attentes des professionnels vis-à-vis de l'accompagnement des PHA qui se trouvent à la croisée des chemins entre ces structures. Un prototype de logiciel sous forme de plateforme web a été développé puis testé en établissement. La proposition a plu aux participants. Ils l'ont considéré comme « *un outil assez simple d'utilisation* ». La direction d'un EHPAD nous indiquait qu'il était intéressant d'avoir « *un logiciel centralisant toutes les informations sur le suivi du résident* ». Selon ces mêmes personnes, « *grâce aux commentaires, un remplaçant pourra vite avoir les informations nécessaires pour son [à propos d'un résident] suivi* ». Ces tests nous laissent supposer que cet outil peut être intéressant pour les professionnels accompagnant des PHA. Les tests nous ont aussi permis d'identifier des axes d'amélioration sur lesquels nous devons travailler.

La démarche mise en place est pluridisciplinaire : elle mêle psychologie (comprendre les besoins et les envies des PHA), ergonomie (analyse d'activité à travers les entretiens), l'expérience utilisateur (conception et proposition d'une interface intuitive, satisfaction des utilisateurs) et la passation de tests. De plus, elle se veut itérative avec des allers-retours réguliers entre les concepteurs et les potentiels usagers. Cette démarche de co-conception a permis de proposer un logiciel qui paraît adapté aux usages du contexte défini. Nous nous plaçons dans une approche de « *toujours quelque chose avec une main tendue* » (Piveteau et al., 2014) pour éviter les ruptures de parcours. Les professionnels de santé utilisent régulièrement des logiciels existant de type NetSoins ©. Notre outil

¹⁴ Capacité d'un objet à suggérer sa fonction et ses possibilités d'action (Norman, 2013 outil (Brooke, 1996).

suit un usage et un mode de fonctionnement similaire. De ce fait, dans l'optique d'un usage régulier de cet outil, la similarité aiderait à accompagner les professionnels dans la conduite du changement. Nous pouvons aussi imaginer fusionner les différents outils afin de permettre une interopérabilité entre les différentes applications. Ainsi, notre logiciel deviendrait une fonctionnalité supplémentaire de celles déjà présentes incitant à son usage régulier. De plus, notre proposition nécessite l'alimentation d'une base de données. Or, comme nous le précisait un professionnel, « *si vous nous proposez un nouveau logiciel, nous ne l'utiliserons pas* ». La fusion avec des données existantes permettrait d'éviter un travail supplémentaire aux professionnels, une des causes principales du non-usage de nouveaux outils proposés (Mellot, Bourdier, & Baccouche, 2015). Les données, déjà conservées sur des serveurs propres aux établissements, ne seraient pas délocalisées. Nous resterions dans le cadre de la loi française (République Française, 2018) et européenne (European Union, 2016).

Actuellement, l'outil est destiné aux professionnels accompagnant des PHA en établissement médico-social. Nous souhaitons également le tester avec les familles qui accompagnent des PHA à domicile. En effet, notre outil étant basé sur un principe de design universel, nous souhaitons élargir les utilisateurs potentiels et adaptés l'outil en fonction des différents contextes d'usage possibles.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Azéma, B., & Martinez, N. (2005). Les personnes handicapées vieillissantes: espérances de vie et de santé; qualité de vie. *Revue Française Des Affaires Sociales*, (2), 295–333.
- Basham, J. D., Israel, M., Graden, J., Poth, R., & Winston, M. (2010). A comprehensive approach to RTI: Embedding universal design for learning and technology. *Learning Disability Quarterly*, 33(4), 243–255.
- Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189–194). London, UK: Taylor & Francis.
- Burzagli, L., Emiliani, P. L., & Gabbanini, F. (2009). Design for All in action: An example of analysis and implementation. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 985–994.
- Bussière, C. (2016). *Recours aux soins de santé primaires des personnes en situation de handicap: analyses économiques à partir des données de l'enquête Handicap-Santé*. Université Paris-Saclay.
- Carter, G., & Jancar, J. (1983). Mortality in the mentally handicapped: a 50 year survey at the Stoke Park group of hospitals (1930–1980). *Journal of Intellectual Disability Research*, 27(2), 143–156.
- Chibaudel, Q., Lespinet-Najib, V., Durand, K., Piant, L., & Piant, F. (2016). Access to care for people with mental disabilities getting older through the study of the accessibility to medical devices: the situation in France. In *HEPS 2016*. Toulouse, France. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01699396>
- Chibaudel, Q., Lespinet-Najib, V., Durand, K., Piant, L., & Piant, F. (2018). Evaluation of the Remote Control Affordance of Medicalized Bed for People with Mental Disabilities Getting Older (PDO). In *Congress of the International Ergonomics Association* (pp. 441–448).
- CNSA. (2010). *Aide à l'adaptation et à la planification de l'offre médico-social en faveur des personnes handicapées vieillissantes*.
- Conseil Des Communautés européennes. (1993). Directive 93/42/CEE du Conseil, du 14 juin 1993, relative aux dispositifs médicaux. Journal Officiel.
- Der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Presses de l'Université de Montréal et de Boeck.

- DREES. (2013). L'enquête auprès des établissements et services pour enfants et adultes handicapés. Eggerickx, T., Léger, J.-F., Sanderson, J.-P., & Vandeschrick, C. (2018). L'évolution de la mortalité en Europe du 19^e siècle à nos jours. *Espace Populations Sociétés. Space Populations Societies*, (2017–3).
- European Union. (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Da. Official Journal of the European Union.
- Gronier, G., Tissier, I., Reiter, S., & Valoggia, P. (2014). La Conception pour Tous appliquée aux Interactions Homme-Machine: démarche méthodologique et retour d'expérience. *SELF*, 1.
- Imbert, G. (2010). L'entretien semi-directif: à la frontière de la santé publique et de l'anthropologie. *Recherche En Soins Infirmiers*, (3), 23–34.
- ISO. (2008). *Produit d'assistance pour personnes en situation de handicap : classification et terminologie* (Vol. 2007). Geneva, CH.
- ISO. (2015). *Ergonomie de l'interaction homme-système -- Partie 210: Conception Centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*. Geneva, CH.
- Jacob, P., & Jousserandot, A. (2013). Rapport Jacob 2013: l'accès aux soins et à la santé des personnes handicapées, sl.
- Lespinet-Najib, V. (2013). *De la neuropsychologie cognitive à la cognitive : vers une recherche transdisciplinaire*. université bordeaux 1. Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00984868>
- Lespinet-Najib, V., Roche, A., & Chibaudel, Q. (2017). Santé et handicap: d'une conception centrée "utilisateur" à la conception universelle. In *Annales des Mines-Réalités industrielles* (pp. 25–27).
- Makdessi, Y., Ravaud, J.-F., & Vanderschelden, M. (2016). Profils d'autonomie et de dépendance (s) des résidents en établissement médico-social. Approche multidimensionnelle--Enquête Handicap-Santé--volet Institutions (HSI 2009). *Revue Française Des Affaires Sociales*, (4), 157–191.
- Mellot, S., Bourdier, T., & Baccouche, M. (2015). Une nouvelle méthode de Web Usage Mining basée sur une analyse sémiotique du comportement de navigation. In *EGC* (pp. 299–304).
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic Books (AZ).
- OMS. (2013). *Plan d'action global pour la santé mentale 2013-2020*. Organisation mondiale de la Santé. Piveteau, D., Acef, S., Debrabant, F.-X., Jaffre, D., & Perrin, A. (2014). "Zéro sans solution": Le devoir collectif de permettre un parcours de vie sans rupture, pour les personnes en situation de handicap et pour leurs proches. *Rapport Officiel, Juin*.
- République Française. (2018). Loi n 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. Version consolidée du 24 Avril 2018. *Journal Officiel de La République Française*.
- Roche, A. (2015). *Proposal of a systemic deging method of human-system interface integrating specificities of people with multiple disabilities*. Université de Bordeaux. Retrieved from <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01308190>
- Roy, D. (2016). Les personnes âgées et handicapées en France et les politiques publiques d'accompagnement. *Revue Française Des Affaires Sociales*, (4), 21–33.
- Savoie-Zajc, L. (2009). L'entrevue semi-dirigée. *Recherche Sociale: De La Problématique à La Collecte Des Données*, 5, 337–360.
- Sullivan, T. N., Helms, S. W., Bettencourt, A. F., Sutherland, K., Lotze, G. M., Mays, S., ... Farrell, A. D. (2012). A qualitative study of individual and peer factors related to effective nonviolent versus aggressive responses to problem situations among adolescents with high incidence disabilities. *Behavioral Disorders*, 37(3), 163–178.

Tenand, M. (2016). La barrière des 60 ans dans les dispositifs de compensation des incapacités: quels effets sur les aides reçues à domicile par les populations handicapée et dépendante? *Revue Française Des Affaires Sociales*, (4), 129–155.

Zribi, G., & Poupée-Fontaine, D. (2015). Le dictionnaire du handicap.

Session 5 – Les nouvelles technologies et leur usage

Les usages possibles des drones - préalable à l'étude de leurs futures acceptabilités

David Robin

Altran SO Research, 4 av. Didier Daurat, 31700 Blagnac
david.robin@altran.com

Philip Loucopoulos

Altran SO Research, 4 av. Didier Daurat, 31700 Blagnac
philip.loucopoulos@altran.com

RÉSUMÉ

Outils protéiformes, les drones ou UAVs doivent répondre à des besoins utilisateurs variés et bouleversent un écosystème aéronautique complexe. Bien que très présents dans les médias, ils n'ont pas su conquérir le cœur du grand public. Dans le cadre d'une étude exploratoire en ergonomie prospective, nous cherchons à évaluer ce qui nuit à leurs acceptabilités présentes afin d'observer des comportements récurrents. Or, les utilités envisagées des drones dépendent d'usages dont la variabilité contribue à obscurcir le débat public et limite la comparaison entre études. Pour éclaircir ce point, nous avons construit un référentiel des motifs de déplacements aériens que nous avons étayé via une base de données décrivant les tâches associées à plus de 2500 projets aéronautiques. Ainsi équipés, nous pouvons systématiser la veille technologique rétrospective (évolution du profilage des appareils) et rendre compte des assignations présentes des drones. Utilisé pour analyser les études actuelles d'acceptabilité des UAVs, ce référentiel permet d'observer les usages possibles approuvés, rejetés ou ignorés et d'examiner les mécanismes d'acceptation pour les appareils futurs.

MOTS-CLES

Drone & UAV ; Acceptabilité ; Utilité ; Usages aériens ; ergonomie prospective.

Le drone a du plomb dans l'aile tournante. Cet outil qui devait être un bien de consommation courante, n'a pas su séduire en-dehors d'un public restreint d'afficionados des produits high-tech. Si les prises de vues qu'il permet se sont banalisées, le drone fait surtout parler de lui pour les menaces qu'il véhicule pour les avions de ligne, les sites sensibles et notre vie privée. Son image ? Dégradée. Son utilité ? Questionnée. Son acceptabilité ? Elle mérite d'être étudiée afin d'évaluer les pertinences à venir de cette solution technologique. Dans cet article exploratoire, nous verrons d'abord comment l'objet-drone se définit dans le champ ergonomique, puis pourquoi une démarche issue de l'ergonomie prospective nous a semblé appropriée pour évaluer l'acceptabilité d'appareils encore au stade du concept. Dans une partie plus méthodologique, nous indiquerons pourquoi et comment nous avons dû construire un outil d'analyse pour traiter des usages que les drones rendent possibles, puis nous donnerons des exemples d'exploitations réalisées.

1. LE DRONE, UN OBJET MULTIPLE

L'étude ergonomique des drones recèle plusieurs difficultés à appréhender. La définition même du « drone » est pour commencer encore volatile et son concept varie selon les auteurs et dans le

temps. Sans être véritablement interchangeables, les termes d'aéromodèles et d'aéronef télépiloté (JORF, 2015), d'UAV (Unmanned Aerial Vehicle), UAS (Unmanned Aerial System) ou RPA (Remotely Piloted Aircraft) recouvrent des notions similaires qui, en outre, disposent de niveaux de confiance comparables (Clothier et al., 2015). Le déploiement envisagé à moyen terme d'appareils « dronisés », complètement ou pendant une partie du vol (ONERA, 2010), incite à adopter une acception généraliste : **Nous posons qu'un drone est un aéronef, plus ou moins autonome, qui n'a pas besoin de pilote à bord pour effectuer un déplacement aérien.** Ainsi les prototypes de taxis multicoptères où l'utilisateur n'a pas de formation pour prendre en main l'appareil, sont bien des drones.

La pluralité des noms cache celle des formules technologiques volantes. Si le drone a désormais, dans les médias, les traits d'un petit quadricoptère et non plus celui d'un avion stratégique aveugle (Choi-Fitzpatrick et al. 2016), ces appareils peuvent prendre une grande variété de formes ; leurs voilures peuvent par exemple être fixes, tournantes, souples, ornithoptères, hybrides, sans parler des zeppelins autonomes. Il pourrait donc y avoir autant d'acceptabilités que de formules aéronautiques. Or, les études disponibles rendent rarement compte de cette « aérodiversité ». D'autant que les drones ne sont que les vecteurs aériens d'un ensemble technologique ; conséquemment, leur ergonomie doit aussi s'attacher à l'interface des commandes, l'affichage des retours (qui peut se faire sur écran ou par des dispositifs de réalité augmentée), la nature des tâches automatisées, le rangement et la maintenance de ce vecteur, l'équipement de protection du pilote etc.

De fait, les personnes en contact avec cette technologie peuvent avoir différents statuts : pilotes utilisateurs indirects commanditant et organisant les vols (Klauser, 2017) ; usagers (par exemple, les spectateurs d'un show aérien lumineux) ; enfin riverains et personnes survolées, sensibles aux nuisances et aux risques de sécurité, sans possibilité de contrôle externe, ni d'avantages relatifs, deux facteurs déterminants d'adoption technologique (Venkatesh & Bala, 2000). L'acceptabilité des drones va donc varier sensiblement selon que vous contrôliez, bénéficiez ou subissiez cette technologie (Boucher, 2015 ; Foster, 2015 ; Bajde, 2017). Or, dans le domaine aéronautique, l'absence d'acceptation publique a déjà conduit à limiter les possibilités d'usages d'une catégorie d'aéronefs voire à vouer à l'échec d'importants programmes (Angrand, 2011). En outre, l'insertion sociétale de ces appareils varie elle-même considérablement selon les applications et les modèles, avec des niveaux de connaissance très hétérogènes de la population sur cet objet : une frange encore importante du public n'a jamais manipulé ou vu "en vrai", et parfois même entendu parler des drones (37% des Européens selon un Eurobaromètre de 2015).

Enfin, l'utilité globale des UAVs, l'adéquation entre l'outil-drone et le motif de son utilisation, est également complexe à aborder car c'est un appareil multi-usage. Un même appareil peut en effet réaliser des déplacements aériens pour des motifs et dans des contextes différents, sans d'ailleurs que la tâche confiée à l'appareil soit identifiée par les personnes survolées (Boucher, 2015). Or la mission allouée à un aéronef intervient en amont et sur l'activité produite : (1) en modulant la tâche de pilotage : Billings (1997) définit quatre sous-tâches (aviate, navigate, communicate, manage) nécessaires au pilotage et en signale une autre liée aux opérations militaires. Dans une même logique, il est légitime de penser qu'une partie des ressources cognitives du pilote d'un drone est allouée au motif même du déplacement aérien. L'activité devient même collaborative quand un second opérateur prend en charge l'interprétation des retours et données récoltées ; (2) en établissant un plan de vol : par exemple, avec une mission de transport, la majeure partie du vol sera une phase de croisière ; pour une mission d'observation, l'appareil effectuera des boucles autour d'un périmètre fixé et pourra adopter un vol stationnaire ; pour une intervention, il devra réaliser des vols de basse altitude ; (3) en déterminant la morphologie de l'aéronef : taille, charge utile, allure, aménagement et équipements sont déterminés pendant la conception de l'appareil et décident de son éventuelle réaffectation (Platoni, 2011) ; (4) en se situant dans un cadre de travail, une réglementation des procédures, des pratiques organisationnelles (Foster, 2015 ; JORF, 2015) ; (5) en plaçant l'appareil dans un marché, face à des concurrences (aériennes ou non, pilotées ou non), avec, plus le volume d'activité est important, l'existence de « segments majoritaires » qui entretiennent le parc le plus important d'un type d'appareil et, par ricochet, servent de point de convergence pour une majorité d'innovations techniques et

réglementaires, au risque de masquer et asphyxier d'autres usages potentiels (Thomas (1998) en fait la démonstration pour un autre aéronef polyvalent, l'hélicoptère) ; (6) en induisant des risques accidentels spécifiques comme le prouve de nouveau le précédent des études sur les hélicoptères (Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2015). Avec les drones, Klauser et Pedrono (2017) ont aussi montré que ces scénarios d'usages participaient à la construction de leur acceptabilité. En somme, l'acceptabilité des drones les apparente à celles des avions, des hélicoptères, des missiles, des satellites, des véhicules autonomes, des robots, des caméras de surveillances, des objets connectés, des nouvelles interfaces et de la réalité augmentée. Si le drone est singulier, c'est parce qu'il est pluriel.

2. METHODOLOGIE ET LIMITES

La diversité des situations d'emploi des drones entraîne une posture inconfortable pour la recherche ergonomique : Certaines variétés d'UAVs sont pleinement installées (drones de reconnaissance militaire, de prise de vue, racers) et leurs acceptations relatives s'écrivent au présent ; d'autres projets d'utilisations sont aussi nébuleux que leurs dates de mise en service et visent un avenir lointain. Entre les deux, tout un nuancier de propositions technologiques, de prototypes et de possibilités d'usages, espérés ou redoutés, pour un futur proche. Pour pallier cet obstacle, conserver une portée généraliste et une temporalité longue, nous avons adopté le cadre de l'ergonomie prospective plutôt que celle de conception, selon le distinguo établi par Brangier et Robert (2014). Cette approche a pour but d'anticiper les futurs besoins, usages et comportements, voire de construire ces futurs besoins et de créer des procédés, produits ou services qui leurs sont adaptés. Suivant cette démarche, nous avons ouvert plusieurs chantiers de prospections et de veilles soit technologiques, soit liées aux usages, afin de récolter des données sur les situations actuelles puis détecter les phénomènes émergents. A titre d'exemple, l'un de ces chantiers concerne les variations du milieu atmosphérique qui peuvent détériorer la réalisation du vol ; l'activité future des UAVs devra donc s'adapter aux transformations envisagées de ce milieu (augmentation en nombres et en intensité des turbulences) ainsi qu'aux réglementations et équipements mis en place pour limiter l'impact de leurs vols sur le climat. Parmi les données recueillies, nous étudions l'acceptabilité des aéronefs et particulièrement celles des drones actuels pour identifier des invariances possibles de comportements à leurs égards, les facteurs de rejet et les conditions d'adhésion.

Si l'acceptabilité actuelle des drones peut ainsi être tantôt pratique, sociale ou située (Dubois & Bobillier Chaumon, 2009), c'est la forme sociale, avec ses projections d'usages anticipés, qui est de loin la plus représentée dans la littérature scientifique. Ces études qui peuvent être généralistes ou appliquées à un usage, s'apparentent le plus souvent à des recueils d'opinions d'utilisateurs possibles, non pas les pilotes, mais les bénéficiaires au sens large. Les plus empiriques d'entre elles s'appuient sur le modèle d'acceptation technologique (TAM) de Davis et al. (1989) et ses dérivées. Chamata (2017, 2018) a ainsi proposé deux variations du même TAM spécifiquement attachées aux drones, sans toutefois les confronter aux utilisateurs potentiels. Aux limites identifiées de ces modèles prédictifs s'ajoutent d'autres biais qui relativisent les résultats produits : un échantillonnage de population restreint et peu diversifié (public étudiant par exemple), l'absence de groupe contrôle, l'effet de nouveauté, l'effet d'abstraction (l'influence du document illustrant la situation d'usage (Herron et al., 2014)) ou encore le recours à des intitulés vagues, ambigus ou tendancieux concernant les usages : par exemple, on se demande ce que le public interrogé comprend dans l'appellation « usage quotidien » ou « drone commercial » (voir les résultats opposés obtenus sur cette question par Eyerma et al. (2013) ou Pedrozo & Klauser (2018)).

Ce dernier point est bloquant pour poursuivre l'investigation puisque les usages potentiels des UAVs interviennent comme champs d'application (à quoi pourront servir les drones ?) et variables d'acceptabilité (comment les utilités du drone sur ces différents usages seront-elles perçues ?). Or, il manque un outil standardisant les motifs de déplacement aérien. Quand l'Organisation Internationale de l'Aviation Civile détermine quatre usages afin de traiter leurs occurrences accidentelles (commercial air transport, aerial works, general aviation et state flight), elle regroupe sous une même étiquette des problématiques de pilotage sensiblement différentes et ne prend pas en compte les juxtapositions

d'usages : un vol d'entraînement, par exemple, peut aussi être un vol de reconnaissance ou de patrouille. D'autres typologies, analysées lors d'un état de l'art préalable, mélangent motifs de déplacement et activités aéronautiques (maintenance, activités aéroportuaires) ou intègrent des paramètres descriptifs de l'appareil (cf. le portail aéronautique de Wikipédia). Mais le biais le plus significatif est celui de la segmentation : les recensements d'usages que nous avons collectés, quand ils ne séparent pas d'emblée les UAVs et les autres aéronefs, excluent de fait certaines catégories de drones, ce qui entrave toute étude prospective où la vision globale et systématique est un postulat (De Jouvenel, 1999, revu en 2002) : ainsi, ces typologies d'usages écartent, selon les cas, les drones qui n'ont pas une voilure standard ; les prototypes ; les drones civils en se focalisant sur les seuls appareils militaires quand bien même certaines missions seraient sensiblement les mêmes en terme d'objectifs (recherche de personnes après une catastrophe par exemple) ; ou les drones récréatifs quand leur accessibilité les rend disponibles à d'autres fins comme la recherche. Nous avons besoin d'un outil non discriminant, pour couvrir tous les usages possibles avec un drone puis en observer les acceptabilités relatives.

3. CONSTRUCTION D'UN OUTIL D'AIDE A LA PROSPECTIVE

La conception de ce référentiel des usages possibles a commencé par une analyse documentaire massive pour retrouver les occurrences d'utilisations des drones et des aéronefs en général. Les textes des autorités de réglementations aériennes (ICAO, AESA, DGAC, FAA, FAI...) et leurs définitions exhaustives des emplois aériens ont servi de socle. Ils ont été complétés par plus d'une soixantaine d'études et articles cataloguant les usages aériens. Cette analyse sémantique s'est poursuivie par une fouille de texte systématique sur près de 1400 articles illustrant l'utilisation d'appareils volants de type UAVs (brochures constructeurs par exemple). Après un encodage et un premier filtrage des équivalences linguistiques et lexicales, les 1875 occurrences d'usages relevées ont été réparties sur 45 catégories établies en recourant à la méthodologie du tri de cartes, autour de sept familles principales (non exclusives) en allant jusqu'à deux sous-niveaux de regroupement pour structurer les tâches décrites (tableau 1).

Pour renforcer et ajuster cette structuration, nous avons constitué une base de données pour décrire sous formes de variables morphologiques, d'identité, de performances et d'usages, les projets aéronautiques actuels et prospectifs sélectionnés sur la base de quatre conditions : 1) L'appareil n'effectue que des déplacements atmosphériques ; 2) Il ne relève pas d'une œuvre fictionnelle ; 3) son premier vol doit avoir (eu) lieu au XXIème siècle ; 4) La source identifiée qui relaie le projet en propose des éléments de spécifications. Plus de 2500 appareils volants (dont plus de 2000 UAVs stricts) ont été intégrés dans ce corpus.

Familles d'usages : le vol sert à...	Usages principaux (Nombre de sous-usages)
Expériences : acquérir des connaissances du domaine aéronautique	Expérimentation et recherche, premières, records (10), formation au pilotage et entraînement (drone cible)
Communications : produire et transmettre des informations visuelles ou sonores	Prises de vue, publicités aériennes (3), signalisation, diffusion sonore, projection, nœud de télécommunication (4)
Observations : recueillir des données pour évaluer un espace donné	Sur milieux naturels (5), sur espaces d'activités (4), sur parcelles (4), sur bâtiments (5) ou réseaux (5)
Transport de passagers : faire parcourir une distance à un certain nombre de personnes	Véhicule individuel (2), taxi aérien (2), ligne aérienne, transport de troupes (2), logement aérien
Fret : idem pour des biens et marchandises	Livraison, cargo, charge externe, aéronef porteur (4), ravitaillement
Interventions : modifier une situation sur un espace et dans un temps donnés	Sur milieux naturels (5), de sécurité et secours (12), opérations agricoles (3), assistants volants (2), opérations sur bâtiments (5) ou réseaux (5)
Loisirs : produire des émotions, du plaisir, de l'amusement.	Vol à sensations (4), aéronef récréatif (2), show aérien (5), courses, sports d'opposition, support artistique...

Tableau 1 – Familles des usages possibles des drones

4. EXPLOITATIONS

L'avancement dans notre étude prospective s'effectue sur plusieurs niveaux, via ce référentiel des usages et la base de données qu'il étaye. D'abord en réalisant des requêtes de profilage sur les drones actuels : « quelles formule aéronautique, quelles performances pour tel usage ? ». Prenons l'exemple des drones utilisés pour l'épandage et les traitements phytosanitaires : les outils actuels recensés (N=29) possèdent pour une très large majorité une voilure tournante les rendant aptes à faire un décollage vertical (la moitié d'entre eux (14) sont des mini-hélicoptères) ; ils sont encombrants car le gabarit de taille le plus fréquent est entre 2 et 5 m ; les masses les plus fréquentes sont entre 25 et 150 kg, ce qui rend difficile leur manutention par un opérateur seul. Pour les 16 appareils dont l'endurance est connue, la moitié seulement dépasse l'heure de vol, ce qui implique un morcellement de la tâche ou des rotations multi-engins pour les grandes exploitations ; etc. Ainsi nous pouvons analyser l'utilité réelle ou perçue de ces nouveaux outils agricoles à l'aune de ce portrait-robot.

Des requêtes réciproques sont également réalisées, en recherchant les usages associés à une variable descriptive ou de performance spécifiée. Le tableau suivant propose trois exemples de ces extractions qui nous permettent de systématiser l'existant, d'apprécier les besoins de performances inhérents à chaque usage ainsi que les associations d'usages les plus fréquents selon les constructeurs. Nous pouvons aussi quantifier la polyvalence des appareils : 2/3 des appareils renseignés sont conçus pour au moins deux familles d'usages différentes. En prenant la date du premier vol comme date pivot, nous pouvons en outre recueillir des données sur l'évolution de l'ensemble des variables dans le temps et alimenter l'étude rétrospective. Ainsi l'essor récent des UAVs est celle d'aéronefs sur batteries, devenus très majoritaires en seulement cinq ans (figure 1).

Quels usages sont dévolus aux drones... ?		
...aérostats (N=58)	...pouvant rester en vol plus de 24 heures (N=64)	...qui observent les milieux naturels (N=316)
1. Observations d'espaces d'activités (N=22)	1. Observations d'espaces d'activités (N=44)	1. Observations d'espaces d'activités (N=227)
2. Sûreté, sécurité, secours (N=19)	2. Sûreté, sécurité, secours (N=40)	2. Sûreté, sécurité, secours (N=201)
3. Expérimentation (N=16)	3. Télécommunication (N=28)	3. Observations de parcelles (N=157)
4. Télécommunication (N=15)	4. Observations de milieux naturels (N=23)	4. Observations de réseaux (N=100)
5. Cargo (N=10)	5. Interventions sur milieux naturels (N=15)	5. Prises de vues (N=94)
		Observations de bâtiments (N=94)

Tableau 2 – Distribution des premiers usages pour les variables « sustentation » (valeur « aérostat »), « endurance » (valeur « supérieure à 24h ») et usage « observation de milieux naturels »

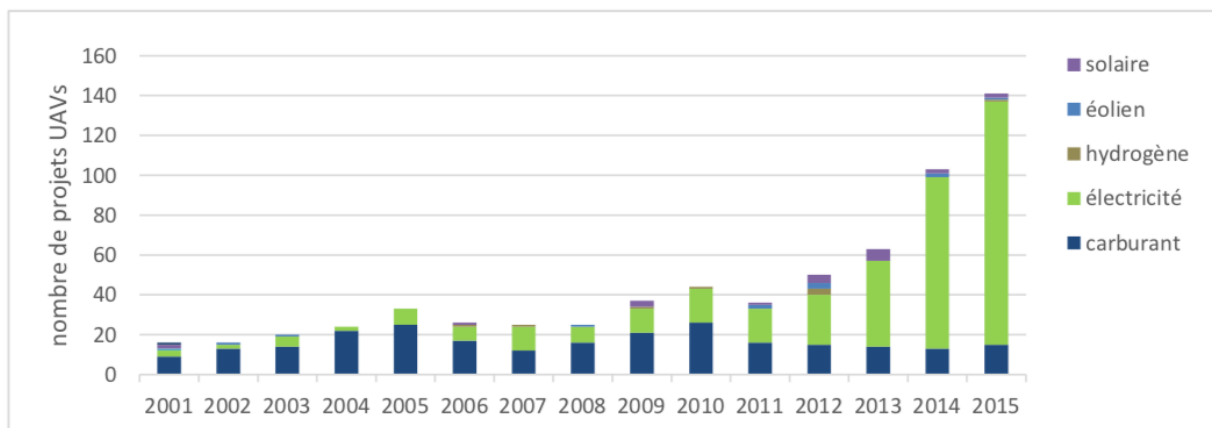


Figure 1 - Distribution de la variable "ressources énergétiques" selon l'année du 1^{er} vol.

Un second ordre d'explorations quantitatives orientées sur l'utilité commence avec la distribution des drones recensés sur sept familles générales d'usages aéronautiques issues de la méta-analyse : Dans le corpus, les usages les plus représentés sont l'intervention et l'observation puis la communication, le transport de personnes étant encore dans les limbes (figure 2). Les drones actuels et envisagés ne se

contentent pas d'enregistrer la réalité, ils agissent sur celle-ci, ce qui n'est pas anodin. La figure 3 montre que ces usages d'interventions sont très majoritairement des déplacements de sécurité et de secours alors que les vols d'observations se répartissent sur plusieurs catégories d'usages. La prise de vue et les vols récréatifs sont bien plus présents comme usages que les livraisons pourtant souvent médiatisées.

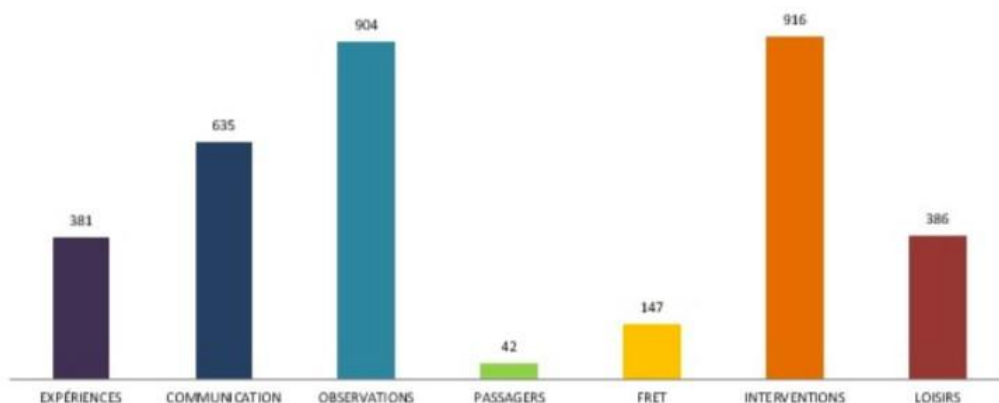


Figure 2 – Distribution des UAVs recensés selon 7 grandes familles d'usage (N = 3394)

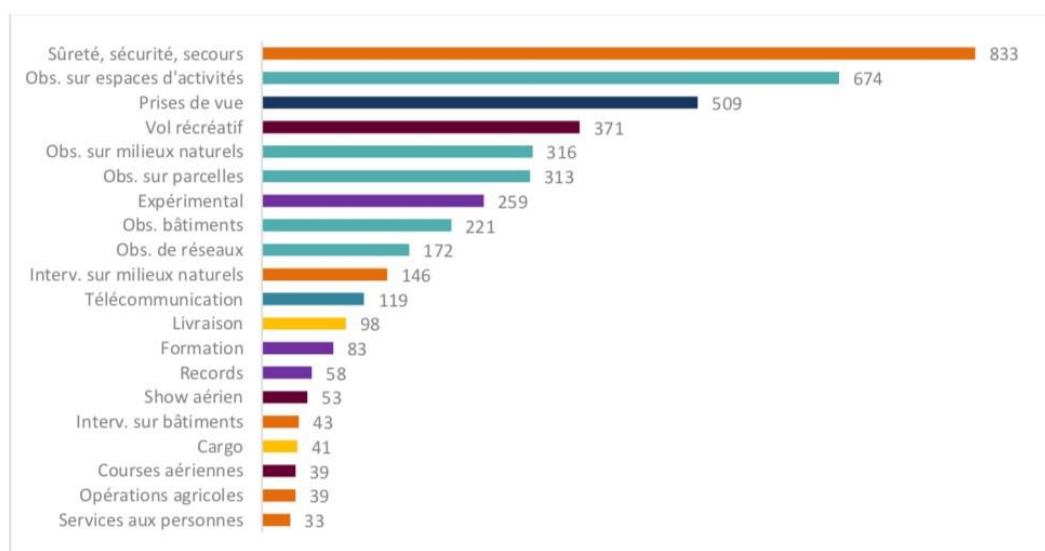


Figure 3 – Répartition des 20 usages des UAVs les plus représentés dans le corpus (N = 4630)

Enfin, nous avons utilisé ce même outil référentiel pour analyser 56 enquêtes et études portant sur l'acceptabilité présente des UAVs publiées entre 2010 et 2018. L'attitude, le jugement favorable ou non porté (Davis et al., 1989) sur le drone (Chamata & Winterton, 2018) y est ainsi le facteur le plus fréquemment mesuré. Cette opinion sur le drone s'avère, en effet, facile à recueillir par des questions directes ou avec échelles), et beaucoup plus rarement, des méthodes qualitatives (Boucher, 2015 ; Wang et al, 2016). Passées au crible de notre référentiel, nous faisons le constat que, sur nos 45 usages possibles des drones, seules les attitudes de 14 d'entre eux ont été évaluées et encore, 4 usages ne sont abordés que par une étude unique. A contrario l'attitude concernant les vols liés à la sûreté, la sécurité et les secours est la plus sondée (17 études), montrant la prégnance de l'utilisation stratégique sur le domaine. Si l'on se penche sur les résultats produits, des usages font consensus, quel que soit le public interrogé : Les drones sont ainsi fortement approuvés quand ils recueillent des données sur un milieu naturel (4 études) mais ils sont désapprouvés comme auxiliaire de police routière (5 études) ou objet récréatif (6 études). Certains usages révèlent au contraire des résultats contrastés (ex : faire une livraison, 9 études) et l'attitude alors varie sensiblement selon les échantillons de population consultés (d'un pays à l'autre), d'une année à l'autre (cf. les pourcentages obtenus par les études canadiennes de Bracken-Roche et al., 2014 et Thompson & Bracken-Roche, 2015), des conditions précisées d'utilisation,

voire en fonction des intitulés proposés : les drones sont ainsi approuvés pour couvrir des événements, faire des reportages (De Lange et al, 2017) mais pas pour faire du journalisme (Bracken-Roche et al, 2014) ! On notera pour finir que des disparités similaires apparaissent lorsqu'on évalue l'utilité perçue (Eichleay, 2016) ou les bénéfices attendus (Herron et al., 2014).

Usages (nombre d'études)	Variabilité des attitudes favorables (%)	Synthèse des attitudes actuelles
Obs. sur milieux naturels (N=4)	De 81 à 98%	Très favorable
Obs. sur bâtis (N=4)	De 77 à 99%	Très favorable
Obs. sur espaces d'activités (N=4)	De 52 à 71%	Favorable
Obs. sur réseaux (N=6)	De 47 à 98%	Favorable avec variabilité
Obs. sur parcelles (N=10)	De 31 à 96%	Favorable avec variabilité importante
Sûreté, sécurité, secours (N=17)	De 6 à 97%	Favorable avec très forte variabilité
Prises de vue (N=6)	De 12 à 82%	Neutre avec variabilité importante
Livraison (N=9)	De 18 à 66%	Défavorable avec variabilité
Récréatif (N=6)	De 14 à 46%	Plutôt défavorable
Publicités aériennes (N=2)	De 11 à 22%	Nettement défavorable

Tableau 3 – Synthèse des attitudes par usages

5. DISCUSSIONS

Pour investiguer l'acceptabilité future des drones, nous avons créé un cadre structurant les usages aériens possibles que nous utilisons pour (1) repérer des convergences entre formules aéronautiques et usages, et, en prenant la date du premier vol comme pivot, leurs récentes évolutions. Ces formules vont nous servir comme facteurs possibles d'acceptabilité ; on peut par exemple imaginer des réponses différentes selon que l'on propose de faire surveiller un quartier par un drone multicoptère ou un zeppelin plus silencieux ; (2) observer les distributions d'usages, les polyvalences et l'utilité pensée par les constructeurs des drones actuels. La limite de ces travaux se trouve dans la validité des données fournies par les constructeurs, souvent parcellaires voire imprécises, pouvant évoluer jusqu'à la mise en production, ce qui gêne l'interprétation statistique ; (3) comparer des enquêtes d'acceptabilité pour en suivre les évolutions. L'absence récurrente de certains usages montre qu'une part importante de l'utilité future des drones est laissée de côté. Le référentiel éclaire les usages actuellement plébiscités et fournit des pistes de recherche concernant les facteurs d'adoption liées aux situations d'usage. Il confirme enfin, du fait de la grande variabilité des résultats liés aux usages pour un aéronef polyvalent, que l'acceptabilité des UAVs n'a de sens qu'appliquée.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Angrand, A. (2011) Les grands rates de l'aviation, Altipresse, 2011.
- Bajde, D., Hojer Bruun, M., Sommer, J., Waltorp, K. (2017) General Public's privacy concerns regarding drone use in residential and public areas, Empirical research report, Univ. Of Southern Denmark & Aalborg, May 2017.
- Billings, C. (1997) Aviation automation: the search for a human-centered approach, Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1997
- Boucher, Ph. (2015) "You wouldn't have your granny using them": drawing boundaries between acceptable and unacceptable applications of civil drones, Science and Engineering Ethics, 22 (n°5), 1391-1418.
- Bracken-Roche, C., Lyon, D., Mansour, M., Molnar, A., Saulnier, A., Thompson, S. (2014) Surveillance Drones: Privacy implications of the spread of Unmanned Aerial (UAVs) in Canada, Office of the Privacy Commissioner of Canada, 30 avril 2014.

- Brangier, E. & Robert, J-M. (2014) L'ergonome prospective : fondement et enjeux, *Le Travail Humain*, (N°1), 1-20.
- Bureau de la sécurité des transports du Canada (2015) sommaire statistique des événements 2014, <http://www.tsb.gc.ca/fra/stats/aviation/2014/ssea-ssao-2014.asp>. (consulté en janvier 2019)
- Chamata, J. (2017) Factors delaying the adoption of civil drones: a primitive framework, *International Technology Management Review*, 6 (n°4), 125-132.
- Chamata, J., Winterton, J. (2018) A conceptual Framework for the Acceptance of Drones, *International Technology Management Review*, 7 (n°1), 34-46.
- Choi-Fitzpatrick, A., Chavarria, D., Cychosz, E., Dings, J-P., Duffey, M., Koebel, K., Siriphanh, S., Yurika Tulen, M., Watanabe, H., Juskauskas, T., Holland, J., Almquist, L. (2016) Up in the air: a global estimate of non violent use 2009-2015, digital USD, University of San Diego.
- Clothier, R., Mehta, A., Greer, D. (2015) Risk perception and the public acceptance of drones, *Risk analysis*, 35 (6), 1187-1183.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1989) User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models, *Management Science*, 35, 982-1003.
- De Jouvenel, B. (1999, actualisé en 2002) La démarche prospective : un bref guide méthodologique, *Futuribles* n°247 (1999), 47-68.
- Dubois, M., Bobillier Chaumon, M-É. (2009), L'acceptabilité des technologies, bilans et nouvelles perspectives (éditorial), *Le travail Humain*, 72 (n°4), 305-310.
- Eurobarometer 427 (2015), Autonomous systems, N° KK-04-15-294-EN-N, European Commission
- Eichleay, M., Mercer, S., Murashani, J., Evens, E. (2016) Using unmanned aerial vehicles for development: perspectives from citizens and government officials in Tanzania, USA: ICT Works, 2016.
- Eyerman, J., Letterman, C., Pitts, W., Holloway, J., Jinkle, K., Schanzer, D., Ladd, K., Mitchell, S., Kaydos-daniels, S. (2013), Unmanned Aircraft and the Human Element: Public perceptions and first responder concerns, Institute for Homeland Security Solutions, June 2013.
- Foster, J. (2015) Report on safe use of RPAS in the field of civil aviation (2014/2243), European Parliament, 25 sept. 2015.
- Journal Officiel de la République Française (2015), Arrêté du 17 décembre 2015 relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans personne à bord, aux conditions de leur emploi et aux capacités requises des personnes qui les utilisent, n°0298, texte n°22, NOR : DEVA1528542A
- Herron, K., Jenkins Smith, H., Silva, C. (2014) US Public perspectives on privacy, security, and unmanned aircraft systems, Center for Risk and Crisis management, Center for Applied Social Research, Univ. Of Oklahoma, march 2014
- Klauser, F. (2017) Professional drone usage in Switzerland: results of a quantitative survey of public and private drone users, univ. de Neuchâtel, MAPS, Nov. 2017.
- Klauser, F., Pedrozo, S. (2017) Big data from the sky : popular perceptions of private drones in Switzerland, *Geographica Helvetica* 72, 2017, 231-239.
- ONERA (2010), Transport aérien 2010 – des recherches pour préparer l'avenir, juillet 2010.
- Platon, K. (2011) That's Professor Global Hawk, *Air & Space magazine*, May 2011. <https://www.airspacemag.com/flight-today/thats-professor-global-hawk-433583/>
- Pedrozo, S., Klauser, F. (2018) Drones policiers : une acceptabilité controversée, *espacestems.net*, juillet 2018.

- Robert, J-M., Brangier, E. (2009). What is Prospective Ergonomics ? A reflection and a position on the future of Ergonomics, in KARSH.B.T. Ergonomics and Health Aspects, HCII 2009, LNCS 5624 (2009), 162-169.
- Thomas, F. (1998) The Making of helicopters: its strategic implications for EMS helicopter operations, Air Medical Journal, 2 (n° 17), avril-juin 1998.
- Thompson, S., Bracken-Roche, C. (2015) Understanding public opinion of UAVs in Canada: A 2014 analysis of survey data and its policy implications, Journal of Unmanned Vehicle Systems, 3, 2015, 156–175.
- Venkatesh, V. et Bala, H. (2008) Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions, Decision Sciences, 39 (n°2), 273-315.
- Wang, Y., Xia, H., Yao, Y., Huang, Y. (2016) Flying eyes and hidden controllers : a qualitative study of people's privacy perceptions of civilian drone in the US, Proceedings on Privacy enhancing Technologies, 2016 (3), 172-190.

Questionnement de la synchronisation de l'information par les usages logiciels en conception architecturale collaborative

Xaviera Calixte

Allée de la Découverte 9 - Liège - Belgique
xaviera.calixte@uliege.be

Samia Ben Rajeb

Avenue Franklin Roosevelt 5 – Bruxelles - Belgique
Samia.Ben.Rajeb@ulb.ac.be

Guillaume Gronier

Avenue des Hauts-Fourneaux 5 - Esch-sur-Alzette - Luxembourg
guillaume.gronier@list.lu

Pierre Leclercq

Allée de la Découverte 9 - Liège - Belgique
pierre.leclercq@uliege.be

RÉSUMÉ

L'emploi des modèles BIM tente de répondre à de nouveaux besoins auxquels le domaine de la construction doit se prémunir : la complexité des projets, la complémentarité des compétences, la collecte d'information tout au long du processus, etc. La démarche BIM instrumentée de logiciels associés permet à l'ensemble des acteurs de travailler autour d'une maquette commune virtuelle rassemblant l'ensemble des informations propres au projet. Aujourd'hui, cette approche est en plein essor et les modes de conception se voient s'adapter à ce contexte particulier. Cette recherche questionne l'impact de l'usage de ces logiciels BIM sur les méthodes de travail et sur la synchronisation de l'information entre les acteurs d'un projet. Pour répondre à nos questions, nous avons mené une observation in situ de 3 mois dans une agence d'architecture, nous permettant d'analyser l'usage de ces logiciels dans un contexte réel d'appel de concours. Cet article résume les premiers constats autour de cette réflexion.

MOTS-CLES

Activité collective ; Collaboration ; Synchronisation de l'information ; Conception architecturale ; logiciel BIM.

1. INTRODUCTION

Dans le secteur de la construction, un système numérique de partage de l'information est aujourd'hui développé pour soutenir le déploiement de la dynamique innovante, appelée BIM. Cette approche se développe selon deux axes (Celnik, Lebègue, & Nagy, 2014) :

- *Building Information Modeling*, axé sur un processus de modélisation numérique qui rassemble l'ensemble des technologies de modélisation de l'information (formelle, fonctionnelle, structurelle) pour qualifier les spécificités, les contraintes et performances du bâtiment.

- *Building Information Management*, axé sur la gestion de l'information et la coordination des données sur base de principes collaboratifs entre les différents acteurs du projet.

Cette approche est en plein essor dans le domaine du bâtiment et implique l'ensemble des acteurs du projet (architectes, ingénieurs, entrepreneurs, la maîtrise d'ouvrage, exploitants, etc.) dans une dynamique coopérative pour la centralisation de l'information, depuis la conception initiale du projet jusqu'à la réalisation de l'ouvrage et son exploitation.

Sur le même principe qu'un « Google-Doc » qui permet de composer et de partager un texte en temps réel entre rédacteurs connectés, les logiciels de collaboration BIM permettent de créer et de distribuer de l'information bâtiment à travers des maquettes tridimensionnelles porteuses de spécifications techniques encodées. Ainsi, la perte d'information autour du projet dans le temps est également limitée. Différents logiciels tendent à supporter la collaboration en rassemblant et confrontant les productions des différentes disciplines liées au projet dans un modèle numérique supposé unique. Une articulation classique consiste à assembler les volumes constituant les espaces, les éléments de structure, les réseaux de canalisation et les circuits électriques dans un seul et même modèle 3D numérique. Nous parlerons ici d'interopérabilité entre les différents éléments qui constituent la maquette BIM centralisée.

De nombreux avantages ont déjà été observés dans les projets adoptant une démarche BIM (ACE, Alberta BIM Centre of Excellence, 2011) : en favorisant une synchronisation de l'information entre des acteurs pluridisciplinaires dès les premières phases du projet, l'utilisation de ces nouvelles technologies (outils et logiciels) est ainsi présentée comme une solution pour répondre aux exigences de plus en plus complexes d'un travail collaboratif pour la conception et la réalisation de projets de construction contemporains (NSCSC, 2010).

Néanmoins, l'usage de ces fonctionnalités collaboratives questionne les entreprises sur leur manière de travailler et d'organiser leurs équipes dès les premières phases de conception. Pour répondre à cette dynamique BIM, de nouvelles structures de travail s'organisent autour de ces outils numériques provoquant un changement des modes de fonctionnement individuel et collectif qui mérite d'être étudié. Notre étude porte ainsi sur l'usage des outils mis en œuvre au sein d'équipes de conception pluridisciplinaires pour mieux comprendre les moyens et les échanges d'information opérés entre les acteurs. Dans cet article, nous nous focalisons sur l'usage particulier des logiciels BIM et leur capacité à synchroniser de grandes quantités d'information sous la forme de maquette numérique partagée.

2. ETAT DE L'ART

Dans le domaine de l'ergonomie, il existe un grand nombre d'études autour de la notion de « conception collective ». Dans cet article, nous évoquerons quelques-unes d'entre elles pour nous accorder sur certaines définitions et énumérer différents modes de travail collectif spécifiques à la conception.

2.1 Travail collectif et modes de conception

Le travail collectif, généralement opposé à l'activité individuelle, définit la manière dont plusieurs acteurs (pluridisciplinaires) mènent et organisent une série de tâches pour atteindre un objectif commun (Caroly & Barcellini, 2013). Il peut prendre plusieurs formes selon le champ disciplinaire dans lequel il est questionné.

Ainsi, pour spécifier ces différentes formes de travail collectif dans le cadre de cet article, nous nous focaliserons principalement sur les aspects cognitifs et opératoires de l'action, sans chercher à analyser l'influence de certains facteurs, tels que par exemple le rôle social ou la hiérarchie au sein du groupe. En effet, il existe différents modes qui spécifient la manière dont les actions sont menées collectivement. En s'alignant aux définitions données par des auteurs tels que Darses et Falzon (1996),

Visser (2002), Caroly et Weill-Fassina (2007) ou Safin (2011), nous partons du postulat que :

- l'activité de conception *collaborative* (ou *co-conception*) représente une situation rassemblant divers concepteurs qui interagissent autour d'un même projet architectural et qui collaborent ensemble sur les mêmes tâches. Les tâches de chacun sont difficilement dissociables et les décisions sont conjointes et directement intégrées dans la conception.
- l'activité de conception *coopérative* (ou *conception distribuée*), représente une situation qui rassemble aussi divers acteurs travaillant sur des tâches différentes réparties pour la conception d'un même projet. Cette situation impose néanmoins des moments où les résultats de ces différentes tâches sont rassemblés de manière cohérente et de façon à valider ou non le travail des différents protagonistes.

Partant de ces définitions, le processus de conception collectif passe, selon nous, autant par des moments où les concepteurs travaillent seuls, de manière parallèle (conception coopérative, ou *conception distribuée*), que par des moments où ils collaborent ensemble autour des mêmes tâches (conception collaborative ou *co-conception* (Ben Rajeb, 2012)).

Chacun de ces moments supporte différents types de synchronisation permettant de supporter ces synchronisations (Darses & Falzon, 1996 ; Conein, 2004 ; Beguin, 2004) :

- Lors de la co-conception, c'est la synchronisation cognitive qui est privilégiée. Elle a pour but d'établir un contexte de connaissances communes aux groupes. L'état d'avancement du projet est alors connu par tous (solutions, hypothèses de départ, intentions, etc.), ainsi que toutes les valeurs propres à l'équipe (les priorités, les procédures à suivre, les règles de composition, etc.) ;
- Lors d'une conception distribuée, c'est la synchronisation opératoire relative à la répartition des tâches qui est mise en œuvre. Elle permet aux membres de l'équipe de se coordonner sur les actions à mener en se répartissant les tâches et en y déterminant un ordre.

Ces deux modalités de synchronisation vont être étudiées de manière plus précise dans le cadre de notre étude et observation in-situ.

2.2 Activité médiatisée et espace de travail

L'activité collective en conception impose de plus en plus le recours à des instruments de partage sans quoi elle ne pourrait exister (Boujut, 2000). Ces instruments de partage visent à faciliter les échanges. Or, l'émergence de nouveaux médias tels que le BIM contribue à privilégier certains modes de travail et types de synchronisation. L'analyse des relations homme-machine dans la conception instrumentée nous permet de comprendre l'activité au travers les médias utilisés (Folcher & Rabardel, 2004).

Dans sa matrice espace-temps, Johansen (1988) a caractérisé l'activité collective et les outils utilisés selon deux axes : d'une part celui de la temporalité, séparant les actions menées simultanément ou non, et, d'autre part, selon l'axe du lieu, distinguant l'action menée en coprésence de celles menées à distance. Néanmoins, avec les moyens numériques actuels, ces deux axes de travail sont aujourd'hui l'objet de requalification. En effet, Fischer et Fousse (2002) ont étudié la substitution des frontières physiques en contexte numérique. L'espace de travail n'est alors plus matérialisé par un espace physique mais comporte également une dimension virtuelle qui peut ou non être partagée. Feki et Ben Rajeb (2014) ont développé une réflexion sur les configurations de ce type d'espace de travail. Distinguant l'espace de travail partagé (WE-Space) des environnements intermédiaires que sont l'espace de travail personnel (I-Space) et l'aparté (Space-Between) (Ben Rajeb & Leclercq, 2015).

Dans notre étude, nous exploiterons cette notion d'espace de travail qui nous permet dans un contexte de conception médiatisée numérique d'analyser les modes de travail collectif.

3. PROBLEMATIQUE

En posant le postulat que l'artéfact virtuel devient lui-même partie intégrante des espaces de travail personnels et partagé(s), nous questionnons ici ces notions de synchronicité et d'espace de travail dans le contexte BIM où l'environnement partagé est aussi constitué d'un modèle numérique spatial.

Pour structurer notre réflexion, la suite de l'article décrit la méthode d'observation menée, ainsi que les modes de travail rencontrés dans ce contexte BIM. La discussion apportera, d'une part, les premières analyses pour comprendre comment l'information est partagée entre les différents acteurs (synchronisation cognitives) et, d'autre part, les apports et limites de l'emploi de ces médias dans ce contexte d'observation. Pour illustrer la discussion, nous détaillerons plus particulièrement les usages réels entre deux concepteurs associés sur des tâches liées. Ce choix nous permet d'expliquer plus facilement les échanges entre les acteurs. De plus, dans un souci de clarté, nous parlerons :

- d' « I-Space » lorsque les acteurs travailleront sur un espace de travail personnel/individuel ;
- de « We-Space » pour un espace partagé.

Bien que nous n'intégrions pas l'entièreté de l'équipe concernée par le projet de conception, le « We-Space » présenté dans la suite de l'article n'est pas pour autant un « Space-Between » car la maquette numérique est bel et bien partagée par l'ensemble de l'équipe via le Cloud (tout système de partage et de stockage de fichier en ligne), et non exclusive à ces deux seuls acteurs.

4. MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

Notre cadre d'observation est une agence française d'architecture et d'ingénierie d'envergure (environ 600 collaborateurs) située à Paris, au sein de laquelle nous avons pu observer in situ pendant 3 mois, l'activité collaborative d'une équipe de concepteurs en phase concours. Ce contexte particulier de concours est intéressant dans notre étude car il implique des délais courts, un programme dense et des exigences techniques à maîtriser. Les acteurs de projet doivent ainsi être pluridisciplinaires pour répondre aux différentes contraintes et se coordonner pour être dans les temps de la soumission de l'offre.

Pour analyser son activité, nous avons utilisé une méthode spécifique de collecte des données, basée sur la plateforme Web SysTrac¹⁵ (Calixte, Ben Rajeb, & Leclercq, 2018). Cette plateforme nous a permis de tracer l'usage de chaque outil pour chaque acteur. A chaque fois qu'un acteur utilise un outil, une série de données est encodée pour en spécifier l'usage :

- des données factuelles, pour identifier l'outil et quel(s) acteur(s) l'utilise(nt);
- des données temporelles, pour positionner l'activité dans le temps, ainsi que la durée de celle-ci;
- des données opérationnelles pour qualifier l'action à laquelle l'usage de l'outil répond.

Cette immersion de longue durée nous a permis d'observer des usages réguliers de logiciels BIM au cœur du processus de conception. Le logiciel choisi par cette agence pour modéliser le projet via une approche BIM est Revit.

5. RESULTATS

L'observation nous a principalement révélé que, sur base de la maquette numérique collective, les acteurs travaillent de manière individuelle à partir d'un découpage en zones. Les actions qui y sont menées sont alors synchrones mais portées sur des environnements de travail distincts liés entre eux

¹⁵ La plateforme SysTrac a été développée par d'un consortium de 3 laboratoires : le LUCID, Lab For User Cognition & Innovative Design (Université de Liège), le COLLAeB-BATir, Collaborative Design and Digital mediations in Architectural Engineering (Université Libre de Bruxelles) et le LIST, Luxembourg Institute of Science and Technology.

(fig.1). Autrement dit, le logiciel leur permet de travailler en I-Space sur une partie de la maquette partagée, le travail étant numériquement lié et rassemblé par une synchronisation de ces parties.

L'usage de l'outil semble également faciliter la conception distribuée synchrone, c'est-à-dire lorsque les tâches sont menées en parallèle au même moment. En effet, grâce à quelques opérations logicielles, l'assemblage des productions individuelles dans un même espace de travail y est facilité et encouragé ainsi à opter pour une répartition des tâches entre les différents acteurs. Chacun est alors libre de partager son avancement et de s'informer de l'évolution du travail de ses collaborateurs en se référant à la maquette virtuelle partagée (Fig. 1).

Le travail collaboratif instrumenté sur la plateforme logicielle BIM s'opère donc grâce à la juxtaposition d'I-Spaces régulièrement transformés en WE-Space (de manière asynchrone et à distance) grâce à la capacité de rassembler et de partager les productions de chaque acteur dans un même environnement numérique.

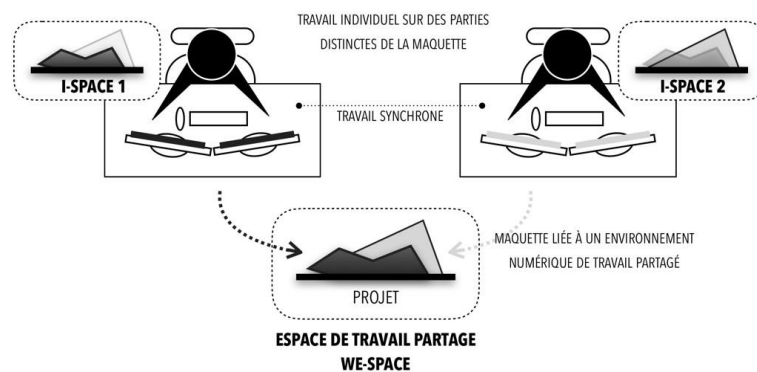


Fig. 1 : Articulation des espaces de travail entre deux acteurs.

6. DISCUSSION

Pour mieux comprendre ce type de résultat, nous proposons, d'une part, de discuter des fonctionnalités logicielles qui impactent le mode collaboratif entre ces deux concepteurs et, d'autre part, la synchronisation des échanges d'information.

6.1 La synchronisation cognitive et le partage de l'information

La capacité et la puissance des machines actuelles ne permettent pas d'interagir en temps réel directement sur la maquette 3D (WE-Space) entre les collaborateurs. Pour des raisons techniques, il n'est en effet pas encore possible de travailler à plusieurs simultanément dans l'environnement de travail partagé, à la manière d'un Google-doc. La synchronisation du travail, ici considérée comme l'implémentation des I-Spaces dans le WE-Space, s'effectue sur commande explicitée par l'acteur. Cette opération peut prendre plusieurs dizaines de minutes en fonction de la taille du fichier et la puissance des ordinateurs qui la supportent. Néanmoins, même répété, ce temps est minime si on le compare aux nombreuses semaines de conception. La conception n'est donc pas synchrone au sens « temps réel » de l'échange d'information. L'usage de l'outil garantit néanmoins une méthode de partage et de synchronisation de l'information entre les différents espaces de travail, sur un principe d'actualisation des maquettes, et accorde une certaine autonomie à l'acteur. Nous avons observé deux situations différentes où les maquettes sont actualisées et impactent le mode de travail:

- L'actualisation du WE-Space : chaque acteur peut partager son travail individuel à l'ensemble de l'équipe, c'est-à-dire implémenter son travail individuel (I-Space) à la maquette commune partagée, le WE-Space;
- L'actualisation du I-Space : chaque acteur peut s'informer de l'avancement du projet en actualisant son I-Space avec de nouvelles informations présentent dans le WE-Space.

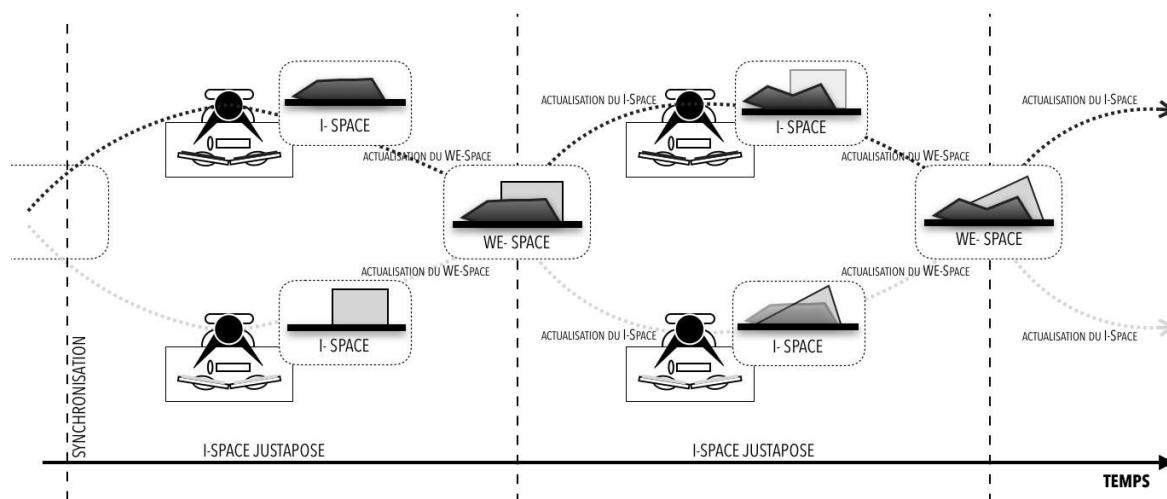


Fig.2 : Articulation de la synchronisation de l'information au cours du temps.

Le schéma ci-dessus (Fig.2) illustre ces deux modes d'échanges d'information. Notre présentation reste simplifiée pour faciliter la compréhension de l'articulation des échanges. Ceux-ci peuvent en effet être opérés de manière autonome dans des phases de synchronisations individuelles (là où elles sont représentées sous forme de synchronisation simultanée dans la figure 1). De ce fait, la garantie du partage de l'information repose en grande partie sur l'organisation du groupe et sur la coordination de ces acteurs.

En effet, le logiciel offre un moyen de synchronisation de l'information autour d'un même espace partagé. Néanmoins, le besoin d'apporter et de trouver certaines informations liées à cette maquette dépend de l'articulation et de la nature des tâches à mener. En d'autres termes, la répartition des tâches entre les acteurs, ne peut se dérouler que sur base d'un découpage réfléchi de la maquette (car les informations qui y seront jointes doivent s'intégrer entre elles) et sur la rigueur de la synchronisation pour permettre à certaines tâches de disposer des informations nécessaires pour être exécutées.

Pour ce faire l'équipe met en place une série de règles pour actualiser la maquette : synchroniser obligatoirement les travaux individuels menés par chacun dans la maquette partagée avant les réunions régulières d'équipe, synchroniser les maquettes au début de chaque journée, etc.

Cependant ce type de structure peut être trop rigide pour une activité qui nécessite plus d'interactions entre les actions distribuées. C'est pourquoi, dans certaines situations, la communication informelle est privilégiée. Ainsi la synchronisation cognitive (Darses & Falzon, 1996 ; Conein, 2004 ; Beguin, 2004) n'est pas exclusive à l'actualisation de l'espace de travail. L'observation in situ nous montre que le logiciel BIM ne doit pas être vu comme le moyen d'évincer toutes autres formes d'échanges d'information, d'une part parce que son efficacité repose sur une structure interne complexe de la maquette et sur un partage rigoureux du travail personnel et, d'autre part, parce que d'autres moyens d'échanges d'information restent au regard des acteurs plus efficaces et plus rapides que la synchronisation même de la maquette numérique.

6.2 Apports des fonctionnalités du logiciel pour la synchronisation

La complexité des bâtiments de grande ampleur nécessite que le modèle partagé contienne une grande quantité d'information. Que ce soit dans le paramétrage des éléments ou dans le découpage virtuel de la maquette 3D, celle-ci reste complexe et la structure de l'information y est primordiale. Dans cet article, nous ne parlons pas ici de l'interopérabilité, ni des protocoles BIM en tant que tels (car dépendants de la plateforme logicielle), mais plutôt de la manière dont les acteurs récupèrent l'information. Ainsi, la discussion menée porte principalement sur l'usage et l'influence de ce type de logiciel sur les différents modes de travail mis en place par l'équipe.

La navigation 3D de la maquette BIM ne permet pas de détecter aisément les modifications et les erreurs qui surviennent à la juxtaposition des productions individuelles dans l'espace partagé. Néanmoins, les logiciels BIM offrent la fonctionnalité de *clash detection* : cette fonctionnalité met en évidence l'incompatibilité géométrique des éléments rassemblés par les acteurs sur la maquette de partage. Cependant, l'emploi de l'outil favorise un mode de fonctionnement en "I-Spaces juxtaposés" et n'offre pas un espace de travail adéquat à la discussion pour trouver des solutions aux problèmes. En outre la maniabilité et l'opérabilité complexes des actions à mener sur la maquette, invitent chacun des acteurs à se retrouver dans un espace de collaboration et à utiliser d'autres outils pour supporter un mode de travail en co-conception.

Cette observation nous informe que le logiciel BIM, malgré sa capacité à synchroniser et à partager l'information, ne substitue pas le besoin de l'équipe de se retrouver en co-conception pour résoudre des problèmes (Conein, 2004 ; Beguin, 2004). Néanmoins, l'identification des problèmes dans le WE-Space virtuel amorce leur résolution avec des moyens simples et classiques (tels que l'annotation sur plans) et permet de palier à la complexité du modèle. Ainsi, le logiciel assiste indirectement la conception commune d'objets bâtiments complexes et garantit certaines performances attendues.

Dans notre observation, le mode de co-conception n'était pas simplement supporté par le WE-Space virtuel, mais a entraîné la création d'un deuxième espace commun physique utilisé dans l'*Open-space* qui héberge toute l'équipe de concepteurs concernés par cette observation. Dans cet *Open-space* y a été aménagé un tableau d'affichage qui structure les éléments propres au projet de conception.

La création de ce deuxième WE-Space (physique - Tableau d'affichage) est également une conséquence de la complexité globale de la maquette numérique partagée. Assurément, le *clash detection* permet de mettre en évidence certaines informations par rapport à d'autres, mais la navigation 3D et l'accumulation d'un nombre important d'information ne permettent pas une lecture globale du projet. Le tableau d'affichage commun a donc apporté des usages complémentaires manquants à la maquette virtuelle :

- La juxtaposition des travaux individuels

L'actualisation du WE-Space numérique rassemble le travail individuel de chaque acteur. Cependant, il est parfois préférable d'avoir une vision groupée mais non assemblée des différentes productions. C'est pourquoi, il était d'usage que certaines productions soient affichées côte à côte pour apporter une lecture éclatée du projet. L'affichage étant lié à une simple impression, il est également possible d'apporter à cet espace commun d'autres représentations que celles liées à la compatibilité du modèle BIM : on peut mettre en parallèle des croquis, des plannings, des volumétries d'autres logiciels, etc.

- L'historique du projet

La maquette numérique en constante évolution par le nombre conséquent de moments d'actualisation de l'espace virtuel commun, il est très difficile de garder en mémoire la progression du projet. Le tableau d'affichage permet de jouer également le rôle de l'historique du projet. Les images imprimées étant figées, elles témoignent d'un certain état d'avancement et peuvent être classées comme telles.

- Une facilité et une rapidité de lecture

L'image affichée est contrainte par l'angle de vue choisi par celui qui l'imprime. De ce fait, l'acteur favorise un sens de lecture au projet en illustrant certaines de ses caractéristiques. Ainsi, toute personne associée ou non au projet, est aidé à découvrir, selon certains points de vue préférentiels, le projet, ce qui 1/en facilite la lecture et 2/ expose une partie dont la particularité du choix dépend de la pertinence que lui donne l'acteur qui l'a imprimé. Cet affichage permettrait donc d'assister la synchronisation cognitive (Darses & Falzon, 1996) entre les différents protagonistes du projet.

7. CONCLUSION

S'inscrivant dans un contexte particulier de conception architecturale collective, dit BIM, notre réflexion

porte sur l'impact de cette démarche innovante sur les modes de travail et la synchronisation cognitive et opérative entre les différents acteurs de projet. Apportant de nouvelles fonctionnalités, il est intéressant de comprendre comment ces outils impactent les méthodes de travail des concepteurs. Pour répondre à nos questionnements, nous avons mené une observation in situ pendant trois mois dans une agence d'architecture pour récupérer une série de données afin d'analyser l'usage réel de ces logiciels BIM.

Notre étude révèle que l'implémentation des données autour d'une même maquette virtuelle partagée favorise une distribution des tâches entre les acteurs. La capacité 1/ d'actualiser les espaces de travail individuels et 2/ d'implémenter le travail dans le WE-Space numérique apporte une grande autonomie au travail individuel et encourage la conception distribuée. Cependant, le partage de l'information repose sur l'organisation et la coordination rigoureuse entre les acteurs. Le logiciel ne permettant que de rassembler l'information, il ne garantit pas que celle-ci soit disponible au moment opportun pour la réalisation d'autres tâches. C'est pourquoi, pour palier à cette rigueur organisationnelle, il a été observé d'autres moyens plus informels et plus rapides jugés plus efficaces pour partager de l'information en instantanée. Néanmoins, l'utilisation d'une maquette numérique commune permet, à des instants clés, de récupérer et d'assembler toutes les informations produites autour du projet.

Pour pouvoir repérer dans ce modèle numérique assemblé et complexe les incompatibilités numériques, les logiciels disposent d'une fonctionnalité *clash detection* qui permet de mettre en évidence ce type de problème. L'interopérabilité de l'outil n'offrant pas le moyen pour les acteurs de résoudre et d'échanger des solutions autour des difficultés rencontrées, on observe que les acteurs emploient d'autres moyens plus classiques pour supporter la co-conception (par exemple l'annotation sur plans imprimés). Néanmoins, l'outil BIM permet de gérer la complexité du projet en ciblant les problèmes à résoudre qui, de ce fait, peuvent être solutionnés de manière plus traditionnelle.

Dans notre étude, un autre constat a été décrit et analysé autour du besoin de créer un deuxième espace partagé qui rassemble des informations redondantes présentes dans la maquette numérique. Nous avons observé l'utilisation d'un tableau d'affichage des productions individuelles et collectives de toutes sortes. Cette espace répond à des besoins non assurés par les logiciels BIM, tels qu'une trace de l'historique du projet, un étalage non assemblé des productions individuelles, ainsi que l'intégration de productions non réalisées par le logiciel BIM (croquis, planning, synthèse du programme, etc.). De plus, le choix d'imprimer certains éléments sous un angle de vue prédéfini, fige le sens de lecture du projet et permet de mettre en évidence une série d'informations difficilement repérables dans la navigation 3D de la maquette numérique.

Notre analyse ne se base que sur des réflexions menées autour que d'une seule équipe de concepteurs, mais nous permet néanmoins de traiter des situations réelles. Cependant, il serait intéressant pour compléter nos résultats de mener des entretiens avec les différents acteurs pour mieux comprendre certains besoins et usages de ces logiciels et d'étendre cette observation dans d'autres contextes d'utilisation en agences d'architecture et/ou d'ingénierie.

8. RÉFÉRENCES

- ACE, Alberta BIM Centre of Excellence. (2011, novembre 30). *Building Information Modeling (BIM) 'Best Practices' Project Report*. Consulté le février 2019, sur <http://bim-civil.sites.olt.ubc.ca/files/2014/06/BIMBestPractices2011.pdf>
- Beguïn, P. (2004). Conception, développement et monde commun. *Bulletin de Psychologie*. Paris: CNAM, Laboratoire d'Ergonomie.
- Ben Rajeb, S. (s.d.). *Moédilisation de la collaboration distante dans les pratiques de conception architecturale : caractérisation des opérations cognitives en conception collaborative instrumentée, Thèse de doctorat*.
- Ben Rajeb, S., & Leclercq, P. (2015). Instruments for Collective Design in a Professional Context: Digital Format or New Processes ? *ACHI, The Eighth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*.

- Boujut, J.-F. (2000). *Intégration produit-process en conception : organisation et outils*. rapport d'activité, programme PROSPER : Systèmes de Production, Stratégies, Conception, Gestion.
- Calixte, X., Ben Rajeb, S., & Leclercq, P. (2018). Traçabilité de l'usage des outils de conception dans un processus collaboratif. *SCAN'18*. Nantes.
- Caroly, S., & Barcellini, F. (2013). Le développement de l'activité collective. *Ergonomie Constructive* (pp. 33-46). Paris: PUF.
- Caroly, S., & Weill-Fassina, A. (2007). En quoi différentes approches de l'activité collective des relations de services interrogent la pluralité des modèles de l'activité en ergonomie? *Activités*. ARPACT.
- Celnik, O., Lebègue, E., & Nagy, G. (2014). *BIM et maquette numérique : pour l'architecture, le bâtiment et la construction*. Paris: Eryrolles et CSTB.
- Conein, B. (2004). Cognition distribuée, groupe social et technologie. *Réseaux*, 124, 53-79.
- Darses, F., & Falzon, P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. *Coopération et conception*. Toulouse: Octarès.
- Feki, A., & Ben Rajeb, S. (2014). Adaptabilité d'une situation de conception collaborative dans un espace augmenté. *01 DESIGN*.
- Fischer, G.-N., & Fousse, C. (2002). Espaces de travail et communication - Une lecture psychosociale. *Communication et organisation*.
- Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). Hommes, artéfacts, activités : perspective instrumentale. *Ergonomie*.
- Johansen, R. (1988). *Groupware : Computersupport for business teams*. New-York: The Free Press.
- NSCSC, N. S. (2010). *Functional Information Technology Phase 1: Detailed Analysis*. Construction Engineering and Management Group de l'Université du Nouveau Brunswick.
- Safin, S. (2011). *Processus d'externalisation graphique dans les activités cognitives complexes : le cas de l'esquisse numérique en conception architecturale individuelle et collective*, Thèse de doctorat. Liège: Université de Liège.
- Visser, W. (2002). Conception individuelle et collective : Approche de l'ergonomie Cognitive. *Cognition et création : Explorations cognitives des processus de conception*, (pp. 311-327).

Cyber-attaques : Organiser la confiance

Bollon Florent

ONERA, BA 701, 13661, SALON cedex AIR
florent.bollon@onera.fr

Maille Nicolas

ONERA, BA 701, 13661, SALON cedex AIR
nicolas.maille@onera.fr

Marchand Anne-Lise

CRéA, BA 701, 13661, SALON cedex AIR
anne-lise.marchand@ecole-air.fr

Blättler Colin

CRéA, BA 701, 13661, SALON cedex AIR
colin.blattler@ecole-air.fr

RÉSUMÉ

L'augmentation constante du nombre d'attaques par virus informatique a entraîné la nécessité pour l'Armée de l'Air Française, de développer un outil nommé « Recognized Cyber Picture » (RCP) permettant une visualisation globale de l'état cyber de ses systèmes interconnectés. Dans un tel système sociotechnique, bien que les enjeux techniques soient colossaux, les problématiques humaines, notamment en termes de transfert d'information entre les différents opérateurs, le sont tout autant. Cet article propose d'étudier une partie du volet social de la RCP et plus particulièrement le rôle de la confiance interpersonnelle, entre deux opérateurs humains qui ne se connaissent pas, dans la réalisation d'une tâche collaborative médiée par ordinateur.

MOTS-CLES

Confiance interpersonnelle ; cyber-sécurité ; travail collaboratif ; supervision.

1. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESE

La montée des opérations militaires inter-nations ou inter-armées et la complexification des théâtres d'opération changent profondément la collaboration des forces en présence. Des interactions fortes, pour des opérations ponctuelles, avec des troupes alliées que l'on rencontre pour la première fois ne sont pas rares. Afin de favoriser leur succès les armées mettent en place des processus de standardisation et développent leur résilience (Amalberti, 2013). L'usage des nouveaux modes de communication utilisant des réseaux informatisés se généralise et permet des gains importants en efficacité et en rapidité des échanges d'information. Jusqu'au début des années 2000 ces transferts d'informations réseaux centrés paraissaient être sécurisés. Toutefois, avec l'explosion

du nombre de systèmes, des nouvelles menaces provenant du cyberspace apparaissent et touchent, dans un premier temps, des réseaux civils, comme en Estonie en 2007 ou encore en Géorgie en 2008 (Farwell et Rohozinski, 2011). Rapidement, la menace cyber s'étend aux et des sites et des réseaux protégés comme en Iran en 2010 (Farwell et Rohozinski., 2011). Ces premières cyber-attaques ont entraîné une remise en cause de la confiance qu'ont les opérateurs dans leurs systèmes informatisés et ont amené les Etats à mieux définir leurs besoins et leurs stratégies de gestion de la cyber-sécurité.

Il est en particulier reconnu qu'il est nécessaire d'avoir une représentation partagée, au sein de la chaîne de commandement, de l'état cyber du réseau, qu'il soit passé, présent ou futur (Vilchenon, 2015). Ceci implique de pouvoir, sur la base de l'activité observée, identifier les systèmes et les informations qui pourraient être corrompus ou dans des états dégradés, afin d'anticiper au mieux l'impact des anomalies observées sur l'état futur du réseau de communication. Actuellement, aucune visualisation globale ne permet de rassembler et représenter les failles détectées, puis d'identifier et d'analyser les effets de bord intra et inter systèmes. Dans les années à venir l'Armée de l'Air Française devra donc se doter d'un outil permettant de superviser et cartographier les liens entre les différents systèmes d'information et d'agir en anticipation en préparant les systèmes à affronter les agressions. C'est sur la base de cette représentation que les décisions pourront être prises et coordonnées. Pour l'Armée de l'Air Française, l'outil permettant cette représentation se nomme la « Recognized Cyber Picture » (RCP) et sera alimentée tant par des analyses automatiques des activités sur les différents réseaux que par des opérateurs identifiant des anomalies. L'outil n'est pas encore déployé mais il est fort probable qu'un tel dispositif, complexe et nouveau, impactera les activités des différentes équipes en charge de la gestion de la cyber-sécurité, que ce soit dans leur fonctionnement ou dans leur organisation.

Le principe des attaques cyber pouvant être de falsifier de supprimer voire d'insérer des données ou encore de rendre des services indisponibles pour bloquer les échanges, la confiance dans les données observées semble être un des fondements de cette RCP. Cependant, comme dans tout nouveau système sociotechnique complexe le fonctionnement social du transfert d'information devra être pris en compte. En effet, telle qu'envisagée aujourd'hui, la RCP sera alimentée par des sources humaines et logicielles (intelligence artificielle) et gérée par plusieurs personnes, ayant des informations différentes sur leurs écrans et devant prendre des décisions conjointes. Ainsi la qualité du transfert d'information entre ces différents opérateurs pourrait être un point clef de l'efficacité de la RCP.

Les retours d'expérience de militaires partis en opérations extérieures montrent déjà que dans les situations critiques, le transfert d'information et, plus particulièrement, la question de la confiance interpersonnelle (CI) entre différents partenaires est un des éléments clé pour la performance et la réussite de l'équipe. Dans le cas de la gestion de la sécurité cyber où les informations numériques risquent d'être corrompues, nous faisons l'hypothèse que les relations directes entre les opérateurs seront utilisées dans la RCP pour fiabiliser l'appréciation que l'on se fait de l'état cyber du réseau, et que, par conséquent, la CI aura un rôle prépondérant. Ceci rejoint des résultats de la littérature qui indiquent déjà que la CI joue un rôle essentiel dans les activités collaboratives (De Jong et Dirks, Gillespie, 2016), plus particulièrement comme étant un modulateur de la performance d'une équipe (Dirks, 1999). Ainsi, les résultats d'études, pour la plupart qualitatives, montrent qu'une CI faible au sein d'une équipe entraîne une diminution de la performance (De Jong et al, 2016). Il apparaît que ce lien entre CI et performance n'est pas direct mais peut être médié par d'autres facteurs tels que la supervision (De Jong et Elfring, 2010) de telle sorte qu'une augmentation du niveau de CI entraîne une diminution du temps de supervision. Cependant, ce lien entre confiance et supervision n'a actuellement été étudié qu'entre opérateur humain et système technique (Parasuraman, Molloy et Sing, 1992) et non entre deux opérateurs humains. Ainsi, il paraît possible que selon la catégorie sociale des différents opérateurs le lien entre

confiance et supervision ne soit pas constant. Dans cet article nous proposons d'étudier expérimentalement le lien entre CI et supervision dans le cadre d'une activité collaborative entre opérateurs humains socialement différents. Plus particulièrement, nous faisons l'hypothèse que les opérateurs augmentent leur temps de supervision lorsqu'ils ont moins confiance en leur partenaire mais que cette stratégie est dépendante du groupe social auxquels ils appartiennent.

2. MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

Une analyse du besoin de la RCP réalisée dans le cadre de cette campagne d'étude met en évidence une possible utilisation de l'outil par les personnels navigants (pilote et navigateur officier système d'arme) (PN) et les contrôleurs aériens (CA). Il apparaît aussi que pour la gestion d'une crise cyber le processus de collaboration doit se faire rapidement et entre des personnels qui ne se connaissent pas. Afin que notre étude puisse répondre aux problématiques de la RCP nous avons donc choisi d'effectuer nos travaux avec des personnels militaires représentatifs des potentiels utilisateurs finaux visés et de créer un micro monde permettant de réaliser des expérimentations contrôlées sur des tâches simples mais représentatives des activités d'équipes où les interlocuteurs ne se connaissent pas.

2.1 Participants

Un ensemble de 40 personnes composé de 20 PN (0% de femmes et 100% d'hommes) d'âge moyen 33.05 ans (SD : 5.14 ans) et de 20 CA (20% de femmes et 80% d'hommes) d'âge moyen 34.15 ans (SD : 8.53 ans) a participé à cette étude. Tous les participants sont des opérationnels de l'armée de l'air ayant un niveau d'expertise équivalent et ayant tous effectué des missions inter alliées.

2.2 Matériel et méthode

2.2.1 Introduction

La tâche à réaliser est une tâche de comptage collaborative sur ordinateur qui consiste à repérer et dénombrer les aéronefs présents sur deux images différentes. Le travail est réalisé par une équipe de deux personnes composée du participant et d'un partenaire fictif, c'est à dire dont le comportement est en fait simulé par ordinateur et donc entièrement contrôlé pour l'expérimentation. Dans cette tâche le rôle du participant est de donner le nombre d'aéronefs présents sur son image puis de valider le nombre d'aéronefs présents sur l'ensemble des deux images. Chaque membre de l'équipe est en charge du comptage des aéronefs présents sur une image différente. Cependant, le participant, qui est également le chef d'équipe, peut à tout moment visualiser l'image traitée par son partenaire et éventuellement ajuster le résultat donné par ce partenaire.

Cette activité a été choisie car elle peut être réalisée rapidement (moins d'une minute), qu'elle repose sur une prise d'information, que la performance de l'équipe va dépendre de la performance de chacun des membres et qu'elle donne au chef d'équipe la possibilité de contrôler plus ou moins l'activité de l'autre membre, malgré une contrainte temporelle forte.

Méthode d'induction de la confiance dans le partenaire

L'objet de l'expérimentation étant d'étudier l'impact de la confiance sur l'activité de supervision du chef d'équipe, un mécanisme permettant d'induire un niveau de confiance plus ou moins haut dans son partenaire est utilisé. Ce processus, construit sur les méthodologies des Représentations Sociales (notamment Abric, 2003) mobilise l'utilisation de paires de mots décrivant le partenaire. Ces paires de mots ont été identifiées dans une étude préliminaire menée auprès

de 373 aviateurs ayant travaillé en opération interalliée. Dans cette pré-étude il était demandé aux participants de produire 5 expressions ou mots qui leur faisaient penser à une personne digne de confiance en opération interalliée. Parmi tous les mots recueillis 49 ont été cités plus de 3 fois, parmi ces 49, 18 ont été caractérisés comme étant les plus susceptibles d'induire de la confiance pour des opérationnels de l'Armée de l'Air. Ces 18 éléments ont ensuite été associés en paires afin de créer : « Opérationnel » et « Loyal », « Fidèle » et « Honnête »... ;

30 paires de mots censés induire un niveau de confiance intermédiaire (e.g. « Hypocrite » et « Professionnel », « Méprisant » et « Fiable »...). Ces paires de mots étaient constitués d'un mot devant induire un niveau de confiance élevé et d'un antonyme d'un des autres mots induisant de la confiance ;

30 paires de mots censés induire un niveau de confiance faible (e.g. « Méprisant » et « Hypocrite », « Négligent » et « Désinvolte »...). Ces paires de mots étaient constituées des antonymes des mots associés à un niveau de confiance élevé.

Enfin, ces 90 paires de mots ont été testées auprès de 32 aviateurs et les 42 paires de mots les plus représentatives (14 paires représentatives d'un niveau de CI élevé, 14 paires représentatives d'un niveau de CI médian et 14 paires représentatives d'un niveau de CI faible) ont été utilisées afin d'induire les différents niveaux de CI dans l'expérimentation.

2.2.2 Protocole expérimental

L'expérimentation est découpée en 42 essais comprenant chacun trois phases successives (cf. figure

1). Pour la mise en œuvre expérimentale, le participant a toujours le rôle de chef d'équipe. Le partenaire étant fictif, la tâche de comptage du partenaire est automatisée. Les résultats transmis par le partenaire peuvent être modifiés par le participant mais le partenaire ne modifie, ni ne peut modifier, dans aucun cas, les résultats transmis par le participant.

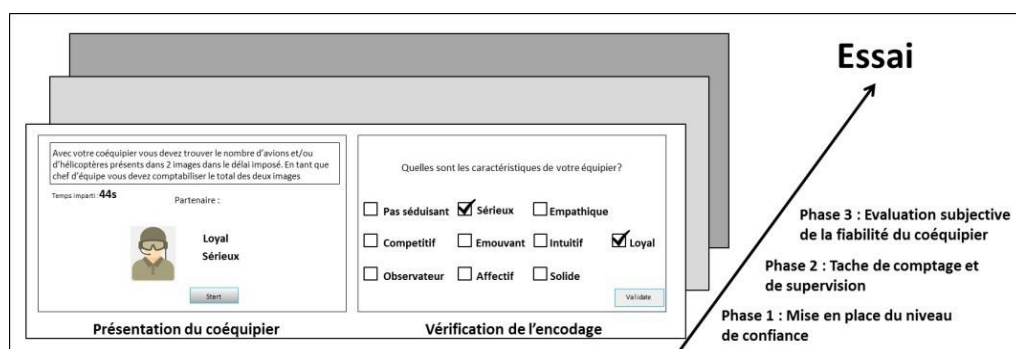


Figure 1 : L'expérimentation se compose de 42 essais différents de 3 phases chacun. Chaque essai est effectué avec un partenaire différent représenté par une paire de mots en phase 1. Les paires de mots correspondent à celles obtenues dans la pré expérimentation.

La première phase comprend deux affichages distincts et correspond à la mise en place du niveau de confiance. Sur un premier affichage la paire de mot caractérisant le partenaire est présentée au participant. Dans un tiers des cas ces paires de mots induisent un haut niveau de confiance interpersonnelle dans le partenaire, dans un tiers des cas les paires de mots induisent une confiance intermédiaire et dans le tiers restant les paires de mots induisent une confiance faible. Afin de s'assurer que le participant ait encodé les caractéristiques du partenaire, il lui est demandé, sur le second affichage de retrouver la paire de mot parmi 8 distracteurs. Une fois cela fait la deuxième phase commence.

La deuxième phase comprend trois affichages différents et correspond à la phase de comptage collaboratif et de supervision (cf. figure 2). Au début de la deuxième phase le participant se trouve devant un affichage de contrôle (cf. figure 2 « A ») sur lequel lui est présenté le score total (somme des aéronefs comptés par le participant et par le partenaire) et deux boutons. Le premier bouton permet au participant d'afficher une interface présentant son image (cf. figure 2 « B ») et ainsi effectuer sa tâche de comptage. Lorsque le participant valide le compte des aéronefs présents sur son image l'affichage de contrôle réapparaît automatiquement (cf. figure 2 « A »). Le participant peut alors soit valider le score total correspondant au dénombrement des aéronefs dans les deux images et passer à la troisième phase, soit cliquer sur le bouton lui permettant d'afficher de nouveau son image (cf. figure 2 « B »), soit cliquer sur le deuxième bouton lui permettant d'afficher l'image du partenaire (cf. figure 2 « C ») et ainsi superviser. Sur l'affichage de supervision l'image sur laquelle le partenaire a effectué le comptage ainsi que le score transmit par le partenaire sont présentés. Lorsque le participant estime que la somme des aéronefs présents sur les deux images est la bonne, il peut terminer la phase 2 et passer à la phase 3. Cependant, si le participant ne valide pas la somme des aéronefs présents sur les deux images dans le temps imparti (temps calibré en phase de test pour permettre de compter convenablement les aéronefs présents sur les deux images) le test est considéré comme étant échoué et une nouvelle paire d'image est tirée à la fin de l'expérimentation, avec un partenaire de même niveau de confiance.

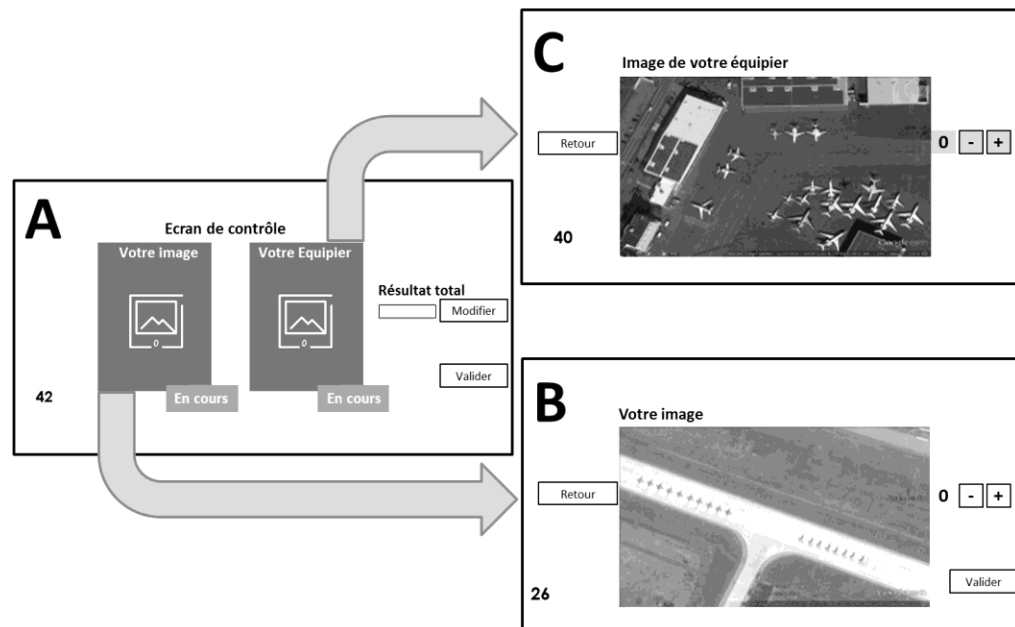


Figure 2 : La phase 2 de l'expérimentation correspond à la phase de comptage et de supervision. Afin d'effectuer la tâche de comptage le participant initialement en « A » doit afficher l'interface « B ». S'il souhaite superviser le partenaire, le participant doit afficher l'interface « C ».

Enfin, la phase 3 comprend un affichage et correspond à l'évaluation subjective du niveau de confiance. Dans cette troisième phase, 3 échelles non segmentées sont présentées au participant afin de recueillir :

- III Le niveau de certitude qu'a le participant quant au résultat de sa tâche de comptage ;
- III Le niveau de certitude qu'a le participant quant au résultat transmit par son partenaire ;
- III Le niveau de certitude qu'a le participant quant au résultat collectif (e.g. la somme des aéronefs présents sur les deux images).

Enfin, lorsque le participant renseigne les différentes échelles de la phase 3, il finit la tâche liée à cette image et doit réaliser une nouvelle série de 3 phases, avec une nouvelle paire de mot inductrice de niveau de confiance. Chaque participant réalise ainsi 42 fois la tâche avec des partenaires fictifs toujours différents caractérisés par différentes paires de mots. L'hypothèse

principale est que l'augmentation du niveau de confiance doit s'accompagner d'une réduction du temps de supervision du partenaire mais que cet effet est dépendant de la population; la variable principalement étudiée est donc le pourcentage de temps de supervision du partenaire sur le temps total passé sur la tâche, en fonction du niveau de confiance induit.

3. RESULTATS

Les données des 40 participants sont incluses dans l'analyse. Tout d'abord, l'étude du niveau de confiance dans le résultat du partenaire confirme, en accord avec la littérature, que les différentes paires de mots induisent bien des niveaux de confiance significativement différents. Ce résultat est cohérent avec ceux obtenus en phase de pré-test (cf. point 2.2.2).

Bien que la variable dépendante étudiée dans cet article soit le pourcentage de temps passé par le participant à effectuer la tâche de supervision du partenaire (en %), deux autres variables dépendantes ont été recueillies : le pourcentage de réussite à la tâche personnelle, et le pourcentage de délégation (pourcentage de fois où le participant n'a pas cliqué sur le bouton d'affichage de l'image du partenaire et n'a donc pas pu vérifier les données transmises par le partenaire). Afin d'améliorer la compréhension des résultats les moyennes et écarts types de ces différentes variables sont présentées dans le tableau 1. Aucun test statistique n'est cependant présenté sur ces différentes variables mais une analyse des moyennes présentées dans le tableau 1 donne quelques indications quant à la différence entre les populations.

Nous pouvons remarquer que pour les deux catégories de participants (PN ou CA), le pourcentage de réussite personnelle ne semble pas être modulé par le niveau de confiance. Cependant, bien que le pourcentage de réussite soit relativement élevé dans tous les cas (supérieur à 75%) il semble être, en moyenne, supérieur chez les PN. Sur le pourcentage de délégations, les données indiquent une possible influence du niveau de confiance mais également de la catégorie. En effet, les CA semblent beaucoup plus déléguer lorsque le niveau de confiance est élevé ($M = 23.3\%$) que lorsque le niveau de confiance est faible ($M = 4.3\%$) alors que pour les PN cet effet de la confiance sur la délégation semble beaucoup plus faible.

Tableau 1 : Moyenne et écart type sur le pourcentage de réussite personnel et le pourcentage de délégation pour la catégorie Contrôleur Aérien (CA) et Personnel Navigant (PN) en fonction des niveaux de confiance

Variables dépendantes	Catégorie	Moyenne (M) et écart type (SD) pour chaque variable dépendante et chaque niveau de confiance		
		Faible	Moyen	Elevé
Réussite à la tâche personnelle (%)	CA	M= 77.5 SD = 8.7	M= 72.8 SD = 14.5	M= 76.7 SD = 11.0
	PN	M= 81.4 SD = 9.6	M= 86.4 SD = 8.9	M= 78.2 SD = 12.3
Pourcentage de supervision (%)	CA	M= 4.3 SD = 8.4	M= 7.9 SD = 15.8	M= 23.3 SD = 32.4
	PN	M= 4.3 SD = 14.5	M= 5.8 SD = 15.6	M= 7.5 SD = 14.3

La variable dépendante étudiée est le pourcentage de temps passé par le participant à effectuer la tâche de supervision du partenaire (en %). Le décompte de ce temps démarre à partir du moment où le participant affiche la photographie du partenaire et est stoppé lorsque le participant quitte la visualisation de cette photographie pour retourner sur sa propre tâche. Ce temps est ensuite rapporté au temps total passé sur la tâche (temps sur sa propre tâche + temps passé sur l'écran de contrôle + temps passé sur l'écran du partenaire). Pour chaque participant la variable dépendante est

moyennée sur l'ensemble de ses essais, en fonction du niveau de confiance (cf. tableau 2). Une ANOVA ainsi que des pairwise-t-test sont ensuite réalisés.

Tableau 2 : Moyenne et écart type sur le pourcentage de temps de supervision pour la catégorie Contrôleur Aérien (CA) et Personnel Navigant (PN) en fonction des niveaux de confiance

Variables dépendantes	Catégorie	Moyenne (M) et écart type (SD) pour le pourcentage de temps de supervision		
		Faible	Moyen	Elevé
Pourcentage de temps de supervision (%)	CA	M= 31.2 SD = 5.7	M= 30.3 SD = 6.7	M= 24.0 SD = 11.1
	PN	M= 34.4 SD = 3.4	M= 32.9 SD = 7.9	M= 31.1 SD = 6.7

En accord avec l'hypothèse les résultats de l'ANOVA montrent un effet significatif du niveau de confiance ($F(2,76) = 10.48, P < .001$) ce qui indique que le niveau de confiance influe sur le temps passé à superviser. Cependant, bien que les résultats de l'ANOVA indiquent également une différence significative entre les PN et les CA (montrant qu'en moyenne les PN ont un pourcentage de supervision supérieur aux CA) ($F(1,38) = 5.41, P = .02$) aucun effet d'interaction n'est présent ($F(2,76) = 2.04, P = .13$). Cette absence d'interaction tend à montrer que les PN et les CA sont influencés de manière similaire par le niveau de confiance. En d'autres termes, ces résultats nous indiquent que les PN passent en moyenne plus de temps à superviser leur partenaire mais que, pour les CA comme pour les PN cette supervision est dépendante du niveau de CI (lorsque le niveau de CI diminue le pourcentage de temps de supervision augmente).

4. DISCUSSION

En premier lieu, les résultats de cette expérimentation montrent que le niveau initial de CI entre deux opérateurs est impacté par la représentation que le participant a de son partenaire, alors même qu'il n'a aucune expérience de travail avec lui. D'un point de vue applicatif, ce résultat doit être à la base d'une réflexion sur les opérationnels qui seront impliqués dans la gestion d'une crise cyber, sur les informations relatives à leur partenaires qu'il serait ou pas opportun de leur transmettre, ainsi que sur la manière de les leur communiquer.

Ensuite, nous observons que ce niveau de confiance a un impact direct sur la stratégie de supervision du partenaire ; lorsque le niveau de confiance diminue le temps de supervision augmente. Ceci confirme bien que dans ces tâches courtes de coopérations, où le temps est un facteur déterminant pour limiter les conséquences d'une attaque, il est nécessaire que les opérateurs aient un niveau de confiance adéquat entre eux pour mettre en place la stratégie la plus efficace.

Enfin, l'expérimentation montre que l'influence du niveau de confiance sur la stratégie de supervision semble être dépendante du type de population étudiée. Bien que les PN et les CA puissent être considérés comme des populations proches, avec une formation militaire, des règles et des normes similaires, les résultats indiquent que le niveau de confiance ne module pas avec la même force la stratégie de supervision mise en place. Ainsi, chez les CA la variation de confiance dans le partenaire s'accompagne d'une plus grande variation de la stratégie de supervision que chez les PN qui ont un comportement plus rigide. Au sein de l'armée de l'air, le choix de la formation des opérateurs mis en poste pourrait donc être un facteur important pour favoriser ce travail collaboratif et la performance globale de l'équipe. Les résultats obtenus dans cette étude doivent cependant être nuancés. En effet, dans cette expérimentation le participant est considéré

comme chef d'équipe et a, par conséquent, la responsabilité de décision sur le résultat de l'équipe. Cette responsabilité de décision fait partie intégrante du travail des officiers (tous les PN de cette expérimentation sont officiers) mais est moins présente chez les sous-officiers (tous les CA de cette expérimentation sont sous-officiers). Ainsi, il sera nécessaire de compléter ces résultats par une étude menée entre deux populations de sous-officiers ou entre deux populations d'officiers afin de quantifier l'impact du grade sur ce comportement et affiner les critères pour la formation des futurs opérateurs.

Les résultats présentés ici font partie d'un ensemble plus large d'expérimentations sur la CI qui soutiennent les réflexions autour de la mise en place d'un système sociotechnique pour la gestion de la cyber sécurité. L'accent est mis ici sur l'importance des relations entre les personnes qui vont être amenées à travailler sur des données potentiellement corrompues, de par l'attaque qu'ils doivent détecter et gérer. Cette première étude identifie des facteurs tels que le groupe social des individus qui pourront être utilisés pour favoriser le travail coopératif. Dans cette expérimentation l'accent est mis sur le processus collaboratif dans la gestion d'une crise cyber. Cependant, ces résultats pourraient également être employés dans les entreprises afin de prévenir et de comprendre par exemple des problèmes relationnels pouvant survenir dans les relations avec des sous-traitants ou, plus largement, entre membres d'une même équipe projet.

BIBLIOGRAPHIE

- Abric, J. C. (2003). 8. L'étude expérimentale des représentations sociales. In *Les représentations sociales* (Vol. 7, pp. 203-223). Presses universitaires de France.
- Amalberti, R. (2013). *Piloter la sécurité: théories et pratiques sur les compromis et les arbitrages nécessaires*. Springer Science & Business Media.
- Baud, M. (2012). La cyberguerre n'aura pas lieu, mais il faut s'y préparer. *Politique étrangère*, (2), 305-316.
- De Jong, B. A., Dirks, K. T., & Gillespie, N. (2016). Trust and team performance: A meta-analysis of main effects, moderators, and covariates. *Journal of Applied Psychology*, 101(8), 1134.
- De Jong, B. A., & Elfring, T. (2010). How does trust affect the performance of ongoing teams? The mediating role of reflexivity, monitoring, and effort. *Academy of Management Journal*, 53(3), 535-549.
- Dirks, K. T. (1999). The effects of interpersonal trust on work group performance. *Journal of applied psychology*, 84(3), 445.
- Farwell, J. P., & Rohozinski, R. (2011). Stuxnet and the future of cyber war. *Survival*, 53(1), 23-40.
- Parasuraman, R., Molloy, R., & Singh, I. L. (1993). Performance consequences of automation-induced 'complacency'. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(1), 1-23.
- Vilchenon, C. (2015), Recognized Cyber Picture de l'armée de l'air (RCP Air) la RAP cyber des aviateurs. « Réflexions sur le cyber : quels enjeux ? », *Penser les ailes françaises*, n°32, juillet 2015

Remerciements : Nous tenons à remercier la Chaire Cyber-résilience aérospatiale qui a aidée au financement d'une partie de ces travaux de recherche ainsi que tous les participants de l'Armée de l'Air.

De la prolifération des mots de passe : modèle des stratégies des usagers pour l'authentification

Robin Héron

Télécom-Paristech, 75013, Paris, France
robin.heron@telecom-paristech.fr

Stéphane Safin

Télécom-Paristech, 75013, Paris, France
stephane.safin@telecom-paristech.fr

Anne Bationo-Tillon

Université Paris 8, 93200 St-Denis, France
anne.bationo-tillon@univ-paris8.fr

RÉSUMÉ

Dans les environnements numériques, nous sommes confrontés à un nombre toujours croissant de sites et services sécurisés par des mots de passe. Or, si la sécurité informatique nécessite des règles précises et contraignantes de construction de mots de passe, celles-ci ne sont pas toujours respectées par les utilisateurs. Dans cette étude, nous avons conduit onze entretiens pour comprendre les stratégies et ressources que ces utilisateurs développent et mobilisent pour la réussite de l'authentification par mots de passe. Nous modélisons l'activité d'authentification autour de deux sous-composantes - la gestion des identifiants et l'accès aux identifiants. Nous constatons que les utilisateurs réutilisent leurs mots de passe sur différents sites, développent des techniques de création particulières, en fonction de la situation et/ou de leurs habitudes et gardent des traces qu'ils peuvent rechercher lors de la connexion. Nous identifions les différents facteurs influençant l'activité d'authentification et proposons des pistes pour la conception des systèmes d'authentification afin de favoriser l'utilisabilité.

MOTS-CLES

Mots de passe ; Activité d'authentification

1 INTRODUCTION

La prolifération des services en ligne nécessitant la création d'un compte utilisateur pose la question de la sécurisation de l'accès aux données. À l'heure actuelle, l'identification des utilisateurs par mot de passe alphanumérique reste le moyen privilégié de s'assurer de l'authenticité de l'utilisateur pour les interactions avec les services considérés et pour la protection de ses données personnelles.

Cela implique que les utilisateurs se créent un mot de passe pour chaque service en ligne sécurisé, y associent une adresse email ou créent également un nom d'utilisateur et qu'ils gardent par la suite ces paires en mémoire pour accéder aux contenus et services. En suivant les injonctions de sécurité parfois mentionnées sur les sites lors de la création de mots de passe, les utilisateurs devraient posséder un mot de passe unique par site d'au moins 8 caractères avec a minima, un chiffre, un caractère spécial, une majuscule et une minuscule et ne devront en aucun cas les noter.

Or, plusieurs études révèlent que les utilisateurs interagissent au quotidien avec des nombreux sites sécurisés par un mot de passe, avec des moyennes variant entre 8 et plus de 25 sites en fonction sécurité, tant en quantité qu'en variété, les personnes, n'ayant pas forcément une bonne représentation des enjeux liés à la sécurité, ont tendance à limiter les coûts en matière de mémorisation grâce à des stratégies de contournement, pas toujours appropriées aux contraintes de sécurité liées à la gestion des données personnelles (Norman, 2009). En effet, de malgré le nombre grandissant de services sécurisés, le nombre de mots de passe reste, quant à lui, limité (Gaw & Felten, 2006 ; Norman, 2009 ; Choong et al., 2014). On comprend donc que l'activité réelle d'authentification des utilisateurs de services en ligne s'éloigne des prescriptions parfois complexes liées à la sécurisation des données personnelles sur Internet. Il apparaît donc nécessaire de mieux comprendre cette activité d'authentification, d'en saisir les déterminants et les enjeux, afin de développer des systèmes de sécurisation des données personnelles pertinents.

Dans cet article, nous interrogeons spécifiquement les stratégies mises en œuvre dans la création, la rétention et la gestion des mots de passe, pour des utilisateurs tout-venants. Il s'agit d'une première étude qualitative préliminaire réalisée dans le cadre du projet HSA®, qui vise à concevoir et tester un nouveau système d'authentification graphique (Salembier et al., 2016). Sur base d'entretiens et d'un questionnaire, nous identifions les modalités et la diversité à l'œuvre dans l'activité de gestion des identifiants de connexions, et proposons un modèle compréhensif. Ce modèle vise à fournir des éléments de réflexion pour la création de nouvelles formes d'identification et de sécurisation des transactions sur Internet.

2 MÉTHODOLOGIE

Afin de recueillir des données sur l'activité d'authentification nous avons interrogé 11 personnes volontaires (5 femmes, 6 hommes) âgés de 20 à 54 ans (moyenne : 35) de différents profils professionnels (étudiants, graphiste, psychologue, chef d'entreprise, etc.). Lors des entretiens, d'une durée moyenne de 35 min (min : 22 ; max : 54), les participants sont invités à verbaliser leurs usages des différents systèmes d'authentification auxquels ils sont confrontés suivant deux thématiques :

- Le recensement des usages « Pourriez-vous me parler des différents services et outils que vous utilisez dans votre quotidien qui nécessitent un mot de passe ou un autre système d'authentification pour y accéder ? »

- Les incidents critiques rencontrés (Flanagan, 1954 ; Hughes, Williamson & Lloyd, 2007). Pourriez-vous me faire part de vos expériences vécues durant lesquelles vous avez été confronté à des difficultés en lien avec vos services et appareils protégés par un système d'authentification ? »

En amont de l'entretien, nous informons les participants sur le sujet de l'étude et leur demandons de retrouver des traces de leur activité (carnet, fichier Excel, Word, documents administratifs, notes informatiques, etc.) auxquels ils peuvent se référer en cours d'entretien, et de commencer à réfléchir à des événements marquants positifs ou négatifs en lien à la gestion de leurs mots de passe afin de faciliter l'évocation des incidents critiques. Lors de l'entretien, qui se déroule au domicile ou sur le lieu de travail du participant, ce dernier est encouragé à utiliser tout support (traces de son activité) aidant à se remettre en situation afin d'illustrer son propos avec des exemples concrets.

Pour permettre des verbalisations au plus près du réel, nous utilisons une panoplie de relances visant à ramener le propos sur des éléments très concrets de l'activité, telles que : « Auriez-vous des

exemples précis? », « Prenez votre temps, laissez l'événement revenir », ou encore « Vous rappelez-vous la dernière fois où vous êtes allé sur... ? », etc. (Vermersch, 1994).

Dans les sections suivantes, nous détaillons les résultats obtenus sur base des entretiens (nous indiquons entre parenthèse le nombre de répondants ayant évoqué chaque sujet) , et illustrons nos analyses par des extraits d'entretien quand approprié.

3 L'ACTIVITÉ D'AUTHENTIFICATION

L'activité d'authentification ne consiste pas uniquement à entrer ses identifiants (couple nom d'utilisateur + mot de passe) et de valider. En nous basant sur les types d'actions et d'activités que les participants évoquent dans la description de leurs stratégies, activités routinière et incidents, nous constatons que l'activité d'authentification regroupe deux grandes types d'activités que sont la gestion des identifiants et l'accès à ces identifiants., qui peuvent elles-mêmes être subdivisées : création des identifiants, recherche active, création de traces, etc. (voir figure 1)

Ces deux grands types d'activités se déroulent en parallèle et entretiennent des liens mutuels : il n'y a pas d'avant, de pendant ou d'après, c'est lorsque les usagers sont confrontés à une situation d'authentification qu'ils créent, enregistrent et gardent des identifiants. De même, c'est lorsqu'ils sont confrontés à une situation d'authentification qu'ils entrent, vérifient ou modifient leurs identifiants. La gestion et l'accès aux identifiants sont intimement liés, des stratégies de gestion des identifiants influençant les stratégies possibles de récupération, et inversement.

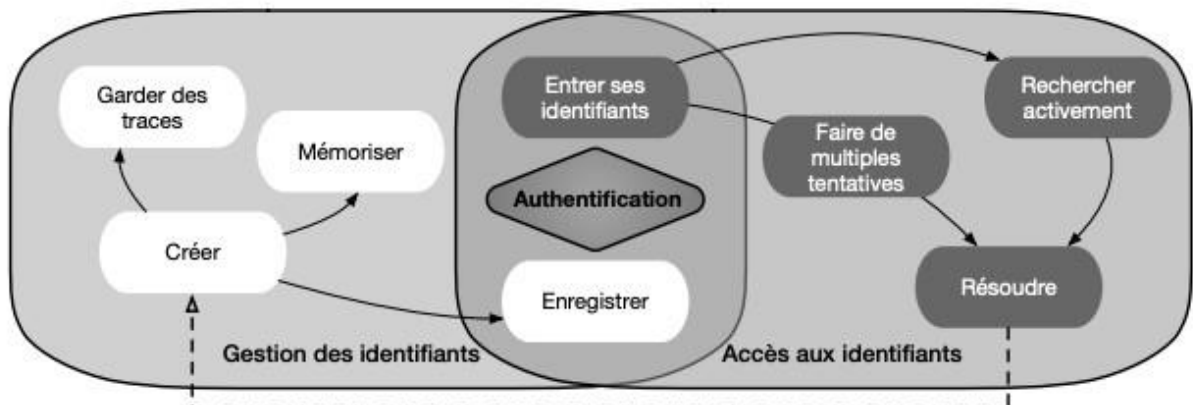


Figure 1. Modèle systémique de l'activité d'authentification

Ci-dessous nous détaillons chacun des éléments u modèle.

3.1 La gestion des identifiants

Comme nous l'expliquions précédemment, le nombre de mots de passe par utilisateur est limité. Un certain nombre de stratégies sous-tendent la gestion de ces identifiants, afin de trouver un bon compromis entre facilité d'accès et contraintes de sécurité.

3.1.1 Créer des identifiants

Lors de la création d'un compte, la première étape consiste à créer un nom d'utilisateur ou, dans la plupart des cas, à choisir une l'adresse e-mail. On constate que la plupart des utilisateurs (6 /11) ont plusieurs adresses e-mail auxquelles sont associés des statuts (poubelle/spam, culture, travail, etc.).

« Apple, Gmail ou Hotmail. Donc Gmail c'est pour les choses importantes et le Hotmail c'est pour les choses ou il n'y a pas d'importance sur les données sensible. » (E09)

La deuxième étape consiste à créer le mot de passe. Pour ce faire, quatre stratégies sont évoquées par les participants :

(1) Réutiliser un mot de passe existant

La réutilisation des mots de passe pour plus d'un site est très répandue (9/11), ceci afin de limiter l'impact sur la mémoire. « *Ça va être hyper simple, la plupart de mes mots de passe... j'utilise souvent les 2 mêmes.* » (E05).

(2) Réutiliser un mot de passe existant en le complexifiant légèrement

Lorsqu'ils sont confrontés à des sites dont les contraintes de sécurité sont plus importantes, ou à la suite d'un soupçon de piratage sur le compte concerné. « [Le mot de passe] *est bien parce que c'est un mot de passe avec 5 chiffres, plein de lettres et tu peux mettre une majuscule et un caractère spécial.* » (E04)

(3) Créer un nouveau mot de passe de toutes pièces

Nous observons trois principales techniques des créations : racine (a.) (utilisation d'une base identique), algorithmique (b.) (les mots de passe sont construits de façon similaire) et indicé (c.) et la mémorisation du mot de passe. C'est une manière pour la personne de favoriser l'utilisabilité du système en facilitant la mémorisation via des mécanismes mnémotechniques.

En marge de ces trois stratégies, les participants mobilisent aussi des méthodes de création ad hoc (d.), notamment pour des sites ou applications qu'ils considèrent comme plus sensibles. On constate donc, à l'instar des adresses e-mail, des statuts différents pour des mots de passe, en fonction du type de contenu qu'ils protègent (importance, nature du contenu, etc.) (4/11).

(a.) « *Par exemple pour FB c'est Txxx, pour tout ce qui est de ma boîte mail c'est Txxx1 pour Soundcloud c'est aussi des Txxx1 donc tout ce qui est musique. Ma téléphonie c'est Txxx12 parce que là c'est plus complexe au niveau des demandes pour les mots de passe.* » (E05)

(b.) « *Il faut que ce soit à minima toujours dans le même ordre pour m'y retrouver. Bon, je peux te le dire aussi parce que moi ça me gêne pas, souvent, j'aime bien voyager donc je mets dans mon mot de passe, la prochaine ville dans laquelle je vais aller.* » (E08)

(c.) « *Je prends le nom du site avec la première idée qui me vient parce que quand je ne m'en rappellerais plus ce sera celle-là qui reviendra. Et du coup, je rajoute des chiffres, toujours les mêmes. Mais qui peuvent aller de 2 à 6 en fonction de la longueur du nom du site.* » (E07)

(d.) « *Je le fais à l'instinct, à l'instant t, je réalise pas les conséquences parfois d'un mdp que je crée pas forcément facile à mémoriser.* » (E08)

(4) Utiliser la création automatique de mot de passe par le navigateur

L'utilisation de logiciel prenant en charge les activités de gestion des identifiants et d'authentification n'a été évoquée explicitement par aucune des personnes interrogées. Cependant, en marge des entretiens, plusieurs autres personnes nous ont fait état d'utilisation de ces fonctions.

Les utilisateurs peuvent donc, en fonction de facteurs personnels (habitudes, préférences, connaissances, etc.) et situationnels (types de site, sensibilité des données protéger, éléments de contexte, etc.) créer leurs mots de passe en suivant différentes stratégies (racine, algorithmique, indicée, réutilisation, complexification) afin de s'adapter aux contraintes de sécurité qu'impose l'activité d'authentification tout en poursuivant leur activité en cours de manière fluide.

3.1.2 Garder des traces

Les utilisateurs conservent des traces de certains mots de passe sur des supports externes de différents types (papier, téléphone, ordinateur, etc.) et sous différentes formes (entier, associé au nom

d'utilisateur, un indice). Cette conservation externalisée des identifiants implique un retour aux traces lors de l'authentification, de façon systématique ou lors de difficultés. Ces ressources externes sont donc créées dans cet esprit. Nous constatons deux grands types de fonctionnement : le « sous la main » (a.) (conserver les identifiants de sorte à qu'ils soient accessibles lors de l'activité réalisée) et l'archivage (b.) (conserver les documents ou de noter les mots de passe en les regroupant).

(a.) « *J'ai dû créer mon dossier et du coup ils m'ont demandé si je voulais enregistrer mon mot de passe et j'ai dit non donc du coup je l'ai noté parce que ça génère automatiquement un identifiant et un mot de passe et j'ai mis le papier sur mon pc parce que je vais juste en avoir besoin pour la période d'inscription.* »(E01)

(b.) « *Et tu gardes où tes papiers ? - Dans une mallette qui est cadenassé mais la clé est dans l'armoire.*»(E03). « *Ah oui aussi j'oubliais j'ai aussi un petit carton (...) où il y a un peu tous les mots de passe peu utilisés, genre les impôts, la CAF, AMELI, c'est des trucs déjà pré-faits qu'on t'envoie, donc je les ai notés et planqués* » (E07).

Outre ces deux modes, les utilisateurs, collectionnent également des traces sans tri particulier en conservant un email ou un document, sans y prêter trop d'importance avant d'en avoir l'utilité.

3.1.3 Enregistrer les identifiants

Les utilisateurs ont la possibilité d'enregistrer les identifiants. La majorité des personnes (9/11) enregistrent leurs mots de passe sur le navigateur pour tous les sites sauf ceux permettant d'accéder à de l'argent et 8 d'entre eux utilisent également des applications mobiles où les identifiants sont enregistrés pour un bon nombre de services. « *Oui, la plupart du temps j'enregistre sauf pour des choses sensibles où il faut payer avec sa carte bancaire par exemple.* » (E10)

La distinction entre « garder des traces » et « enregistrer » tient essentiellement aux modes de récupération : en cas d'enregistrement, la personne n'aura pas besoin de rechercher ses traces lors de l'authentification, la connexion étant automatique ou nécessitant tout au plus de sélectionner le remplissage automatique. Il existe plusieurs manières d'enregistrer ses identifiants : grâce au navigateur internet, aux applications, aux sites internet avec la fonction « se souvenir de moi » ou « rester connecté ».

À noter que pour la conservation et l'enregistrement, l'activité qui se déploie est grandement influencée par la situation et les contraintes contextuelles. Par exemple, E07 exprime choisir ses stratégies de conservation et d'enregistrement en fonction de la qualité de services perçue des différents supports (tablettes, smartphone, ordinateur). E08, également, rapporte une séparation très marquée entre le monde professionnel et le monde personnel quant à ses modes de création et de conservation de mots de passe.

3.2 Accès aux identifiants

3.2.1 Entrer ses identifiants

Lorsque confronté au service concerné, l'utilisateur doit retrouver ses identifiants et les encoder.

Il va dès lors soit se rappeler les identifiants mémorisés, soit les retrouver dans les traces préalablement construites. Certains participants évoquent le caractère incarné et automatique du rappel de certains mots de passe : les personnes se souviennent du « pattern » sur le clavier.

« On nous impose d'avoir 8 chiffres pour le code d'accès et donc là, j'utilise une date clef pour moi et je mets les chiffres à l'envers mais c'est tout le temps le même. [...] Mais bon c'est étonnant parce qu'à la fin tu ne regardes même pas ce que tu fais, tu tapotes le code ». (E08)

Néanmoins, lorsque les identifiants sont incorrects, les usagers développent des stratégies pour se connecter.

L'analyse des 37 incidents critiques montre que les problèmes portent tous sur la difficulté de se souvenir de l'association entre le mot de passe, l'identifiant et le site internet, mais les stratégies de résolution mobilisées diffèrent en fonction des personnes et des situations. Nous identifions 3 types de réactions face aux difficultés d'authentification. Généralement, l'utilisateur va dans un premier temps explorer plusieurs combinaisons d'identifiants (faire de multiples tentatives), puis cherchera dans ses papiers, ses emails, auprès de proche (recherche active), ou réinitialisera son mot de passe, contactera le service client si ses tentatives restent infructueuses (résoudre).

3.2.2 Faire de multiples tentatives

Lorsque la première combinaison nom d'utilisateur/mot de passe ne fonctionne pas, les utilisateurs peuvent essayer différentes combinaisons, en commençant par la plus plausible pour le service concerné. « *Euh, le mot de passe de mon pc là-haut vu que j'y vais plus beaucoup du coup je galère et je me dis c'est quoi le mot de passe, j'arrive je commence à faire le mot de passe habituel et puis je me dis mais non, parce qu'en fait celui-là c'est pas moi qui l'ai créé parce que c'était l'ordinateur de ma mère et donc c'est devenu instinctif mais vu que je l'utilise de moins en moins vu que j'ai mon nouveau pc, donc j'ai des petits moments de bugs, mais ça dure pas bien longtemps.* » (E01)

3.2.3 Chercher activement

S'ils n'arrivent pas à se connecter ou s'ils n'ont pas mémorisé leurs identifiants par choix, les utilisateurs vont s'investir activement dans leur recherche, dans leur espace physique (papier, carnet, proches, etc.) ou numérique (email, logiciel de notes, galerie photo, répertoire de contacts, etc.). Il y a alors une mobilisation des ressources externes développées en amont. « *Bah c'est con, mais il y a 2-3 jours, un pote m'a demandé comment se connecter à la plateforme de l'école donc j'ai dû retourner tout mon appartement pour trouver le papier. Ses identifiants ne marchaient pas, il était pas sûr d'avoir noté les bons. Donc du coup je lui ai donné les miens. Mais les papiers sont soit là [une table] soit là-bas [une commode].* » (E05)

3.2.4 Résoudre

En fonction des situations, si les personnes sont pressées ou qu'elles n'ont pas envie de se lancer dans des investigations, elles vont alors réinitialiser leur mot de passe en répondant à des questions secrètes ou par l'envoi d'un e-mail sur l'adresse correspondante. Dans certains cas, les personnes appellent un service client ou un responsable du système informatique. Ce genre de comportements est aussi observé après que les utilisateurs aient essayé pendant un temps relativement long de se connecter par leurs propres moyens. Ici, ce sont les ressources proposées par le système qui sont mobilisées.

« *Donc la dernière fois il fallait que je revoie le papier, entre deux j'avais oublié le mot de passe que j'avais déclaré donc là j'ai pris mon téléphone et j'ai dit à la nana que j'avais plus aucune idée de ce qu'était mon mot de passe et qu'il fallait que je revoie le doc et elle m'a envoyé le doc.* » (E08)

4 L'AUTHENTIFICATION COMME UN COMPROMIS ENTRE SÉCURITÉ ET UTILISABILITÉ

Nous l'avons vu, les utilisateurs déploient un large nombre de stratégies et ressources au cours de l'activité d'authentification. Bien qu'il n'y ait pas de liens déterministes sur le choix d'une stratégie ou d'une autre pour la construction des identifiants, leur stockage et la résolution des problèmes d'authentification, nous pouvons identifier, à la lumière des entretiens, un ensemble de facteurs influençant l'activité d'authentification.

Fréquence d'utilisation du service

Il est possible de distinguer deux groupes de comptes qui impliquent des usages différents : les comptes utilisés fréquemment et les comptes utilisés plus occasionnellement. Pour le premier groupe, les utilisateurs seront plus enclins à utiliser des stratégies particulières de création de mot de passe et auront moins tendance à consulter des traces pour réussir leur connexion.

Type de service

Dans le même ordre d'idées, on constate que les utilisateurs distinguent deux types de services numériques : des services qui leurs sont "imposés" (services administratifs notamment) et des services qu'ils décident spontanément d'utiliser (réseaux sociaux, sites d'e-commerce, etc.), avec un investissement moins important dans la sécurité des services « imposés ».

La sensibilité perçue des données protégées

Pour tous les utilisateurs interrogés, les données bancaires sont les plus sensibles et donc demandent une plus grande protection. De plus, certains perçoivent comme particulièrement sensibles, leurs adresses e-mails car au cœur d'une grande partie de leur réseau, ou encore les réseaux sociaux car ils véhiculent leur image. Ils créent donc des mots de passe plus complexes ou limitent la conservation de traces de leurs identifiants quand ils considèrent les données comme sensibles.

Les caractéristiques propres à chaque service numérique

Premièrement, certains services numériques disposent de mécanismes de sécurité supplémentaires. Ces contraintes supplémentaires imposées par les dispositifs ajoutent une perception de la sécurité. Les utilisateurs, compte tenu de ces garanties de sécurité, ont tendance, de leur côté, à générer des mots de passe plus simples, plus faciles à mémoriser et récupérer.

Deuxièmement, les utilisateurs vont également considérer les possibilités de réinitialisation de mot de passe offertes par le système. Aussi, quand la réinitialisation est aisée et automatisée, cette stratégie de résolution va être plus rapidement privilégiée.

Enfin, Les exigences des systèmes d'authentification quant à la création du mot de passe (minuscule, majuscule, caractères spéciaux, etc.) conduisent les personnes à complexifier leurs mots de passe existants. Ces contraintes peuvent les obliger à créer des mots de passe inhabituels, s'écartant de leurs routines de création, et étant de ce fait plus difficiles à mémoriser.

La perception de ses capacités mnésiques

Les utilisateurs ont conscience des limites de leurs capacités mnésiques, ils intègrent donc ce facteur dans leur choix en matière de création et conservation de mots de passe. De fait, ils privilégient des mots de passe facilement mémorisables et conservent des traces en cas de mots de passe trop complexes, notamment les mots de passe imposés auxquels il est difficile d'attribuer un sens pour faciliter la mémorisation.

L'objet de l'activité future ou présente

Les stratégies de conservation sont influencées par les projections que font les utilisateurs des activités dans lesquelles ils seront engagés quand ils auront besoin de leurs identifiants. Ceci est particulièrement perceptible avec l'idée du "sous la main" décrite au point 3.2.1 (garder des traces). L'activité présente influence également le comportement des utilisateurs. Ceux-ci, lors d'achats en ligne sur un nouveau site par exemple, passent rapidement l'étape de création de compte en décidant d'un mot de passe dans l'instant afin de continuer l'activité dans laquelle ils étaient lancés.

5 DISCUSSION

Bien qu'il existe des standards relativement bien définis en matière de règles de création et de conservation des identifiants (complexité des mots de passe, utilisation d'un mot de passe par site ou service, non-conservation ou protection importante des traces, etc.), et bien que ces règles soient régulièrement rappelées lors de la création d'identifiants, l'activité réelle des utilisateurs s'éloigne de ces prescriptions. Nos résultats sont cohérents avec ceux rapportés par Stobbert & Biddle (2014).

Nous montrons d'une part qu'il existe plusieurs stratégies complémentaires de création, de rétention et de rappel des identifiants. Les utilisateurs, dans une volonté de garder le contrôle sur leur sécurité, mobilisent des stratégies circonstancielles ou habituelles, dans la création et la réutilisation de leurs identifiants. D'autre part, nous constatons qu'un faisceau de déterminants influencent le choix de ces stratégies, et que ces facteurs s'organisent autour d'un compromis entre sécurité et utilisabilité. Ce compromis est consciemment pris en compte par les utilisateurs. Cependant, tout en s'inquiétant de la sécurité de leurs données, la majorité des utilisateurs ne définissent pas clairement la menace et n'apprécient pas les différences existant en matière de menace en fonction des services utilisés (Norman, 2010 ; Stobbert & Biddle, 2014). Ceci permet, en partie, d'expliquer la faible adoption des dispositifs de gestion d'identifiants (Gaw & Felton, 2006 ; Alkaldi et al. 2018) ou d'alternative comme la biométrie (Florenco and Herley, 2007), au privilège des mots des passe, malgré les contraintes.

Nos résultats nous permettent de penser certaines recommandations pour l'amélioration de l'utilisabilité des systèmes d'authentification que nous détaillerons dans l'article.

Contexte similaire de création et d'authentification

Pour soutenir la stratégie de création « indicée » décrite plus haut, nous suggérons de proposer des indices lors de la création du mot de passe (sons, images, etc.) et de les présenter de nouveau lors de l'authentification. De la même manière, présenter les contraintes de création des mots de passe lors de l'authentification (caractères spéciaux, nombre de caractère, etc.) permettrait de faciliter le rappel des conditions qui ont guidé la création du mot de passe et de simplifier le rappel pour chaque site.

Regroupements des sites.

On observe des comportements différents suivant la sensibilité perçue des données, l'importance ou le type du service. Ceci est intrinsèquement lié aux difficultés de compréhension et de confiance qu'on les utilisateurs dans ces système. Nous suggérons donc de proposer plusieurs intermédiaires sécurisés d'authentification permettant de regrouper les services numériques en fonction de critères pertinents pour les utilisateurs, et sur leurs exigences de sécurité (i.e. plus de sécurité pour les sites stockant des données bancaires, donc plus de contrainte pour la connexion). Ceci contrairement aux systèmes actuels d'authentification uniques (single sign-on) (e.g. Facebook ou Google) se confrontant directement au problème de confiance des utilisateurs.

Double authentification

La réinitialisation du mot de passe, bien qu'utilisée la plupart du temps en dernier recours, peut néanmoins être mobilisée de manière systématique. Ceci est notamment le cas pour les sites dont la sensibilité perçue est faible. Cependant, la réinitialisation met en péril l'utilisabilité du système, un changement de mot de passe impose un nouvel investissement dans la création, et peut entrer en interférence avec les anciens identifiants (Chiasson et al., 2007). Nous encourageons la double authentification, comme le propose certains services (e.g. paiements bancaires). L'utilisateur associe une adresse email (par exemple) à son compte, au moment de la connexion, l'utilisateur entre son nom d'utilisateur et reçoit un e-mail. Il se connecte en cliquant sur un lien dans le message.

La gestion des identifiants de connexion est le résultat d'un compromis entre l'utilisabilité des systèmes et les contraintes de sécurité. La présente étude, et les recommandations ci-dessus, adressent essentiellement la première partie de cette équation, mais doivent évidemment être discutées et affinées en regard des contraintes spécifiques à la sécurité informatique.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Alkaldi, N., & Renaud, K. (2019, January). Encouraging Password Manager Adoption by Meeting Adopter Self-Determination Needs. In *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Chiasson, S., Biddle, R., & van Oorschot, P. C. (2007, July). A second look at the usability of click-based graphical passwords. In *Proceedings of the 3rd symposium on Usable privacy and security* (pp. 112). ACM.
- Choong, Y.-Y., Theofanos, M. & Liu, H.-K. (2014). United States Federal Employees' Password Management Behaviors : a Department of Commerce Case Study. National Institute of Standards and Technology.
- Norman, D. A. (2010). THE WAY I SEE IT When security gets in the way. *Interactions*, 16, 6 : 60-63.
- Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological bulletin*, 51(4), 327.
- Florencio, D., & Herley, C. (2007). A large-scale study of web password habits. In *Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web* (pp. 657-666). ACM.
- Gaw, S., & Felten, E. W. (2006, July). Password management strategies for online accounts. In *Proceedings of the 2nd symposium on Usable privacy and security (SOUPS 2007)* (pp. 44-55). ACM.
- Grawemeyer, B., & Johnson, H. (2011). Using and managing multiple passwords: A week to a view. *Interacting with computers*, 23(3), 256-267.
- Hughes, H., Williamson, K., & Lloyd, A. (2007). Critical incident technique. *Exploring methods in information literacy research*, 28, 49-66.
- Riley, S. (2006). Password security: What users know and what they actually do. *Usability News*, 8(1), 2833-2836.
- Salembier, P., Zouinar, M., Héron, R., Mathias, C., Lorant, G., & Wary, J. P. (2016, Octobre). Etudes expérimentales d'un système d'authentification graphique basée sur la catégorisation sémantique. Dans *Actes de la 28ième conférence francophone sur l'Interaction Homme- Machine (IHM 2016)* (pp. 134-143). ACM.
- Stobert, E., & Biddle, R. (2014). The Password Life Cycle: User Behaviour in Managing Passwords. In *10th Symposium On Usable Privacy and Security (SOUPS 2014)* (pp. 243-255). Usenix.
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation* (Vol. 2003). Paris: Esf.

Session 6 – Serious game et internet

Evaluation de l'expérience fonctionnelle et vécue d'une version gamifiée et non gamifiée d'une même interface professionnelle

Marache-Francisco Cathie

Amadeus, 485 route Pin Montard, 06560 Sophia Antipolis

Eric Brangier

Université de Lorraine, PERSEUs. Faculté des Sciences Humaines et Sociales - Ile du Saulcy - BP 60228 -
57045 Metz cedex 01 France
Eric.Brangier@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de cette recherche est d'étudier les effets de la gamification sur des utilisateurs finaux. L'évaluation de l'impact d'un système gamifié par rapport à celui d'un système non gamifié, sur la perception directe de ses utilisateurs, est au cœur d'une expérience. 20 salariés ont testé une même application, gamifiée et non-gamifiée, puis répondu à différentes échelles, suivie d'un entretien. Il apparaît que la gamification entraîne une modification des aspects vécus de l'expérience utilisateur sans avoir d'effet sur les aspects fonctionnels. Ainsi, l'application est perçue comme étant plus ludique, plus attachante, plus émouvante, plus symbiotique. Cette recherche souligne que, dans le monde du travail, la gamification doit être appliquée avec une connaissance aigüe de ses impacts.

MOTS-CLES

Expérience utilisateur ; gamification ; impact

1. INTRODUCTION

Les applications informatiques et mobiles utilisent de plus en plus la gamification pour augmenter l'engagement et la motivation des utilisateurs et supporter le changement comportemental. La gamification désigne l'usage d'éléments provenant du jeu vidéo dans un contexte professionnel (Deterding, Khaled, Nacke & Dixon, 2011). Plus précisément, « *la gamification correspond à l'emploi d'éléments de jeux dans des systèmes non-jeux généralement numériques, qui soient adaptés au profil des utilisateurs à des fins de motivation et d'engagement, avec un accent mis sur une participation agréable, voire de l'amusement. La gamification est donc une forme d'application de certains principes du jeu et consiste à la fois en un processus par lequel on cherche à accroître la motivation et l'engagement des utilisateurs et à les amener à réaliser une tâche qu'ils n'auraient pas ou peu réalisée spontanément avec la même efficacité, et, une forme de présentation des interactions humain-machine selon des critères qui renvoient à l'univers du jeu* » (Marache-Francisco & Brangier, 2015).

Les recettes qui ont ainsi fait le succès du jeu vidéo sont ainsi transférées dans le domaine professionnel, sans que l'on ait souvent de retour précis sur les impacts de la gamification sur les salariés. Effectivement, l'évaluation de la gamification est encore rares. L'objectif de notre recherche est de présenter une mesure de la gamification sur les opérateurs d'une entreprise d'informatique afin de recenser les points positifs et négatifs de cette technique.

Tout d'abord nous définirons les grandes orientations dans le domaine de l'expérience utilisateur en gamification pour ensuite décliner la problématique de cette étude. Puis, nous décrivons notre méthodologie qui cherche à comparer une version gamifiée et une version non gamifiée d'une même application. Les résultats seront enfin discutés.

2. EXPERIENCE UTILISATEUR ET GAMIFICATION

Récemment, la notion d'ergonomie des IHM (Interaction Humain Machine) a été dépassée par celle d'expérience utilisateur. L'expérience utilisateur (UX, User eXperience) correspond à la fois à un carrefour disciplinaire ainsi qu'à une notion-clé pour comprendre la globalité de l'interaction humain-machine. L'UX analyse, corrige et conçoit les interactions fonctionnelles et vécues par tous types d'utilisateurs dans toutes types de situations de travail et/ou de vie sociale, avec tous types de produits, services et systèmes humains ou technologiques, afin de garantir à la fois (1) un grand niveau de satisfaction de l'utilisateur avant, pendant et après l'usage, (2) une haute qualité de l'interaction, ainsi (3) qu'une performance technique élevée. L'UX s'appréhende de plus en plus comme un système régulé composé (figure 1) :

- d'intrants en relation les uns avec les autres (caractéristiques des personnes, propriétés intrinsèques des systèmes humains, techniques et sociaux, contexte d'activité et d'usage) ;
- de l'interaction elle-même, qui a des propriétés structurantes ;
- de perceptions vécues et fonctionnelles de la technologie (accès, praticité, émotion, persuasion) ;
- de sortants qui correspondent aux conséquences de l'expérience, ayant eux-mêmes des effets sur les intrants et l'interaction personne-système-contexte.

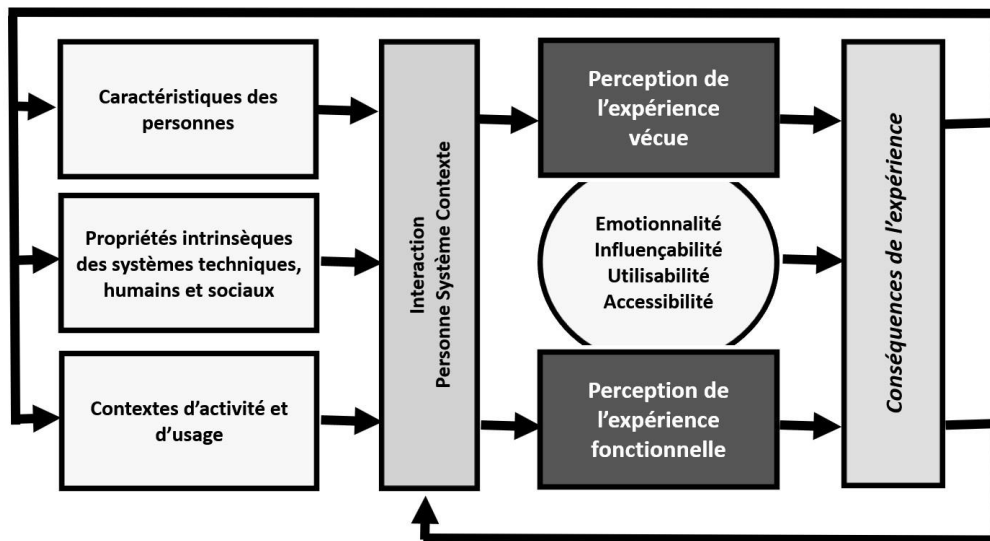


Figure 1. Éléments de l'expérience utilisateur.

Ainsi, l'UX comprend deux pôles importants : la dimension fonctionnelle et la dimension vécue. Elle peut se référer à un strict besoin fonctionnel, tout comme elle peut se rattacher des motivations intellectuelles ou émotionnelles ou encore à des expériences sociales. Avec l'UX, l'interaction humain-machine est donc encapsulée dans une activité plus générale où se déroulent des rôles sociaux, se développent des compétences et se construisent les acteurs sociaux. L'UX admet donc (Brangier, Desmarais, Nemery, Promp Tep, 2015):

- Une expérience fonctionnelle (ou interactionnelle) qui insiste sur le but utilitaire. Du point de vue fonctionnel, l'interface utilisateur est donc à voir comme un moyen pour l'humain de maîtriser la technique et les fonctions afférentes à sa mise en œuvre. On retrouve ici les notions d'accessibilité et d'utilisabilité.

- Une expérience vécue (ou expérientielle) qui correspond à la recherche accrue d'émotions et de sensations mémorables où l'on va interagir autant pour l'impression et l'ambiance que pour le produit ou le service. Très souvent l'interaction est attractive - on pense évidemment aux jeux vidéo – où l'utilisateur est pris dans une spirale d'interactions engageantes, où il a l'opportunité de vivre une expérience inédite d'émotions spectaculaires, d'engagements individuels ou de persuasions clandestines. Du point de vue vécu, l'interface utilisateur est donc à voir comme un moyen pour l'humain de vivre une expérience affective et attachante. On retrouve ici les notions d'émotion et de persuasion.

Les systèmes gamifiés proposent de nouvelles interfaces humains technologies qui mêlent les présentations graphiques ludiques à des contraintes professionnelles d'un nouveau genre. Il s'agit de s'inspirer du jeu et d'en extraire des principes et des techniques qui pourraient donner lieu à une plus grande attraction chez le public professionnel. Quand par exemple, les tableaux de suivi financier sont austères mais utilisables, la gamification propose de les rendre tout autant utilisables, mais cette fois présentés avec plus d'humour, d'attractivité, de valorisation sociale, de compétition ou encore de plaisir dans l'usage. Ainsi, la gamification représenterait-elle l'idéal de l'employé qui se donne sans compter (Liu, Alexandrova & Nakajima, 2011) : « *so-called game-like behavior: focus on the task at hand, multitasking under pressure, work overtime without discontented attitude, always keep retrying when fails, etc.* ». Par voie de conséquence, ces techniques de gamification questionnent l'ergonomie dans le sens où elles devraient avoir un effet sur les aspects fonctionnels et/ou vécu de l'UX. Si oui, dans quel sens ?

3. PROBLEME ET METHODE

3.1 Problematique

Notre principal problème est d'identifier les effets de la gamification, tout particulièrement lorsqu'elle est appliquée dans un cadre professionnel. Le postulat est qu'elle sécrète deux types d'impacts : vécus et fonctionnels.

Premièrement, la gamification correspond à un enrichissement de l'expérience vécue qui prend deux formes : augmentation des fonctions ludiques de l'interface et augmentation des fonctions de créativité de l'interface (i.e., la possibilité pour l'utilisateur d'être plus créatif) à travers un meilleur engagement et une plus grande motivation à explorer le système. Par ailleurs, l'aspect émotionnel inhérent à la gamification est également central, il s'agit en effet souvent de jouer sur les motivations des utilisateurs et d'ajouter une surcouche attractive pour générer des émotions positives, et une attitude favorable à l'égard du système. La gamification pourrait également être liée de la notion de technosymbiose (Brangier, Hammes-Adelé, & Bastien, 2010) qui souligne un rapprochement fort, une sorte de fusion entre l'homme et la technologie. Hybridé, l'humain devient un utilisateur à impliquer, à séduire et à qui l'on va proposer une interaction personnalisée, à travers d'une part des sollicitations qui vont résonner avec ses propres motivations et d'autre part une interactivité guidante qui soutiendra et optimisera ses efforts cognitifs. La question n'est plus d'accepter ou de refuser la technologie mais bien de considérer que l'humain façonne la technologie, qui à son tour façonne l'humain.

Secondement, la gamification sécrète aussi des aspects fonctionnels qui seraient plutôt négatifs. Si certains éléments ont pour but de soutenir la tâche de l'utilisateur, ils rajoutent malgré eux une surcouche qui peut avoir plusieurs conséquences négatives notamment :

- Détourner les utilisateurs du but premier du système et faire perdre de vue le contexte métier dans lequel se déroule l'interaction à travers des boucles de gratification rapides et une perte du sens de l'effort au travail ;
- Entraîner un rejet du système, notamment par la perception d'une intention d'infantilisation et / ou de manipulation comme dans le cas de l'étude précédente ;
- Entacher la perception d'utilité du système, dans la mesure où l'étude précédente a révélé que cette notion n'était pas présente dans le cadre de la gamification ;
- Diminuer son efficacité perçue en étant complexe et coûteuse en termes de temps.

Cela mène à formuler deux hypothèses générales :

- H1 : La gamification est source de plus-value de l'expérience vécue (augmentation des dimensions ludique, émotionnelle, attitude, créativité, symbiose) ;
- H2 : La gamification entache l'expérience à travers son impact fonctionnel (baisse de la perception d'utilité, perception ambiguë du système).

3.2 Méthodologie

20 sujets salariés d'une entreprise de logiciels professionnels ont été sollicités pour cette étude : 11 hommes et de 9 femmes d'âge moyen 34,65 ans (écart-type : 9,26). Parmi eux, 18 sujets analysent des données dans le cadre de leur emploi (business analysts). 11 sujets déclarent jouer à des jeux vidéo. 5 sujets connaissent bien la gamification, 7 de nom et 8 pas du tout. Les sujets ont été recrutés directement par voie électronique ainsi que par affichage dans l'entreprise.

Le matériel consiste en un scénario d'habitué avec l'utilisation des applications iPad Clock et Maps. Il est déroulé par le biais d'un PowerPoint. Un scénario de l'utilisation de l'application mobile professionnelle est décliné en deux versions : écrans gamifiés et non gamifiés. Une équivalence fonctionnelle est assurée. Le système a été gamifié suivant la méthode de Marache-Francisco & Brangier (2013b, 2016). Font également partie du matériel le logiciel d'enregistrement Morae, une feuille de consigne, de recueil de données, et enfin des questionnaires (en rapport avec les hypothèses ci-après présentées) : contentement pendant la passation (Schmitt, 2012), items émotions et attitudes (Sbai, 2013), créativité, symbiose individu et symbiose système (Hammes-Adelé, 2011), et évidemment une caractérisation des profils.

Les sujets réalisent une première phase d'habitué au déroulement de l'étude sur des applications iPad classiques. Ils observent l'utilisation des applications Clock et Maps selon un scénario prédéfini. Ils réalisent ensuite les deux phases de l'expérience : ils sont confrontés en premier lieu à une des deux versions de l'application mobile professionnelle puis à une autre (contrebalancement entre les sujets, avec choix au hasard). L'item « contentement » est sondé tout au long de l'étude à des moments-clés du scénario, et l'utilisateur indique sa position à voix haute. Un même questionnaire est présenté à la fin de chaque phase puis un questionnaire renseignant sur le profil de l'utilisateur est affiché à la fin de l'expérience. Dans tous les cas, les sujets font défiler eux-mêmes le PowerPoint afin de pouvoir observer à leur rythme les détails de l'interface.

Sont mesurés :

- Enregistrement vidéo et audio de la passation via le système Morae ;
- Questionnaires sur des échelles de Likert en 7 points (Contentement pendant la passation (Schmitt, 2012), items Émotions et Attitude (Sbai, 2013), Créativité, Symbiose individu et Symbiose système (Hammes-Adelé, 2011), Profil utilisateur).

Le test des deux hypothèses se décline selon plusieurs indicateurs :

Hypothèse 1 : Impact vécu. On s'attend à des scores des « mesures vécues » supérieurs pour le système gamifié que pour le système non-gamifié

- H1a : augmentation du score ludique ;
- H1b : augmentation du score de contentement ;
- H1c : augmentation du score d'émotions positives ;
- H1d : augmentation du score d'attitude ;
- H1e : augmentation du score de créativité ;
- H1f : augmentation du score de symbiose individu ;
- H1g : augmentation du score de symbiose du système.

Hypothèse 2 : Impact fonctionnel. On s'attend à des scores des « mesures fonctionnelles » supérieurs pour le système non-gamifié que pour le système gamifié

- H2a : Un système gamifié induit un score de perception d'utilité plus faible qu'un système normal.

Ainsi, les verbalisations des sujets présenteront des arguments positifs et négatifs selon la version gamifiée par rapport à la version non gamifiée. Ces verbalisations sont également des indicateurs de l'expérience utilisateur (vécue et fonctionnelle).

4. RESULTATS

L'ensemble des résultats est analysé statistiquement par le biais de tests de comparaison de moyennes (des tests de normalité et d'homogénéité des variances ont mené au choix du type de test (paramétrique : t de Student ; non paramétrique : Wilcoxon)). Résultats : Impacts sur l'expérience vécue

- **H1a : Un système gamifié induit un score plus élevé sur l'item ludique qu'un système normal**

L'hypothèse est validée. La moyenne sur l'item ludique de la version gamifiée est significativement plus forte que celle de la version non gamifiée à $p < 0,02$ ($N = 8$; $T = 0$; $Z = 2,52$). Ainsi elle est de $m_g = 6,15$ ($sg = 0,99$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $m_n = 5,50$ ($sn = 1,15$). En analysant la répartition des scores, il apparaît que si les médianes et extrêmes sont identiques, il y a une vraie différence de score à l'item ludique au niveau de l'écart interquartile. Le score attribué au système gamifié s'étendant vers un score élevé, celui du système non gamifié vers un score plus faible.

- **H1b : Un système gamifié induit un score de contentement plus élevé qu'un système normal**

L'hypothèse est validée. La moyenne de contentement de la version gamifiée est significativement plus forte que celle de la version non gamifiée à $p < 0,01$ ($t[19] = 3,66$). Elle est en effet de $m_g = 2,18$ ($sg = 0,62$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $m_n = 1,75$ ($sn = 0,66$). On peut observer que la médiane est supérieure pour le score attribué au système gamifié par rapport au système non gamifié, avec des extrêmes plus resserrés et un écart interquartile sensiblement similaire.

- **H1c : Un système gamifié induit un score d'émotions positives plus élevé qu'un système normal**

L'hypothèse est validée. La moyenne d'émotions positives (score calculé : moyenne des réponses aux items d'émotion positive) de la version gamifiée est significativement plus forte que celle de la version non gamifiée à $p < 0,01$ ($t[19] = 2,99$). En effet, elle est de $m_g = 5,07$ ($sg = 0,76$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $m_n = 4,40$ ($sn = 1,10$). Il est intéressant de noter que la médiane est supérieure pour le score attribué au système gamifié par rapport au système non gamifié, avec des extrêmes et un écart interquartile plus resserrés.

- **H1d : Un système gamifié induit un score d'attitude plus élevé qu'un système normal**

L'hypothèse ne peut pas être validée. La moyenne d'attitude (score calculé : moyenne des réponses aux items d'attitude) de la version gamifiée est de $m_g = 6,13$ ($sg = 0,65$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $m_n = 5,63$ ($sn = 1$). La différence n'est cependant pas significative à $p = 0,052$ ($t[19] = 2,07$).

- **H1e : Un système gamifié induit un score de créativité plus élevé qu'un système normal**

L'hypothèse ne peut pas être validée. La moyenne de créativité de la version gamifiée est de $m_g = 5,6$ ($sg = 1,23$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $m_n = 5$ ($sn = 1,65$). La différence n'est pas significative à $p = 0,09$ ($N = 12$; $T = 18$; $Z = 1,65$).

- **H1f : Un système gamifié induit un score de symbiose individu plus élevé qu'un système normal**

L'hypothèse est validée. La moyenne de symbiose individu (score calculé : moyenne des réponses aux items de symbiose individu) de la version gamifiée est significativement plus forte que celle de la version non gamifiée à $p < 0,01$ ($t[19] = 3,75$). Elle est en effet de $m_g = 5,46$ ($sg = 0,74$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $m_n = 4,95$ ($sn = 0,70$). Concernant la répartition des réponses, la médiane est supérieure pour le score attribué au système gamifié par rapport au système non gamifié, avec des extrêmes plus resserrés.

- **H1g : Un système gamifié induit un score de symbiose du système plus élevé qu'un système normal**

L'hypothèse est validée. La moyenne de symbiose du système (score calculé : moyenne des réponses aux items de symbiose du système) de la version gamifiée est significativement plus forte que celle de la version non gamifiée à $p < 0,01$ ($t[19] = 3,08$). Elle est en effet de $mg = 5,38$ ($sg = 0,76$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $mn = 4,76$ ($sn = 0,93$). Concernant la répartition des réponses, la médiane est supérieure pour le score attribué au système gamifié par rapport au système non gamifié, avec des extrêmes plus resserrés. L'écart interquartile est par ailleurs plus élevé dans le cas du système non gamifié, avec une répartition plus étendue en dessous de la médiane.

5. RESULTATS : IMPACTS SUR L'EXPERIENCE FONCTIONNELLE

- **H2a : Un système gamifié induit un score de perception d'utilité plus faible qu'un système normal**

La moyenne de perception d'utilité de la version gamifiée est de $mg = 5,95$ ($sg = 0,90$) alors que celle de la version non-gamifiée est de $mn = 5,40$ ($sn = 1,34$). La différence n'est cependant pas significative à $p = 0,052$ ($N = 14$; $T = 21,5$; $Z = 1,95$). Malgré une tendance de baisse de la perception d'utilité, l'hypothèse ne peut pas être validée.

6. RESULTATS QUALITATIFS : ETUDE DES VERBALISATIONS

L'analyse qualitative des verbalisations post-expérimentales révèle que différents thèmes apparaissent de manière récurrente entre les sujets, et que ces derniers renvoient à des aspects positifs mais aussi négatifs de la gamification, révélant ainsi une certaine ambiguïté vis-à-vis de la notion. L'hypothèse est donc validée.

Critiques positives

Tout d'abord, les sujets ont émis des avis positifs concernant la version gamifiée, et notamment concernant son aspect ludique, plus présent que dans le cas de la version standard.

Sj3 : « ça a un petit côté jeu quoi, un petit côté Foursquare, un petit côté ludique (...) je préfère la première en termes d'UI et la deuxième en termes d'esprit (...) La 2e version je trouve que ça euh le côté ludique euh le côté j'apprends en m'amusant, je gagne des badges euh, je me mesure à mes collègues (...) je trouvais ça sympa. »

Sj7 : [badges] « ok, c'est comme dans les jeux »^[17]_[SEP]

Sj10 : « [la version non gamifiée] c'est utilisable mais moins ludique »

Sj16 : « c'est rigolo hein ! »

Par ailleurs, les sujets ont parfois souri ou émis des petits rires lors de la visualisation de la version gamifiée. Loin de relever de la moquerie, cela semble révélateur de leur surprise et de leur appréciation. À titre d'exemple, l'un d'entre eux a ri pendant qu'il avait demandé la suppression d'une visualisation et que cette dernière tombait en morceaux. Ensuite, les utilisateurs ont rapporté plus de plaisir dans l'interaction, avec une description d'un système qui serait « sympa », « sexy », convivial et dynamique.

Sj5 : « une facilité de navigation, les informations elles sont tout de suite analysées, triées, etc. de manière très conviviale, très simple (...) visuellement c'est très agréable (...) plus dynamique, avec plus de convivialité, c'est juste que ça avait plus de relief »

Sj12 : « Avant c'était plus fun, plus encourageant, là [version non gamifiée] on n'a pas envie de chercher ou de comprendre(...) là ça fait logiciel d'entreprise, l'autre était plus cool (...) Il est classique mais après il fait son job (...) C'est comme si tu avais pris une grenadine et après une eau minérale... l'eau minérale peut être très bonne toute seule »

Les sujets se sont également prononcés concernant l'aspect innovant de la gamification. Ainsi, la version gamifiée serait plus inspirante, plus moderne et moins classique.

Sj10 : « [version non gamifiée] c'est une application de base, c'est un peu plus classique, il y a moins de surprise et de nouveauté »

Sj11 : « plus moderne »

Sj13 : « c'est plus humain, c'est plus moderne et c'est plus facile »

Pour finir, il est à noter que les sujets ont également mentionné l'aspect guidant de la version gamifiée. Elle a été perçue comme étant plus intuitive, et comme attirant plus facilement l'attention sur le pertinent.^[17]_[SEP]

Sj12 : « ce n'est pas genre le vieil Excel tout moche, tu sais pas où chercher la donnée tout ça, là c'est d'avantage mis en valeur, c'est plus intuitif (...) on est moins à chercher pour voir l'info de de d'être sur son graphique à dire p** elle est où la donnée qu'il faut voir »

Sj13 : « il y a cette aide qui est quand même très très utile (...) elle est globalement bien faite »

Critiques négatives

Si les sujets ont montré une préférence pour la version gamifiée, ils ne sont pas en adhésion totale pour autant. Un écueil porte notamment sur le fait que gamification génère du bruit par rapport au but de l'application. Les utilisateurs ont parlé de distraction, de pollution, de complexité, d'absence d'utilité voire d'absence de professionnalisme.

Sj13 : « c'est de la pollution visuelle dans la mesure où ça n'apporte rien, c'est juste un graphique »

Sj20 : « c'est toujours à utiliser avec modération les animations en général parce que, il y a des côtés euh effectivement c'est un peu fun mais après ça, ce n'est pas non plus un gadget ça reste un produit utilisé à des fins professionnelles »

Les sujets ont également parlé, dans la continuité de la notion de bruit, de détournement du but.

Sj17 : « Là on est sur le côté social, et là c'est pas trop mon délire (...) et en plus dans le monde professionnel encore moins (...) le but est louable tu vois, mais je pense qu'au final ça peut dévier du but original (...) finalement tu vas t'en servir peut-être pour autre chose tu vois (...) le like, le feed »

Enfin, différents sujets ont rapporté des émotions négatives lors de l'interaction avec le système gamifié.

Sj6 : « l'image qui va se décomposer comme ça enfin c'est très très négatif en fait »^[11]_{SEP}

Sj10 : « [badges] je sais que j'ai bien fait mais ça me donne l'impression qu'on récompense quelque chose de difficile »

7. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de déterminer l'effet de la gamification sur la perception de l'expérience fonctionnelle et de l'expérience vécue. Les idées étant que, d'une part, la gamification augmenterait les aspects vécus de l'expérience tandis que, d'autre part elle contaminerait les aspects fonctionnels de l'expérience (perception ambiguë du système). Afin de tester ces hypothèses, une version gamifiée et une version non gamifiée d'une même application mobile professionnelle ont été présentées à des utilisateurs. Des questionnaires ont été employés pour tenter d'y répondre, et les verbalisations ont été enregistrées afin d'enrichir le recueil.

Les deux hypothèses opérationnelles ont chacune été partiellement validées. Ainsi, il n'y a pas d'influence de la gamification sur le score d'attitude ou de créativité, mais sur les aspects relevant de la perception ludique, du contentement, des émotions positives, de la symbiose individu et symbiose système qui sont positivement affectés par l'emploi de la gamification par rapport à un système neutre. Concernant l'impact fonctionnel de la gamification, si aucune différence en termes de perception d'utilité n'a été observée, des arguments positifs et négatifs ont été relevés dans les verbalisations, révélant ainsi un vécu ambigu de cette notion. Si la version gamifiée génère des critiques positives (ludique, plaisant, innovant, guidant) et si plus de 75% des sujets déclarent la préférer, il n'y a cependant pas de différence en termes d'attitude et de perception d'utilité avec la version non gamifiée. Les deux systèmes mènent donc à un état d'esprit favorable et sont perçus comme utiles. Il en va de même pour la question de la créativité avec les données : les deux systèmes sont identifiés comme permettant de réaliser un travail d'analyse de manière équivalente. C'est donc sur la relation qui est établie à travers la gamification que la différence opère, relation qui est plus émotionnelle, plus ludique, plus guidante et enfin plus symbiotique. Cela permet donc de valider l'idée d'un nouveau mode d'interaction qui comporte plus d'émotions, plus de symbiose à travers notamment des sentiments de maîtrise et d'adaptation accrus, et la présence d'un équilibre émotionnel. Finalement, la gamification semble ainsi réaliser ses buts parallèles qui sont de charmer et de plaire tout en poussant implicitement à la productivité, puisqu'avec cette relation symbiotique, une dépendance s'instaure et les utilisateurs sont/seront probablement plus contrôlés.

En outre, comme les verbalisations l'indiquent, le système gamifié a soulevé des critiques négatives. Certains éléments, qu'ils relèvent du visuel ou des fonctionnalités, ont ainsi été perçus comme inutiles et perturbants (certains sujets parlant même de détournement du but professionnel initial), voire comme inducteurs d'émotions négatives (e.g., récompense excessive donnant une

impression de difficulté alors que la tâche est simple, ou encore métaphore stressante). Ici c'est toute l'ambiguïté de la gamification qui est mise à jour.

Ainsi, il semblerait que l'on soit dans le cadre d'interactions visant à stimuler et à générer du plaisir quitte à sombrer dans le « trop », a fortiori face à des sujets qui ont une vision claire de leur objectif de tâche et qui ne souhaitent pas d'interférence avec sa résolution. L'éloignement du but professionnel et par extension du sens du travail a ainsi été mis en avant par les sujets. Avec ceci et la notion de symbiose et de contrôle, c'est donc tout le paradoxe de la gamification qui ressort à travers cette étude.

Cette étude pose également la question de l'efficacité relative de la gamification. Certains utilisateurs ont montré une préférence nette à l'égard de la version non gamifiée. Si la gamification génère a priori une relation particulière incitatrice à l'action, cela n'est donc pas suffisant pour en prédire les effets. C'est l'utilisateur qui va décider si ce mode d'interaction convient à son activité et si cet objet constitue un instrument. Ainsi, certains sujets ont déclaré que des éléments de la version gamifiée apportaient une plus-value sur les dimensions ludiques, hédoniques et de guidage parce que cela s'insérait positivement dans leur contexte de travail et leur permettraient de le réaliser de manière plus agréable et en étant plus guidés et plus en confiance (notamment pour les plus novices). À l'opposé, des éléments ont été perçus comme générateurs de bruit, potentiellement détourneurs de buts et enfin inducteurs d'émotions négatives. Dans ces situations, les éléments de gamification ont été rejetés ou ignorés car ils ne se présentaient pas de manière cohérente face aux attentes du contexte de travail.

Irions-nous vers une sorte d'hédonisme productif qui chercherait à mélanger une motivation professionnelle et un plaisir lié au jeu, et qui procédant ainsi induirait des comportements réactifs de certains utilisateurs qui se sentiraient piégés ? Sans doute... et cela implique de toute évidence de poursuivre les recherches dans ce domaine et cherchant à mesurer les effets de la gamification sur le travail et les travailleurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Adelé, S., & Brangier, E. (2013). Evolutions in human technology relationship model: rejection, acceptance and technosymbiosis. *IADIS International Journal on WWW/Internet Vol. 11, No. 3, pp. 46-60 ISSN: 1645-7641*
- Botra, A., Herselman, M., & Ford, M. (2014). Gamification beyond badges. IST-Africa Conference and Exhibition, IST-Africa 2014
- Brangier, E., & Bastien, J. M. C. (2010). L'évolution de l'ergonomie des produits informatiques : accessibilité, utilisabilité, émotionnalité et persuasivité. In G. Valléry, M. C. Le Port, & M. Zouinar (Eds.), *Ergonomie des produits et des services médiatisés : nouveaux territoires, nouveaux enjeux* (pp. 307-328). Paris: Presses Universitaires France.
- Brangier, E., Dufresne, A., & Hammes-Adélé, S. (2009). Approche symbiotique de la relation humain-technologie : perspectives pour l'ergonomie informatique. *Le Travail Humain*. Tome 72, n°4/2009, 333-353
- Deterding, S. (2011). Situated motivational affordances of game elements: A conceptual model. *Proceedings of the CHI 2011 Workshop: Gamification: Using Game Design Elements in Non-Game Contexts* (pp. 34-37). Vancouver, BC, Canada: ACM. Récupéré le 2 décembre 2011 sur http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/CHI_2011_Gamification_Workshop.pdf.
- Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K. & Dixon, D. (2011a, Mai). Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts. *Proceedings of the CHI 2011 Workshop: Gamification: Using Game Design Elements in Non-Game Contexts* (pp. 2-5). Vancouver, BC, Canada: ACM. Récupéré le 2 décembre 2011 sur http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/CHI_2011_Gamification_Workshop.pdf.

- Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L. & Dixon, D. (2011, Mai). Gamification: Toward a Definition. Proceedings of the CHI 2011 Workshop: Gamification: Using Game Design Elements in Non-Game Contexts (pp. 6-9). Vancouver, BC, Canada: ACM. Récupéré le 2 décembre 2011 sur http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/CHI_2011_Gamification_Workshop.pdf.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, Septembre). From game design elements to gamefulness: defining "gamification". Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments. Tampere, Finlande: ACM.
- Hammes-Adelé, S. (2011). Traduction temporelle de la relation humain-technologie-organisation Validation et perspectives autour de la symbiose. Thèse de doctorat d'université, Université de Paul Verlaine - Metz, France.
- Hassenzahl, M. (2004). Emotions can be quite ephemeral: we cannot design them. *Interactions*, 11(5), 46-48.
- Heffernan, A., Fogarty, R., and Sharplin, E. (2016). G'aim'ing to be a rural teacher?: Improving preservice teachers' learning experiences in an online rural and remote teacher preparation course [online]. *Australian and International Journal of Rural Education*, Vol. 26, No. 2, Aug 2016: 49-61.
- Liu, Y., Alexandrova, T., & Nakajima, T. (2011, Décembre). Gamifying intelligent environments. Proceedings of the 2011 international ACM workshop on Ubiquitous meta user interfaces, Ubi-MUI '11. Scottsdale, Arizona, USA: ACM.
- Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2013a). Gamification experience: UXD with gamification background. In K. Blashki & P. Isaias (Eds). *Emerging Research and Trends in Interactivity and the Human-Computer Interface*. IGI-Global, pp 205-223.
- Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2013b). Process For Gamification: From The Decision Of Gamification To Its Practical Implementation. *CENTRIC 2013: The Sixth International Conference on Advances in Human-oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services*. 126-131. October 27 - November 1, 2013 - Venice, Italy. ISSN: 2308-3492; ISBN: 978-1-61208-306-3.
- Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2015). Gamification and human-computer interaction: a synthesis. *Le travail humain*. Vol 78, n°2, 165-189.
- Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2016). Validation of a gamification design guide: does a gamification booklet help UX designers to be more creative? In A. Marcus (Ed.): *Design, User Experience and Usability: Novel User Experiences* Springer Verlag. DOI:10.1007/978-3-319-40355-7_27 , pp.284-293
- Mora, A., Riera, D., Gonzalez C., and Arnedo-Moreno, J. (2015). A Literature Review of Gamification Design Frameworks. *7th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, Skövde, Sweden, 2015, pp. 1-8. doi:10.1109/VIS-GAMES.2015.7295760
- Morschheuser, B., Werder, K., Hamari, J., & Abe, J. (2017). How to gamify? Development of a method for gamification. In Proceedings of the 50th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Hawaii, USA, January 4-7, 2017.
- Raftopoulos, M. (2014). Towards gamification transparency: A conceptual framework for the development of responsible gamified enterprise systems. *Journal of Gaming & Virtual Worlds*, Volume 6, Number 2, 1 June 2014, pp. 159-178(20).
- Sbai, N. (2013). The Influence of Specific Emotions on Consumer Judgment and Behavioural Intention with respect to Innovations. Thèse de doctorat d'université, Université de Grenoble, France.

Schuldt, J., & Friedemann, S. (2017). The challenges of gamification in the age of Industry 4.0: Focusing on man in future machine-driven working environments. 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)

Effet des habiletés de raisonnement spatial dynamique et de l'utilisation de jeux vidéo sur l'apprentissage d'animations complexes.

Laurie Porte

Université de Bourgogne Franche Comté, LEAD-CNRS UMR 5022 21000 Dijon-Cedex
Laurie.Porte@u-bourgogne.fr

Jean-Michel Boucheix

Université de Bourgogne Franche Comté, LEAD-CNRS UMR 5022 21000 Dijon-Cedex
Jean-Michel.Boucheix@u-bourgogne.fr

Richard. K. Lowe

Curtin University, Perth, WA, Australia

Mireille Bétrancourt

TECFA, Université de Genève, Suisse

Patrick Bard

Université de Bourgogne Franche Comté, LEAD-CNRS UMR 5022 21000 Dijon-Cedex
Ptarick.Bard@u-bourgogne.fr

RÉSUMÉ

Ce chapitre présente une partie d'un projet visant à créer une série de tâches permettant d'évaluer les Habiletés (ou aptitudes) de Raisonnement Spatial Dynamique (HSD) et à tester leur effet éventuel sur la compréhension et l'apprentissage à partir de visualisations dynamiques telles que les documents multimédias animés par exemple. Quatre types de tâches ont été conçus: deux tâches de course et deux tâches d'interception. Deux études expérimentales exploratoires sont rapportées ici. La première teste, auprès de 41 participants, les quatre tâches dynamiques HSD ainsi qu'une tâche classique d'aptitude spatiale statique (DAT) et leur effet éventuel sur une épreuve de compréhension d'une animation technique complexe. La deuxième étude compare les scores aux quatre tâches HSD de 21 joueurs de jeux vidéo et de 15 non-joueurs. Les résultats des deux études sont très prometteurs et appellent une confirmation avec des échantillons plus grands. De plus, Habiletés Spatiales Dynamiques et Habiletés Spatiales Statiques semblent être (en partie) distinctes.

MOTS-CLES

Habiletés Spatiales Dynamiques ; Multimédia E- Learning ; Animation ; Apprentissages ; Jeux vidéo.

1. INTRODUCTION

L'adaptation des documents électroniques multimédia aux utilisateurs apprenants nécessite de prendre en considération l'effet des différences interindividuelles telles que les connaissances préalables, les capacités de mémoire de travail et les habiletés (souvent appelées aptitudes) spatiales, entre autres

(Wiley, Sanchez & Jaeger, 2014). Plusieurs travaux ont montré le niveau d'habiletés (ou aptitudes) spatiales a un effet significatif sur la compréhension et l'apprentissage des documents multimédias contenant du texte accompagné d'illustrations (Höffler et Leutner, 2010; Hegarty, 2014; Berney et Bétrancourt, 2016). Généralement, dans ces recherches, les tâches utilisées pour évaluer les habiletés spatiales sont des épreuves, des tests psychométriques de type habiletés de rotation mentale, orientation dans l'espace (voir par exemple le DAT, le test de Vandenberg basé sur les célèbres figures de Metzler). Cependant, ces épreuves conventionnelles s'appuient sur le traitement cognitif de figures statiques. Or, la plupart des documents multimédias actuels présentent des informations dynamiques de type animations, images en réalité virtuelle, qui impliquent le traitement cognitif de changements temporels. L'objectif de cette communication est de présenter brièvement la conception de 4 tâches (parmi 5) permettant d'évaluer les Habiletés de raisonnement Spatial Dynamique (HSD- voir, Porte, Boucheix, Bétrancourt, Lowe, Ceddia et Bard, 2016), puis de rapporter les résultats principaux de deux expériences exploratoires récentes. La première avait pour objectif d'examiner les performances aux 4 tâches HSD et d'explorer l'effet de ces performances dans les tâches HSD sur la compréhension d'une animation technique ; ici nous proposons un mécanisme de piano droit animé. La deuxième expérimentation avait pour but de comparer les performances aux tâches HSD de deux groupes distincts de non-joueurs et de joueurs de jeux vidéo. Ces derniers sont fréquemment confrontés à la gestion d'informations rapides et il a été montré que le jeu vidéo pouvait avoir un effet positif sur certaines caractéristiques de l'attention (Bavelier et al., 2013, 2016).

Bien que les habiletés spatiales dynamiques demeurent largement négligées dans la littérature, une exception notable est la recherche pionnière de Sanchez et Wiley (2014). Ces auteurs ont utilisé une seule tâche d'interception dynamique basée sur une série de tâches spatiales antérieurement conçues par Hunt, Pellegrino, Frick, Farr, & Alderton, 1988. Dans cette tâche d'interception, les participants devaient décider quand lancer un "missile" afin d'atteindre une cible en mouvement (voir Fig. 1). Les auteurs ont constaté une relation significative entre le score dans cette tâche d'interception et les résultats d'un test de compréhension d'un texte géo scientifique, mais il n'y avait pas de relation avec la compréhension quand le texte était accompagné d'une animation. Les animations éducatives sont utilisées pour présenter une grande variété d'informations dynamiques complexes et subtiles, incluant des transitions, des translations à savoir, le déplacement d'objets d'un endroit à un autre et des transformations d'objets multiples représentés simultanément (Lowe, 2004). En nous appuyant sur le principe des anciennes tâches validées de Hunt & al. (1988), nous avons construit 5 tâches nouvelles. Bien que les stimuli utilisés dans nos tâches soient semblables aux formes simples employées dans les tâches originales conçues par Hunt et al. (1988), les comportements de ces objets reflètent un répertoire plus riche de mouvements dynamiques que l'on retrouve dans les animations éducatives actuelles.

1. EXPERIENCE 1

2.1 Méthode

2.1.1. Participants

41 étudiants (13 Hommes et 28 Femmes, $M = 20,3$ ans) ont participé à l'expérience. Tous les participants ont réalisé les quatre tâches HSD (ordre de présentation des items aléatoire) mais selon un ordre différent, sachant que les tâches TIR et IMPACT n'étaient jamais passées l'une après l'autre. Ils ont également passé une tâche de compréhension d'animation technique suivie de posttests. Ils ont enfin passé une épreuve d'habileté spatiale statique. La fréquence d'utilisation de jeux vidéo était contrôlée.

2.1.2. Matériel

Quatre tâches impliquant des mouvements de transition et de translation ont été conçues et testées : deux tâches de course et deux tâches d'interception. La tâche de course impliquait un jugement

de vitesse dans lequel deux objets (deux disques pleins) se déplaçaient sur l'écran mais où la dernière partie de leur trajectoire était cachée. Plus précisément : les stimuli parcouraient les quatre cinquièmes de l'écran puis disparaissaient. Les participants devaient indiquer le plus rapidement possible lequel des deux objets était le plus rapide en le pointant avec un stylet sur l'écran. Dans la tâche de course parallèle (288 items, basée sur Hunt et al. 1988), les deux objets se déplaçaient toujours en parallèle et prenaient leur départ sur chaque bord de l'écran par blocs successifs. Pour un bloc d'item, les stimuli prenaient leur départ sur le bord droit de l'écran, pour un autre sur le bord gauche puis en haut et pour finir en bas de l'écran. La vitesse absolue des items allait de 100px/s à 650px/s. Les vitesses relatives pouvaient être de 0.5, 1, 2 ou 3px/s. Ici, les items étaient présentés aléatoirement quant aux vitesses, alors que les trajectoires étaient présentées par blocs.

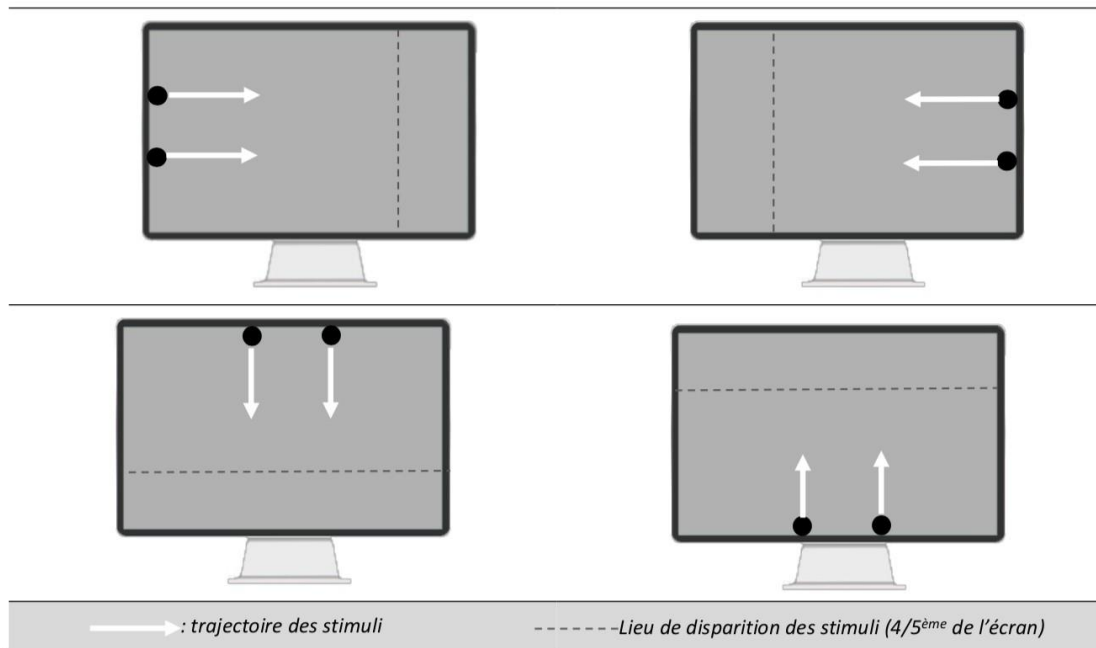


Figure 1. Tâche de course parallèle.

Dans la tâche de course angulaire (64 items non basés sur des travaux antérieurs), les deux objets prenaient leur départ du centre de l'écran et poursuivaient une direction différente (de 90° ou 180°). Deux facteurs de vitesse ont de nouveau été manipulés : la vitesse absolue était de 125 px/s, et la vitesse relative variait de 1 à 7px/s. Ici aussi, les stimuli disparaissaient avant d'atteindre le bord de l'écran. Ici les items sont présentés de manière aléatoire.

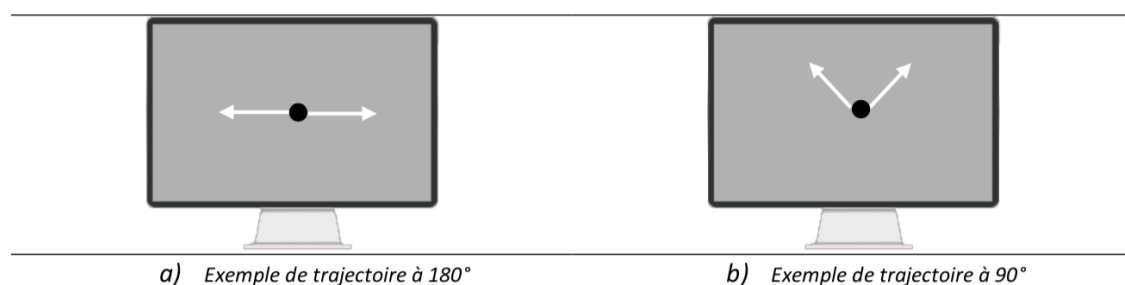


Figure 2. Tâche de course angulaire

La tâche d'interception consistait à faire une prédiction de collision des objets. Un stimulus appelé « missile » était ici un disque plein noir. Il était lancé selon une trajectoire verticale (sur le côté droit de l'écran, cf. fig.3,a,b.) avec une vitesse constante de 360px/sc. La cible (sur le côté gauche) se déplaçait selon une trajectoire horizontale avec une vitesse de 360, 206 ou 154 px/s.

Dans la version autocontrôle de cette tâche (60 items) correspondant à une tâche de "tir" ; les participants contrôlaient eux même le lancement du « missile » - Fig.3,b - en décidant quand le lancer afin de toucher la cible c'est-à-dire l'objet en mouvement (ici un disque plein blanc).

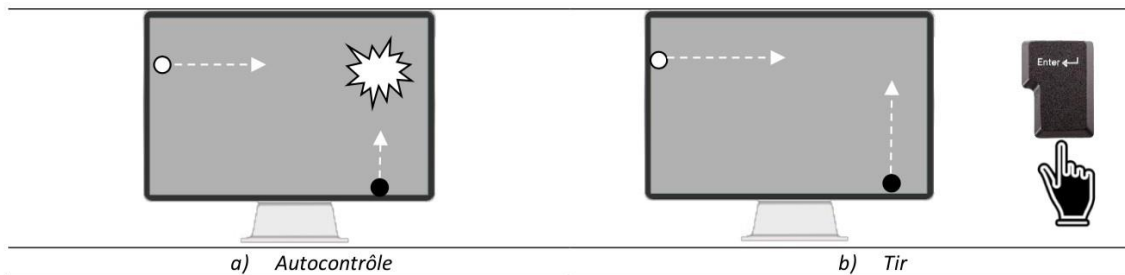


Figure 3. Tâches d'interception

Dans la version "anticipation" de cette tâche, -Fig. 3,a - les participants devaient décider si un missile lancé automatiquement à vitesse constante atteindrait ou non une cible en mouvement sachant que les deux stimuli disparaissaient avant d'entrer ou non en collision. Une fois les stimuli disparus, les participants disposaient d'1.5s pour répondre en cliquant sur des boutons Oui/Non situés en bas de l'écran.

Dans les deux versions, les stimuli disparaissaient avant d'atteindre la limite de l'écran ou avant l'impact. Le test d'habileté spatiale statique était le DAT-5 (rotation mentale). L'épreuve de compréhension comprenait l'apprentissage d'une animation d'un piano présentée à l'écran (Fig. 2) et deux tâches de post-test de compréhension. Le premier évaluait le rappel de chaque mouvement des pièces du piano. Une pièce était indiquée au sujet par une croix et il devait replacer cette croix de manière à indiquer où se situerait la partie indiquée lors d'une phase précise du mouvement. Le second évaluait le rappel du fonctionnement complet du mécanisme. Ici, les participants devaient expliquer comment fonctionnait le mécanisme par écrit.

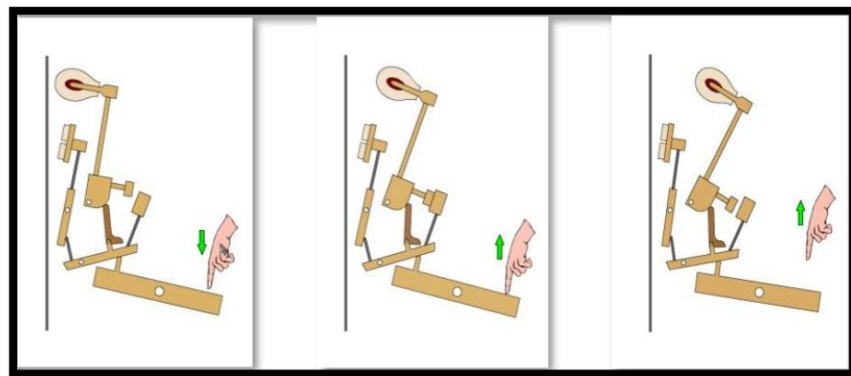


Figure 4. Mécanisme de piano droit

2.1.3. Procédure et mesures

Après avoir recueilli les données démographiques et évalué les connaissances préalables, les participants réalisaient dans l'ordre (i) la tâche d'apprentissage-compréhension de l'animation puis les post-tests (ii) les 4 tâches HSD, (iii) le DAT. Pour les tâches HSD, les participants répondaient en touchant avec un stylet l'objet choisi sur un écran tactile de 21 pouces. Les réponses correctes et incorrectes ainsi que les temps de réponse étaient automatiquement enregistrées.

2.2. Résultats

Les performances à chaque tâche HSD sont présentées tableau 1, les corrélations entre ces tâches et le DAT sont présentées tableau 2.

Tableau 1. Pourcentage moyen de réponse correcte à chaque tâche HSD et DAT

Tâches HSD	Cp	Ca	la	lc	DAT
Moy. % (SD)	64.19 (6.32)	61.13 (5.01)	54.13 (10.61)	65.78 (12.46)	64.96 (5.3)

Tableau 2. Corrélation (r de Bravais- Pearson) entre le tâches et le DAT

Tâches HSD	Cp	Ca	la	lc
DAT (r)	.11 ($p = .46$)	.26 ($p = .10$)	.10 ($p = .52$)	.29 ($p = .07$)

Le tableau 2 montre des corrélations majoritairement non significatives entre les tâches dynamiques et le DAT, suggérant qu'il s'agit de compétences distinctes. Nous avons par ailleurs trouvé une corrélation significative (tendancielle) entre les scores de compréhension de l'animation et les tâches dynamiques d'interception ($r(41) = .302$, $p = .055$), mais aussi entre les scores de compréhension de l'animation et le DAT ($r(41) = .305$, $p = .052$). Cela suggère que deux composantes pourraient être impliquées dans le traitement de visualisations dynamiques: une composante mouvement et une composante relations spatiales. Ces résultats diffèrent de ceux de Sanchez, Wiley & Jaeger (2014) qui n'avaient pas trouvé de relation entre la tâche de traitement dynamique et la compréhension de documents animés.

3. EXPERIENCE 2

3.1. Participants

36 participants, dont 21 joueurs de jeux vidéo (9H, 13F) et 15 non-joueurs (3H, 12F) ont été confrontés aux 4 tâches HSD. Les sujets étant considérés comme joueurs à partir du moment où ils jouaient régulièrement au moins une fois par semaine (7 jouaient entre 1 et 5 heures par semaine, 5 de 5 à 10 heures, et 9 plus de 10 heures, 33% et 43% du temps de jeu concernaient essentiellement les jeux de FPS/action- *First Person Shooter*- et les jeux RPG/ *Role Playing Game*).

3.2. Méthode, Matériel et procédure

Les 4 tâches HSD étaient utilisées (Fig. 1,2 & 3) ainsi que le test DAT. Il est à noter que les tâches HSD ont été modifiées ; nous avons retiré les items non pertinents de manière à raccourcir le temps de passation. Ainsi pour les tâches de course, nous n'avons conservé qu'un type de trajectoire parmi ceux proposés lorsque les performances n'étaient pas impactées par cette caractéristique. Nous avons également enlevé les vitesses pour lesquelles les sujets semblaient répondre au hasard. Nous avons donc conservé 72 items pour la tâche de course parallèle et 48 items pour la course à angles différents. Les tâches interceptions sont quant à elles inchangées entre l'expérience 1 et 2. Aussi, dans cette expérience, les participants répondaient à l'aide d'une souris et non plus à l'aide d'un stylet sur un écran tactile.

Après un questionnaire sur les habitudes de jeux, les participants réalisaient les 4 tâches selon un ordre donné. Quatre types de passation étaient déterminés de manière à ce qu'il n'y ait pas d'effet d'ordre. Les deux tâches d'interception n'étaient jamais présentées l'une après l'autre ; de même pour les tâches de course.

4. RESULTATS

Les résultats sont présentés Fig. 3. Après avoir vérifié que les distributions de scores à chaque tâche HSD ne s'écartaient pas de la loi normale, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées.

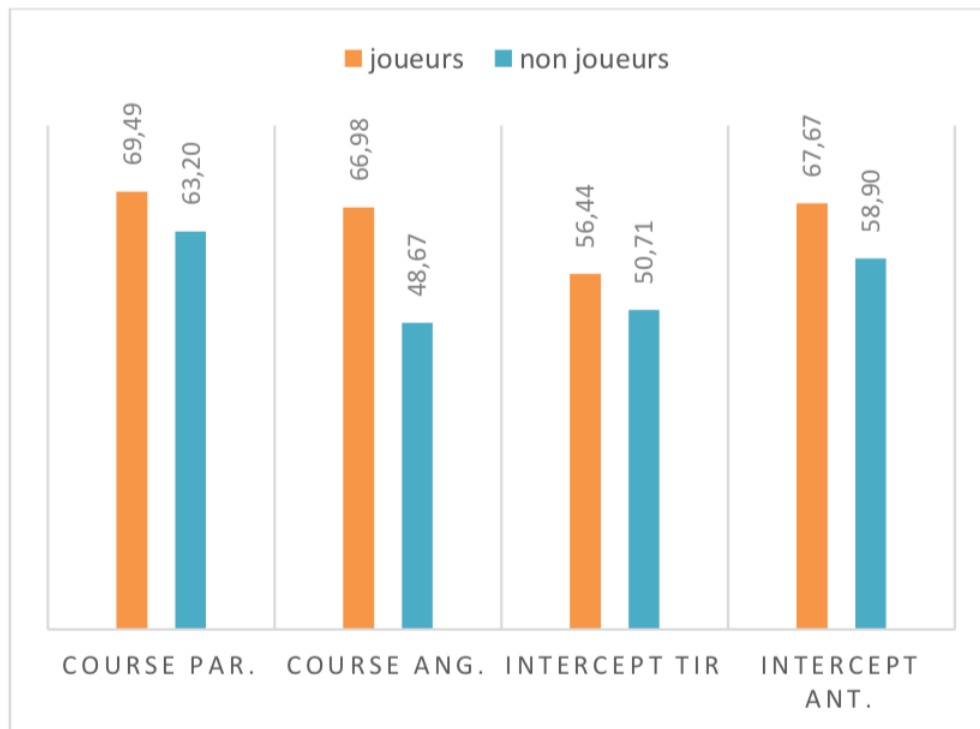


Figure 3a. Score moyen (%) de réponses correctes par tâche pour chaque groupe.

Les joueurs ont obtenu des scores significativement supérieurs aux non-joueurs à toutes les tâches ($F(1,34) = 8.60, p = .006, \eta p^2 = .20$). Certaines tâches étaient plus difficiles que les autres ($F(3, 102) = 12.80, p < .0001, \eta p^2 = .27$). Les joueurs obtenaient aussi de meilleures performances que les non-joueurs au DAT (respectivement $M = 20.09$ et $M = 14.60, F(1, 34) = 6.61, p = .014, \eta p^2 = .16$).

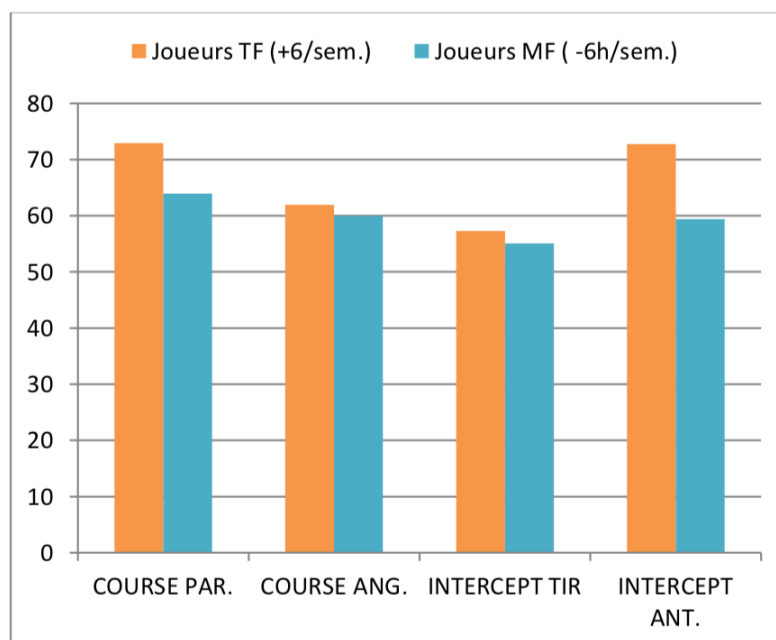


Figure 3b. Relation scores moyen (%) et h. de jeu/semaine pour deux sous-groupes

Ensuite, nous avons considéré séparément les performances du groupe de joueurs seulement. Nous avons distingué deux sous-groupes: les joueurs très fréquents (TF, plus de 6h de jeux par semaine, soit plus d'une heure par jour, $N = 13$), et les joueurs moins fréquents (MF, de 1h à moins de 6h par semaine, $N = 8$). Les données de la Fig. 3 b regroupent les scores à chaque tâche de ces

deux sous-groupes de joueurs pour chaque type de tâche. Une ANOVA à mesures répétées a montré que les groupes des joueurs très fréquents (TF) obtenaient des performances significativement plus élevées que les joueurs moins fréquents (MF), $F(1,19) = 9.60$, $p = .006$, $\eta p^2 = .33$. Compte tenu des très faibles effectifs dans les deux groupes de joueurs, nous avons réalisé des analyses complémentaires non-paramétriques (test U de Mann-Whitney pour groupes indépendants) pour chaque tâche: pour la tâche IMPACT ANT., $U = 15$, z (ajusté) = 2.66, p (exact) = .006; pour la tâche TIR, $U = 49$, z (ajusté) = .18, p (exact) = .85; pour la tâche COURSE PAR., $U = 21$, z (ajusté) = 2.21, p (exact) = .025; et pour la tâche COURSE ANG., $U = 44$, z (ajusté) = 0.51, p (exact) = .59. Ces résultats semblent indiquer l'existence d'une sensibilité significative des tâches HSD à l'expertise, en particulier pour les tâches IMPACT ANT. et COURSE PAR.

5. CONCLUSION ET TRAVAUX FUTURS

Les résultats que nous avons obtenus à ces deux études exploratoires semblent prometteurs puisqu'ils montrent que les tâches HSD semblent constituer une aptitude distincte des aptitudes spatiales mesurées dans les tests statiques conventionnels. Ils doivent cependant être confirmés en utilisant des échantillons de participants plus grands. Les tâches HSD que nous proposons isolent des paramètres que nous pouvons retrouver dans des animations bien plus abouties. La discrimination de vélocité, le rôle de la trajectoire, l'anticipation sont des paramètres importants que nous retrouvons dans les animations mais ce ne sont pas les seuls. Notre but étant d'isoler ces différents paramètres, nous avons également créé une nouvelle tâche centrée sur le traitement cognitif et la mémorisation des transformations d'objets au cours du temps. Aussi, une version en réalité virtuelle 3D est en cours d'élaboration afin de voir si le degré d'immersion joue un rôle dans la perception des animations. A terme, notre objectif est de concevoir une série de tâches visant à évaluer les habiletés visuo-spatiales dynamiques. Enfin, ces tâches HSD pourraient être testées dans le cadre d'activités quotidiennes et/ou professionnelles à risque. Par exemple, dans le cas de la conduite automobile où nous faisons appel à l'anticipation, à la mémorisation des trajectoires, à l'évaluation des vitesses.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Bavelier, D., & Davidson, R. J. (2013). Brain training: Games to do you good. *Nature*, 494(7438), 425-426.
- Bediou, B., Adams, D. M., Mayer, R. E., Tipton, E., Green, C. S., & Bavelier, D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*, 144(1), 77-110.
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150-167.
- Green, C. S., Gorman, T., & Bavelier, D. (2016). Action Video-Game Training and Its Effects on Perception and Attentional Control. Dans Strobach, Tilo & Karbach, Julia (Ed.) *Cognitive training: an overview of features and applications* (p. 107-116). Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Höfler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17, 722-738. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>.
- Hunt, E., Pellegrino, J. W., Frick, R. W., Farr, S. A., & Alderton, D. L. (1988). The ability to reason about movement in the visual field. *Intelligence*, 12, 77-100.
- Porte, L., Boucheix, J.M., Bétrancourt, M., Lowe, R.K., Ceddia, M., & Bard, P. (2016). Dynamic spatial abilities and learning from animation. In Désiron, J., Berney, S., Bétrancourt, M., & Tabbers, H. (Eds.), *EARLI SIG 2 Conference: Comprehension of Text and Graphics, Learning from Text and Graphics in a World of Diversity* (pp. 145-148). Geneva, July 11-13: University of Geneva.

Sanchez, C.A., & Wiley, J. (2014). The role of dynamic spatial abilities in geosciences text comprehension. *Learning and Instruction*, 31, 33-45.

Rechercher de l'information sur Internet : effets de la complexité de la tâche et des connaissances antérieures sur le comportement de recherches d'élèves de collège

Francisco Martin-Gomez

Laboratoire CLLE (UMR CNRS 5263), Université Toulouse Jean Jaurès,
5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex
francisco.martin-gomez@univ-tlse2.fr

Aline Chevalier

Laboratoire CLLE (UMR CNRS 5263), Université Toulouse Jean Jaurès,
5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex
aline.chevalier@univ-tlse2.fr

Jean-Christophe Sakdavong

Laboratoire CLLE (UMR CNRS 5263), Université Toulouse Jean Jaurès,
5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex
jcs@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ

L'étude présentée s'intéresse à l'effet des connaissances antérieures et de la complexité de la tâche sur la production de requête et les stratégies de génération des mots-clés dans le cadre d'une recherche d'information via Google. 39 adolescents ont eu 6 questions de recherche à effectuer en histoire. Les participants avaient à accomplir 6 tâches de recherches : deux questions simples, pour lesquelles les mots-clés utiles étaient contenus dans la question et les réponses directement présentée dans les premiers résultats de Google ; deux questions plus difficiles dites multicritères pour lesquelles il fallait inférer la combinaison pertinente de mots-clés présents dans l'énoncé pour accéder à la cible ; et les questions ouvertes pour lesquelles plusieurs réponses étaient possibles et la navigation à l'intérieur des pages web obligatoire. Les résultats montrent que les experts réussissent mieux et plus rapidement. Le nombre de requête n'est affecté que par la complexité. Les novices produisent des requêtes plus longues, moins précises et sophistiquées que les experts. Ce comportement se renforce avec la complexité des questions.

MOTS-CLES

Recherche d'information, adolescents, collège, requête, mots-clés.;

1. INTRODUCTION

Les adolescents, *via* Internet, ont désormais un accès quasi constant à un outil de recherche d'informations (RI) qui permet d'accomplir une grande variété de tâches scolaires (Purcell, Heaps, Buchanan, & Friedrich, 2013 ; Le Bigot & Rouet, 2007). Considérée par certains auteurs (Foss et Druin, 2014 ; Koltay, 2011) comme une composante majeure de l'*information literacy* (capacité à

maîtriser son environnement informationnel et à répondre à ses besoins d'informations), la compétence spécifique de savoir mener une recherche efficace sur le web fait désormais partie intégrante de la formation des élèves au titre des méthodes et outils pour apprendre (« savoir rechercher de l'information », socle commun de connaissances et de compétences, domaine 2).

La recherche d'information (RI), est cependant une activité « plurielle ». Pour bien la cerner, Rouet et Tricot (1998) propose de l'appréhender selon trois caractéristiques principales pouvant, *in fine*, représenter autant d'axes de développement et de recherche en psychologie cognitive ergonomique. La RI est ainsi tout à la fois une activité mémorielle (mémoire à long terme, mémoire de travail) et une activité de traitement de l'information faisant appel à la compréhension. Toutefois, caractérisée par l'absence de procédure de résolution immédiate (Toutain, 2011), un objectif cible à atteindre à partir d'une situation initiale (Newell & Simon, 1972) et différentes solutions et séquences d'actions pour accomplir la tâche (Hoc, 1972), la RI est dans la littérature souvent abordée comme une activité de résolution de problème (Marchionini, 1997 ; Rouet, & Tricot, 1998 ; Brand-Gruwel, Wopereis et Walraven, 2009). La RI est une activité mobilisant des processus cognitifs de hauts niveaux : production d'inférences, prise de décision (Sanchiz, Chin, Chevalier, Fu, Amadieu, & He, 2017) et création de sens (De Cara, Théroumane, Chanquoy, Dumerey, Lacoste, & Dinet, 2009). Elle implique pour les collégiens la maîtrise de compétences nombreuses : évaluer ses besoins informationnels, utiliser les outils de recherche, parcourir et localiser des sources potentielles, évaluer, comparer, extraire et organiser les informations pertinentes (Le Bigot & Rouet, 2007; Brand-Gruwel, Kammerer, Van Meeuwen, & Van Vogt, 2017). A ces difficultés substantielles s'ajoute de surcroît le sentiment d'incertitude face aux résultats obtenus : non seulement il n'existe pas qu'une seule façon d'accéder à l'information souhaitée, mais le volume considérable des informations disponibles sur le Web confronte l'utilisateur à de nombreuses contradictions potentielles. En ce sens, si nous considérons la complexité comme une mesure de l'incertitude et la non-déductibilité des résultats et des moyens de les atteindre, la RI est une activité pleinement complexe (Bell & Ruthven, 2004 ; Byström & Jarvelin, 1995) : il existe sur Internet plusieurs façons d'atteindre un résultat, plusieurs résultats possibles, une interdépendance conflictuelle entre les différents chemins menant à une bonne réponse, et une incertitude quant aux chemins pour y parvenir (Campbell, 1988). Ainsi, malgré une perception de Google oscillant entre sentiment d'exhaustivité et de pertinence intrinsèque des résultats (Cordier, 2017), trahissant une résolution jugée satisfaisante des problèmes d'information, ces exigences cognitives multiples causent encore des difficultés aux jeunes utilisateurs de Google (Druin, Foss, Hatley, Golub, Guha, & Fails, 2009 ; Brand-Gruwel, Kammerer, Van Meeuwen, Van Gog, T, & Gwizdka, 2018). Ils doivent être mieux accompagnés et formés pour exploiter pleinement les ressources documentaires du Web.

Des études précédentes ont montré le rôle des connaissances antérieures sur le domaine (connaissances déclaratives sur le sujet de la recherche) parmi les facteurs influençant les comportements de recherche. Ces dernières peuvent en effet faciliter le processus d'identification des besoins en information, l'évaluation et l'utilisation finale d'une information, le temps passé sur la tâche de recherche et/ou la sophistication des requêtes, avec ou sans mots-clés spécifiques (Lazonder, Biemans, & Wopereis, 2000; Sanchiz *et al.*, 2017). La complexité du problème ou de la tâche de recherche, quant à elle, peut affecter à la fois les stratégies, les tactiques et les actions à accomplir pour résoudre le problème, se manifestant par exemple sur le nombre de mots-clés (longueur de la requête), le nombre de requêtes, le temps pour les formuler, les liens activés sur les pages de résultats Google ou les URL visités (Wildemuth, Kelly, Boettcher, Moore, & Dimitrova, 2018). Puisque la complexité d'une recherche d'informations relève de sa nature ou de son type, recouvrant une grande variété de problèmes allant de la recherche de faits plus ou moins précis à des tâches de recherche plus ou moins floues dans les buts, plus ou moins bien structurées ou ouvertes, nous l'envisagerons sous cet angle. Les jeunes élèves en situation de recherche d'informations semblent montrer un déficit de gestion de leurs activités, avec notamment une planification difficile de leurs stratégies, et peinent à modifier ces dernières en cours d'action si cela s'avère nécessaire

(De Cara *et al.*, 2009). Ces difficultés évoluent dans le temps pour diminuer chez les collégiens et encore davantage chez les lycéens. Bilal et Kirby (2002) ainsi que Boubée et Tricot (2011) insistent toutefois sur les difficultés verbales d'utilisation des mots-clés que les jeunes chercheurs manifestent : ils ont beaucoup de mal à produire des synonymes et se détacher des mots de la consigne.

Très peu d'études ont analysé simultanément le rôle de la complexité de la tâche de RI et des connaissances antérieures sur le domaine, en particulier sur une population d'adolescents, dans des contextes expérimentaux écologiques. Cette étude ambitionne d'analyser le rôle de ces deux facteurs sur les phases d'exploration d'une RI, et tout particulièrement comment des collégiens régulent leurs efforts en termes de stratégies de production de requêtes *via* des mots-clés pour atteindre leurs objectifs. Plus précisément, nous émettons l'hypothèse selon laquelle le manque de vocabulaire des novices spécifique au domaine de connaissances, couplée à une représentation du but plus floue, vont impacter négativement leurs activités de recherche les amenant à développer des stratégies moins efficaces et construire des requêtes moins élaborées et moins pertinentes (plus courtes, moins sophistiquées avec peu de mots dérivés/inférés et davantage de mots issus de la question). Ces requêtes moins sophistiquées ciblant avec moins d'efficacité les résultats utiles à la résolution du problème, les novices devraient ainsi formuler plus de requêtes (moins sophistiquées) que les experts. La complexité de la tâche de recherche interagissant et accentuant ces difficultés, nous attendons que ces effets soient plus marqués lors des tâches complexes.

2. ETUDE

2.1 Participants

39 élèves ont participé à cette expérience. L'échantillon était composé de 20 élèves de troisième (âge moyen de 14,43 ans, ET = 2,61) et 19 élèves de quatrième (un âge moyen de 13,57 ans, ET = 2,69). La répartition globale est de 21 filles pour 18 garçons. Les élèves dits « experts » (élèves de troisième, avec connaissances antérieures) ont déjà rencontré plusieurs fois la thématique des « totalitarismes au 20^{ème} siècle » dans le cadre de leur enseignement (Histoire). Les participants dits « novices » (classe de quatrième, sans connaissances antérieures sur le thème) n'ont jamais traité ce sujet en cours. Conçu avec un enseignant, un questionnaire composé de 15 questions (1 point par bonne réponse) a été construit pour vérifier cette distinction entre les participants. Les résultats confirment ces différences de connaissances antérieures entre experts et novices ($t(39) = 7,82$; $p < 0.001$). Les experts ont en moyenne un niveau de bonnes réponses supérieur à celui des novices ($M_{exp.} = 11,09$ | ET = 2,47 ; $M_{nov.} = 5,05$ | ET = 2,61). Reprenant la méthodologie de Dommes, Chevalier et Lia (2011), les élèves ont tous reçu la même formation documentaire et numérique (dont une partie spécifiquement dédiée à l'usage des outils de recherche, et ici Google). L'étude se déroulait dans le collège des élèves, au sein d'une salle de cours habituelle, dans le cadre pédagogique de sessions de révision du brevet pour les troisièmes et d'exploration thématique pour les quatrièmes.

2.2 Procédure

L'expérience s'est effectuée sur Google et *via* le logiciel BAOBAB développé par Jean-Christophe Sakdavong pour le laboratoire CLLE-LTC. Ce logiciel est un navigateur basé sur le navigateur Chrome, enregistrant simultanément les traces de navigations (fichiers logs) et capturant la vidéo de la session de recherche pour chaque participant. Deux variables indépendantes ont été manipulées : les connaissances antérieures en inter-sujet, et la complexité de la tâche en intra-sujet. Les participants devaient accomplir 6 tâches de RI, dans un ordre aléatoire, selon trois modalités de complexité : deux tâches simples (TS), pour lesquelles les mots-clés utiles (permettant d'aboutir à la réponse) étaient contenus dans la tâche et la cible (information à trouver) directement présentée dans la première page de SERP (résultats fournis par le moteur de recherche suite à une requête) de Google ; deux tâches complexes dites multicritères (TMC) pour lesquelles il fallait inférer la combinaison pertinente de mots-clés présents dans l'énoncé pour accéder à la cible ; et les tâches ouvertes (TO) pour

lesquelles plusieurs réponses étaient possibles et la navigation à l'intérieur des pages web obligatoires (cf. tableau 1 pour des ex. de tâches).

Complexité	Tâches de recherche (exemples)
Tâche simple (TS)	Qui accède au pouvoir en URSS à la mort de Lénine ?
Tâche multicritère (TMC)	Marie s'interroge sur la construction du système juridique de l'Allemagne nazie et souhaiterait connaître le nom de la loi raciale du troisième Reich établissant l'interdiction d'accès à la fonction publique des citoyens juifs ?
Tâche ouverte (TO)	Comment l'Allemagne nazie s'est-elle préparée à la guerre ? Sélectionnez trois documents.

Tableau 1 : exemples de TS, TMC et TO

2.3 Mesures

La performance (score total, temps de complétion) et l'exploration (nombre de requêtes, nombres de mots-clés – totaux, nouveaux ou issus de la tâche) ont été mesurés comme suit :

(1) Le temps de complétion (durée pour répondre aux questions). Pour chaque tâche de RI, le temps total requis pour sa résolution a été calculé (en millisecondes, présenté en seconde) à partir de la première ouverture par le participant de la page d'accueil de Google, jusqu'à l'arrêt déclaré (réponse ou abandon). Cette mesure représente le temps total pris par le participant pour réaliser la tâche, phase d'exploration et d'exploitation comprises, i.e. incluant tout à la fois les temps de lecture de la question et de réflexion sur les mots-clés à utiliser, de formulation des requêtes et de réflexion sur les stratégies à utiliser, ainsi que les temps de navigation. Un temps moyen pour chaque catégorie de tâche a ensuite été calculé.

(2) Le score (réussite aux questions de l'étude). Pour chaque question, la réponse donnée par le participant est évaluée selon la grille enseignante : réponse juste 2 points, réponse partiellement juste 1 point, réponse fausse ou abandon 0 point. Les réponses sont considérées comme partiellement justes lorsqu'au moins la moitié des éléments de réponses attendus y figurent (par exemple à la question sur les deux symboles nazis, la présence de l'aigle seul ou de la croix gammée seule, ou encore deux bons documents sur trois pour les réponses aux questions ouvertes). Le score moyen par catégorie de tâches (simple, multicritère, ouverte) a ensuite été calculé. Le résultat total de chaque participant est exprimé sur 12 points (4x3).

(3) Le nombre de requêtes. Ce nombre est déterminé par l'ensemble des requêtes (i.e. les chaînes de caractères adressées au moteur de recherche Google) uniques pour chaque question. Les chaînes sont considérées uniques si elles comportent une différence partielle (en éliminant ou rajoutant des mots), ou totale (en modifiant l'ensemble des mots-clés composant la requête initiale) avec les autres. Le nombre moyen de requête pour chaque type de tâches a été calculé.

(4) Le nombre total de mots-clés. Pour chaque tâche de RI, nous avons calculé le nombre de mots-clés utilisés par les participants lors des requêtes. Un même mot n'est comptabilisé qu'une fois, sur l'ensemble des requêtes formulées. Une moyenne a été calculée pour chaque catégorie de tâche.

(5) Le nombre de mots-clés nouveaux. Sont considérés ici les mots porteurs de sens par rapport à la situation de recherche, à l'accomplissement de la tâche, non présents dans l'énoncé et ayant nécessité un traitement de l'information (inférence) de la part des participants. Un même mot n'est comptabilisé qu'une fois, sur l'ensemble des requêtes formulées. Une moyenne a été calculée pour chaque catégorie de tâche.

(6) Le nombre de mots-clés issus de la question. Sont considérés ici les mots porteurs de sens par rapport à la situation de recherche, à l'accomplissement de la tâche, présents dans l'énoncé et pouvant en être extrait sans beaucoup de traitement l'information de la part des participants. Un même mot n'est comptabilisé qu'une fois, sur l'ensemble des requêtes formulées. Une moyenne a été calculée pour chaque catégorie de tâche.

3.RESULTATS

Des ANOVAs mixtes 2X3 ont été réalisées sur les VDs concernant la performance et l'exploration, ainsi que des tests post-hoc de Bonferroni. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

3.1 Performances

Les résultats ont montré un effet principal des connaissances antérieures sur le score ($F(1,37) = 15,89$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0,30$) et sur le temps de complétion ($F(1,37) = 3,34$; $p < 0.05$; $\eta^2p = 0,08$). Les experts réussissent mieux ($M_{\text{exp}} = 3,07$ | $ET = 1,18$ et $M_{\text{nov}} = 2,19$ | $ET = 1,23$) et vont plus vite pour compléter les 6 tâches de RI que les novices ($M_{\text{exp}} = 380,52$ | $ET = 232,95$ et $M_{\text{nov}} = 473,88$ | $ET = 271,26$). La complexité des tâches montre un effet significatif sur les scores ($F(2,74) = 16,32$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0,30$) et le temps de complétion ($F(2,74) = 36,62$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0,50$). Plus précisément, les tâches simples (TS) sont mieux réussies que les tâches multicritères (TMC) ($p < 0.05$), les tâches ouvertes (TO) mieux que les TMC ($p < 0.05$) mais les TO ne diffèrent pas significativement des TS. Concernant les temps de complétion, les TS prennent moins de temps que les TMC ($p < 0.001$), qui prennent moins de temps que les TO ($p < 0.001$). Un effet d'interaction est également apparu entre la complexité et les connaissances antérieures sur les temps de complétion ($F(2,74) = 2,54$, $p < 0.05$, $\eta^2p = 0.06$), montrant que les temps de complétion augmentent avec la complexité pour les experts ($ps < .05$), alors que pour les novices les TS demandent moins de temps que les TMC et TO ($ps < .001$), mais ces deux tâches complexes ne se distinguent pas significativement entre elles.

Variables dépendantes	Expertise	Tâches simples (TS)		Tâches multicritères (TMC)		Tâches ouvertes (TO)	
		M	ET	M	ET	M	ET
1 - PERFORMANCE							
REUSSITE	Experts	3,10	1,21	2,20	1,11	3,90	0,31
	Novices	2,42	1,35	1,63	1,01	2,53	1,17
TEMPS (s)	Experts	190,88	134,67	389,27	251,66	532,76	122,24
	Novices	289,41	166,55	551,12	320,33	592,68	204,73
2- STRATEGIE - EXPLORATION							
NOMBRE DE REQUETES	Experts	1,18	0,29	1,98	1,34	2,18	1,09
	Novices	1,61	0,95	2,55	1,58	1,71	0,95
NOMBRE TOTAL DE MOTS-CLES	Experts	3,53	1,18	6,95	2,44	8,13	3,38
	Novices	6,89	3,20	11,68	3,81	9,34	3,48
MOTS-CLES TACHE	Experts	2,15	0,83	4,95	1,36	3,93	0,77
	Novices	2,84	0,99	5,87	1,46	4,18	1,00
MOTS-CLES NOUV.	Experts	0,40	0,38	0,50	0,86	0,95	1,36
	Novices	0,37	0,55	0,45	0,81	0,13	0,33

Tableau 2: Moyenne et écart-types des variables dépendantes en fonction de l'expertise et de la complexité des tâches

3.2 Exploration (nombre de requêtes et mots-clés)

Les résultats n'ont montré aucun effet significatif des connaissances antérieures sur le nombre de requêtes. En revanche, la complexité impacte significativement le nombre de requêtes ($F(2,74) = 8,73$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0,19$): le nombre de requêtes est significativement plus faible pour les TS que pour les TMC et TO ($ps < 0.001$), sans aucune différence significative entre les TO et TMC n'est apparue. Un effet d'interaction apparaît entre la complexité et l'expertise ($F(2,74) = 3,55$; $p < 0.05$; $\eta^2p = 0,03$):

les experts formulent plus de requêtes face aux TO qu'aux TS ($p < .05$) alors que pour les novices ce sont les TMC qui engendrent plus de requêtes que les TS ($p < .05$).

En ce qui concerne les mots-clés, les résultats ont montré que les novices formulaient des requêtes plus longues que les experts ($F(1,37) = 15,23$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0,29$), avec une plus importante présence de mots-clés issus de la tâche ($F(1,37) = 5,18$; $p < 0.05$; $\eta^2p = 0,0,12$) et une présence de mots-clés nouveaux inférés plus faible ($F(1,37) = 2,98$; $p < 0.05$; $\eta^2p = 0,07$). La complexité impacte également la génération et le type de mots-clés : (i) le nombre total de mots-clés ($F(2,74) = 42,71$; $p < 1.1$; $\eta^2p = 0,53$), avec plus de mots pour les TMC et TO que pour les tâches simples ($p < 0.05$); (ii) et le nombre de mots-clés issus de la tâche ($F(2,74) = 117,45$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0,76$) avec plus de mots de la tâches pour les TMC et TO que pour les TS ($p < 0.05$). Les mots-clés inférés en revanche ne sont pas affectés par la complexité des tâches. Enfin, différentes interactions entre complexité et connaissances antérieures sont apparues :

- (i) sur le nombre total de mots-clés utilisés ($F(2,74) = 6,80$; $p < 0.05$; $\eta^2p = 0,16$) montrant que les novices construisent des requêtes plus longues que les experts pour les TS et TMC ($p < 0.05$).
- (ii) au niveau des mots-clés inférés ($F(2,74) = 3,79$; $p < 0.05$; $\eta^2p = 0,09$) : les experts utilisaient plus de mots inférés pour les TO que les novices ($p < .05$).

4.DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif d'analyser les effets de la complexité de la tâche et des connaissances antérieures sur l'activité de RI par des adolescents en milieu scolaire, en analysant une partie des processus d'exploration et plus particulièrement les activités de « navigation » et de formulation de requête. Les résultats ont montré un effet de l'expertise sur les performances, les experts réussissant mieux (meilleur score) et mettant moins de temps à accomplir les 6 tâches de RI que les novices. Ces résultats sont concordants avec des études précédentes sur des populations adultes (Lazonder, Biemans, & Wopereis, 2000 ; Marchionini, 1995 ; Tabatai & Shore, 2005 ; Monchaux, Amadiou, Chevalier, & Mariné, 2015). Comme attendu, la complexité de la tâche influence les performances, avec des tâches simples (TS) mieux réussies et plus rapidement que les tâches multicritères (TMC) et les tâches ouvertes (TO), bien que les TO ne se soient démarquées des TS qu'en termes de temps passé, contrairement à nos attentes. Ces résultats à leur tour restent concordants avec des études antérieures sur les adultes (Dommes, Chevalier, & Lia, 2011 ; Monchaux *et al.*, 2015). Les interactions sur le temps de complétion indiquent qu'experts et novices répondent à la variation de la complexité par un allongement du temps passé sur les tâches complexes (TMC et TO par rapport aux TS), mais montrent des différences dans l'arbitrage entre les deux tâches complexes puisque seuls les experts passent significativement plus de temps sur les TO. La complexité influence bien le nombre de requêtes : les participants formulent plus de requêtes pour les tâches complexes (TMC et TO) que pour les TS, quel que soit leur niveau de connaissances antérieures. Ces résultats concordent avec ceux de Dommes *et al.* (2011) ou Monchaux *et al.* (2015) obtenus sur une population adulte. L'analyse de l'interaction entre les deux facteurs indique quant à elle des différences entre experts et novices en termes de formulation de requêtes, notamment entre TO et TMC : comparativement aux TS, les experts formulent plus de requêtes pour les TO alors les novices en formulent davantage pour les TMC.

Les résultats concernant les stratégies de génération de mots-clés indiquent que les novices construisent des requêtes plus longues, mais moins précises et moins sophistiquée (plus de mots-clés mais davantage issus de la tâche, peu d'inférences) que les experts. L'augmentation de la complexité entraîne l'accroissement du nombre de mots-clés utilisés, mais cette augmentation est également accompagnée d'une augmentation des mots issus de la tâche. Cette augmentation est plus marquée chez les novices que chez les experts sauf pour les TO. Les stratégies d'inférence restent liées à

l'expertise avec une différence sur les TO. Ces résultats sont partiellement en contradiction avec ceux d'études antérieures portant sur les adultes (Aula, 2003 ; Borlund & Dreier, 2014) dans lesquelles les experts adultes génèrent des requêtes plus longues que les non-experts. mais sont en lien avec ceux de Borlund & Dreier (2014) ou Hembrooke Gray, & Granka (2005) sur une population adulte qui montrent que les experts utilisent davantage de nouveaux mots-clés, bénéficiant, comme nous en avons formulé l'hypothèse, de leur meilleur niveau de connaissances antérieures.

Ce pattern de résultats montre deux stratégies de recherche d'information, et notamment deux comportements d'exploration : nombre de requêtes et génération de mots-clés. Pour faire face aux difficultés d'une RI sous contrainte de complexité croissante, les novices ont tendance à davantage augmenter la taille de leurs requêtes par augmentation/substitution sans chercher à préciser sémantiquement leur requête initiale. Ils usent davantage des mots pris de l'énoncé et incluent moins de nouveaux mots-clés. Le déficit de planification initial des novices semble compensé par une plus grande taille de requêtes que les experts, ce qui peut paraître contre-intuitif. Toutefois, nous pensons que s'est développé chez les adolescents une stratégie d'économie d'efforts déjà rencontrée dans d'autres travaux, les conduisant à copier-coller tout ou partie de la tâche de recherche en guise de requête (Julien & Barker, 2009). Cette stratégie permettrait, dans le cadre d'interactions avec Google, de ne pas s'éloigner des besoins de la tâche et des termes de la consigne (Boubée & Tricot, 2011) et de maximiser l'usage de stratégies d'appariement lexical sans avoir à effectuer de traitement sémantique plus coûteux sur le plan cognitif. Cette navigation plus exploratoire et davantage « bottom-up » irait alors dans le sens de nos hypothèses. A l'inverse, les experts adoptent des stratégies plus analytiques, avec des requêtes plus courtes et plus précises, davantage sophistiquées. Le modèle mental plus élaboré dont ils disposent semble leur permettre de percevoir la difficulté spécifique des TO, les poussant à mettre en œuvre des stratégies de compensations en inférant des mots nouveaux, là où les novices n'affichent aucune modification comportementale. Cette perception des participants plus fine de la complexité des tâches semble consistante avec les conclusions des travaux de Sternberg (1998) où les experts adultes, possédant des schémas de connaissances riches et bien organisés, sont capables de construire de meilleures représentations des problèmes à résoudre.

L'ensemble des résultats discutés ici pourraient suggérer deux options pour la conception de dispositifs de recherche ou d'aide à la recherche dédiés aux adolescents en situation d'apprentissage. : (i) soutenir la planification et la pertinence sémantique des requêtes par une activation préalable des connaissances ; (ii) optimiser les stratégies d'appariement lexical par une réduction du bruit documentaire (pollution des résultats par la présence de documents non pertinents). Dans le premier cas, l'option retenue vise à augmenter le champ sémantique mobilisable par l'utilisateur lors de la recherche. Présentes dans le moteur Google, des aides basées sur cette approche proposent des requêtes ou termes sémantiquement liés afin d'accroître la pertinence globale de la requête de l'utilisateur en vue de lui permettre d'accéder à des documents potentiellement utiles (pour une revue technique des méthodes utilisées voir Silvestri, 2009). Toutefois, ces aides du moteur connaissent des limites qui peuvent affecter les utilisateurs novices adolescents. Outre des difficultés à intégrer/articuler avec leur modèle mental les nouveaux termes proposés ne sachant quoi en faire (Jansen *et al.*, 2009), les adolescents semblent en effet particulièrement sensibles aux distracteurs sémantiques et ces propositions automatiques pourraient finalement alourdir les traitements à exécuter pendant la tâche et dégrader leurs performances (Vibert *et al.*, 2019). Une solution simple et déjà partiellement utilisée dans la formation des élèves serait possible : une séquence de « brainstorming lexical » avant RI, ayant pour objectif de faire émerger de l'utilisateur un ensemble de mots-clés dans le cadre d'une ontologie spécifique et contrôlée (le champ de la recherche). Toutefois, pour pleinement appréhender les difficultés de planification de ces utilisateurs, cette séquence pourrait inclure une construction chronologique des mots-clés (phase 1, telle combinaison initiale de mots, et si cela ne marche pas, phase 2, tels ajout/substitution possible, etc.), permettant

ainsi d'initier et d'orienter selon le contexte de la recherche les formulations/reformulations de requêtes tout en soutenant l'élaboration d'un modèle mental plus élaboré facilitant dans un deuxième temps les processus de compréhension - intégration, d'évaluation et de sélection des informations (non abordées ici). Il serait possible de profiter de cette phase initiale pour augmenter la base lexicale de l'utilisateur. De prochains travaux pourraient explorer de telles stratégies de pré-activation sur la performance et les comportements des élèves du secondaire.

La seconde option qui pourrait être explorée est le pendant de la première, et consiste à « déplacer l'apprentissage » en direction du moteur. Considérant l'espace cognitif de résolution de problème déterminé par les interactions avec le moteur, l'idée est d'améliorer la qualité informationnelle des résultats retournés par le moteur pour optimiser les performances des stratégies des « novices » comme l'appariement lexical et le copié-collé des consignes. En jouant sur les critères de choix propres à Google lorsque le moteur sélectionne les résultats à retourner à l'utilisateur (co-occurrences des termes, fréquence des termes, contenu des documents ouverts précédemment, etc.), l'idée est de construire une pré-sélection automatique (pour un établissement scolaire par exemple) au niveau de Google par création d'un espace d'interactions contrôlé. Pour cela, il faudrait réaliser un usage simulé (ensemble de requête répétées et ciblées ainsi qu'un ensemble de comportements de navigations factices) conduisant le moteur aux choix voulus. Une enquête de terrain visant à déterminer des patterns de navigations et de formulation de requêtes pourrait être envisagée, couplé à un partenariat avec un laboratoire informatique pour ce qui est des éléments informatiques de simulations (agents logiciels).

Pour terminer, cette étude montre certaines limites à considérer dans sa construction et ses résultats. En premier lieu, le recours aux verbalisations ou à des entretiens post-hoc nous auraient certainement permis d'éclairer le sens des résultats de façon complémentaire aux traitements statistiques sur des variables numériques. Et d'ainsi consolider et compléter qualitativement l'analyse concernant les logiques d'action des adolescents considérés ici, permettant en retour d'étayer nos hypothèses sur les perspectives d'évolutions techniques proposées. Les prochains travaux intégreront de tels relevés. Le développement de cette étude imposera en outre d'explorer davantage la nature des mots-clés utilisés (mots porteurs de sens ou non) afin de pouvoir caractériser la pertinence des requêtes et donc l'utilité des stratégies de pré-activation.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Aula, A. (2003). Query Formulation in Web Information Search. *ICWI*, 403-410.
- Bell, D. J., & Ruthven, I. (2004). Searcher's assessments of task complexity for web searching. *European Conference on Information Retrieval*, 57-71. Springer.
- Bigot, L. L., & Rouet, J.-F. (2007). The Impact of Presentation Format, Task Assignment, and Prior Knowledge on Students' Comprehension of Multiple Online Documents. *Journal of Literacy Research*, 39(4), 445-470. <https://doi.org/10.1080/10862960701675317>
- Bilal, D., & Gwizdka, J. (2018). Children's query types and reformulations in Google search. *Information Processing & Management*, 54(6), 1022-1041. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.06.008>
- Borlund, P., & Dreier, S. (2014). An investigation of the search behaviour associated with Ingwersen's three types of information needs. *Information Processing & Management*, 50(4), 493-507. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2014.03.001>
- Boubée, N., & Tricot, A. (2011). *L'activité informationnelle juvénile*. Lavoisier.
- Brand-Gruwel, S., Kammerer, Y., Van Meeuwen, L., & Van Gog, T. (2017). Source evaluation of domain experts and novices during Web search. Consulté à l'adresse <http://dspace.ou.nl/handle/1820/8984>

- Brand-Gruwel, S., Wopereis, I., & Walraven, A. (2009). A descriptive model of information problem solving while using internet. *Computers & Education*, 53(4), 1207-1217. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.06.004>
- Byström, K., & Järvelin, K. (1995). Task complexity affects information seeking and use. *Information Processing & Management*, 31(2), 191-213. [https://doi.org/10.1016/0306-4573\(95\)80035-R](https://doi.org/10.1016/0306-4573(95)80035-R)
- Campbell, D. J. (1988). Task Complexity: A Review and Analysis. *Academy of Management Review*, 13(1), 40-52. <https://doi.org/10.5465/amr.1988.4306775>
- Cordier, A. (2017). *Grandir connectés: les adolescents et la recherche d'information*. C & F Éditions.
- De Cara, B., Therouanne, P., Chanquoy, L., Dumercy, L., Lacoste, C., & Dinet, J. (2009). La recherche d'information sur Internet par les jeunes usagers : acquisition et développement de stratégies. *EPIQUE* 2009, 149-156. Consulté à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01360224>
- Dommes, A., Chevalier, A., & Lia, S. (2011). The role of cognitive flexibility and vocabulary abilities of younger and older users in searching for information on the web. *Applied Cognitive Psychology*, 25(5), 717-726. <https://doi.org/10.1002/acp.1743>
- Druin, A., Foss, E., Hatley, L., Golub, E., Guha, M. L., Fails, J., & Hutchinson, H. (2009). How children search the internet with keyword interfaces. *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '09*, 89. <https://doi.org/10.1145/1551788.1551804>
- Foss, E., & Druin, A. (2014). Children's Internet Search: Using Roles to Understand Children's Search Behavior. *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services*, 6(2), 1-106. <https://doi.org/10.2200/S00591ED1V01Y201408ICR034>
- Hembrooke, H. A., Granka, L. A., Gay, G. K., & Liddy, E. D. (2005). The effects of expertise and feedback on search term selection and subsequent learning. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 56(8), 861-871. <https://doi.org/10.1002/asi.20180>
- Hoc, J.-M. (1972). Représentation mentale et modèles cognitifs de traitement de l'information: quelques réflexions introductives. *Le Travail Humain*, 17-35.
- Julien, H., & Barker, S. (2009). How high-school students find and evaluate scientific information: A basis for information literacy skills development. *Library & Information Science Research*, 31(1), 12-17. <https://doi.org/10.1016/j.lisr.2008.10.008>
- Koltay, T. (2011). The media and the literacies: media literacy, information literacy, digital literacy. *Media, Culture & Society*, 33(2), 211-221. <https://doi.org/10.1177/0163443710393382>
- Lazonder, A. W., Biemans, H. J., & Wopereis, I. G. (2000). Differences between novice and experienced users in searching information on the World Wide Web. *Journal of the American Society for Information Science*, 51(6), 576-581.
- Marchionini, G. (1997). *Information seeking in electronic environments*. Cambridge university press.
- Monchaux, S., Amadiou, F., Chevalier, A., & Mariné, C. (2015). Query strategies during information searching: Effects of prior domain knowledge and complexity of the information problems to be solved. *Information Processing & Management*, 51(5), 557-569. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2015.05.004>
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving* (Vol. 104). Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Purcell, K., Heaps, A., Buchanan, J., & Friedrich, L. (2013). *How teachers are using technology at home and in their classrooms*. Washington, DC: Pew Research Center's Internet & American Life Project.
- Sanchiz, M., Chin, J., Chevalier, A., Fu, W. T., Amadiou, F., & He, J. (2017). Searching for information on the web: Impact of cognitive aging, prior domain knowledge and complexity of the search problems. *Information Processing & Management*, 53(1), 281-294. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2016.09.003>
- Silvestri, F. (2009). Mining Query Logs: Turning Search Usage Data into Knowledge. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, 4(1-2), 1-174. <https://doi.org/10.1561/1500000013>
- Sternberg, R. J. (1998). A balance theory of wisdom. *Review of general psychology*, 2(4), 347-365.

Tabatabai, D., & Luconi, F. (1998). Expert-novice differences in searching the Web. *AMCIS 1998 Proceedings*, 132.

Toutain, O. (2011). La situation-problème pour construire ses connaissances entrepreneuriales. *Entreprendre Innover*, (3), 127-136.

Wildemuth, B. M., Kelly, D., Roettcher, E., Moore, F., & Dimitrova, G. (2018). Examining the impact of domain and cognitive complexity on query formulation and reformulation. *Information Processing &*

Management, 54(3), 433-450. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.01.009>

Icônes ou étiquettes textuelles ? Leurs effets sur le choix des liens lors d'une tâche de navigation sur tablette en fonction de l'âge des internautes

Cheyenne Dosso

Laboratoire CLLE (UMR CNRS 5263), Université Toulouse Jean Jaurès
5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex
chey.dosso@laposte.net

Aline Chevalier

Laboratoire CLLE (UMR CNRS 5263), Université Toulouse Jean Jaurès
5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex
aline.chevalier@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ

L'icône a pour but de véhiculer du sens et de permettre aux utilisateurs d'interagir avec les interfaces mobiles et tactiles, mais leur compréhension n'est pas toujours aisée. Cette étude s'intéresse à la qualité d'une icône en termes de reconnaissance et d'interprétation par les utilisateurs et comment elles peuvent influencer leur activité de navigation. Les adultes âgés étant également utilisateurs de ces interfaces, l'étude aborde l'effet du vieillissement sur le niveau d'interprétation et de reconnaissance d'icônes. Une expérience sur tablette tactile a été menée afin de déterminer l'effet de la distance sémantique séparant l'icône de son concept sur les performances et la qualité de navigation, mais aussi l'effet de la présence ou non d'étiquette textuelle sur l'utilisabilité d'icônes. Les résultats montrent qu'une distance sémantique éloignée impacte négativement la compréhension de l'icône et donc la navigation, et que les étiquettes textuelles sont un support à l'interprétation de celle-ci. Les âgés n'éprouvent pas plus de difficultés que les jeunes à reconnaître et à interpréter les icônes.

MOTS-CLES

Icône, Vieillesse, Distance Sémantique, Étiquettes textuelles, Interfaces mobiles et tactiles ;

1. INTRODUCTION

Les interfaces tactiles et mobiles, telles que les tablettes, connaissent un essor considérable, notamment auprès des adultes âgés. Selon le Baromètre du Numérique 2016, l'achat de tablettes tactiles chez les 60-69 ans était en progression de 31% en 2016 et de 17% chez les plus de 70 ans. Pourtant, la complexité de ces interfaces peut mettre en difficulté les âgés où seulement 40% d'entre eux estiment être compétents avec cet outil (Baromètre du Numérique 2017). L'une des difficultés provient de la réduction de la taille des écrans, pour laquelle il est nécessaire de trouver des solutions afin de maintenir une qualité de navigation. Une solution possible est la création d'icônes, qui sont des informations picturales représentant un objet, un concept, une fonction ou une catégorie. L'icône devient alors porteuse de sens au sein d'un affichage réduit en taille (AlNuwaiser & Buchanan, 2016) et remplace l'écriture d'un mot (ou expression) sous forme d'image (icône). Toutefois, ces icônes sont-elles tout autant compréhensibles que du texte ? Existe-t-il des différences

liées à l'âge ? Il s'agit de questions importantes notamment pour la conception ergonomique d'interfaces mobiles.

L'objectif de l'étude présentée ici vise à déterminer (1) comment une double étiquette i.e. picturale (icône) et verbale (mot correspondant à l'icône), et (2) la distance sémantique, séparant la représentation picturale de l'icône de son étiquette verbale, contribuent à la reconnaissance et à l'interprétation de l'icône et quel est leur impact sur la navigation des utilisateurs, en fonction de leur âge (adultes jeunes vs âgés).

Dans les parties suivantes, les éléments théoriques sont présentés, puis l'étude expérimentale.

2. ÉLÉMENTS THÉORIQUES ET OBJECTIFS

2.1. Double langage : iconographique et verbal

Le langage iconographique est défini comme étant un mode de représentation sous forme de traits de dessins (Tijus, Barcenilla, Cambon de Lavalette, & Meunier, 2007). Toutefois, l'apprentissage de ce langage est informel dans la mesure où il ne s'agit pas de connaissances académiques comme l'est le langage verbal. Plusieurs études se sont intéressées à l'effet de la présence d'étiquettes textuelles sur la compréhension du sens de l'icône par comparaison à une icône seule ou à un mot seul. Des résultats et des explications théoriques divergents ont été obtenus. Certaines études montrent que le couple "Mot-Icône" facilite l'utilisation des icônes et améliore les performances de navigation ainsi que la mémorisation par rapport au mot seul ou à l'icône seule (Wiedenbeck, 1999 ; Van Oostendorp, Karanama, & Indurkha, 2012). A l'inverse, les résultats obtenus par Leunga, McGrenerea et Grafb (2009) n'ont pas montré de différence significative entre couples "Mot-Icône" et icônes seules.

Les icônes peuvent être plus ou moins proches du concept qu'elles véhiculent. On parle alors de distance sémantique ; il s'agit de la distance séparant la représentation picturale d'un objet, fonction, catégorie, du concept verbal et écrit correspondant. Plus les traits picturaux sont proches de leur sens, plus la distance sémantique est proche (Gatsou, Politis, & Zevgolis, 2012). A l'inverse, plus l'icône est éloignée du sens qu'elle véhicule, plus la distance sémantique est éloignée. Selon McDougall (2001), plus la distance sémantique est proche, plus les utilisateurs reconnaissent et interprètent l'icône correctement et agissent de manière adaptée sur celle-ci, ce qui se traduit par une meilleure qualité de navigation. Une étude conduite en neuropsychologie par Cherng, Lin, King et Lee (2016) met en évidence que l'activité cérébrale est plus importante lorsque la distance sémantique est éloignée. Ce qui tend à montrer également que l'icône serait plus difficile d'utilisation car en comprendre le sens s'avère plus complexe lorsque la distance sémantique est éloignée (Leunga *et al.*, 2009).

2.2. Rôle du vieillissement cognitif

Plusieurs mécanismes et processus cognitifs, jouant un rôle central dans la reconnaissance et l'interprétation des icônes, subissent des modifications avec l'avancée en âge. C'est en particulier le cas du processus de représentation mentale qui permet aux individus d'interpréter et de reconnaître une icône, en liant les traits picturaux au concept (Heim, 2007). Plusieurs études ont montré que les adultes âgés éprouvaient davantage de difficultés à créer des représentations mentales d'objets à partir de mots et à identifier les traits picturaux constitutifs de l'icône et à en comprendre leur sens (Isingrini, Fontaine, Metras, Bonneaud, & Rey, 1994 ; Leunga *et al.*, 2009). Aussi, le recodage verbal d'une image demande-t-il plus de temps pour l'adulte âgé que pour les jeunes (Lieury, 1995). En 2008, Rozencwajg et Bertoux testent les capacités de catégorisation des mots concrets et abstraits chez des âgés en adaptant le test de similitudes de Wechsler. Leurs résultats mettent en évidence que les adultes âgés utilisent davantage de catégories thématiques (concrètes) alors que les adultes

jeunes utilisent plus de catégories taxonomiques (abstraites) (Rozencwajg & Berthoux, 2008). Or, certaines icônes ont la particularité de représenter des catégories d'objets, ce qui peut poser des difficultés aux adultes âgés, surtout si les icônes représentent des catégories d'objets abstraits. Enfin, certaines études ont montré que les adultes âgés éprouvaient des difficultés à reconnaître des icônes par rapport aux jeunes notamment lorsque la distance sémantique était éloignée (Gatsou *et al.*, 2012 ; Leunga *et al.*, 2009).

2.3. Objectifs de la présente étude

Deux objectifs ont été poursuivis : 1) Déterminer l'effet du vieillissement cognitif sur le niveau d'interprétation et de reconnaissance des icônes en fonction de la distance sémantique (éloignée vs proche) ; 2) Déterminer quel type d'information (langagière, iconique ou combinaison des deux) facilite le choix des items (la navigation) et si nous constatons un effet du vieillissement cognitif sur cette variable.

Cette étude s'est axée autour de trois variables indépendantes : 1) une variable inter-groupe concernant l'âge des participants à deux modalités "Jeunes" (18-25 ans) vs " Agés" (plus de 60 ans), 2) une variable intra-groupe concernant la distance sémantique selon deux modalités "proche" vs "éloignée", 3) une dernière variable intra-groupe concernant le type d'information contenu dans les interfaces selon trois modalités, "Mot seul", "Icône seule", "Couple Mot-Icône".

3. ETUDE EXPÉRIMENTALE

Afin de déterminer le niveau de familiarité de chaque icône et la distance sémantique unissant leur objet et leur concept, une pré-étude a été conduite et prenait la forme d'un questionnaire en ligne. L'objectif était de sélectionner 30 icônes cibles pour l'étude expérimentale, i.e. 15 icônes avec une distance sémantique proche et 15 icônes avec une distance sémantique éloignée. Nous avons au préalable catégorisé les icônes suivant le caractère concret/abstrait de leur concept et le caractère concret/abstrait de leur image. Trente-quatre participants (différents de ceux de l'étude) devaient répondre à deux questions par icône sur un total de 303 icônes. La première question visait à déterminer la variable de familiarité et consistait en une échelle de Lickert en 4 points allant de "Pas du tout d'accord" à "Tout à fait d'accord", à l'affirmation "Cette icône m'est familière, je la rencontre souvent". Plus le score était élevé, plus l'icône était familière. La seconde question permettait de déterminer la distance sémantique entre l'étiquette verbale et l'icône et consistait en une échelle de Lickert en 6 points allant de "Pas du tout cohérent" à "Tout à fait cohérent", à la proposition "Cette image et son concept associé sont...". Plus le score était élevé, plus la distance sémantique était considérée comme proche et inversement.

3.1. Hypothèses, variables dépendantes et procédure

Trois variables dépendantes ont été mesurées dans notre étude afin de déterminer le niveau d'interprétation et de reconnaissance des icônes ainsi que les effets de l'âge sur ces niveaux. Nous formulons l'hypothèse selon laquelle les temps de réponses incluant les relectures (VD1), les taux de réponses correctes (VD2) et le nombre et le temps de relectures (VD3) indiquaient que les âgés rencontraient plus de difficultés que les jeunes sur l'ensemble des interfaces (mot seul, icône seule et couple mot-icône), en particulier lorsque la distance sémantique était éloignée. Suivant ces mêmes variables dépendantes, nous posons également l'hypothèse que quel que soit l'âge des participants, ceux-ci rencontraient plus de difficultés sur les interfaces icônes seules et mots seuls que sur les interfaces couple mot- icône, notamment lorsque la longueur de la distance sémantique était éloignée.

Afin de tester nos hypothèses, nous avons créé un protocole expérimental sur tablette tactile. Nous avons créé 30 interfaces contenant chacune 20 informations (19 distracteurs et une cible) telles que : 10 interfaces mots-seuls, 10 interfaces icônes-seules, 10 interfaces couples mots-icônes (cf. Figure 1 pour trois exemples des types d'interfaces). Cinq interfaces icônes seules et cinq interfaces couple mots- icônes avaient une distance sémantique proche et cinq interfaces icônes seules et cinq interfaces couple mots- icônes avaient une distance sémantique éloignée. Quatre ordres de présentation différents avec les mêmes 30 interfaces ont été créés.

[Vidéo](#) [Bons de réduction](#) [Calculatrice](#) [Aide](#) [Film d'action](#)

[Allumer](#) [Commande](#) [Service Client](#) [Energie](#) [Test](#)

[Historique](#) [Electroménager](#) [Compte](#) [Coiffure](#) [Télévision](#)

[Electronique](#) [Hôtel](#) [Jeux](#) [Ajouter à...](#) [Lumière](#)

JE NE SAIS PAS **RELIRE L'ENONCE**



JE NE SAIS PAS **RELIRE L'ENONCE**

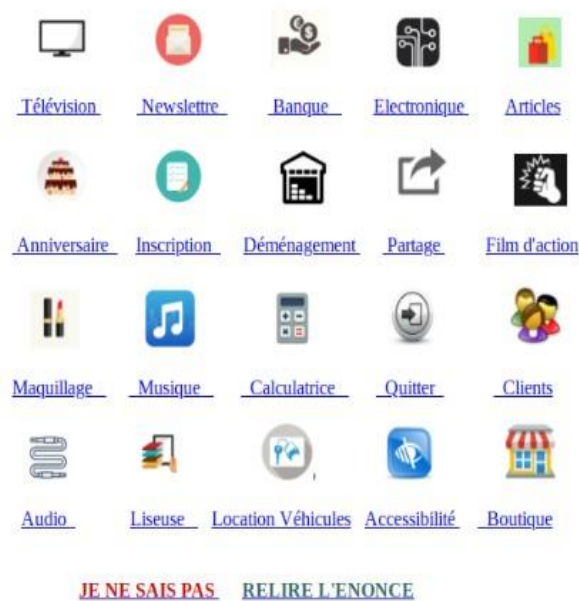


Figure 1 : Exemples d’interfaces contenues dans l’expérience (de haut en bas : Mot seul / Icône seule / Couple Mot-Icône)

A chacune des interfaces correspondait un énoncé rédigé de manière à ce que les participants soient dans l’obligation de faire des inférences pour déterminer sur quel lien ils devaient cliquer (cf. Figure 2 pour une capture d’écran). Les énoncés étaient toujours construits selon la même logique, i.e. (a) indication sur le type de plateforme (site internet, application...), (b) la spécialité de celle-ci (alimentation, service...), (c) le but de la recherche (e.g. “vous souhaitez acheter une paire de chaussure”). Ce choix de construction visait à permettre au participant de comprendre dans quel contexte il/elle se trouvait et à lui indiquer le but de sa recherche. Tous les termes utilisés pour décrire le but de recherche étaient sémantiquement proches du mot cible ou de l’icône représentant le concept cible mais jamais celui-ci n’était directement écrit de manière à créer l’inférence.

30) Vous naviguez sur un site de e-commerce spécialisé dans l’aménagement de la maison. Vous souhaitez équiper votre logement d’un réfrigérateur.

Cliquez sur l’élément vous permettant d’accéder à ce que vous recherchez.

[Cliquez ici pour afficher les éléments](#)

Figure 2 : Exemple d’énoncé tel qu’il s’affichait sur l’écran

Concernant les consignes générales, le participant pouvait relire les énoncés autant de fois qu’il/elle le jugeait nécessaire, avait la possibilité de répondre “je ne sais pas” et pouvait sélectionner l’item de son choix dans la mesure où il/elle considérait sélectionner l’item lui permettant de répondre à l’énoncé.

39 adultes ont effectué l’expérimentation sur tablette. Ils étaient âgés de 18 à 81 ans ($M=43,3$; $ET= 23,3$). Les âgés avaient entre 60 et 81 ans ($M=67,2$; $ET=5,33$) et les jeunes avaient entre 18 et 24 ans ($M=21,9$; $ET=1,42$). L’échantillon était composé de 20 femmes et 19 hommes (12 femmes chez les âgés et 8 femmes chez les jeunes) et tous étaient de langue maternelle française. Aucun participant de plus de 60 ans n’avait un score inférieur à 29 au Mini Mental State Examination

(Folstein, Folstein, & McHugh, 1975) et ils avaient un niveau d'étude globalement supérieur aux jeunes puisque 42,1% d'entre eux étaient titulaires d'un BAC+4 contre seulement 5% des jeunes.

3.2. Principaux résultats, discussion et implications

Pour les traitements statistiques, nous avons utilisé deux modèles d'ANOVAs à mesures répétées. Le premier modèle s'établissait sur deux variables indépendantes : 1) Âge (Jeunes (18-25 ans)) / (Âgés (plus de 60 ans)) et 2) Type d'interface (Mot Seul / Image Seule / Couple Mot-Image). Le second modèle concernait trois variables indépendantes : 1) Âge (Jeunes (18-25 ans)) / (Agés (plus de 60 ans)), 2) Type d'interface (Mot Seul / Icône Seule / Couple Mot-Icône) et 3) Distance sémantique (Proche/Elevée).

Contrairement à nos hypothèses, les résultats obtenus n'ont pas ou peu montré d'effet de l'âge sur l'ensemble des variables étudiées. En revanche, le type d'interface (icônes seules, couples, mots seuls) a impacté les performances des participants jeunes et âgés au niveau des temps de réponses ($F(2,74)=8,26$; $p<.001$; $\eta_p^2=.18$) avec des temps plus longs sur les interfaces icônes seules par rapport aux interfaces mots-seuls mais aussi par rapport aux interfaces couples ($ps<.05$). Le type d'interface impactait aussi le taux de réponses correctes ($F(2,74)=131,4$; $p<.001$; $\eta_p^2=.78$) avec un score de réponse correcte significativement moins important sur les interfaces icônes seules par rapport aux interfaces mots-seuls et par rapport aux interfaces couples ($ps<.001$).

Ainsi, les résultats montrent que tous les participants ont été davantage en difficulté sur les interfaces icônes seules avec $M=17,5$; $ET=6,07$ par rapport aux interfaces mots seuls avec $M=14,4$; $ET=5,85$ et couples mots-icônes avec $M=15$; $ET=6,92$ pour les temps moyens de réponses et $M=3,97$; $ET=1,50$ (icônes seules), $M=8,26$; $ET=1,79$ (mots seuls), $M=8,03$; $ET=1,40$ (couples) pour les scores moyens de réponses correctes.

L'ensemble des participants rencontraient plus de difficultés lorsque la distance sémantique était éloignée. Celles-ci se traduisaient par des temps de réponse significativement plus longs ($F(1,37)=46,13$; $p<.001$; $\eta_p^2=.555$) pour la distance sémantique éloignée ($M=19,3$; $ET= 8,76$) par rapport à la distance sémantique proche ($M=13,3$; $ET= 6,47$) et moins de réponses correctes ($F(1,37)=387,72$; $p<.001$; $\eta_p^2=.913$) avec $M=1,89$; $ET= 1,81$ pour la distance sémantique éloignée et $M=4,11$; $ET= 1,09$ pour la distance sémantique proche. Ainsi, les interfaces qui présentaient la plus grande difficulté pour tous les participants étaient les icônes seules ayant une distance sémantique éloignée. Les temps de réponses étaient clairement plus importants ($M=21,9$; $ET= 8,68$) sur les interfaces icônes seules distance sémantique éloignée que sur les couples distance sémantique éloignée ($M=16,5$; $ET=8,06$), que sur les icônes seules distance sémantique proche ($M=13,1$; $ET=5,84$) et les couples distance sémantique proche ($M=13,4$; $ET=7,13$). Les taux de réponses correctes étaient aussi beaucoup plus bas sur ces interfaces icônes seules distance sémantique éloignée avec $M=0,282$; $ET=0,647$ par rapport aux couples distance sémantique éloignée ($M=3,51$; $ET=0,942$) par rapport aux icônes avec une distance sémantique proche ($M=3,69$; $ET=1,20$). Au contraire, les interfaces couples mots-icônes avec une distance sémantique proche se sont avérées être celles qui étaient les plus faciles d'utilisation, avec pour l'ensemble des participants des taux de bonnes réponses importants ($M=4,51$; $ET=0,790$).

Plusieurs hypothèses explicatives concernant la non-significativité de nos résultats pour l'effet de l'âge ont été avancées. Premièrement, le niveau d'étude a pu impacter dans la mesure où les participants âgés étaient 41,1% à avoir un niveau d'étude égal ou supérieur à BAC+4 contre seulement 5% des jeunes. Or, certaines fonctions cognitives décrites précédemment connaissent un déclin moins important à mesure que le niveau d'étude s'élève (Lyketsos, Chen, & Anthony, 1999). Deuxièmement, les facteurs contextuels où les âgés n'entretenaient pas le même rapport que les jeunes vis-à-vis de l'expérience. En effet, celle-ci se déroulait au domicile des participants et le fait qu'ils soient dans leur environnement personnel pouvait réduire l'aspect subjectif "évaluatif" de la tâche. A l'inverse, les jeunes avaient plus tendance à considérer l'expérience comme une évaluation de leurs capacités à utiliser une tablette. Enfin, la présence de stratégies d'autocontrôle était plus

fréquente chez les jeunes qui relisaient les énoncés en y passant davantage de temps que les âgés pour s'assurer de leur bonne compréhension et augmenter leur chance de fournir une réponse juste.

Nos résultats montrent que ce serait davantage le type d'interface et la distance sémantique qui impacteraient la compréhension des icônes et la facilité d'utilisation des interfaces que l'âge des participants.

Sur la base de ces résultats, la présente étude indique que la conception d'icônes n'est pas une tâche aisée et qu'il s'agit avant tout que les concepteurs soient en mesure de s'assurer de la proximité sémantique avec le concept qu'elle représente. Pour cela, il est nécessaire d'aider les concepteurs à déterminer dans quelle mesure certains traits picturaux peuvent être communs d'un individu à l'autre pour un même objet, traduisant ainsi les représentations mentales de la majorité des personnes qui sont amenées à les utiliser. A l'heure actuelle, la solution possible est le test de reconnaissance des icônes utilisé dans les normes ISO 9186 et l'ANSIZ 535. Le problème est que l'on présente des icônes déjà conçues et l'on observe dans quelle mesure celles-ci sont reconnues. Aucune indication n'est donnée concernant la taille de l'échantillon minimum à avoir, ni les caractéristiques des personnes composant cet échantillon (âge ? profil utilisateur spécifique ?). De plus, ces icônes sont construites à partir des représentations mentales de mots des concepteurs qui ne sont peut-être pas communes à ce que pourrait se représenter la majorité d'une population. En vue de ces limites du test de reconnaissance d'icônes, le moyen serait peut-être de mettre en place des tests qui consisteraient à identifier s'il existe des traits de dessins communs d'un individu à un autre pour un concept, visant à identifier les représentations mentales de la majorité des personnes et de définir quels traits de dessins sont sémantiquement proches en mémoire de ce concept. Il s'agirait de présenter à des personnes une série de concept que l'on souhaiterait représenter sous forme d'icône et de leur demander de les représenter à travers un dessin. La difficulté de cette proposition est cependant sa mise en place qui est coûteuse en temps et le travail de catégorisation des traits de dessins qui s'en suivrait. Cependant, de futures études pourraient tout de même s'intéresser à l'effet de cette méthode sur le niveau de reconnaissance et d'interprétation des icônes.

4. BIBLIOGRAPHIE

- ARCEP. (2017). *Baromètre du numérique 2017*, France, Récupéré à partir de <https://laboratoire.agencedunumerique.gouv.fr/wp-content/uploads/sites/2/2017/11/Baromc3a8tre20du20Numc3a9rique20-Prc3a9sentation20conf20de20presse2027nov2017.pdf>
- AlNuwaiser, W., & Buchanan, G. (2016). Semiotic perception of Signs in Web Interfaces On Mobile Devices. *Proceeding : HCI' 16 Proceedings of the 30th International BCS Human Computer Interaction, Conference : Fusion!, 10*.
- Chern, F.-Y., Lin, W.-C., King, J.-T., & Lee, Y.-C. (2016). An EEG-based Approach for Evaluating Graphic Icons from the Perspective Of Semantic Distance. *Proceeding CHI'16 Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 12*, 4378-4389.
- CREDOC. (2016). *Baromètre du numérique 2016*, France, Récupéré à partir de <https://www.credoc.fr/publications/barometre-du-numerique-edition-2016>.
- Ehrlé, N., Goudour, A., Legrand, A., & Bakchine, S. (2008). Vieillesse Normal : vers une dégradation des représentations structurales, auditives et visuelles, des objets ? *Psychologie NeuroPsychiatrie Vieillesse, 6 (2)*, 145-156.
- Folstein, M.-F., Folstein, S.-E., & McHugh, P.-R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res, 12(3)*, 189-198.
- Gatsou, C., Politis, A., & Zevgolis, D. (2012). The importance of mobile interface icons on user interaction. *International Journal Of Computer Science and Applications, 3 (9)*, 92-107.

- Heim, S. (2007). Icons. *The resonant interface: HCI foundations for interaction design*, 1, 407-451.
- Huang, S.-C., Bias, R., & Schnyer D. (2015). How are icons processed by the brain ? Neuroimaging Measures of Four Types of visual Stimuli Used in Information Systems. *Journal of the association for information science and technology*, 66 (4), 702-720.
- Isingrini, M., Fontaine, R., Metras, F., Bonneaud, C., & Rey, S. (1994). Vieillesse et codage imagé en mémoire : effet de la nature du stimulus et d'une consigne d'imagerie. *L'année psychologique*, 94 (3), 369-384.
- Lehto, M.R. (1992). Designing warning signs and warning labels : scientific basis for initial
- Leunga, R., McGrenerea, J., & Grafb, P. (2009). Age-related differences in the initial usability of mobile device icons. *Behaviour and Information Technology*, 30 (5), 629-642.
- Lieury, A. (1995). Mémoire des images et double codage. *L'année psychologique*, 95 (4), 661-673.
- Lyketsos, C. G., Chen, L.-S., & Anthony, J. C. (1999). Cognitive decline in adulthood: an 11.5-year follow-up of the Baltimore Epidemiologic Catchment Area study. *American Journal of Psychiatry*, 156(1), 58-65.
- McDougall, S.J. (2001). The Effects of Visual Information on Users' Mental Models: An Evaluation of Pathfinder Analysis as a Measure of Icon Usability. *International journal of cognitive ergonomics*, 5, 59-84.
- Rozencajg, P., & Bertoux, M.L. (2008). Categorization and Aging. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain & Cognition*, 24 (2), 82-97.
- Tijus, C., Barcenilla, J., Cambon de Lavalette, B., & Meunier, J.G. (2007). The design, understanding and usage of pictograms. *Written documents in the workplace, chapter 2, vol. 21*, 17-31.
- Van Oostendorp, H., Karanama, S., & Indurkha, B. (2012). Evaluating CoLiDeS+Pic: the role of relevance of pictures in user navigation behaviour. *Behaviour & Information Technology*, 31 (1), 31-40.
- Wiedenbeck, S. (1999). The use of icons and labels in an end user application program : an empirical study of learning and retention. *Behaviour & Information Technology*, 18 (2), 68-82.

Les émotions positives et l'orientation de l'attention : effet des affects et des stimuli émotionnels sur la recherche d'information sur internet

Simon Brazey

Laboratoire CHArt-EA 4004, Université Paris Nanterre, UFR SPSE/Département de Psychologie - Bat.C (Bureau C103c), 200 avenue de la république, 92001 Nanterre Cedex

s.brazey@parisnanterre.fr

Laure Léger

Laboratoire CHArt-EA 4004, Université Paris Nanterre, UFR SPSE/Département de Psychologie - Bat. C (Bureau C103c), 200 avenue de la république, 92001 Nanterre Cedex

laure.leger-chorki@parisnanterre.fr

RÉSUMÉ

Un internaute ne peut pas porter attention à l'ensemble des éléments présents sur son écran. La manière dont il explore une page web dépend de différents facteurs. Depuis une vingtaine d'années, différentes études ont montré que les émotions positives – à la fois les affects internes et les caractéristiques émotionnelles des stimuli – avaient une influence sur les processus attentionnels. Selon la théorie Broaden-and-build de Fredrickson (1998, 2001), celles-ci permettraient un élargissement du champ attentionnel. Cette étude se propose d'aborder l'effet de ces affects sur le comportement des utilisateurs de sites web. Comment les émotions positives, des individus et contenues dans les pages web, influencent-elles l'attention lorsque l'on cherche de l'information sur internet ? Les résultats obtenus montrent que les émotions positives ont bien un effet sur nos comportements attentionnels. Les participants dans un affect positif regardent un plus grand nombre d'éléments, non pertinents pour la tâche en cours, que les participants dans un affect neutre.

MOTS-CLES

Emotions positives ; Attention ; Théorie broaden-and-build ; Site web ; Oculométrie

1 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Les émotions ont une influence sur la cognition. Qu'il s'agisse de nos affects ou du caractère émotionnel des objets présents dans notre environnement, les émotions positives vont jouer un rôle dans la manière dont les individus orientent leur attention. L'objectif de cette étude est de tester cette influence des émotions positives sur les processus attentionnels dans un contexte bien particulier, celui de la recherche d'informations sur le web.

Une page web présente un grand nombre d'informations qu'il est impossible de traiter simultanément. Ainsi, lors d'une recherche sur internet un individu ne prête pas attention à l'ensemble des éléments présents à l'écran. Le modèle CoLiDeS (*Comprehension-based Linked model of Deliberate*

Search ; Kitajima, Blackmon & Polson, 2000, 2007) rend compte de ce phénomène : les utilisateurs organisent les différents éléments d'une page dans des représentations mentales. Ainsi, l'orientation volontaire de l'attention ne s'effectue que sur des informations supposées pertinentes. Par exemple, une zone identifiée comme contenant de la publicité sera très peu regardée par les internautes (Hsieh & Chen, 2011). La manière d'explorer une page dépend donc grandement de sa structure. Malgré cela certaines zones (en haut à droite) restent d'avantage fixées quelle que soient les pages visitées alors que d'autres zones sont invariablement peu regardées (en bas à droite) (*F-pattern*, Pernice, Whitenon & Nielsen, 2014).

Au-delà du contenu des pages, la nature des objets présents dans un environnement peut également avoir une influence sur l'attention des individus. Parmi les différentes caractéristiques portées par un objet qui peuvent attirer l'attention on retrouve son caractère émotionnel. On sait que les stimuli à caractère émotionnel présents dans l'environnement sont plus saillants que les stimuli neutres (Pool, Brosch, Delplanque & Sander, 2016). On parle de biais attentionnel pour les stimuli émotionnels. Cet effet est très connu pour les stimuli négatifs – on repère plus rapidement une araignée qu'un champignon – et a récemment été étudié pour les émotions positives par Pool et al. (2016) dans une méta-analyse. Ces auteurs ont observé que ce biais attentionnel existait également pour les stimuli positifs. Néanmoins cela dépendrait plus de leur pertinence et de leur arousal – c'est-à-dire la réponse physiologique suscitée par un stimulus – plutôt que de leur valence – c'est-à-dire la valeur positive ou négative attribuée à un stimulus (Pool et al., 2016).

Les affects positifs des individus auraient également une influence sur leurs processus attentionnels. Selon la théorie *Broaden-and-Build* (Fredrickson, 1998, 2001), ils seraient à l'origine d'un élargissement du champ attentionnel. Cet effet a été observé dans plusieurs études (Fredrickson & Branigan, 2005 ; Rowe, Hirsh & Anderson, 2007) mais d'autres recherches ont échoué à le reproduire (Bendall & Thompson, 2015 ; Bruyneel, van Steenberg, Hommel, Band, De Raedt & Koster, 2013). Comme premier indice expérimental de ce phénomène, Fredrickson et Branigan (2005) ont montré que les affects positifs favorisaient un traitement holistique de l'information dans une tâche de traitement global-local. Face à une figure composée de 3 carrés disposés en triangle, les participants dans une humeur positive déclarent plus que cet objet est plus similaire à un « triangle » – plutôt qu'à un « carré » – comparativement aux participants dont l'humeur est négative ou neutre. Dans une autre étude, Rowe, Hirsh et Anderson (2007) ont observé que les affects positifs – comparativement à négatifs ou neutres – augmentaient l'effet de distracteurs, même éloignés, dans une tâche de Flanker task. La reconnaissance d'un « T » entouré de « F » (même éloignés) était plus longue après une induction positive que dans les autres conditions expérimentales d'induction. Néanmoins, cet effet des n'a pas pu être répliqué, sur la même tâche de Flanker task, par Bruyneel et al. (2013). Bendall et Thompson (2015) n'ont, quant à eux, observé aucun effet de l'élargissement attentionnel visuel sur une tâche de détection de changement dans des images. Quelle que soit l'induction, des changements – comme l'apparition d'un objet dans l'environnement – au centre de l'image étaient plus rapidement détectés que les changements en périphérie. Pour ces auteurs, les émotions positives favoriseraient un traitement perceptif holistique de l'information visuelle et pas nécessairement un élargissement de l'attention.

Pour d'autres chercheurs, enfin, ce phénomène d'élargissement serait plus complexe et mettrait en jeu d'autres variables que simplement les affects (Grol & De Raedt, 2014 ; Kaspar, Gameiro & König,

2015 ; Wadlinger & Isaacowitz, 2006). Ainsi, pour qu'un élargissement du champ attentionnel soit observé, deux éléments seraient nécessaires : des affects positifs et la présence de stimuli positifs dans l'environnement. La performance en détection de cible en périphérie d'un écran est, par exemple, améliorée seulement pour des sujets dans un état émotionnel positif et lorsqu'un élément central positif est présenté pendant la tâche (Grol & De Raedt, 2014). De la

même manière, lorsque plusieurs images sont présentées sur un écran, celles placées en périphérie sont regardées plus longtemps lorsque les participants ont eu une induction positive et que les images à l'écran sont, elles-mêmes, fortement positives, c'est-à-dire avec valence haute (Wadlinger & Isaacowitz, 2006).

Kaspar, Gameiro et König (2015) se sont déjà intéressés à l'influence des émotions – qu'il s'agisse des états émotionnels ou des caractéristiques émotionnelles des stimuli – dans l'exploration de pages web. Néanmoins, leur étude comparait les émotions positives et négatives et aucune condition neutre n'était présentée. Ainsi, dans un environnement présentant des stimuli négatifs, les affects positifs favoriseraient un biais attentionnel pour les stimuli négatifs (Kaspar, Gameiro & König, 2015). Des participants, après une induction positive, orientaient préférentiellement leur attention vers des stimuli négatifs plutôt que positifs, ce qui n'était pas le cas chez des participants ayant subi une induction négative. Mais qu'en est-il de l'effet des émotions positives dans un contexte ne présentant pas d'éléments négatifs ? La présente étude se propose de tester le versant attentionnel de la théorie *Broaden and Build* (Fredrickson, 1998, 2001) dans un contexte de recherche d'information sur internet, en étudiant l'impact des émotions positives (versus neutres) sur le taux de fixation des objets d'une page web qui variaient de par leur valence et leur arousal mais qui sont non pertinentes pour répondre à la tâche. L'élargissement attentionnel a été évalué en manipulant la position de l'image dans la page, avec l'idée que les émotions positives devraient entraîner un plus grand taux de fixation des images situées dans des parties de la page très peu explorée traditionnellement (en bas à droite).

1.1 Hypothèses

La position d'une image dans la page devrait avoir un impact sur sa fixation. Les images en haut à gauche des pages devraient être plus fixées que les images en bas à droite (Pernice, Whinton & Nielsen, 2014). En accord avec la théorie *Broaden-and-Build* (Fredrickson, 1998, 2001), les affects positifs des individus devraient être à l'origine d'un élargissement du champ attentionnel. Les participants dans un affect positif fixeraient davantage des images présentes sur les pages web que les participants dans un affect neutre, et ce, quelle que soit la position de l'image sur la page. L'effet de la position de l'image devrait donc disparaître chez les participants dans un affect positif et ne s'observer que chez les participants dans un affect neutre. En se basant sur la méta-analyse de Pool et al. (2016), les images ayant un caractère émotionnel (valence positive et/ou arousal fort) seraient également plus regardées que celles n'ayant pas de caractère émotionnel particulier (valence neutre et/ou arousal faible). Enfin, au regard des résultats de Grol & De Raedt (2014) et Wadlinger & Isaacowitz (2006) l'élargissement du champ attentionnel devrait dépendre à la fois des affects des participants et de la valence des objets présentés sur les pages web. Sur les pages web présentant des images positives les participants dans un affect positif fixeraient davantage les images que les participants dans un affect neutre. Cet effet des affects ne s'observerait pas sur les pages présentant des images neutres.

2 METHODE

2.1 Participants

24 participants, dont 17 femmes, ont été recrutés pour cette étude ($M=20,29$ ans ; $ET=2,30$ ans). Tous avaient une acuité visuelle normale, étaient de langue maternelle française et ont déclaré passer au minimum une heure par jour sur internet. L'ensemble des participants dont les données ont été traitées ici avaient également une anxiété moyenne à très faible (*note* $T \leq 56$) sur l'échelle d'IASTA (Gauthier & Bouchard, 1993) au début de l'expérimentation. Aucune différence significative, d'anxiété, n'a été observée ($t(22)=0,28$; $p=.78$, *ns*) entre les deux groupes expérimentaux (induction positive et induction neutre).

2.2 Matériel



Figure 1 : Exemples de pages web présentées au cours de la tâche de recherche d'information

32 écrans similaires à des pages web ont été créés (cf. Figure 1). Chaque page contenait, de haut en bas : un logo, une barre de menu, et un contenu composé d'une matrice 2 x 2 contenant 3 blocs de 4 liens et un bloc avec une image. Chaque lien était composé de 2 mots en police bleue et souligné. A chaque page était associée une question de recherche d'information (préalablement testée). Pour répondre correctement les participants devaient cliquer sur le lien cible – celui permettant de répondre à la question – présent parmi les 12 liens de la page. Les 32 images utilisées étaient tirées de l'IAPS (*International Affective Picture System*, Lang, Bradley & Cuthbert, 2008) et variaient en termes de valence, positive ($M=7,21$; $ET=0,42$) ou neutre ($M=5,26$; $ET=0,36$), et d'arousal, fort ($M=6,37$; $ET=0,81$) ou faible ($M=3,54$; $ET=0,36$). Ces images étaient présentées soit en haut à gauche, soit en bas à droite des pages.

Deux techniques ont été utilisées conjointement pour induire des émotions chez les participants. Une succession d'images issues de l'IAPS (Lang et al., 2008), soit 20 images positives ($M_{valence}=7,64$; $ET_{valence}=0,15$; $M_{arousal}=5,13$; $ET_{arousal}=0,88$), soit 20 images neutres ($M_{valence}=4,61$; $ET_{valence}=0,11$; $M_{arousal}=3,13$; $ET_{arousal}=0,57$), étaient présentées avant la recherche d'information. Des musiques étaient également diffusées tout au long l'expérience : soit positives (*Chanson du toréador*, en version instrumentale, de Bizet et *Radetzky march* de Strauss ; Mitterschiffthaler, Dalton, Andrew & Williams, 2007), soit neutres (*valse n°11* et *n°12* de Chopin ; Grol et De Raedt, 2014).

L'IASTA (Gauthier & Bouchard, 1993), une adaptation canadienne-française du *State-Trait Anxiety Inventory* (STAI) de Spielberger, a été utilisée pour relever l'état d'anxiété des participants en début de passation ($\alpha=.84$). Il s'agit d'une échelle d'autoévaluation en 20 items (10 relatifs à l'anxiété et 10 relatifs à l'absence d'anxiété). Afin de mesurer l'évolution des émotions des participants au cours de l'étude le SAM a été utilisée (*Self-Assessment Manikin*, Bradley & Lang, 1994). Il s'agit d'une échelle, non verbale en deux items, permet d'évaluer les dimensions de valence, d'arousal relatives à l'émotion induite par un stimulus (Bradley & Lang, 1994). Dans cette étude le SAM a été utilisé pour évaluer l'état émotionnel des individus. Un questionnaire était également utilisé afin de vérifier l'homogénéité des participants en termes d'expertise internet. Celui-ci contenait sept questions à choix multiple sur le matériel informatique possédé, le temps passé sur internet et les habitudes des participants sur le web. Les mouvements oculaires ont été enregistrés à l'aide d'un oculomètre TOBII 1750.

2.3 Procédure

Chaque passation était individuelle. Les participants complétaient l'IASTA et étaient informés qu'ils allaient participer à 2 études indépendantes, une sur « l'exploration d'images » et une sur « l'exploration de pages web », avant de se placer devant l'écran, la tête sur une mentonnière. Ils effectuaient une calibration du dispositif oculométrique en 9 points puis réalisaient un entraînement. Ensuite, en même temps que démarrait la musique (diffusée jusqu'à la fin de la

passation), commençait la phase d'induction : les 20 images étaient présentées successivement (5000ms par image et 500ms entre chaque image). Après l'induction, les participants effectuaient la tâche de recherche d'information : les 16 pages de recherche étaient présentées (à chaque fois un écran question suivi d'une page web). Aucune contrainte de temps n'était imposée pour répondre. A la fin de la recherche les participants complétaient le questionnaire d'expertise internet. Ils effectuaient ensuite une tâche de reconnaissance sur 32 images (dont 16 qui avaient été présentées sur les pages web), au cours de laquelle ils devaient indiquer, par appui touche, si, oui ou non, ils avaient vu l'image présentée à l'écran. Une fois la passation terminée les participants étaient remerciés avec une friandise. Les participants complétaient également sept SAM à différents moments de l'expérimentation, dont un avant (SAM 3) et un juste après (SAM 4) l'induction.

2.4 Plan expérimental

Cette expérimentation mettait en jeu quatre variables indépendantes : le groupe d'induction (positive ou neutre) en tant que variable inter-groupe, et trois variables intra-groupe, la position (en haut à gauche ou en bas à droite), la valence (positive ou neutre) et l'arousal (fort ou faible) de l'image.

Cinq variables dépendantes ont été relevées : l'état émotionnel des participants à différents moments de la tâche (SAM), les performances à la tâche de recherche (taux de réussite et temps de réponse), le taux de fixation des images – c'est-à-dire le nombre de pages sur lesquelles les images étaient fixées, sur le nombre de pages totales vues – et le taux de reconnaissance de ces dernières.

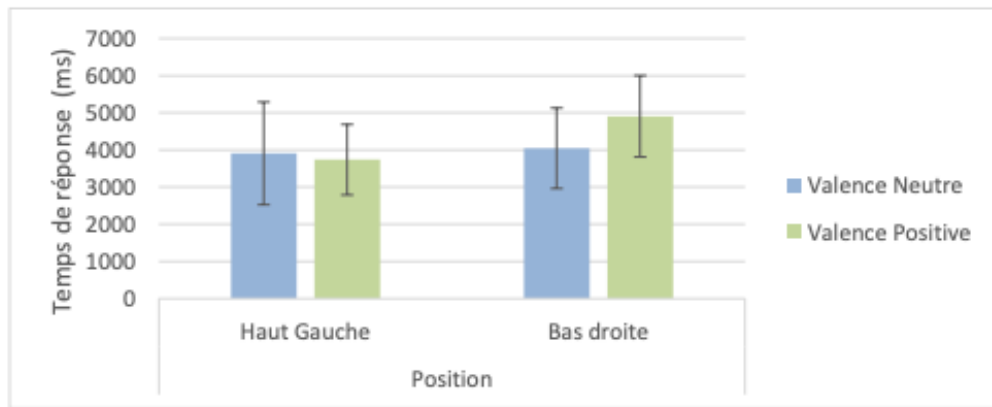
3 RESULTATS

Le taux de réussite moyen à la tâche de recherche d'information était très élevé ($M=97\%$; $ET=5\%$) et le taux de reconnaissance était très faible ($M=-0,01$; $ET=0,40$), quel que soit le groupe d'induction. Ces derniers n'ont donc pas été analysés. Afin d'analyser les données de temps de réponse, celles-ci ont été transformées en logarithme. Enfin, les différents tests de normalité effectués sur le taux de fixation des images n'ont pas permis de conclure à la normalité de ce dernier. Ainsi, l'ensemble des analyses effectuées a été réalisé avec des tests non-paramétriques.

3.1 Mesure de l'émotion

Que ce soit pour la valence ou pour l'arousal, aucune évolution significative n'a été observée sur les différents SAM complétés par les participants ($ANOVA$ Chi Sqr . $valence=2,66$; $p_{valence}=.85$, ns ; $ANOVA$ Chi Sqr . $arousal=6,52$; $p_{arousal}=.36$, ns), que ce soit pour le groupe d'induction positive ($ANOVA$ Chi Sqr . $valence=8,06$; $p_{valence}=.23$, ns ; $ANOVA$ Chi Sqr . $arousal=10,82$; $p_{arousal}=.09$, ns) ou pour le groupe d'induction neutre ($ANOVA$ Chi Sqr . $valence=6,32$; $p_{valence}=.39$, ns ; $ANOVA$ Chi Sqr . $arousal=3,75$; $p_{arousal}=.71$, ns). Aucune différence significative, de valence ou d'arousal, n'a été observée entre les deux groupes d'induction, sur l'ensemble des SAM (ensemble des $U \geq 44,5$; ensemble des $p \geq .11$).

3.2 Temps de réponse



Graphique 1 : Effet de la position de l'image sur le temps de réponse, en fonction de la position de l'image

Pour les temps de réponses, une ANOVA a été effectuée avec l'ensemble des variables indépendantes – le groupe d'induction et la valence, l'arousal et la position des images. Aucun effet significatif de l'induction ($F(1,22)=1,98$; $p=.17$, *ns*) ou de l'arousal ($F(1,22)=2,89$; $p=.10$, *ns*) n'a été observé. En revanche, les temps de réponse étaient plus importants sur les pages présentant des images positives que sur celles présentant des images neutres ($F(1,22)=4,57$; $p<.05$) ou sur les pages présentant des images en bas à droite plutôt que sur celles présentant des images en haut à gauche ($F(1,22)=17,32$; $p<.01$).

L'interaction valence x position des images était significative (*cf.* graphique 1, $F(1,22)=5,10$; $p<.05$). Une analyse par condition a permis de montrer que le temps de réponse était plus important en présence d'images positives qu'en présence d'images neutres lorsque celles-ci étaient en bas à droite ($F(1,22)=11,12$; $p<.01$), ce qui n'était pas le cas lorsque les images étaient situées en haut à gauche ($F(1,22)=0,24$; $p=.63$, *ns*). De la même manière, les temps de le temps de réponse était plus important en présence d'images en bas à droite qu'en présence d'images en en haut à gauche lorsque celle-ci étaient positives ($F(1,22)=41,13$; $p<.01$) mais pas lorsqu'elles étaient neutres ($F(1,22)=0,71$; $p=.41$, *ns*). Une image positive en bas à droite a donc significativement ralenti la recherche du lien cible, et ceci même si elle n'était pas pertinente pour la tâche.

3.3 Taux de fixation des images

3.3.1 Valence et arousal

Contrairement aux hypothèses, aucun effet significatif de la valence (*Test de Wilcoxon* : $Z=1,79$; $p=.07$, *ns*) ou de l'arousal (*Test de Wilcoxon* : $Z=0,03$; $p=.97$, *ns*) des images n'a été observé sur le taux de fixation de l'image.

3.3.2 Position de l'image

Conformément aux hypothèses, les images en haut à gauche étaient significativement plus regardées que les images en bas à droite (cf. graphique 2 ; *Test de Wilcoxon* : $Z=4,11$; $p<.01$).

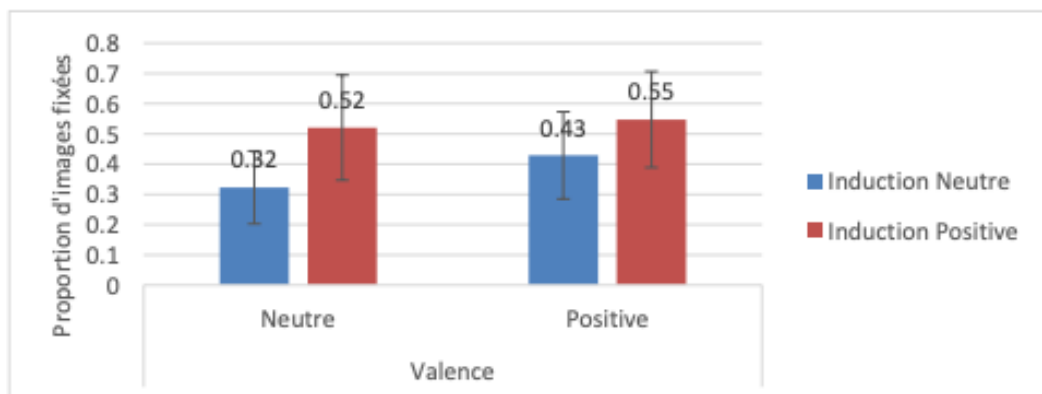
3.3.3 Induction

La proportion d'images fixées était plus importante pour les participants en condition d'induction positive que pour les participants en condition d'induction neutre (cf. graphique 2 ; $U=26,0$; $p<.01$).

3.3.4 Induction*Position

Contrairement aux hypothèses, les images en haut à gauche ont été significativement plus fixées que les images en bas à droite, que l'induction des participants soit positive (*Test de Wilcoxon* : $Z=2,98$; $p<.01$) ou neutre (*Test de Wilcoxon* : $Z=2,82$; $p<.01$) (cf graphique 2). Sur les pages présentant des images en bas à droite, aucun effet significatif de l'induction n'a été observé sur le taux de fixation des images ($U=68,0$; $p=.84$, *ns*) alors que pour les images en haut à gauche, le taux de fixation était plus important pour les participants en condition d'induction positive que pour les participants en condition d'induction neutre ($U=26,5$; $p<.01$) (cf. Graphique 2).

3.3.5 Induction*Valence



Graphique 3 : Effet de l'induction d'émotion sur le taux de fixation des images, en fonction de la valence de l'image

De même, sur les pages présentant des images à valence positive, aucun effet significatif de l'induction n'a été observé sur le taux de fixation des images ($U=43$; $p=.11$, *ns*). En revanche, sur les pages présentant des images à valence neutre, les participants en condition d'induction positive regardaient davantage les images que les participants en condition d'induction neutre ($U=23,0$; $p<.01$) (cf. Graphique 3).

4 DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de tester la théorie de Fredrickson (1998, 2001) sur l'élargissement attentionnel dû aux émotions positives lors de l'exploration d'une page web. Ces

émotions positives vont-elles entraîner une plus grande proportion d'objets fixés même si ceux-ci ne sont pas pertinents pour répondre à la tâche principale (rechercher une information précise) ? La présente étude a montré d'une part que certaines zones de la page étaient privilégiées dans le balayage (en haut à gauche vs en bas à droite de la page), confirmant ainsi les résultats de Pernice *et al.*, (2014). Par ailleurs, elle a mis en évidence le fait que les émotions positives avaient bien une influence sur l'exploration oculaire des pages : davantage d'objets (ici, en l'occurrence, l'image) sont fixés dans le cas d'émotions positives que dans le cas d'émotions neutres, que ces émotions soient induites chez le participant ou qu'elles soient véhiculées par l'image présente sur la page. Cette étude a également montré que la présence d'une image positive sur une page web, lorsqu'elle n'est pas fixée (en bas à droite), pouvait perturber une tâche de recherche d'information, en augmentant le temps nécessaire à identifier le lien cible. Il semblerait que les images positives en haut à gauche d'une page capturent explicitement l'attention – c'est-à-dire qu'elles sont fixées par les utilisateurs – mais ne perturbent pas la tâche en cours, alors que les images en bas à droite ne sont pas regardées mais capturant implicitement l'attention et perturbent ainsi la tâche. Bien que l'effet de l'induction d'émotion n'ait pas été observée sur les résultats obtenus aux différents SAM, on peut supposer que cela vient davantage de l'échelle elle-même que d'un défaut d'induction d'émotions par les images utilisées. En effet, l'induction via des images de l'IAPS a montré de bons résultats dans plusieurs études (Bendall & Thompson, 2015, p.3). De plus, même si cette échelle permet de discriminer l'état émotionnel de participants induit positivement et négativement (Kaspar, Gameiro & König, 2015), elle est initialement prévue pour évaluer l'émotion suscitée par un objet et non l'état émotionnel d'un individu (Bradley & Lang, 1994). Ainsi, il semble que d'autres outils devraient être utilisés, dans de futures études, pour évaluer la différence entre un état émotionnel positif et un état neutre. Contrairement à l'effet de congruence affect-environnement observé par Grol et De Raedt (2014) et Wadlinger & Isaacowitz (2006) les résultats de la présente étude indiquent que l'induction d'émotions positives peut élargir l'attention également en présence de stimuli neutres et pas seulement positifs. Ici, quelle que soit la nature des images, elles étaient plus regardées par les participants dans un affect positif que par les participants dans un affect neutre, et ce, même si aucun autre stimulus positif était présent sur les pages. De plus, en cas d'induction neutre les images positives attirent plus l'attention que les images neutres. Enfin cet effet de l'élargissement attentionnel vers des objets non pertinents pour la tâche a surtout été obtenu quand les images étaient dans une localisation privilégiée dans la page : situées en haut à gauche de l'espace de recherche. Ainsi pris ensemble ces résultats suggèrent que l'élargissement attentionnel dû aux émotions positives ne semble pas se traduire par une augmentation spatiale de notre champ attentionnel mais par une augmentation d'ordre quantitative. Autrement dit, on ne prête pas attention à une plus grande surface de notre environnement mais à plus d'éléments dans notre champ attentionnel. Cet effet sur l'attention ne s'est néanmoins pas retrouvé, ici, au niveau de la mémorisation des images, la reconnaissance restant très faible quelles que soient les conditions expérimentales. On peut supposer que cela soit dû à un traitement peu profond de celles-ci ou à leur mémorisation trop faible, ne pouvant plus être reconnues après le questionnaire, placé comme tâche interférente entre la recherche d'information et la reconnaissance.

En termes d'application, cette étude montre qu'il est important de prendre en compte l'état émotionnel des utilisateurs dans la conception d'un site internet. Plus que les autres, les individus dans un état affectif positif sont susceptibles de prêter attention à des informations non pertinentes pour leurs recherches, notamment si ces dernières sont dans des zones beaucoup regardées des pages web. Ainsi, l'utilisation d'un design positif doit être réfléchi par les concepteurs pour apporter une plus-value sans pour autant impacter l'utilisabilité.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Bendall, R. C., & Thompson, C. (2015). Emotion has no impact on attention in a change detection flicker task. *Frontiers in psychology*, 6.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bruyneel, L., van Steenbergen, H., Hommel, B., Band, G. P., De Raedt, R., & Koster, E. H. (2013). Happy but still focused: failures to find evidence for a mood-induced widening of visual attention. *Psychological Research*, 77(3), 320-332.
- Fredrickson, B. L. (1998). What good are positive emotions?. *Review of general psychology*, 2(3), 300-319.
- Fredrickson, B. L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions. *American psychologist*, 56(3), 218.
- Fredrickson, B. L., & Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. *Cognition & emotion*, 19(3), 313-332.
- Gauthier, J., & Bouchard, S. (1993). Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State-Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 25(4), 559.
- Grol, M., & De Raedt, R. D. (2014). Effects of positive mood on attentional breadth for emotional stimuli. *Frontiers in psychology*, 5, 1277.
- Hsieh, Y. C., & Chen, K. H. (2011). How different information types affect viewer's attention on internet advertising. *Computers in human behavior*, 27(2), 935-945.
- Kaspar, K., Gameiro, R. R., & König, P. (2015). Feeling good, searching the bad: Positive priming increases attention and memory for negative stimuli on webpages. *Computers in Human Behavior*, 53, 332-343.
- Kitajima, M., Blackmon, M. H., & Polson, P. G. (2000). A comprehension-based model of web navigation and its application to web usability analysis. In *People and computers XIV—Usability or else!* (pp. 357-373). Springer, London.
- Kitajima, M., Polson, P. G., & Blackmon, M. H. (2007, January). CoLiDeS and SNIF-ACT: Complementary models for searching and sensemaking on the Web. In *Human Computer Interaction Consortium (HCIC) 2007 Winter Workshop*.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., and Cuthbert, B. N. (2008). *International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual*. Technical Report A-8. Gainesville, FL: University of Florida.
- Pernice, K., Whitenton, K., & Nielsen, J. (2014). *How People Read on the Web: The Eyetracking Evidence*. Nielsen Norm Group.
- Pool, E., Brosch, T., Delplanque, S., & Sander, D. (2016). Attentional bias for positive emotional stimuli: A meta-analytic investigation. *Psychological Bulletin*, 142, 79-106.
- Rowe, G., Hirsh, J. B., & Anderson, A. K. (2007). Positive affect increases the breadth of attentional selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(1), 383-388.
- Wadlinger, H. A., & Isaacowitz, D. M. (2006). Positive mood broadens visual attention to positive stimuli. *Motivation and emotion*, 30(1), 87-99.

Session 7 – L'ergonomie au travail

Industrie du Futur et PME. Le travail, la robotique collaborative et les dirigeants d'entreprises : premiers constats

Anne-Cécile Lafeuillade

41, rue Gay-Lussac, 75005 Paris
anne-cecile.lafeuillade@lecnam.net

Flore Barcellini

41, rue Gay-Lussac, 75005 Paris
flore.barcellini@lecnam.net

Willy Buchmann

41, rue Gay-Lussac, 75005 Paris
willy.buchmann@lecnam.net

RÉSUMÉ

L'objectif de notre recherche est de comprendre comment les processus de décision et la conduite du changement en lien avec l'introduction de technologies « du futur » sont menés dans les PME. Nous choisissons de nous centrer plus particulièrement sur la robotique collaborative. Nous présentons les résultats de (1) une analyse d'un document-cadre de l'Industrie du Futur adressé aux dirigeants ; (2) une première cartographie des niveaux de connaissances et des enjeux que les dirigeants associent au programme. Les résultats montrent que le document-cadre ne fait pas explicitement référence la question des transformations du travail dans une conduite de changement et ils donnent un aperçu de la disparité qui existe entre les entreprises et au sein des dirigeants, de leurs connaissances et de leurs stratégies. Les résultats de ce premier travail exploratoire s'inscrivent dans une démarche plus large où il s'agit de comprendre comment la conduite des transformations du travail s'inscrit dans l'histoire de chaque entreprise, notamment en termes d'évolution de l'appareil de production à travers l'activité des dirigeants, considérés comme les garants du déploiement de l'évolution technologique et de la pérennité de l'entreprise.

MOTS-CLES

Industrie du Futur ; Robotique collaborative ; PME ; dirigeant ; Conduite du changement.

1. INTRODUCTION

La recherche présentée dans cette communication s'inscrit dans le contexte des transformations du travail en lien avec le programme « Industrie du Futur » incitant les entreprises industrielles à moderniser leur appareil productif. Elle s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche

interdisciplinaires (ergonomie de l'activité, sociologie, génie de production et robotique) : l'ANR HECTOR¹⁶.

Dans ce cadre, l'objectif général de notre recherche est de comprendre comment les processus de décision et la conduite du changement en lien avec l'introduction de technologies « du futur » sont menés dans les PME, en tant qu'entreprises cibles du programme. Il s'agit de comprendre comment la conduite de ces transformations s'inscrit dans l'histoire de chaque entreprise, notamment en termes d'évolution de l'appareil de production (Lafeuillade, Barcellini, Buchmann, 2018) à travers l'activité des dirigeants, considérés comme les garants du déploiement de l'évolution technologique et de la pérennité de l'entreprise.

Nous choisissons de nous centrer plus particulièrement sur une des technologies mises en avant par le programme « Industrie du futur » - la robotique collaborative – car il s'agit d'une technologie « emblématique » du programme : d'une part parce que les robots collaboratifs sont conçus pour intervenir lorsque l'opérateur est confronté à des tâches pénibles, difficiles, dangereuses, répétitives ou à « très faible valeur ajoutée » mais qu'il reste indispensable (Kleinpeter, 2015) ; d'autre part bien que la robotique collaborative soit présentée par les acteurs de l'Industrie du Futur, comme « facile à intégrer » ou comme une solution (par exemple aux Troubles Musculo-squelettiques), lorsque des responsables cherchent à insérer un robot collaboratif dans une organisation productive existante, ils se retrouvent rapidement confrontés à des questions à la fois technologiques et socio-organisationnelles, qui plus est dans le contexte particulier des PME.

Dans cette communication, nous présentons les premiers résultats d'un travail exploratoire qui a croisé deux approches : (1) une analyse de ce que dit le programme « Industrie du futur » aux chefs d'entreprises sur la place du travail et de ses transformations (Lafeuillade et al., 2018 ; Barcellini, 2019 ; Saraceno, à paraître) que nous appréhendons à travers l'analyse d'un document cadre à destination des chefs d'entreprises (cf. infra) ; (2) une première cartographie des niveaux de connaissances et des enjeux que les dirigeants de petites et moyennes entreprises associent au programme. Il s'agit de comprendre les liens émergents dans ce qui préoccupe le dirigeant engagé dans une conduite de changement en lien avec la robotique collaborative, dans les contextes PME et *Industrie du Futur*.

2. CONTEXTE ET CADRE DE RECHERCHE

2.1. Présentation du programme « Industrie du futur »

Le programme « Industrie du futur » vise à inciter les entreprises industrielles à moderniser leur appareil productif. En effet, depuis une décennie, les États Généraux de l'Industrie pointent un déficit en termes d'investissement face aux principaux pays concurrents. Les entreprises françaises tardent le renouvellement de leurs équipements et investissent majoritairement pour des raisons d'usure ou de vieillissement (Bidet-Mayer, 2016).

Ce programme se décrit par ce qu'il propose de transformer dans l'entreprise : c'est à dire qu'il rassemble les retombées attendues lors de mise en place de nouvelles technologies dans l'outil productif. Il a par ailleurs un caractère abstrait car il offre une vision prospective de la transformation du tissu industriel face aux nouvelles technologies (Bidet-Mayer, 2016). Pour mettre en œuvre et coordonner le programme *Industrie du Futur*, une trentaine d'acteurs provenant de l'industrie, du numérique, de la recherche et de la formation, ainsi que des syndicats ou fédérations de professionnels sont réunis en une entité, *l'Alliance Industrie du futur*, créé en 2015. Le but de *l'Alliance Industrie du futur* est d'accompagner les entreprises françaises, en particulier les PME, dans

¹⁶ *l'Humain Engagé par la Cobotique et les Transformations du Travail et des Organisations dans les usines du futur*
<http://crt.d.cnam.fr/hector-un-projet-anr-sur-la-robotique-collaborative-et-l-industrie-du-futur-dans-les-pme-998785.kjsp>
http://www.agence-nationale-recherche.fr/projet-anr/?tx_lwmsuivibilan_pi2%5BCODE%5D=ANR-17-CE10-0011

la modernisation de leur outil et la transformation de leur organisation de production par les nouvelles technologies.

L'un des outils utilisés par l'Alliance pour atteindre leur but est un document cadre, le *Guide des technologies de l'Industrie du Futur*, créée en 2018 par le groupe de travail DOTF (*Développement de l'offre technologique du futur*) de l'Alliance. Ce guide, qui se veut pratique, est proposé aux chefs d'entreprise, il comprend une présentation du concept IF, une proposition d'un *modèle de l'Industrie du Futur* et des fiches pratiques. L'ambition de ce guide est de répondre à l'ensemble des préoccupations du chef d'entreprise vis à vis du contexte *Industrie du Futur*. Il peut être une ressource potentielle pour le dirigeant qui porte une volonté d'équipement en nouvelles technologies son outil productif.

Un des objectifs de ce travail exploratoire est donc de s'intéresser plus particulièrement à ce guide censé faire ressource pour les chefs d'entreprise. Ce guide nous sert de premier point d'ancrage pour approcher la question plus générale de l'activité des dirigeants de PME.

2.2. Le travail et ses transformations : le point de vue de l'ergonomie de l'activité

Pour l'ergonomie de l'activité, le travail est caractérisé d'une part par un cadre comprenant les tâches, les moyens, l'organisation, etc. qui se construit autour de plusieurs logiques (économiques, sociales, historiques, culturelles, etc.) ; d'autre part, par ce que font réellement les opérateurs pour rester performants tout en préservant au mieux leur santé (Leplat, 2008). Dans cette approche, la conduite des transformations du travail peut être pensée comme s'inscrivant dans un processus collaboratif de conception des éléments (outils, règles, etc.) qui organisent le travail et qui sont intégrés à la situation de travail. Mais le travail humain est souvent peu considéré dans les décisions de conception et se décrit en termes de tâches prescrites dans les organisations antérieures (Daniellou, 1987). Les salariés restent peu associés de façon active au renouvellement de leur système de travail (Barcellini, Van Belleghem et Daniellou, 2013). Ceci peut amener à des situations de travail où les concepteurs de l'organisation proposent un modèle organisationnel équipé d'outils de la gestion des transformations très standardisés, comme le Lean Management (Bourgeois & Gonon, 2010 ; Perez Toralla, 2013). Ces outils visent souvent la standardisation du travail sont directement mis en cause dans la survenue de divers troubles de santé (M, risques psychosociaux...) (p.ex. Clot, 2011; Detchessahar, 2011 ; Petit & Dugué, 2013 ; Van Belleghem, de Gasparo & Gaillard, 2013).

De notre point de vue, conduire le changement dans le cadre de *l'Industrie du Futur* et de ses nouvelles technologies, ne peut se satisfaire que d'aspects technologiques et gestionnaires, le changement doit s'accompagner d'une réflexion plus large qui vise la compréhension des situations de travail et de vie (dans toutes ses dimensions sociale, organisationnelle, techniques, etc.), ainsi que leurs transformations. Cette réflexion inclut la conception des organisations et des situations de travail, permettant aux opérateurs de réaliser un travail de qualité, lequel vise à soutenir le développement d'un usage socio-organisationnel des technologies (Barcellini, 2015).

Dans cette perspective, nous chercherons dans les deux approches proposées, la place accordée à cette conception du travail et de ses transformations dans le contenu du document cadre et dans les préoccupations des dirigeants.

2.3. Quels modèles pour comprendre l'activité des dirigeants d'entreprises ?

Dans le contexte spécifique des PME, le dirigeant occupe une place prépondérante dans la stratégie et les décisions en lien avec la conduite du changement. Certains modèles normatifs définissent le chef d'entreprise comme un entrepreneur qui prend des risques (Laurent, 1989 ; Marchesnay & Julien, 1987 ; Knight, 1971) ; qui va engager des ressources présentes dans une forme d'activité économique au résultat probable futur (Drucker, 1985). Pour Schumpeter (1934), l'entrepreneur est celui qui investit, innove, va bouleverser les techniques de production et va découvrir de nouveaux marchés. Pour Duchéneau (2008), le dirigeant de PME répond aux

caractéristiques de « l'entrepreneur ». Son rôle est renforcé du fait de la petite taille de son entreprise : il doit répondre à de nombreuses tâches et doit posséder de multiples compétences, contrairement aux grandes structures qui sont pourvues de spécialistes. De plus, sa relation avec le pouvoir dépendrait de son profil » ; profil construit en fonction de plusieurs facteurs : son origine (création, reprise ou familiale), sa formation de l'autodidacte au diplômé), ses logiques de management, ses motivations et son ambition, sa façon de travailler et l'imbrication des sphères privée et professionnelle.

Ces approches permettent de caractériser le « profil » du dirigeant, mais en disent peu sur ce que peuvent être leur activité. Les travaux de référence de Mintzberg (1984) s'intéressent davantage à ce que fait réellement le dirigeant, et permettent de caractériser des grandes catégories de rôles des dirigeants. Ils définissent ainsi : les rôles qui renvoient à la relation à autrui : rôle de relations, de leader et de symbole ; les rôles en lien avec l'information : rôle de diffuseur, d'observateur et de porte-parole ; les rôles rattachés à la prise de décision : l'entrepreneur, le réparateur de ressources, le régulateur et le négociateur.

Cependant, ces modèles ne rendent toujours pas compte de l'activité du dirigeant, telle qu'on la considère en ergonomie de l'activité : une suite d'actions de transformations d'objets en buts ; actions qui sont situées et qui impliquent des compromis et le fruit d'intentions sont souvent multiples (Montmollin, 1986). Dans cette perspective, Laude et Chauvigné (2010) ont réalisé six monographies dont les résultats montrent que l'activité des dirigeants semble discontinue « *car ils effectuent de multiples actions sur de multiples thèmes avec de multiples interlocuteurs dans de multiples lieux sur des temporalités diverses, le plus souvent longues* » (Laude et Chauvigné, 2010, p94). Ces auteurs montrent également que les actions des dirigeants sont médiatisées par un ensemble d'objets intermédiaires puisqu'ils ne peuvent agir seul et directement sur le système qu'ils dirigent.

Ces travaux ne rendent selon nous pas encore assez compte : d'une part, de l'activité des dirigeants comme étant médiée par des artefacts qui portent une dimension historique et culturelle (Vygotski, 1978) ; d'autre part, de l'activité collective conjointe qui permet de définir les composantes de l'activité ou le « système d'activité » selon Engeström) et d'en saisir les interrelations ou contradictions émergentes (Engeström, 1987). Dans ce cadre, nous faisons l'hypothèse que l'ancrage historique et social dans le territoire local d'une PME peut être très fort et peut « jouer » sur les choix qui influencent l'évolution de l'entreprise. Ceci nous amènera à nous intéresser aux dimensions historico-culturelles de l'activité des dirigeants, et à leur écosystème.

Les premiers entretiens présentés dans cette communication, nous permettent d'investiguer dans un premier temps, l'appréhension que font les chefs d'entreprises d'un des éléments de cet écosystème - le programme « Industrie du futur » - en lien avec leurs préoccupations (évolutions et pérennité de leur entreprise).

3. METHODOLOGIE DE RECUEIL ET ANALYSE DE DONNEES

3.1. Analyse de contenu systématique du document cadre « Guide des technologies de l'Industrie du futur »

Une analyse de contenu systématique du « guide des technologies du futur » a été réalisée dans la perspective de l'ergonomie de l'activité (cf. supra), afin de rendre compte de la présence des questions du travail et de ses transformations dans le cas d'introduction de robotique collaborative.

La grille d'analyse de contenus comprend quatre thèmes qui ont été choisis en lien avec le cadre de recherche du projet ANR HECTOR : l'Homme, la robotique collaborative ou cobotique, le travail et l'organisation ; et leurs synonymes.

Chaque thème est ensuite décrit à travers à un nuage de termes issus de l'analyse du guide. Les termes dans chaque nuage sont ensuite classés de manière inductive en trois catégories :

- ce qui relève de la santé au travail dans le sens pénibilité au travail, fatigue, TMS, environnement physique ;
- ce qui relève d'une logique organisationnelle prescrite comprenant les prescripteurs et les méthodes d'encadrement.
- ce qui relève de la description, de la définition ou du contexte de l'Industrie du Futur et de la robotique collaborative.

La figure 1 ci-dessous présente la représentation graphique de chaque thème.

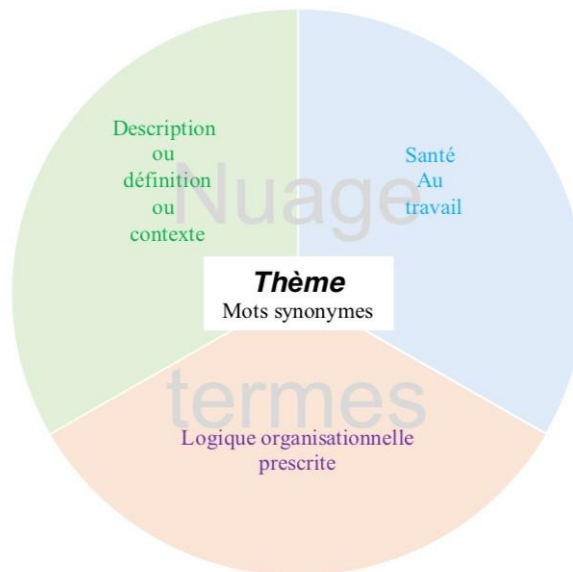


Figure 1. Thème, nuage et catégories inductives

3.2. Premiers entretiens exploratoires de dirigeants de PME

Quatre PME (« sites A, B, C, D ») (Tableau 1) ont fait l'objet d'investigations selon le protocole suivant : un entretien collectif (d'une durée d'1h30 environ), en présence de l'ergonome, d'un ou deux sociologue(s) partenaires du projet ANR HECTOR, du directeur du site plus un chef d'atelier et/ou directeur technique et/ou manager développer) ; une visite du site (1h30) ; une restitution écrite de l'entretien par l'ergonome pour analyser a posteriori les interactions des différents interlocuteurs.

Ces quatre PME ont été retenues car elles présentaient toutes une volonté d'équipement, dans des domaines industriels différents, comprenant un effectif total entre environ 50 et 100 salariés, ayant une implantation historique dans le territoire. Le tableau 1 ci-dessous présente la typologie de ces quatre PME.

Typologie des PME				
	Site A	Site B	Site C	Site D
Effectif / Secteur d'activité / implantation régionale	120 / industrialisation et production de solutions électroniques de câblages cartes et filaires / + de 40 ans	40 / fabrique des composants par électrorefouillage / + de 100 ans	55 / conception et fabrication d'outils chauffants / + de 40 ans	100/ étude et la fabrication de noyaux céramiques / + de 140 ans

Tableau 1 : typologie PME

Sur la base de ces visites et entretiens, nous caractérisons :

- le niveau de connaissances : (1) du dirigeant en lien avec « l'Industrie du Futur », (2) de la robotique collaborative, (3) du guide pratique, (4) de ce qui est proposé par le programme en termes de logiques de management et d'organisation, de santé au travail ; un codage simple est proposé : 0 (pas du tout de connaissances) / 1 (peu de connaissances) / 2 (connaissances en cours d'acquisition) / 3 (connaissances acquises) ;

- les enjeux et motifs pour lesquels les dirigeants envisagent l'introduction de robotique collaborative dans leur outil de production à travers l'identification des problématiques évoquées par le dirigeant, des postes de travail ciblés par la transformation ; et des préoccupations ou intentions du dirigeant.

4. RESULTATS

4.1. La question du travail absente du guide des Technologies du Futur

Les résultats de cette analyse présentés à la figure 2 ci-dessous, montrent que le guide des Technologies du Futur ne fait pas explicitement référence la question des transformations du travail dans une conduite de changement. Les thèmes « Homme », « Cobotique », « Santé » sont abordés principalement dans des termes descriptifs et contextuels (en vert sur les figures) (« Homme » : 41 sur 79 itérations, « Cobotique » : 13 sur 28 et « santé » 26 sur 30) ; leur contenu évoque une approche technocentrée où les technologies nouvelles sont présentées comme étant la clé de l'amélioration de l'outil productif.

La figure 2 ci-dessus décrit les résultats dans les trois catégories inductives pour les thèmes « Homme », « Cobotique », « Santé ».



Figure 2. Résultats thèmes « Homme », « Cobotique », « Santé »

Quant au dernier thème « organisation » (figure 3, ci-dessous), le contenu relève uniquement d'une logique prescriptive faisant principalement référence au Lean Management et ses outils. Les questions en lien avec la transformation socio-organisationnelle ne sont pas abordées.

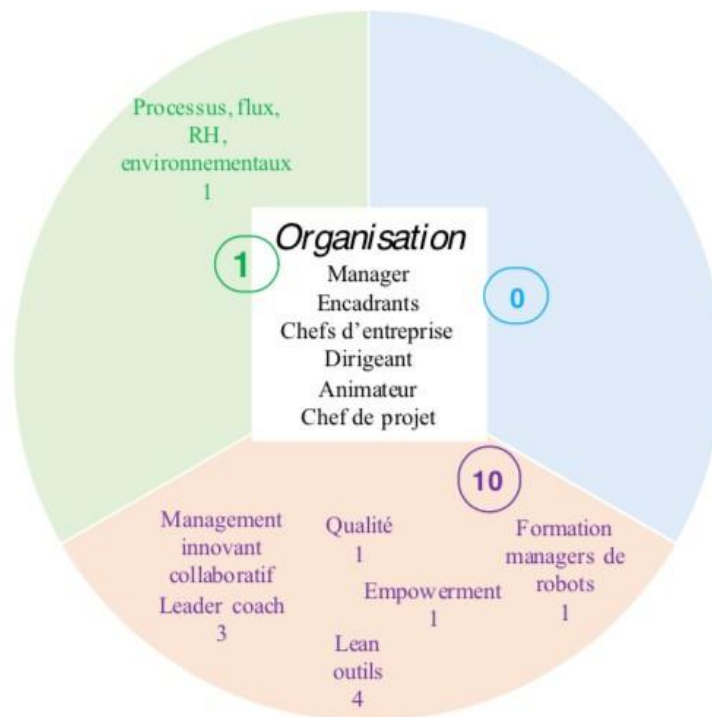


Figure 3. Résultats catégories « Organisation »

De façon générale, la question de la santé au travail est peu abordée dans le contenu des 4 thèmes de cette analyse systématique (22 itérations pour le thème « Homme », 10 pour « Cobotique », 1 pour « Santé », 0 pour « Organisation »).

Ces éléments soulignent que ce document cadre – le guide- porte une vision technocentrée et s'inscrit dans une logique organisationnelle prescrite normative ne permettant d'envisager ni les ressources au travail ni des modes de conception d'organisations plus participatives, dimensions qui contribuent au développement de l'activité au travail de façon continue et durable. Or si ce point de vue, révélant l'absence du travail et de ses transformations dans une conduite de changement, reflète la réalité de leur prise en compte dans la conduite du changement, il existe un risque de rigidification de l'ensemble du système de travail avec comme conséquences probables une dégradation de la santé au travail et de la performance.

4.2. De la diversité chez les dirigeants de PME

Les résultats issus de ce volet exploratoire en entreprises présentent une « cartographie » hétérogène des dirigeants en termes de connaissances ainsi qu'en termes d'éléments prépondérants de leur intention d'équipement.

Le tableau 2 ci-dessous présente les niveaux de connaissances des acteurs de chaque site de l'Industrie du Futur, de la robotique collaborative, du guide pratique, des logiques d'organisation prescrite, ainsi que ceux relatifs aux questions de santé au travail.

Connaissances des dirigeants et responsables PME				
	Site A	Site B	Site C	Site D
De l'IF et de la cobotique	3	1	1	3
du guide	0	0	0	0
Logiques d'organisation prescrites	1	0	0	1
Santé au travail	2	1	1	2

Tableau2 : « niveaux » de connaissances des dirigeants et responsables
 Codage : 0 (pas du tout) / 1 (peu) / 2 (en cours d'acquisition) / 3 (connaissance acquise)

Les résultats montrent que les dirigeants des sites A et D ont une certaine connaissances de l'Industrie du Futur et de la cobotique. En effet, ils utilisent un discours proche de celui proposé dans le guide pour expliciter leurs connaissances sur l'Industrie du Futur et la cobotique (« *le cobot ? sa notion est vague et pas stabilisée. Finalement on ne sait pas ce que c'est. Cependant sa force est que ce n'est pas endu comme tant de la substitution donc mieux acceptée que de la robotique traditionnelle* » Président du site D) ; ceci laisse à supposer qu'ils disposent de connaissances en lien avec ces concepts. Cependant, les niveaux des responsables rencontrés des sites B et C sont plus faibles (« *c'est quoi un cobot ?* » Directeur technique du site B ; « *le programme Industrie du Futur : je le connais très peu* » Directeur Général du site C).

Aucun des interlocuteurs des sites n'a évoqué l'existence du guide, et par conséquent son utilisation. ce qui ne signifie pas que le guide n'est pas connu, mais les chefs d'entreprise ne semblent pas si référer de façon spontanée. Le guide ne semble donc pas leur faire ressource.

Les connaissances des logiques organisationnelles et outils de management ont été peu mobilisées. Les connaissances en lien avec la santé au travail sont évoquées par tous dans des termes similaires au verbatim suivant du Directeur Technique du site D : « (un outil technologique) *qui serait là pour améliorer les conditions de travail et réduire le coût financier probable des futurs TMS, à cause de la pénibilité* ». Les connaissances en lien avec la santé au travail renvoient à une représentation de la situation de travail souvent limitée à un poste de travail où certaines tâches sont qualifiées de pénibles ou répétitives ou jugées non valorisantes et sur lequel les interlocuteurs suggèrent (ou envisagent) d'installer la nouvelle technologie robotique.

Par ailleurs, les entretiens nous permettent de préciser les préoccupations et les motivations à la transformation de certains postes. Le tableau 3 ci-dessus présente la problématique actuelle et principale de l'entreprise exposée par le dirigeant, le(s) poste(s) ciblé(s) s'il(s) existe(nt), l'existence ou non d'un équipement en robotique collaboratif déjà présent, ainsi que les préoccupations propres aux dirigeants.

Pourquoi une volonté d'équipement en robotique collaborative ?				
	Site A	Site B	Site C	Site D
Problématique évoquée	comment faire évoluer les compétences ?	Comment recruter ?	Comment assurer la qualité du produit sur le site de Shanghai ?	Comment les nouvelles technologies sont une opportunité pour l'entreprise?
Poste ciblé	Oui : 1	Oui : plusieurs	Non	Oui
Poste déjà équipé de robotique collaborative	Non	Non	Non	non
Préoccupations / volonté / des chefs d'entreprise	Volonté nouveau DG = nouvelle organisation, être une vitrine avec un nouveau modèle	Patron : équiper des ouvriers de <i>tablettes</i> DT : pénibilité du processus de fabrication	Garder le savoir-faire à la française en France de façon durable	Nouvel organigramme Nouveau modèle avant-gardiste en RSE et numérique

Tableau 3 : résultats en lien avec la volonté d'équipement en robotique collaborative

Les résultats révèlent bien que trois entreprises sur les quatre ciblées ont identifié un poste de travail qui serait potentiellement à équiper. cependant, à ce jour, aucune ne s'est concrètement équipée de robotique collaborative.

Les problématiques des entreprises verbalisées par nos interlocuteurs lors de ces entretiens, relèvent de dimensions soit sociales (des problèmes de recrutement et de qualification) ; soit économiques (qualité du produit) ; soit technologiques (les nouvelles technologies à intégrer dans le process de production).

Les préoccupations des chefs d'entreprise, quant à elles, sont aussi variées : pour les sites A et D, elles sont liées à la prise récente de leurs nouvelles fonctions, les dirigeants proposent de nouvelles logiques organisationnelles pour appuyer leur gouvernance et ses différences par rapport à l'ancienne. Pour le site B, la volonté du patron du groupe équiper tous les salariés d'une « tablette » semble éloignée de de la préoccupation du directeur technique (un processus de fabrication pénible) ; pour le site C, leurs préoccupations sont de l'ordre économiques (coût de la masse salariale).

Ces premiers résultats donnent un aperçu de la disparité qui existe entre les entreprises et au sein des dirigeants, de leurs connaissances et de leurs stratégies. Cette disparité semble être un marqueur fort des caractéristiques des PME, les enjeux dans la conduite du changement seront propres à chacune.

5. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de ce premier travail exploratoire s'inscrivent dans une démarche plus large où il s'agit de comprendre comment la conduite des transformations du travail s'inscrit dans l'histoire de chaque entreprise, notamment en termes d'évolution de l'appareil de production Lafeuillade, Barcellini, Buchmann, 8) à travers l'activité des dirigeants, considérés comme les garants du déploiement de l'évolution technologique et de la pérennité de l'entreprise.

Ce travail exploratoire a cherché à croiser :) l'analyse d'un document cadre à destination des chefs d'entreprises - le guide des Technologies du Futur-, dont les résultats montrent qu'il ne fait pas explicitement référence à la question des transformations du travail dans une conduite de changement (voir également Lafeuillade et al., 2018) ; (2) une analyse exploratoire des connaissances et des enjeux que les dirigeants de petites et moyennes entreprises associent au programme. Les résultats de cette analyse s'avèrent très nuancés : ils donnent un aperçu de la disparité qui existe entre les entreprises et au sein des dirigeants, de leurs connaissances et de leurs stratégies. Au-delà de cette disparité, les problématiques et préoccupations soulevées par les dirigeants dans leur intention d'équipement nous questionnent sur deux points en lien avec les écosystèmes internes et externes dans lesquels ils évoluent: quelle est la vision du travail et de la conduite de ses transformations portée le dirigeant ?; quels sont les décalages entre le discours du programme

Industrie du Futur et l'injonction qu'il porte aux dirigeants (Lafeuillade et al., 2018) et le réel de l'activité des dirigeants pris dans différents enjeux et tensions au-delà de cette injonction ?

Les résultats montrent que le document cadre –le guide- ne semble pas faire ressource pour les dirigeants, or nous avons vu qu'il existait des liens dans les intentions des dirigeants entre la robotique collaborative, le contexte PME et les intentions du programme *Industrie du Futur*. Nous faisons l'hypothèse que l'ancrage historique et social dans le territoire local d'une PME peut être très fort et peut « jouer » sur les choix qui influencent l'évolution de l'entreprise, évolution elle-même dépendante des choix et des intentions du dirigeant. Pour investiguer plus avant ces questionnements et hypothèses, nous envisageons de considérer l'activité d'un dirigeant comme étant collective et conjointe, ce qui nous permettra d'en définir ses composantes pour la penser dans un système (le « système d'activité » selon Engeström 1987). Nous pensons ainsi, en essayant de saisir les interrelations ou contradictions émergentes dans le système d'activité collective conjointe, faire émerger les dimensions historiques, culturelles et sociales de l'activité du dirigeant, ou d'un collectif de direction.

Dans cette perspective, les liens entre les différentes intentions des dirigeants pour faire évoluer leur outil de production, permettent d'avancer qu'il existe une certaine appropriation du programme *Industrie du Futur* par les dirigeants. Ce constat nous amènera, d'une part, à nous intéresser plus particulièrement à l'écosystème du dirigeant et à ce qui lui fait ressource dans son activité en lien avec la conduite du changement. D'autre part, il s'agira de comprendre comment cette appropriation du programme « *Industrie du Futur* » interfère dans leur système d'activité où les dimensions historiques, culturelles et sociales semblent être particulièrement prépondérantes dans le milieu des petites et moyennes entreprises.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Alliance Industrie du Futur (2018). *Guide des technologies de l'Industrie du Futur. Enjeux et panorama des solutions.*
- Barcellini, F., Van Belleghem L., Daniellou F. (2013). *Les projets de conception comme opportunité de développement des activités.* In P. Falzon (Coord.) *Ergonomie Constructive* (pp. 191-206). Paris, France : PUF.
- Barcellini, F. (2015). *Développer des interventions capacitanes en conduite du changement : comprendre le travail collectif de conception, agir sur la conception collective du travail.* HDR, Bordeaux.
- Bidet-Mayer, T. (2016). *L'industrie du futur : une compétition mondiale*, Paris, Presses des Mines.
- Bourgeois, F., & Gonon, O. (2010). Le lean et l'activité humaine. Quel positionnement de l'ergonomie, convoquée par cette nouvelle doctrine de l'efficacité. *Activités*, 7 (1),135-141.
- Chizallet, M. ; Prost, L. ; Barcellini, F. (soumis). Conduire une transition agro- écologique de manière autonome et durable : Repenser le travail passé pour concevoir le travail futur. *Psychologie Française.*
- Clot, Y. (2011). *Le travail à cœur : pour en finir avec les risques psycho-sociaux.* Paris, France : La Découverte.
- Detchessahar, M. (2011). Santé au travail. *Revue Française de Gestion*, 214(5), 89-105.
- Drucker, P. (1985). *Les entrepreneurs.* L'Expansion-Hachette-Lattès.
- Ducheneaut B (1998), *Les dirigeants de PME. Enquête Chiffres Analyse. Pour mieux les connaître.* Éditions Maxima Laurent du Mesnil.

- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Finlande: Orienta-Konsultit.
- Julien, P.A. & Marchesnay, M. (1987). *La petite entreprise-principes d' économie et de gestion*. Vuibert/G. Vermette.
- Kleinpeter, E. (2015). *Le Cobot, la coopération entre l'utilisateur et la machine*. Multitudes 2015/1 (n° 58), p. 70-75.
- Knight, F. (1971). *Risk, uncertainty and profit*. University of Chicago Press.
- Lafeuillade, A.-C., Buchmann, W., Barcellini, F. (2018). Quelles opportunités de performance et de développement l'intégration de la robotique collaborative apporte-t-elle aux opérateurs ? Cas des PME françaises. *Actes du 53ème Congrès de la SELF*, Bordeaux, 3-5 Octobre 2018
- Laude, L. & Chauvigné, C. (2010), *diriger, une activité de travail. L'activité des dirigeants publics : l'exemple de la complexité du travail des directeurs d'hôpitaux*, vol XVI, p81 à 108
- Laurent, P. (1989). *L'entrepreneur dans la pensée économique*. Revue internationale PME, vol 2, n°1.
- Leplat (2008). *Repères pour l'analyse de l'activité en ergonomie*. Paris, France : PUF.
- Montmollin De M, (1986). *L'intelligence de la tâche, Éléments d'ergonomie cognitive*. Bern : Peter Lang.
- Mintzberg H. (1984), *le management au quotidien, les 10 rôles du cadre*, Les éditions d'organisation [édition originale 1973].
- Perez Torralla, M.S. (2013). *Pour une prescription capacitante, ergonomie et débats des règles du travail : le cas d'une entreprise déployant la lean production*. Thèse de doctorat en ergonomie, Cnam, 20 décembre 2013.
- Petit, J. & Dugué, B. (2013). Structurer l'organisation pour développer le pouvoir d'agir : le rôle possible de l'intervention en ergonomie. *Activités*, 10(2), 210-228, <http://www.activites.org/v10n2/v10n2.pdf>
- Schumpeter, J. *The theory of Economic development*. Cambridge, Mass. Harvard University Press, 1934.
- van Belleghem, L. De Gasparo, S. & Gaillard, I. (2013). Le développement de la dimension psychosociale au travail. In P. Falzon (Coord.) *Ergonomie Constructive* (pp. 47-60). Paris, France : PUF.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.).

Industrie 4.0 – l’impact de la transformation numérique sur l’activité des techniciens de production et de maintenance dans un grand groupe industriel

Emma Cippelletti

Université de Technologie de Troyes (UTT) - CNRS Institut Charles Delaunay (ICD) /Tech-CICO 12, rue Marie Curie CS 42060 - 10004 TROYES CEDEX, France
emma.cippelletti@utt.fr

Myriam Lewkowicz

Université de Technologie de Troyes (UTT) - CNRS Institut Charles Delaunay (ICD) /Tech-CICO 12, rue Marie Curie CS 42060 - 10004 TROYES CEDEX, France
myriam.lewkowicz@utt.fr

RÉSUMÉ

Cette communication présente une étude qui cherche à comprendre l’impact des transformations numériques sur le métier et l’activité des techniciens de production et de maintenance. Pour ce faire, nous réalisons 10 entretiens semi-directifs sur un site industriel en transformation. Les résultats de notre analyse mettent en avant une intensification de l’activité des participants et une reconfiguration des réseaux de travail (Bobillier Chaumon, 2013). Cette intensification est liée à une réduction des effectifs sur site et se traduit notamment par une surcharge de travail, davantage de sollicitations et un panel de tâches à réaliser plus important. Par ailleurs, de nouveaux acteurs interviennent désormais dans la gestion de la production et collaborent avec les techniciens sur site à travers un logiciel. Ce logiciel fait partie d’un ensemble d’outil numérique pour la gestion de l’activité qui ne se cantonne pas à la production mais aussi à la maintenance. Plusieurs recommandations ressortent de cette étude notamment une réflexion sur la manière dont le logiciel de communication a été développé.

MOTS-CLES

Industrie 4.0 ; Appropriation ; Acceptation située ; Production et maintenance.

1.. CONTEXTE DE LA RECHERCHE

L’industrie 4.0 est considérée comme la quatrième étape de l’industrialisation, qui fournit de grandes possibilités de fabrication durable grâce aux technologies de l’information et de la communication (TIC) (Stock & Seliger, 2016). Selon Mario, Tobias et Boris (2015), il y a quatre composants principaux de l’industrie 4.0 ; le premier est la jonction du monde physique et du monde virtuel à travers notamment des systèmes de surveillance des installations, le deuxième élément est l’Internet des objets c’est-à-dire l’interaction entre différents systèmes numériques (téléphones, capteurs...), le troisième concerne l’Internet des services, et enfin, le quatrième élément est l’usine intelligente qui a pour objectif d’aider les personnes et les machines à exécuter leurs tâches en fonction de la situation. C’est dans ce contexte qu’un grand groupe industriel français porte un projet de transformation qui vise l’intégration du numérique au cœur de son activité, projet soutenu par la Banque Publique d’Investissement, et dont nous sommes partenaire académique. L’objectif du projet

est d'optimiser la production et la logistique au niveau national. Historiquement, chaque site de production (vingt sur le territoire) fonctionnait de manière indépendante en optimisant sa production en lien avec leurs clients. L'objectif de ce projet, est de mettre en place une optimisation globale de la production afin de réduire la dépense énergétique nécessaire à la production. Cette optimisation globale nécessite de raccorder tous les sites de production à un centre national de supervision rassemblant toutes les données en provenance des sites, et collectant des données liées à la logistique et au coût de l'énergie. Sur la base de toutes ces données, ce centre est en mesure de décider de la production optimale pour chacun des sites, et de contrôler les sites à distance. Ce changement de mode de fonctionnement nécessite bien sûr d'homogénéiser les pratiques de production, et de collecter les données liées à l'état des installations sur sites à l'aide de capteurs et d'outils de collectes de données en temps réel. L'analyse de ces données de production et de maintenance contribue également à la maintenance prédictive des équipements. Cependant, toutes les données ne pouvant être collectées de manière automatique, les techniciens sur site doivent désormais communiquer et se coordonner avec le centre de supervision à travers un logiciel conçu dans le cadre du projet. Dans ce logiciel, les techniciens enregistrent tous les événements de l'activité de production et de maintenance ; ils tiennent donc un « journal de bord » du site. Sur la base de ces données, le centre de supervision vérifie si le volume de production qui avait été automatiquement défini pour ce site afin d'optimiser la production au niveau national peut effectivement être lancé. Désormais, les marches de production sont donc définies de manière coordonnée entre les sites et le centre de supervision.

Ces transformations organisationnelles et numériques amènent des changements de fonctionnement sur les sites, mais aussi de métier pour les techniciens. En effet, le contrôle à distance des sites amène les techniciens de production et de maintenance à être plus polyvalents ; désormais, ils travaillent en astreinte avec une semaine par mois où ils gèrent exclusivement la production, et le reste du temps ils se focalisent davantage sur la maintenance des équipements.

Nous intervenons dans ce projet auprès de plusieurs sites de production afin de comprendre l'impact des transformations numériques sur le métier et l'activité des techniciens. Nous commencerons par présenter la problématique de recherche, ainsi que la méthodologie mise en place afin de comprendre l'impact des changements sur l'activité des techniciens. Puis, nous présentons les résultats issus de cette recherche que nous discuterons vis-à-vis de la littérature.

2.. PROBLEMATIQUE DE LA RECHERCHE

L'entreprise, aidée par une start-up spécialisée dans l'interaction utilisateur, a décidé d'adopter une démarche participative pour concevoir le logiciel permettant la communication entre les sites et le centre de supervision. L'objectif était de garantir que le logiciel produit répondrait aux besoins des employés du centre de supervision mais aussi des techniciens sur sites. Dans ce cadre, des ateliers de maquettage ont été conduits sur deux jours avec plusieurs personnes, notamment des techniciens. Il est à noter qu'avant le démarrage du projet, chaque site avait son propre outil de gestion de ses installations, en particulier des cahiers papier sur lesquels les techniciens notaient toutes les informations relatives à la production. Les ateliers de maquettage ont essentiellement été centrés sur les fonctionnalités du logiciel, sans être complétés par une analyse de l'activité sur site (Lewkowicz & Liron, 2019). A la suite de Rosson et Carroll (2002) qui expliquent que les approches de conception centrées sur la solution présentent des risques, notamment le fait que les solutions ont tendance à être générées trop rapidement c'est-à-dire avant même d'analyser ce que l'on sait déjà du problème, nous nous interrogeons sur la pertinence de la solution proposée à l'ensemble des unités de production. En effet, la conception de cet outil s'est focalisée sur la communication entre le centre de supervision et les sites, sans que son usage pour la gestion de chaque site soit pris en compte. La question de l'usage par les sites et pour les sites du logiciel se pose donc. Liron et Lewkowicz (2019), à travers une étude des interactions entre le centre de supervision et les sites, ont montré que les fonctionnalités de ce logiciel sont éloignées des pratiques de documentation de

l'exploitation des sites qui préexistaient. Nous nous intéressons donc à la façon dont les techniciens perçoivent et utilisent ce nouvel outil de communication au sein de leur activité de travail.

Dourish (2003) définit l'appropriation comme « le processus par lequel les personnes adoptent et adaptent les technologies en les adaptant à leurs pratiques de travail » (p. 465). Les individus, en s'appropriant les technologies, peuvent les utiliser à des fins qui n'étaient pas prévues au départ (Bobillier Chaumon, 2016). De plus, Arnoud et Falzon (2013) expliquent que de nombreuses études « font état de l'importance de l'informel, des interactions et des mécanismes d'appropriation dans l'émergence de nouveaux fonctionnements organisationnels. Autrement dit, il y aura toujours un écart entre les usages prévus en conception et l'usage et l'appropriation de la nouvelle organisation en situation » (p.110).

Afin de comprendre si les utilisateurs s'approprient les nouveaux outils numériques mais aussi comment l'activité est transformée par la nouvelle organisation du travail, nous nous intéressons au modèle de l'acceptation située de Bobillier Chaumon (2013). Ce dernier la définit comme « la mise à l'épreuve de la technologie dans son contexte d'usage qui permet d'évaluer concrètement ses apports et ses limites, et de définir ainsi son intérêt par rapport à l'activité et aux projets de l'individu » (Bobillier Chaumon, 2016, p.10). Ce modèle présente quatre dimensions. La première dimension est individuelle et permet de saisir le coût cognitif et émotionnel de l'usage de la technologie. Cette première dimension nous semble intéressante dans le sens où, avec la réorganisation des activités sur sites, les techniciens ont vu leur métier évoluer. Il est donc nécessaire d'évaluer dans quelle mesure les outils mis à disposition répondent aux besoins des techniciens. La deuxième dimension est organisationnelle et « implique le rapport avec l'organisation du travail, et notamment le contrôle exercé par la technologie sur leurs actions et initiative » (p.11). Cette dimension va nous permettre d'interroger l'autonomie et les marges de manœuvres que la technologie laisse aux techniciens. La troisième dimension est relationnelle et vise à comprendre comment les collectifs et réseaux de travail sont impactés par la technologie. Dans le cadre de ce projet, des nouveaux rôles ont été définis et sont parties prenantes de l'activité des techniciens : les analystes et employés du centre de supervision. Une question intéressante à développer est de comprendre comment ces différents acteurs collaborent à travers les outils numériques mis en place. Et enfin, la quatrième dimension, professionnelle et identitaire, s'intéresse « aux répercussions sur la construction et la reconnaissance identitaire de l'individu » (p.11). Comme nous l'avons souligné, les techniciens dans cette entreprise voient leur métier se transformer car l'activité de production est en partie (et à terme totalement) définie par les employés du centre de supervision. Cela nous interroge sur le sens du travail des techniciens sur site.

A partir de ce modèle et des dimensions sous-jacentes, nous mettons en place une méthodologie qualitative afin d'évaluer les impacts de ces changements organisationnels et numériques sur l'activité des techniciens.

3. METHODE

3.1. Participants

Afin de comprendre les changements inhérents aux transformations numériques dans cette entreprise, nous interrogeons des techniciens issus de cinq sites différents. Il est à noter qu'actuellement nous sommes intervenus sur trois sites. Nous focaliserons nos résultats sur un site en particulier qui présente une particularité intéressante. En effet, ce site a subi une restructuration avant le démarrage du projet : il est issu d'une fusion entre trois sites de la même région qui auparavant étaient totalement indépendants (responsable, activité et fonctionnement différents). Le site fusionné est géré par un responsable unique, et les techniciens d'astreinte en binôme doivent désormais intervenir sur les trois sites. Nous avons interrogé huit techniciens, un responsable de production et un responsable de site. L'âge des participants varie entre 30 et 52 ans avec une

moyenne de 41 ans. L'ancienneté au sein de l'entreprise varie entre 9 et 25 ans avec une moyenne de 15,3 ans. L'ancienneté au poste actuelle varie entre 4 mois et 8 ans avec une moyenne de 2,8 ans.

3.2. Matériel et procédure de recueil des données

Nous choisissons de réaliser des entretiens semi-directifs car les techniciens, initialement en poste (3*8 heures), travaillent désormais en astreinte pour gérer la production. De ce fait, les observations de l'activité sont difficiles à conduire. Les entretiens sont composés de quatre thèmes principaux. Nous commençons par renseigner les données sociodémographiques (âge, ancienneté, parcours...). Le premier thème concerne l'activité de travail du participant et est composé de quatre sous-thèmes (objectifs, organisation...). Le deuxième thème aborde le logiciel de gestion d'activité au travers de dix sous-thèmes (apport, formation, utilisation au quotidien...). Le troisième est lié au centre de supervision avec quatre sous-thèmes (mission, rapport avec les employés...). Le dernier thème concerne le changement au travers de cinq sous-thèmes (perception du changement, accompagnement au changement...).

Afin de recueillir les données, le premier auteur s'est rendu six jours sur le site pour interroger 8 techniciens et deux responsables. Les entretiens sont réalisés dans une salle de réunion au calme. Nous commençons par faire signer un formulaire de consentement aux participants qui garantit l'anonymat et la confidentialité des données. Par ailleurs, nous demandons l'autorisation aux participants d'enregistrer l'entretien à l'aide d'un dictaphone afin de le retranscrire par la suite. Les entretiens ont une durée qui varie entre 28min et 1h28 avec une moyenne de 52 minutes. Nous utilisons le logiciel Nvivo afin de réaliser des analyses de contenu des entretiens recueillis.

4. RESULTATS

Les résultats mettent en exergue plusieurs points intéressants à développer afin de comprendre l'impact des changements organisationnels et numériques sur l'activité de notre échantillon. Dans le cadre de cette communication, nous focaliserons nos résultats sur certains éléments qui nous semblent pertinents.

4.1. Une intensification de l'activité

L'automatisation des unités de production était censée réduire la charge de travail des techniciens sur site en reportant le travail de définition des marches de production au centre de supervision qui gère désormais cette activité à distance pour les vingt sites en France. De ce fait, les effectifs sur site ont diminué (des mobilités internes ont été proposées à certains techniciens), mais les techniciens interrogés précisent que le travail dont ils sont déchargés ne compense qu'en partie cette baisse d'effectif. Ainsi, le nombre actuel de technicien sur site n'est pas suffisant pour le travail réaliser (évoqué 7 fois : « *Non les ressources humaines on n'en a pas assez donc euh ça... c'est pas du tout, on le voit ben on le verra à la longue hein. Mais des ressources humaines on n'en a pas assez (P3) »*) et notamment en lorsqu'ils sont en astreinte sur site où auparavant ils étaient deux et désormais ils sont seuls à intervenir (évoqué 6 fois : « *Là tu essayes de te débrouiller tout seul parce que tu sais que l'autre il est débordé aussi et euh donc tu es tout seul à réfléchir, tu stresses alors des fois pour pas grand-chose mais comme tu es tout seul ben... (P8) »*).

Dans cette veine, cette réduction des effectifs sur site et la restructuration ont des conséquences sur le travail des techniciens mais aussi des responsables. La première conséquence est liée à une intensification de l'activité (Bobillier Chaumon, 2013). Tous les participants évoquent une surcharge quantitative mais aussi qualitative de travail (53 verbatim) telle que :

- Une augmentation de la charge de travail (évoqué 7 fois) : « *Au niveau technicien ce n'est pas positif parce qu'on arrive pas à tout faire, on voudrait tout faire, on aimerait faire tout faire et bien, pas vite fait mais on peut pas (P8) »* ;

- Une sollicitation plus importante (évoqué 14 fois) : « *On est sollicité beaucoup plus souvent (P2)* » ;

- Un travail quotidien dans l'urgence (évoqué 11 fois) : « *Ouais un peu pris par le temps, on travaille beaucoup en urgence (P2)* » qui ne permet pas aux participants de faire leur travail correctement (évoqué 13 fois) : « *On n'avance plus, on est complètement sous l'eau sur la maintenance, gestion des... enfin je pense qu'on est en flux tendu en permanence (P1)* » ;

- Un panel de tâche à réaliser plus large (évoqué 8 fois) : « *Oui comme on est multitâches (P10)* ».

Par ailleurs le manque de temps est aussi évoqué 16 fois par les participants (« *On n'a plus le temps de faire les choses qualitativement (P1)* »).

Nous voyons qu'il y a une différence entre ce que le projet devait apporter au quotidien, à savoir une diminution de la charge de travail par l'automatisation des outils de production et la situation actuelle. L'apport du centre de supervision mais aussi les outils numériques exposés lors de l'annonce du projet se révèlent décevants vis-à-vis des attentes des techniciens (évoqué 7 fois : « *Pour l'instant, j'ai vu un 10ème de ce qu'on nous avait vendu en termes d'outils digitales (P9)* » ; « *ils nous ont vendu ça comme quoi ça allait révolutionner notre façon de travailler (P7)* ». En effet, l'outil de communication entre le centre de supervision et les sites est vu comme une informatisation de leur cahier de poste papier (évoqué 10 fois : « *C'est notre cahier de poste électronique on va dire (P1)* ») sans réel changement dans leur pratique (évoqué 8 fois : « *Oui sinon c'est de l'information quoi. Ça n'a pas forcément changé notre façon de faire (P2)* »). Par ailleurs, le changement mis en place dans cette entreprise est perçu comme rapide et sans réel accompagnement (évoqué 10 fois).

4.2. Une reconfiguration des réseaux de travail

L'automatisation des sites et la mise en place du centre de supervision amène une reconfiguration des réseaux de travail (Bobillier Chaumon, 2013). En effet, le centre de supervision regroupe plusieurs acteurs (pilote, analyste...) qui interviennent désormais dans la gestion de la production des sites. Les participants évoquent la bonne entente de l'équipe sur site (évoqué 7 fois : « *Voilà c'est un fonctionnement en équipe, on a quand même une équipe qui tourne bien. La relation intra-équipe est bonne donc par rapport à ça il n'y a pas de... je dirais, c'est pas une difficulté (P4)* ») mais aussi avec le personnel au centre de supervision (évoqué 10 fois : « *Oh ben très bien ils sont tous passés sur chaque site pour voir ce qui se passe sur chaque site. Non mais ils sont tous... voilà c'est des jeunes, ils sont sympas (P6)* »). Cependant, les entretiens révèlent que la moitié des participants ont peu de visibilité quant aux informations utiles pour le centre de supervision (évoqué 5 fois). Les données liées à la production sont davantage citées (12 fois) comme utiles pour le centre de supervision. Par contre, les données liées à la maintenance restent majoritairement à destination des sites (évoqué 4 fois).

4.3. Une multitude de logiciels pour la gestion de l'activité

Les techniciens sur site utilisent le logiciel de communication essentiellement pour saisir les données liées à la production plutôt qu'à la maintenance et ce dans le but de prévenir soit les collègues de travail, soit les employés du centre de supervision. Cependant, l'activité sur site ne se restreint pas à la production, mais désormais une part importante de l'activité est orientée sur la maintenance. Les participants jonglent entre plusieurs outils numériques pour gérer leur activité, dont le logiciel de communication avec le centre de supervision. L'absence de lien entre les différents outils obligent les techniciens à écrire plusieurs fois les mêmes informations (évoqué 17 fois : « *P3 : Tu écris deux fois la même chose, il faut que tu le fasses deux fois (P3)* ». Une passerelle entre le logiciel de communication et le logiciel interne de gestion des travaux sur site doit être mise en place pour éviter de rentrer plusieurs fois les mêmes informations (évoqué 15 fois). En outre, des bugs récurrents et des problèmes de connexion à la tablette tactile sur laquelle sont installés les différents outils numériques ne favorisent pas son utilisation (évoqué 16 fois : « *Non alors pas convivial parce*

que moi je trouve qu'on est obligé de connecter / se déconnecter euh beaucoup de bugs, beaucoup de bugs de connexion (P3) »).

Malgré ces difficultés, plusieurs points positifs sont évoqués (évoqué 18 fois) tels que le côté pratique, le fait que le logiciel soit une bonne chose, le côté moderne et sa simplicité d'utilisation. De plus, il est perçu comme un outil de communication notamment avec le centre de supervision (évoqué 13 fois : « *Après c'est vrai qu'on ne pouvait pas communiquer avec le centre de supervision et c'est vrai que là l'avantage c'est que le centre de supervision marque des choses on peut les voir et on peut communiquer comme ça (P8) »*). De plus, il permet une meilleure visibilité des informations ; en effet, la restructuration de ces trois sites en un seul nécessitait auparavant trois cahiers de poste papier (évoqué 23 fois : « *Et puis je dirais c'est... on peut le faire de n'importe où et puis je dirais l'information est en temps réel quoi si la personne la met aussi, c'est toujours pareil mais voilà on peut diffuser en temps réel les informations, c'est surtout ça quoi (P10) »*).

4.4. Un impact sur la santé des travailleurs

Pour finir, les participants évoquent l'impact de la situation actuelle sur l'ambiance au travail mais aussi sur leur santé au travail. Ainsi, l'ambiance générale, le ressenti négatif et la démotivation sont cités (évoqué 21 fois) : « *Avant tu avais une qualité de travail, une qualité de vie au travail qui a vraiment déclinée, qui s'est dégradée. C'est pas top en ce moment (P7) »* ; « *Oui beaucoup ouais ça commence à me peser très sérieusement ouais. Là, j'arrive à un point de saturation (P10) »* ; « *On passe d'un sujet à l'autre sans les finir donc c'est pas motivant (P6) »*.

Concernant la santé au travail (évoqué 24 fois), les participants parlent de stress, de fatigue, de l'augmentation des heures supplémentaires et de l'impact sur leur vie personnelle (« *Ouais, Ouais, ouais, grosse fatigue parce que ben tu passes ton weekend au boulot, tu passes la semaine, tu es appelé toute la nuit (P7) »* ; « *Ça influe forcément sur la vie perso aussi (P2) »*). En outre, plusieurs participants expliquent ne pas ressentir d'effet négatif sur leur santé (évoqué 4 fois : « *Non non ça je l'avais au début, au bout d'un an ou deux ans maintenant je ne l'ai plus le stress s'ils appellent j'y vais (P2) »*) et certains expliquent prendre du recul vis-à-vis du travail (évoqué 4 fois : « *Non. Non parce que non c'est pareil je minimise pas mal de choses maintenant parce que je me dis bon ben je peux pas me doubler, je ne peux pas être 4 sur le terrain je fais l'activité qu'on me demande (P3) »*).

5. DISCUSSION

Les résultats de cette étude ont permis de mettre en exergue plusieurs points intéressants concernant l'impact du changement sur l'activité des participants. Le modèle de l'acceptation située de Bobillier Chaumon (2013) nous semble pertinent afin de discuter des résultats de cette étude. Nous nous focaliserons sur les deux premières dimensions du modèle à savoir personnelle et interpersonnelle. En effet, le premier élément est l'accroissement de la charge de travail lié à la fois à la restructuration des sites et à la réduction des effectifs. Il y a donc une intensification de l'activité (Bobillier Chaumon, 2013). Les participants évoquent une charge de travail plus importante notamment liée au périmètre plus important sur lequel ils doivent intervenir. En effet, le projet a amené une fusion entre trois sites de la même région qui auparavant étaient totalement indépendants (responsable, activité et fonctionnement différents). L'effectif doit donc pouvoir gérer les contraintes sur les trois sites simultanément, le périmètre d'action est donc plus étendu. Par ailleurs, les résultats font ressortir un panel de tâches à réaliser plus large, une sollicitation plus importante et un travail dans l'urgence. Sahler, Berthet, Douillet et Mary-Cheray (2007) expliquent que la sur-sollicitation « a des effets multiples sur les individus, elle nécessite aussi des compétences plus nombreuses et diverses mais aussi la « métacompétence » d'articuler l'ensemble, de faire les bons choix de priorités, d'éviter les collisions des tâches, les contradictions trop fortes, de gérer mentalement et nerveusement ces arbitrages et sollicitations cognitives multiples » (p.35). Par ailleurs, Bobillier Chaumon (2013) précise que l'intensification « découle à la fois de l'empilement de choses à faire (multiples, hétérogènes, imprévisibles... dans des temps réduits), des ressources

excessives mobilisées par l'individu pour y faire face (en termes de sur-sollicitation), mais aussi de l'incapacité ou de la difficulté à pouvoir mobiliser ces mêmes ressources, compte tenu des restrictions et/ou des limites posées par la situation du travail (activité empêchée) » (p.102). Plusieurs participants nous ont expliqué l'impossibilité pour eux de réaliser leur travail comme ils le souhaiteraient ce qui génère de la frustration vis-à-vis du travail. Davezies (2006) explique que les salariés peuvent être en souffrance au travail lorsqu'ils ne peuvent plus réaliser un travail de qualité. De plus, selon Bobillier Chaumon (2013) le fait de réaliser un travail « qui ne répond pas aux critères et aux règles de qualité de son métier » (p.102) est très coûteux pour le salarié. En effet, les participants évoquent dans les entretiens la difficulté de la situation actuelle qui génère à la fois des effets sur leur santé (fatigue, stress...) mais aussi sur l'ambiance au sein du collectif. En outre, Clot (2013), explique que l'intensification du travail produit une « mauvaise fatigue, qui n'est pas liée à ce que l'on demande au salarié de faire, mais à ce qu'on l'empêche de faire, à ce qu'on l'oblige à ravalier, alors qu'il en aurait besoin pour que son travail soit « bien fait » » (p.25).

Par ailleurs, les participants évoquent de bonnes relations à la fois au sein de l'équipe mais aussi avec les salariés du centre de supervision. Comme le souligne Bobillier Chaumon (2013) « en médiatisant l'activité, les technologies contribuent à augmenter le volume, la nature et la rapidité des flux d'information. Elles multiplient aussi le nombre d'interlocuteurs » (p.157). Cependant, les participants mettent l'accent sur le fait qu'ils ont de moins en moins la possibilité de s'entraider compte tenu de la charge importante de travail. Le logiciel de communication mis en place remplit bien son rôle car il permet aux techniciens d'échanger avec le centre de supervision mais aussi de se renseigner sur les problématiques rencontrées sur chacun des sites qu'ils doivent gérer. En effet, les techniciens sont d'astreinte une semaine par mois par binôme de deux, et en fonction de leur habilitation ils interviennent sur un ou deux des trois sites de production. Par contre, ce logiciel est utilisé uniquement pour la production sur site et non la maintenance. Les entretiens ont aussi mis en avant peu de règles définies entre les sites et le centre de supervision quant aux informations à rentrer dans le logiciel. Les techniciens utilisent donc plusieurs outils numériques (agenda, outil interne de gestion des opérations de maintenance, outil de communication avec le centre de supervision...). Certains techniciens expliquent ne pas vouloir noyer le système en mettant des informations qu'ils considèrent inutiles et souvent liées à la maintenance préventive des équipements. Ces retours nous amènent à nous interroger sur la manière dont l'outil de communication a été développé. En effet, comme nous l'indiquions, des ateliers de maquettage ont été conduits mais il n'y a pas eu d'analyse de l'activité sur site afin d'anticiper l'usage du logiciel par les techniciens. Cette analyse aurait pu permettre en particulier d'analyser l'usage des cahiers de poste qui permettaient de gérer l'activité du site de manière globale. Dourish (2003) explique qu'il est préférable de commencer par analyser la pratique c'est-à-dire le sens de l'action plutôt que de commencer par la technologie car l'appropriation concerne « la manière dont la technologie joue un rôle dans ce système de sens » (p.18).

6. CONCLUSION

Dans cet article nous avons présenté les résultats issus d'une recherche menée sur un site industriel en transformation. Les résultats des entretiens ont fait ressortir plusieurs conséquences de la transformation numérique telles qu'une intensification de l'activité et une reconfiguration des réseaux de travail (Bobillier Chaumon, 2013). Par ailleurs, le logiciel de communication qui vise à remplacer le cahier de poste papier permet de gérer qu'une partie de l'activité des techniciens sur site : la production. Ils doivent, pour gérer la maintenance, utiliser d'autres outils qui ne sont pas reliés au logiciel de communication ce qui nous fait nous interroger sur la conception même de ce logiciel.

Ces résultats préliminaires d'une « technologie en pratique » (Orlikowski, 2000) nous permettent donc d'identifier tous les problèmes engendrés par l'absence de cette analyse de

l'activité qui n'a pas permis d'éviter les écueils d'ateliers participatifs centrés sur la production d'une solution.

7. REFERENCES

- Arnoud, J., & Falzon, P. (2013). Changement organisationnel et reconception de l'organisation : des ressources aux capacités. *Activités*, 10(10-2).
- Bobillier Chaumon, M.E. (2013). *Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies : Questions et perspectives pour la psychologie du travail* (Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)). Université Pierre Mendès-France. Ecole Doctorale SHPT / Université Lyon 2 - Laboratoire GRePS.
- Bobillier Chaumon, M.E. (2016). L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 22(1), 4-21. doi : 1016/j.pto.2016.01.001
- Clot, Y. (2013). L'aspiration au travail bien fait. *Le Journal de l'École de Paris du Management*. 99(1), 23-28.
- Davezies, P. (2006). Les coûts de l'intensification du travail. *Santé et travail*, 57. Retrieved from :http://www.comprendre-agir.org/images/fichierdyn/doc/2007/les_couts_de_l_Intensification_du_travail_davezies_chsc t.pdf
- Dourish, P. (2003). The appropriation of interactive technologies: Some lessons from placeless documents. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 12(4), 465-490.
- Lewkowicz, M., & Liron, R. (2019). The Missing "Turn to Practice" in the Digital Transformation of Industry. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1-29.
- Mario, H., Tobias, P., & Boris, O. (2015). Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review. *Technische Universität Dortmund, working paper*, (01).
- Orlikowski, W. J. (2000). Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations. *Organization science*, 11(4), 404-428.
- Rosson, M.B. & Carroll, J.M. 2002. Scenario-based design. In J.Jacko & A. Sears, Eds., *The Human-Computer Interaction Handbook*. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey (pp. 1032-1050)
- Sahler, B., Berthet, M., Douillet, P., & Mary-Cheray, I. (2007). *Prévenir le stress et les risques psychosociaux au travail*. Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.

Insertion d'une application métier sur un chantier de réhabilitation : réorganisation du travail d'articulation au sein de l'activité de "levée de réserves"

Élodie Chambonnière

5, Avenue Pierre Mendès France, 69500 Bron, France
elodie.chambonniere@univ-lyon2.fr

Jacqueline Vacherand-Revel

36, Avenue Guy de Collongue, 69134 Écully, France
jacqueline.vacherand-revel@ec-lyon.fr

Bruno Andrieu

5, Avenue Pierre Mendès France, 69500 Bron, France
bruno.andrieu@gmail.com

RÉSUMÉ

Notre recherche étudie la réorganisation, sous l'effet de l'usage d'une application métier, du travail d'articulation, avec les divers acteurs d'un chantier, piloté par un conducteur de travaux au sein de l'activité clé de "levée de réserves". Les réserves concernent des défauts de réalisations. Si le chantier possède d'importants défauts (e.g. chauffage défaillant), il est considéré comme "impropre à destination", ne peut, de ce fait, être réceptionné par le client. Nous proposons une articulation théorique entre les dimensions situées et incarnées de l'activité et son développement historico-culturel. L'investigation de nature ethnographique a duré six mois en immersion sur un chantier de réhabilitation. Elle a mobilisé deux modalités d'observation : "shadowing" et "participation observante". Nos résultats indiquent que ce travail d'articulation au sein de cette activité est à la fois développé et contrarié. Nous discutons également de la pertinence d'effectuer une recherche-action pour accompagner l'insertion de nouvelles technologies numériques sur des chantiers de réhabilitation.

MOTS-CLES

Chantier de réhabilitation ; Ethnographie des activités ; Conducteur de travaux ; Travail d'articulation ; Application métier.

1. INTRODUCTION

En France, le secteur du bâtiment a pour défi de réussir le passage du papier au tout numérique. Afin d'appréhender les ressorts de cette innovation de rupture dans les pratiques métiers et les incidences organisationnelles et humaines de cette transition, nous avons engagé une recherche doctorale, en psychologie du travail, au sein d'une entreprise spécialisée en réhabilitation. Notre thèse poursuit deux objectifs. D'une part, de comprendre l'activité du conducteur de travaux et la façon dont elle est susceptible de se reconfigurer, sous l'effet d'une médiatisation numérique

des activités. D'autre part, d'accompagner cette transition en collaboration avec des acteurs clés des chantiers (directeurs et conducteurs de travaux, entreprises partenaires sous-traitantes).

Nos investigations ethnographiques sont conduites en situations réelles sur deux chantiers de l'entreprise contrastés en termes d'avancée dans la médiatisation numérique des activités. Cet article porte sur le premier chantier qui dispose d'outils numériques classiques (*e.g.* pour la réalisation de plans) mais dans lequel nous introduisons une tablette portable avec une application métier. Parmi les acteurs du chantier, nous choisissons ici d'interroger les pratiques existantes et nouvellement médiatisées d'un conducteur de travaux. Ce dernier a utilisé, pour la première fois, une application métier pour une activité clé dans la vie d'un chantier, celle de "levée de réserves". Les réserves concernent les défauts de réalisations (*e.g.* une porte rayée). Elles doivent être répertoriées pour être reprises par les ouvriers, selon les indications du conducteur de travaux. Une fois ces réserves levées, il faut le faire constater au maître d'œuvre¹⁷ pour rendre cette levée effective.

Après avoir contextualisé cette recherche en décrivant la complexité et la dynamique de la conduite de chantiers de réhabilitation et les activités qui la façonnent, nous proposons une réflexion articulant deux niveaux théoriques pour les appréhender. Nous présentons ensuite la démarche empirique de nature ethnographique adoptée et les principaux résultats de cette investigation.

2. LA VIE AU CŒUR DES CHANTIERS DE RÉHABILITATION

2.1. La complexité et le dynamisme des chantiers

Un chantier se structure en quatre phases interdépendantes : la réponse à l'appel d'offre, la préparation, la réalisation des travaux et la clôture. Dans chaque phase, les tâches sont tributaires du travail des autres et elles sont séquencées (Six, 2016). Pour la sécurité mais aussi pour la fluidité de la progression du chantier, sur un même lieu de travail les ouvriers ont la prescription d'adopter des modes opératoires pour se coordonner avec autrui afin de ne pas causer de gênes dans l'activité. Par exemple, en situation, le plombier pose ses réseaux de canalisations pendant que le peintre peint les murs. En différé, par exemple, pour que le poseur de sols puisse mettre du parquet, il faut que les sols soient préparés par les maçons, sans quoi l'activité du poseur de sols est empêchée.

Outre cette interdépendance entre les acteurs, la vie sur le chantier est toujours mouvante (Guffond et Leconte, 2001), elle est marquée par la survenue incessante d'aléas (fuites d'eau, accidents plus ou moins graves ...). Par conséquent, l'environnement de travail du conducteur de travaux est complexe car il lui revient de gérer ces imprévisibilités.

2.2. L'activité du conducteur de travaux : une nécessaire articulation avec les acteurs du chantier

Pour réaliser ses diverses activités¹⁸, le conducteur de travaux est amené à s'articuler avec un important réseau d'acteurs : client, maître d'œuvre, architecte, préventeur sécurité, entreprises partenaires sous-traitantes, ouvriers et son entreprise. Véritable chef d'orchestre, le conducteur de travaux a, entre autres missions, d'encadrer, de prescrire, de protéger et de coordonner le travail des nombreux ouvriers aux différents corps de métier du bâtiment (Forrierre et Six, 2010), d'assurer la sécurité du chantier, de suivre des réglementations techniques spécifiques, de respecter le budget initial prévu au marché et de réceptionner le bâtiment "sans réserve" et dans les temps impartis. Pour atteindre l'objectif du "zéro défaut", qui est la condition de réception du chantier par le client, le conducteur de travaux s'articule principalement avec le travail des ouvriers en échangeant en présentiel sur le chantier de vive-voix ou à l'aide d'artefacts (plan papiers, appels téléphoniques ...). Les échanges portent par exemple, sur ce qu'il convient de faire pour éviter un défaut (montrer aux ouvriers les tâches à réaliser, leur indiquer des repères précis sur les plans papiers pour faciliter la lecture) ou sur ce qu'il faut faire pour réparer le défaut (réajuster les directives auprès des ouvriers).

¹⁷ Le maître d'œuvre est mandaté par le client pour suivre la conception et la réalisation des travaux.

¹⁸ Nous détaillerons seulement les activités que nous jugeons pertinentes dans le cadre de cet article.

L'angle d'analyse que nous proposons se positionne du point de vue du conducteur de travaux dans ses interactions et ses collaborations avec les acteurs du chantier. Dans le même temps, nous interrogeons la fonction spécifique de cette nouvelle médiatisation et les transformations qu'elle génère pour l'activité de "levée de réserves" du conducteur de travaux. Pour ce faire, nous nous sommes référés à un cadre théorique spécifique présenté dans la partie suivante.

3. CADRAGE THÉORIQUE : APPRÉHENDER LE TRAVAIL D'ARTICULATION

3.1. Le travail d'articulation du conducteur de travaux sur un chantier

En référence aux travaux de Grosjean et Lacoste (1999), le "travail d'articulation" réside dans la coordination entre différents acteurs. D'après Ianeva et Vacherand-Revel (2015), il est pertinent de se focaliser sur cette notion pour penser les rapports entre l'organisation du travail (niveau global) et l'activité réelle *in situ* du conducteur de travaux (niveau local). L'étude du "travail d'articulation" nous apparaît ainsi comme un point privilégié pour appréhender l'insertion de l'application métier.

Afin d'illustrer le travail d'articulation du conducteur de travaux avec les acteurs dans la perspective de réaliser un chantier avec le moins de défauts, nous nous référons à trois dimensions de "*l'articulation*" (Grosjean et Lacoste, 1999). La première dimension est "*l'articulation structurante institutionnelle*" : le conducteur de travaux est le chef d'orchestre du chantier dont le rôle est défini par l'entreprise de réhabilitation. La seconde dimension est "*l'articulation structurante locale*" : le travail au sein de l'activité de "levée de réserves" est structuré par une répartition des tâches. Enfin, la troisième dimension est "*l'articulation opérationnelle*" : pour faire face aux imprévus, le conducteur de travaux et les ouvriers sont amenés à négocier pour coopérer efficacement.

3.2. Une nécessaire articulation théorique pour penser le "travail d'articulation"

Saisir l'amplitude des changements de cette insertion numérique pour l'activité d'un conducteur de travaux, nécessite de confronter divers niveaux de complexité dans l'analyse. Les appréhender suppose de se doter de cadres théoriques capables de prendre en charge, sans isoler *a priori*, les éléments organisationnels, situationnels et interactionnels susceptibles d'éclairer la fonction de l'application métier pour le travail d'articulation. En référence aux travaux de Vacherand-Revel (2015), nous proposons une articulation théorique entre les dimensions situées et incarnées de l'activité et son développement historico-culturel. Elle se réfère aux Théories de l'Action (*e.g.* Grosjean & Lacoste, 1999) et aux Théories de l'Activité (*e.g.* Engeström, 1987). Les premières sont principalement ancrées dans les paradigmes interactionnistes et situationnistes soulignant le caractère indéterminé de l'action puisqu'elle dépend d'une situation donnée (*e.g.* Goodwin et Goodwin, 1996). Les secondes se rapportent au paradigme constructiviste qui s'est étayé sur l'idée d'une codétermination du social et du psychisme. Cette articulation théorique vise à comprendre le travail d'articulation "*tel qu'il se fait en situation, tel qu'il se vit, s'éprouve et se développe dans ses modalités concrètes de réalisation*" (Vacherand-Revel, 2015) de l'activité de "levée de réserves".

4. CADRAGE MÉTHODOLOGIQUE : ETHNOGRAPHIE DE L'ACTIVITÉ

4.1. L'ethnographie de l'activité d'un conducteur de travaux

Avec une démarche méthodologique d'investigation ethnographique des activités, nous cherchons à rendre compte du travail d'articulation au sein de l'activité de "levée de réserves" du conducteur de travaux. Le chantier observé consistait à réhabiliter cent logements. Au cours de ces travaux, qui ont duré six mois, nous avons vécu en immersion sur le terrain, à raison de deux jours par semaine de présence. Cette immersion a favorisé une acculturation et une socialisation avec les pratiques de ce chantier et nous a permis d'être en capacité d'observer, d'interroger et d'analyser le travail qui s'effectuait. Cette condition d'intériorité fut essentielle pour observer l'activité confidentielle de "levée de réserves" que l'on n'exhibe pas à des observateurs extérieurs.

Nous avons fait le choix de suivre à la "trace" le conducteur de travaux dans tous ses déplacements et "d'être là, dans son ombre", le témoin privilégié de son travail en interaction avec l'ensemble des acteurs du chantier. Cette pratique spécifique d'ethnographie organisationnelle est nommée "shadowing" (Grosjean et Groleau, 2013). Cette première posture adoptée, dans laquelle nous étions identifiés comme chercheur-observateur, s'est révélée difficilement tenable. En effet, en raison des particularités du chantier où il faut agir vite dans un temps défini, nous avons été sollicités en tant que personne ressource pour participer à certaines tâches. La posture ethnographique a alors évolué pour prendre la forme d'une "participation observante" en parallèle du "shadowing".

Le conducteur de travaux de notre recherche est âgé de 24 ans. Lors de la durée du chantier, il a eu sous sa responsabilité la coordination du travail de 21 entreprises partenaires sous-traitantes¹⁹. Au maximum, une dizaine d'entreprises (soit 35 ouvriers) pouvait intervenir en situation de co-activité. En outre, 15 professionnels issus de métiers différents sont intervenus sur ce chantier.

4.2. La palette des instruments

Une palette d'instruments *ad hoc* à la vie du chantier a été conçue. Nous avons privilégié, au départ, des observations ouvertes, instrumentées par des carnets ethnographiques, pour entrer dans le métier du conducteur de travaux puis des observations ciblées sur le "travail d'articulation" du conducteur de travaux avec les acteurs. Nous avons recueilli des verbalisations et des interactions verbales et non verbales à l'aide de photographies et d'enregistrements audiovisuels. Les matériaux du corpus de données ont principalement fait l'objet d'analyses thématiques. D'abord, en proximité de l'action, les analyses ont été co-construites avec le conducteur de travaux. Ensuite, elles ont été retravaillées avec des acteurs du chantier en associant les entreprises partenaires sous-traitantes et directeurs de travaux. Nous leur avons exposé ce que nous avons observé et analysé puis nous avons consolidé ou validé ensemble ces analyses en ajoutant ou supprimant des éléments en fonction de leur pertinence du point de vue de ces acteurs impliqués et de ce qui faisait sens pour eux.

5. RÉSULTATS

5.1. Être conducteur de travaux : l'insertion dans une société et une culture spécifique

Le conducteur de travaux exerce au sein d'un important réseau d'interlocuteurs, faire équipe sur un chantier ne va pas de soi si l'on tient compte de la pluralité des acteurs, de leurs différences culturelles (*e.g.* ouvriers aux niveaux de qualifications hétérogènes ou ne maîtrisant pas suffisamment la langue française) et des divers métiers qui façonnent les pratiques et conditionnent les interactions sociales. Le "travail d'articulation" repose sur des communications (transmissions et partages d'informations) mais également sur des négociations, des délibérations ou des décisions (articulation opérationnelle). L'analyse de ce chantier nous montre que son évolution est tributaire de la confrontation de ces différents "mondes sociaux" (Schütz, 1987 ; Béguin, 2004). Dans ces mondes socio-professionnels se sont forgés des langages d'action et des "visions professionnelles" (Goodwin & Goodwin, 1996) qui ne sont pas nécessairement convergents dans les manières de dire, de décrire, de comprendre des événements et de percevoir une situation. Ces langages, comme ces "visions" traduisent des intérêts particuliers des partenaires du chantier et le développement de connaissances métiers, construits en référence aux univers organisationnels et culturels dans lesquels ils évoluent quotidiennement (Vacherand-Revel, 2017). Par exemple, lorsque de l'eau fuit suite à la mauvaise étanchéité de la toiture, divers mondes s'entremêlent. Le but commun est de réparer la fuite d'eau mais cela ne renvoie pas à la même signification selon les acteurs. L'entreprise de réhabilitation est vigilante à ce que la réparation soit la moins coûteuse possible. Le conducteur de travaux doit faire appel à une entreprise partenaire sous-traitante spécialisée dans l'étanchéité. Il doit également organiser l'activité en la coordonnant - ne pas faire intervenir d'ouvriers s'il y a de l'eau dans le bâtiment. L'entreprise partenaire sous-traitante cherche à identifier la nature des

¹⁹ La plupart des ouvriers sont des partenaires sous-traitants.

travaux à réaliser- elle négocie en conséquence sa prestation et le nombre d'ouvriers qui seront mobilisés. Quant aux ouvriers qui réparent la fuite, ils doivent utiliser les bons matériaux.

De plus, le travail du conducteur de travaux s'inscrit dans une culture professionnelle particulière, celle du monde du bâtiment et de la réhabilitation avec ses prescriptions qui intègrent des normes strictes et évolutives qu'il se doit d'intégrer à sa pratique pour superviser le travail des ouvriers et faire face aux aléas. Par exemple, outre la mobilisation de ses compétences techniques, il doit suivre les protocoles de la réhabilitation (désamianter si nécessaire le bâtiment ...), respecter les valeurs de son entreprise (être transparent sur les problèmes rencontrés ...), maîtriser le langage véhiculaire de la réhabilitation (spécialisation des termes techniques), s'adapter aux habitudes de travail (si les entreprises partenaires sous-traitantes sont sérieuses, il faut créer les conditions pour pouvoir continuer la collaboration au-delà du chantier en cours). S'inscrire dans une culture commune permet aux acteurs de partager les mêmes savoirs et savoir-faire, parfois collectivement constitués, validés et partagés facilitant ainsi le "travail d'articulation".

5.2. Les artefacts mobilisés dans le "travail d'articulation" au sein de l'activité de "levée de réserves"

Pour éviter que le chantier soit "impropre à destination", le conducteur de travaux utilise des stratégies auprès des ouvriers afin que ces derniers reprennent les défauts. Il doit s'articuler de manière opérationnelle avec eux à l'aide d'artefacts (Rabardel, 1995) variés qu'il s'est approprié.

Ainsi, le conducteur de travaux annote les plans papiers pour indiquer aux ouvriers où intervenir. Par exemple, il a entouré en vert les radiateurs qui devaient être contrôlés pour vérifier s'ils fonctionnaient (cf. 1, figure 1). Le plan sert également à transmettre une information (cf. 2, figure 1) car il peut être transporté sur le chantier lorsque les ouvriers doivent effectuer des travaux manuels : un ouvrier a le plan papier sous son bras et tient un mètre dans l'autre main (cf. 3, figure 1). Enfin, il sert d'aide pour se repérer dans l'espace du chantier : afin que les ouvriers puissent se repérer, les plans papiers sont affichés dans le bâtiment (cf. 4, figure 1). Soulignons que l'usage du numérique n'est pas absent de l'activité puisque les plans papiers sont des impressions issues de logiciels spécialisés de modélisation. Nous observons que certains ouvriers ont du mal à lire les plans et à se repérer spatialement, soit parce qu'ils ne disposent pas de compétences métiers suffisantes pour se représenter l'espace ainsi projeté, soit parce que le format du plan n'est pas adapté à une lecture sur le chantier (peintures dégradant le support, rafales de vents, gouttes de pluie ...).



Figure 1 : les usages du plan papier

Dans cette dynamique marquée par l'urgence, le conducteur de travaux doit coordonner et réguler l'activité des ouvriers. Le téléphone portable avec ses fonctions d'appels et de prises de photographies est très utilisé. Les photographies servent à indiquer aux ouvriers ce qu'ils doivent faire (enlever une palette qui bloque le passage (cf. 1, figure 2)) ou à effectuer des rappels à l'ordre à ceux qui n'ont pas effectué le travail demandé (reprendre des trous au plafond (cf. 2, figure 2)).



Figure 2 : les usages de la photographie

Par ailleurs, nous constatons que le corps sert de point d'appui à la compréhension ou de démonstrateur à l'action. Par exemple, le maçon devait tracer l'emplacement des futurs réseaux (*e.g.* eaux usées ...) pour effectuer ensuite le réseau sous-dallage (couler du béton sur les réseaux pour les enfouir sous le sol). À l'aide du plan, le conducteur de travaux a indiqué à l'ouvrier où il devait tracer l'emplacement des futurs réseaux. Le maçon a alors aligné son corps et à tracé à l'aide d'une bombe de couleur orange le futur emplacement d'un réseau (cf 1, figure 3). Aussi, les directives pour "lever les réserves" nécessitent de nombreuses interactions avec les ouvriers qui obligent le conducteur de travaux à se déplacer fréquemment sur le chantier, par exemple, lors de rendez-vous avec les entreprises partenaires sous-traitantes pour faire un point sur l'avancée des travaux (cf 2, figure 3).



Figure 3 : la mobilisation du corps sur le chantier

5.3. La réorganisation du "travail d'articulation"

Avant l'insertion de l'application métier, lorsque le conducteur de travaux effectuait ses tours de chantiers, il notait les défauts sur un carnet, les recopiait ensuite sur son ordinateur sous la forme d'un tableau puis il transmettait une liste aux ouvriers (cf 1, figure 4). Dorénavant, le conducteur de travaux doit utiliser l'application numérique en insérant des commentaires (la nature du défaut, sa localisation, le nom de l'entreprise partenaire sous-traitante) et des photographies (cf 2, figure 4).



1



2

Figure 4 : le passage du papier à l'application

Nous observons aussi que lors des tours de chantiers, une nouvelle stratégie (articulation opérationnelle) émerge avec ce support numérique. Le conducteur de travaux peut montrer aux ouvriers les photographies correspondant aux défauts du chantier (cf 1, figure 5). Il peut également imprimer les listes des défauts qu'il a constatés avec les photographies les attestant et les affiche ensuite dans le bâtiment en guise de preuve (cf 2, figure 5). La catégorisation des tâches opérée par corps de métiers (peinture, plomberie ...) que l'application métier permet, structure la relation aux ouvriers à travers cette matérialisation. Cette dernière devient une ressource qui permet de mettre en capacité d'action les ouvriers tout en limitant les explications orales et les déplacements sur le chantier. Nous constatons que les impressions parlant d'elles-mêmes, les ouvriers sollicitent moins le conducteur de travaux pour des demandes d'explications. Ces documents portent alors une répartition du travail et servent de guide pour l'action (articulation structurante locale).



1



2

Figure 5 : les usages de l'application métier

L'application métier génère aussi des changements pour le conducteur de travaux lui-même. Avant son insertion, il était le seul à détenir les informations concernant les défauts. Il n'avait pas à diffuser ses notes à sa hiérarchie. Dorénavant, l'application génère un classement qui est envoyé par e-mails hebdomadairement aux dirigeants. L'activité de "levée de réserves" est davantage transparente et mise en visibilité. Par voie de conséquence, cette prescription de publiciser ce travail, sous la forme de comptes rendus d'activité devient un moyen de contrôle pour les dirigeants qui peuvent utiliser l'application métier comme un système panoptique de contrôle (Foucault, 1975). L'articulation structurante institutionnelle est réorganisée car la direction incite les conducteurs de travaux à s'engager davantage dans leur activité en étant plus autonomes et réactifs. Ce qui se traduit, en situation, par une pression supplémentaire sur cette activité où avec cette nouvelle

visibilité, chaque défaut doit être traité dans l'urgence. Par ces nouvelles formes d'engagements ou de la "prescription de la subjectivité" (Clot, 1999), les dirigeants attendent que les conducteurs de travaux alignent en quelque sorte leurs performances avec celles de l'application en levant toujours plus vite les réserves sans forcément tenir compte du réel de l'activité en prise avec ses aléas.

6. DISCUSSION

Dans ce secteur du bâtiment, en pleine transition numérique, nous avons étudié la réorganisation du "travail d'articulation" au sein de l'activité de "levée de réserves" d'un conducteur de travaux suite à l'introduction d'une application métier. Notre investigation a permis de mieux comprendre cette activité "*telle qu'elle se réalise, se développe et s'éprouve*" (Vacherand-Revel, 2015) sur la scène du chantier. Les travaux de Bobillier Chaumon (2013) ont montré que suite à l'introduction d'outils technologiques, plusieurs dimensions du travail peuvent être affectées. Dans notre analyse, nous avons pris en compte les dimensions organisationnelles (régulation et prescription de l'activité, gains/pertes pour le conducteur de travaux), personnelles et individuelles (expérience vécue du conducteur de travaux d'utiliser, d'accepter et de s'approprier ce nouvel artefact), professionnelle et relationnelle (réorganisation du travail d'articulation dans une activité essentiellement relationnelle).

En conduisant une recherche-action, notre objectif était, entre autres, d'identifier les conduites réelles d'adoption d'une technologie par le conducteur de travaux en vue d'établir des retours d'usages au prestataire pour la conception de l'application (démarche "centrée-utilisateur", Norman et Draper, 1986). Il faudra attendre davantage de déploiement pour identifier plus en détail la manière dont s'insère l'application métier dans l'activité de "levée de réserves" et la façon dont elle est susceptible de développer cette activité. Étant donné la spécificité des chantiers de réhabilitation avec la survenue incessante d'aléas qui peuvent causer l'apparition de défauts, le planning et la répartition des tâches que le conducteur de travaux prévoit se trouvent renégociés (Duc, 2002 ; Chambonnière, Vacherand-Revel et Andrieu, 2018). Au stade actuel d'utilisation, l'application métier semble aider le conducteur de travaux à gérer quotidiennement ces imprévisibilités. En référence aux travaux de Bobillier-Chaumon (2013), nous identifions une acceptabilité pratique (tablette et application facile à prendre en main, prise en compte des besoins) et une acceptation située (nouveaux usages développés). De plus, notre recherche a permis à l'entreprise de réhabilitation d'identifier la nécessité, pour les conducteurs de travaux, de disposer d'un temps de formation et d'adaptation avant d'être "opérationnels" pour utiliser de nouvelles applications numériques. Étant donné le coût financier assez élevé du déploiement de l'application sur les chantiers et le temps humain d'appropriation qu'il génère, l'entreprise a cherché à optimiser au mieux son fonctionnement et s'est montrée soucieuse d'analyser avec précision la façon dont elle s'insère dans les activités sur un chantier. Bien que son utilisation soit une prescription hiérarchique, les dirigeants se sont rapidement rendu compte que certains conducteurs de travaux ne l'utilisaient pas ou se montraient réticents à le faire. Sur la base de nos travaux et des discussions qu'ils ont permis d'ouvrir, les changements engendrés de manière positive ou non, ont ainsi pu être appréciés plus finement. Certains conducteurs de travaux ont perçu qu'il y avait de réels avantages à utiliser l'application (gain de temps, précision etc.). Quelques retours ont été réalisés auprès du prestataire pour que les fonctionnalités de l'application métier soient mieux adaptées aux pratiques métiers des conducteurs de travaux. À titre d'exemples, certaines fonctionnalités mériteraient d'être développées : faire une légende par couleurs des défauts relevés ; garder en mémoire les défauts une fois qu'ils sont levés afin d'assurer une traçabilité de l'activité ; disposer d'une vue globale du chantier et pas seulement une répartition pièce par pièce ; ajouter un onglet « défauts généraux » au lieu d'inscrire un même défaut dans chaque pièce sachant qu'il est applicable à l'ensemble des travaux.

La démarche d'ethnographie des activités que nous développons nous a permis, non seulement, d'être au cœur de la vie des chantiers de réhabilitation au plus près de l'expérience des

acteurs mais aussi d'être inclus dans le jeu de ces acteurs pour comprendre de façon endogène leurs activités. Cette démarche s'est, dans le même temps, révélée essentielle pour accompagner les conducteurs de travaux dans la transition numérique avec une visée transformative de leur activité, en particulier lorsqu'il s'est agi d'adopter de nouvelles pratiques métiers numériques. Ainsi, l'accompagnement dans leurs apprentissages, le soutien opérationnel à l'installation de ces nouveaux outils numériques a permis aux conducteurs de travaux de les tester en situation. Ils ont alors pu percevoir leurs bénéfices, notamment avec le temps qu'ils pouvaient gagner réellement dans l'espace très contraint de la conduite du chantier, la précision et la traçabilité dans leurs actions qu'un tel usage favorisait et la façon dont leur pouvoir d'agir dans leurs activités cognitives et interactionnelles quotidiennes trouvait avec les supports matérialisés de nouvelle médiatisation une occasion de se développer.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Béguin, P. (2004). Mondes, versions des mondes et mondes communs. *Bulletin de psychologie*, 57, 1(469), 45-59.
- Bobillier Chaumon, M.E. (2013). *Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité : questions et perspectives pour la psychologie du travail*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Grenoble.
- Chambonnière, E., Vacherand-Revel, J., & Andrieu, B. (2018). Transição digital na construção civil : analisar a atividade de "levantamento de inconformidades" mediada por um aplicativo informático de uma diretora de obra. *Laboreal*, 14(2), 45-61.
- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Duc, M. (2002). *Le travail en chantier*. Toulouse : Octarès Editions.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by Expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki : Orienta-Konsultit.
- Forrierre, J., & Six, F. (2010). Comprendre le risque routier professionnel par l'analyse de l'activité : l'exemple des conducteurs de travaux. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 12(2), 1-27.
- Foucault, M. (1975). *Surveiller et punir*. Paris : Gallimard.
- Goodwin, C., & Goodwin, M. (1996). Seeing as a situated activity : formulating planes. In Y.Engeström & D. Middleton (Eds.), *Cognition and Communication at Work* (pp. 61-95). Cambridge : Cambridge University Press.
- Grosjean, M., & Lacoste, M. (1999). *Communication et intelligence collective. Le travail à l'hôpital*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Grosjean, S., & Groleau, C. (2013). L'ethnographie organisationnelle aujourd'hui. De la diversité des pratiques pour saisir l'organisation en mouvement. *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, 48, 13-23.
- Guffond, J.L., & Leconte, G. (2001). Le pilotage d'activités distribuées : le cas du chantier. *Sociologie du travail*, 43, 197-214.
- Ianeva M., & Vacherand-Revel, J. (2015). Développement de l'activité et travail d'articulation: le cas d'un centre d'appels médico-social. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 17(1), 1-23.
- Norman, D.A., & Draper, S.W. (1986). *User Centered System Design: new perspectives on Human-Computer Interaction*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum associates.

Rabardel, P. (1995). Qu'est-ce qu'un instrument ? *Les Dossiers de l'ingénierie éducative*, 19, 61–65.

Schütz, A. (1987). *Le chercheur et le quotidien*. Paris : Klincksieck.

Six, F. (2016). *L'ergonome et le chantier*. Toulouse : Octarès Editions.

Vacherand-Revel, J. (2017). Le travail en équipe à l'ère de sa médiatisation numérique : figures actuelles de l'innovation organisationnelle. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 2(23), 85-88.

Vacherand-Revel, J. (2015). *Travailler en interaction avec et via les technologies numériques ou pour en concevoir d'autres : vers une ethnographie psychologique des activités médiatisées*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des recherches, Université de Lyon.

Session 8 – Réalité virtuelle et augmentée

Étude de l'acceptation de la réalité virtuelle : complémentarité de l'étude des perceptions des utilisateurs et de leur utilisation réelle de la technologie

Camille Sagnier

Centre de Recherche en Psychologie : Cognition Psychisme et Organisations (EA 7273)
Université de Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80025 Amiens, France
camille.sagnier@u-picardie.fr

Emilie Loup-Escande

Centre de Recherche en Psychologie : Cognition Psychisme et Organisations (EA 7273)
Université de Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80025 Amiens, France
emilie.loup-escande@u-picardie.fr

Gérard Vallery

Centre de Recherche en Psychologie : Cognition Psychisme et Organisations (EA 7273)
Université de Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80025 Amiens, France
gerard.vallery@u-picardie.fr

RÉSUMÉ

L'objectif de cette communication est de présenter une étude sur l'acceptation de la réalité virtuelle dans un projet de conception de poste de fabrication mené dans l'industrie aéronautique. Nous défendons l'idée selon laquelle pour qu'une technologie soit considérée comme acceptée, deux conditions doivent être respectées. D'une part, l'utilisateur doit avoir des perceptions positives sur la technologie et il doit avoir l'intention de l'utiliser (à nouveau). D'autre part, la technologie doit être intégrée à ses activités de travail. Nous avons donc investigué l'acceptation de la réalité virtuelle dans un projet de conception de poste selon ces deux versants. Pour étudier les perceptions des utilisateurs et leurs intentions d'utiliser à nouveau la réalité virtuelle, nous avons conduit des entretiens semi-directifs avec les utilisateurs suite aux sessions en réalité virtuelle. Nous avons couplé ces entretiens avec des observations armées des sessions afin d'étudier les usages effectifs de la technologie. Les résultats de cette étude sont en cours d'analyse et seront présentés en détail dans la communication longue.

MOTS-CLES

Acceptabilité ; Acceptation ; Réalité virtuelle ; Industrie ; Conception ; Aéronautique.

1. INTRODUCTION

Cette communication s'inscrit dans le cadre du projet LEON (acceptability of Emerging technologies in aeronautics) visant à étudier l'acceptabilité de la réalité virtuelle dans l'industrie aéronautique. La réalité virtuelle est un « domaine scientifique et technique exploitant l'informatique

et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel, le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs » (Fuchs, Moreau, Berthoz, & Vercher, 2006, p. 8). Elle a pour objectif de « permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel » (Fuchs et al., 2006, p. 5).

1.1. Trois approches théoriques pour traiter de l'acceptation des technologies

On peut représenter le processus d'acceptation d'une technologie comme un continuum entre acceptabilité et acceptation (Bobillier Chaumon & Dubois, 2009). *L'acceptabilité* se situe en amont de l'implantation de la technologie. Elle concerne les représentations des personnes face à une technologie qu'ils n'ont pas encore utilisée. Au cours des premières utilisations de la technologie, on se situe dans *l'acceptation* qui concerne l'expérience réelle des personnes avec la technologie.

Trois approches théoriques co-existent pour traiter de la question de l'acceptation des technologies (Bobillier Chaumon, 2013). La première approche se centre sur l'acceptabilité pratique. Elle cherche à mettre en évidence des critères, des principes et des méthodes de conception et d'évaluation pour favoriser l'acceptabilité de la technologie, en assurant sa qualité ergonomique et en optimisant les interactions homme-machine. La seconde approche se focalise sur l'acceptabilité sociale. Cette approche vise à identifier quels facteurs déterminent les intentions d'usage des utilisateurs. On cherche à prédire l'acceptabilité d'une technologie *a priori*, avant son usage réel et effectif. Par exemple, le TAM (*Technology Acceptance Model*) s'inscrit dans cette approche. Il postule que l'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue déterminent l'intention d'usage, sous-jacente à l'acceptabilité (Davis, 1989). Enfin, Bobillier-Chaumon (2013) préconise une troisième approche : l'acceptation située. Celle-ci est centrée sur l'activité, le vécu et l'expérience réelle des utilisateurs avec la technologie. Elle repose sur l'idée d'étudier les apports et les limites d'une technologie dans son contexte d'usage, ainsi que son intérêt par rapport à l'activité de l'individu et à sa finalité. Dans cette perspective, on s'intéresse concrètement à ce que « la technologie "permet/autorise de faire" ou "oblige à faire", mais aussi ce qu'elle "empêche de faire" ou "plus comme avant" et ce, sur différentes dimensions de l'activité » (Bobillier Chaumon, 2016, p. 12). Pour un revue plus complète sur ces questions d'acceptabilité, voir Sagnier, Loup-Escande et Valléry (sous presse).

1.2. Deux conditions à l'acceptation d'une technologie : des perceptions positives et un usage effectif

Barcenilla & Bastien (2009) proposent de définir l'acceptabilité comme le degré d'appropriation et d'intégration d'une technologie dans un contexte d'usage. L'appropriation renvoie à la façon dont l'individu investit la technologie et dans quelle mesure celle-ci est en adéquation avec ses valeurs personnelles et culturelles, lui donnant envie d'agir sur ou avec celle-ci. L'intégration correspond à la manière dont la technologie s'insère dans les activités de travail de l'utilisateur, et comment elle contribue à les transformer. En accord avec cette définition de l'acceptabilité, nous défendons l'idée selon laquelle pour qu'une technologie soit considérée comme acceptée, elle doit remplir deux conditions. D'une part, l'utilisateur doit avoir des perceptions positives sur la technologie et il doit avoir l'intention de l'utiliser (à nouveau). D'autre part, la technologie doit être intégrée à ses activités de travail.

Les études qui s'inscrivent dans l'approche centrée sur l'acceptabilité sociale ont largement montré l'importance des perceptions qu'ont les utilisateurs sur les qualités de la technologie, et donc l'importance de *l'appropriation* de la technologie, au sens de Barcenilla & Bastien (2009). Par exemple, les validations empiriques du TAM montrent l'importance de la facilité d'utilisation perçue et de l'utilité perçue dans la prédiction des intentions d'usage d'une technologie future. Par ailleurs, d'autres études montrent l'importance du plaisir perçu (Tokel & Isler, 2013) ou encore du sentiment

de présence²⁰ (Shin, Biocca, & Choo, 2013) dans l'acceptabilité de la réalité virtuelle. Toutefois, ces perceptions positives ne sont pas suffisantes pour considérer qu'une technologie est acceptée par un utilisateur. En effet, les perceptions à elles seules ne prédisent pas en totalité l'intention d'utiliser une technologie. Par exemple, les variables du *Technology Acceptance Model* (Davis, 1989) expliquent environ 40% de la variance dans les intentions d'usage (Lee, Kozar, & Larsen, 2003; Legris, Ingham, & Colletette, 2003; Venkatesh & Davis, 2000). D'autres variables interviennent donc dans la formation des intentions d'usage. Par ailleurs, quand bien même il serait possible de déterminer l'ensemble des prédicteurs des intentions d'usage, l'intention d'utiliser une technologie n'entraîne pas nécessairement l'usage effectif. Certaines études montrent par exemple que les intentions d'usage n'expliquent que 40% de l'usage effectif (Legris et al., 2003). Les perceptions positives et les intentions d'usage ne peuvent donc pas être suffisantes pour considérer qu'une technologie est acceptée.

Par conséquent, il est nécessaire de prendre également en compte l'usage effectif de la technologie, c'est-à-dire le versant *intégration* de la définition de Barcenilla & Bastien (2009). Comme pour les perceptions positives et les intentions d'usage, l'usage effectif à lui seul n'est pas suffisant pour considérer qu'une technologie est acceptée. En effet, certaines technologies peuvent être imposées par une organisation sans que les utilisateurs ne la perçoivent positivement (Brown, Massey, Montoya-Weiss, & Burkman, 2002).

Dans la suite de la communication, nous présenterons une étude conduite dans le secteur de l'industrie aéronautique. Cette étude porte sur l'acceptation de la réalité virtuelle dans un projet de conception de poste de fabrication d'aérostructures. Nous avons traité cette question à travers les deux versants précédemment présentés de l'acceptation : d'une part, les perceptions des utilisateurs et leurs intentions d'utiliser à nouveau la réalité virtuelle (avec une approche centrée sur l'acceptabilité sociale), et d'autre part, leur usage réel de cette technologie (en se centrant sur l'acceptation située).

2. METHODOLOGIE

2.1. Description du projet de conception d'un poste de fabrication

Le projet de conception de poste que nous avons suivi est un projet de duplication de poste de fabrication dans l'industrie aéronautique. Le processus de fabrication de l'élément avion, le matériau et les outils sont amenés à changer pour ce nouveau poste, ce qui a amené le responsable du projet à se tourner vers la réalité virtuelle.

2.2. Méthodes déployées

Nous avons utilisé deux méthodes afin d'étudier l'acceptation de la réalité virtuelle dans ce projet. D'une part, nous avons interrogé les perceptions des utilisateurs sur la réalité virtuelle et leurs intentions de l'utiliser par le biais d'entretiens semi-directifs. D'autre part, nous avons étudié l'utilisation réelle de cette technologie par le biais d'observations filmées lors de deux sessions de travail en réalité virtuelle.

2.2.1. Entretiens

Nous avons comme projet de mener deux entretiens avec chaque utilisateur : un avant qu'ils n'aient pu utiliser la réalité virtuelle (phase d'*acceptabilité* de la technologie), et un second, suite aux sessions en réalité virtuelle (phase d'*acceptation* de la technologie). Toutefois, le responsable du projet n'avait pas connaissance à l'avance des personnes qui allaient participer aux sessions en

²⁰ La présence est définie comme le sentiment d'être présent dans un environnement virtuel, ou plus généralement comme l'illusion d'une absence de médiation entre l'utilisateur et la technologie (International Society for Presence Research, 2000).

réalité virtuelle. Par conséquent, seuls les responsables du projet et un préparateur aéronautique²¹ ont été interrogés avant que les sessions n'aient eu lieu. Suite aux sessions, nous avons mené un second entretien avec le responsable de projet et avec deux monteurs-ajusteurs. Notre guide d'entretien sera présenté en détail lors de la communication longue. Ces entretiens avaient lieu sur le lieu de travail des utilisateurs. Ils ont été entièrement enregistrés et retranscrits afin d'être analysés finement. Au total, cinq entretiens ont été analysés selon une analyse thématique (Braun & Clarke, 2006) : deux entretiens *a priori* des sessions en réalité virtuelle et trois entretiens *a posteriori*.

2.2.2. Observations des sessions en réalité virtuelle

Afin d'analyser l'usage effectif de la réalité virtuelle et de le mettre en regard avec les entretiens menés, nous avons filmé les deux sessions de travail en réalité virtuelle. Pour cela, nous avons utilisé deux dispositifs d'enregistrement. Nous nous tenions derrière les utilisateurs, un caméscope à la main, pour filmer l'environnement virtuel et leurs déplacements dans la salle immersive. Nous avons également placé une GoPro (petite caméra) posée à l'intérieur de la salle immersive pour filmer les expressions faciales des utilisateurs et pour pouvoir identifier plus clairement les personnes qui s'exprimaient lors de l'analyse des vidéos.

3. RESULTATS

Les résultats de cette étude sont en cours d'analyse et seront présentés dans la communication longue. Concernant les entretiens semi-directifs, nous détaillerons, par exemple, les attentes des utilisateurs avant les sessions en réalité virtuelle, mais également leurs jugements concernant l'utilité de la réalité virtuelle dans le projet de conception mentionné et dans les projets de conception de poste de manière générale. Nous discuterons également des éléments rapportés par les utilisateurs sur les apports concrets des sessions en réalité virtuelle mais également sur les dysfonctionnements rencontrés par les utilisateurs lors des sessions et sur leurs attentes non satisfaites. Nous compléterons ces données d'entretiens par des données objectives issues des analyses des sessions en réalité virtuelle.

4. BIBLIOGRAPHIE

- Barcenilla, J., & Bastien, J.-M.-C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le Travail Humain*, 72(4), 311. <https://doi.org/10.3917/th.724.0311>
- Bobillier Chaumon, M.-E. (2013). *Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité : questions et perspectives pour la psychologie du travail*. Grenoble 2. En ligne http://greps.univ-lyon2.fr/medias/fichier/hdr-bobillier-%0Anov2013_1417698910465-pdf
- Bobillier Chaumon, M.-E. (2016). L'acceptation située des technologies dans et par l'activité : premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie Du Travail et Des Organisations*, 22(1), 4–21. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2016.01.001>
- Bobillier Chaumon, M.-E., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ? *Le Travail Humain*, 72(4), 355. <https://doi.org/10.3917/th.724.0355>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

²¹ Les préparateurs aéronautiques sont chargés de formaliser une gamme d'assemblage pour le montage de la future aérostructure. Ils sont à l'interface entre le bureau d'études et la production. Le responsable de projet est également préparateur aéronautique.

- Brown, S. A., Massey, A. P., Montoya-Weiss, M. M., & Burkman, J. R. (2002). Do I really have to? User acceptance of mandated technology. *European Journal of Information Systems*, 11(4), 283–295. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000438>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Fuchs, P., Moreau, G., Berthoz, A., & Vercher, J.-L. (2006). Volume 1 : l'homme et l'environnement virtuel. In P. Fuchs & G. Moreau (Eds.), *Traité de la réalité virtuelle* (Vol. 1). Paris: Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris.
- International Society for Presence Research. (2000). The concept of presence: explication statement. Retrieved August 13, 2018, from <https://ispr.info>
- Lee, Y., Kozar, K. A., & Larsen, K. R. T. (2003). The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(1), 752–780. Retrieved from <http://infosys.coba.usf.edu/bs/Lee03-TAMcritique.pdf>
- Legris, P., Ingham, J., & Colletette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & Management*, 40(3), 191–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Sagnier, C., Loup-Escande, E., & Valléry, G. (sous presse). Acceptabilité de la réalité virtuelle : une revue de la littérature. *Le Travail Humain*.
- Shin, D.-H., Biocca, F., & Choo, H. (2013). Exploring the user experience of three-dimensional virtual learning environments. *Behaviour & Information Technology*, 32(2), 203–214. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2011.606334>
- Tokel, S. T., & Isler, V. (2013). Acceptance of virtual worlds as learning space. *Innovations in Education and Teaching International*, 3297, 1–11. <https://doi.org/10.1080/14703297.2013.820139>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>

Réalité virtuelle et biofeedback: application à l'entraînement de rugbywomen de haut-niveau

Romain LALANNE

Akiani - 109 avenue Roul, 33400 Talence

Yannick DAVIAUX *

yannick.daviaux@akiani.fr

Jean-Christophe Paris

jean-christophe.paris@akiani.fr

Sami LINI

sami.lini@akiani.fr

RÉSUMÉ

Les joueurs de sports d'équipe tels que le rugby doivent diviser leurs ressources cognitives en situation multi-tâches de manière optimale pour être performants. De tels processus perceptifs peuvent être entraînés grâce à une tâche virtuelle (Multiple Object Tracking 3D-MOT), aboutissant à de meilleures statistiques de jeu. Récemment, il a été suggéré que le renforcement de l'interaction entre les fonctions cognitives et les fonctions du système nerveux soit une piste prometteuse pour tendre vers l'excellence sportive (Rusciano et al. 2017). C'est pourquoi nous nous sommes attachés, dans le présent travail, à tester si les améliorations consécutives à un entraînement 3D-MOT en réalité virtuelle sont d'autant plus importantes lorsque l'entraînement était réalisé en situation de cohérence cardiaque. Cette situation physiologique est connue pour son influence sur les interactions des fonctions autonomes et de la cognition, et a été rendue possible par biofeedback du rythme respiratoire. Les effets significatifs de notre intervention sont discutés au regard des performances de laboratoire et de leur transfert sur le terrain.

MOTS-CLÉS

Attention divisée ; entraînement cognitif ; biofeedback ; cohérence cardiaque ; réalité virtuelle

1. INTRODUCTION

1.1. PROCESSUS COGNITIFS ET PERFORMANCE SPORTIVE

Les joueurs de sports d'équipe doivent faire face à de nombreuses situations multi-tâches dans le cadre de leur pratique. C'est par exemple le cas en rugby lorsqu'une tâche motrice (e.g., manipulation du ballon) est effectuée en même temps qu'une tâche perceptivo-visuelle (e.g., récolte des informations spatiales concernant les co-équipiers, les adversaires et l'en-but). Or, l'interférence entre les processus moteurs et cognitifs en situation de double-tâche est bien connue : il existe systématiquement une incidence délétère de l'ajout d'une tâche cognitive sur la tâche motrice (e.g., Lim et al. 2015 ; Plummer et al. 2015 ; Silva et al. 2018). Par exemple, l'ajout d'une tâche cognitive augmente la variabilité du pattern de marche (Plummer et al. 2015) et diminue la précision d'un coup de pied en augmentant le temps nécessaire à sa réalisation (Silva et al. 2018). Dans un but de performance sportive, il convient donc de minimiser l'interférence.

De manière intéressante, cette interférence semble réduite lorsque les processus perceptivo-cognitifs sont entraînés. La littérature rapporte en particulier qu'entraîner les processus visuels de division de l'attention au moyen d'une tâche de suivi de cibles multiples (Multiple Object Tracking 3D-MOT) aboutit à une hausse de la rapidité d'exécution de gestes techniques (Duchêne, 2016) et à de

meilleures statistiques de match (Romeas et al., 2016). Cette tâche sollicite notamment les réseaux impliqués dans l'intégration du mouvement complexe, l'attention, et la mémoire de travail au niveau des cortex temporal, pariétal et occipital (Faubert & Sidebottom, 2012). Pour une contrainte cognitive donnée, les ressources perceptivo-cognitives à mobiliser seraient moindre du fait de l'entraînement : la réallocation des ressources du versant cognitif vers le versant moteur expliquerait l'amélioration des performances sportives finales (Duchêne et al. 2016). Une piste d'avenir pour l'entraînement cognitif chez le rugbyman consisterait donc à maximiser la réduction des interférences grâce à un entraînement en 3D-MOT et ainsi, s'assurer d'une performance perceptivo-motrice optimale en situation de double-tâche.

1.2. INTERACTIONS DES PROCESSUS COGNITIFS ET DES FONCTIONS DU SYSTEME NERVEUX AUTONOME

Dans ce cadre, le renforcement de l'interaction entre les fonctions cognitives et les fonctions du système nerveux autonome – dites interaction cœur-cerveau – est pressenti comme une piste prometteuse pour tendre vers l'excellence sportive (Rusciano et al. 2017).

L'état de cohérence cardiaque - pendant lequel une personne s'attache volontairement à suivre un rythme de 6 cycles/min d'inspiration/expiration - est une situation physiologique connue qui aboutit au renforcement de cette interaction cœur-cerveau (McCraty, 2009). C'est pourquoi, cette situation expérimentale a été choisie pour renforcer les interactions cœur-cerveau dans les travaux du présent papier, en vue de maximiser les progrès induits par l'entraînement au 3D-MOT.

1.3. HYPOTHESES DE L'ETUDE

Fort de ce contexte théorique, nous avons fait l'hypothèse que les améliorations consécutives à un entraînement 3D-MOT seraient d'autant plus importantes lorsque l'entraînement serait réalisé en situation de cohérence cardiaque chez des joueurs de rugby. Nous nous attendions à observer :

- une hausse d'autant plus importante du paramètre de performance représentatif des capacités perceptivo-cognitives, à savoir la vitesse maximale de suivi visuel des cibles au 3D-MOT (simple tâche, situation de laboratoire) ;
- une baisse d'autant plus importante du paramètre de performance représentatif des capacités cognitivo-motrice, à savoir le temps de réaction à la passe en réponse à un stimulus auditif non-prédict, alors que les joueurs réalisaient une tâche de 3D-MOT (double-tâche, situation intermédiaire laboratoire – terrain).

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. POPULATION ET DESIGN EXPERIMENTAL

Seize rugbywomen de haut-niveau ont pris part à 8 séances d'entraînements cognitifs réparties sur 5 semaines. Les joueuses étaient réparties aléatoirement en 2 groupes : 1 groupe contrôle de 8 joueuses (CTL) s'entraînant seulement au 3D-MOT, et 1 groupe expérimental de 8 joueuses (EXP) s'entraînant au 3D-MOT en situation de cohérence cardiaque. Les joueuses ont attesté de ne pas avoir de nausées, de vertiges ou étourdissements en réponse à des jeux vidéo. Elles suivaient une routine hebdomadaire commune, qui se limitait à leurs heures de cours et leur pratique de rugby.

Après avoir été informées des buts de l'étude, les joueuses ont signé un consentement de participation volontaire à l'étude. L'étude a été menée conformément aux accords d'Helsinki (General Assembly of the World Medical Association, 2014).

2.2. TACHE D'ENTRAINEMENT

2.2.1. Tâche cognitive de 3D-MOT

La tâche d'entraînement en 3D-MOT consistait en 3 blocs de 20 essais. Un essai durait 8 sec. Pour chaque essai, le participant devait suivre visuellement 3 balles cibles mélangées avec 5 balles distracteurs. En cas de succès, la vitesse de déplacement des balles était incrémentée de 0,05 log de la vitesse actuelle pour l'essai suivant (Romeas et al. 2016). La tâche était réalisée en réalité virtuelle (Oculus Rift, Facebook Technologies, Irlande), en référentiel égo-centré, dans un espace cubique de 2,5m x 2,5m x 2,5m à l'intérieur duquel les joueuses pouvaient se déplacer (Unity 3D, Unity Technologie, San Francisco) (Figure 1).

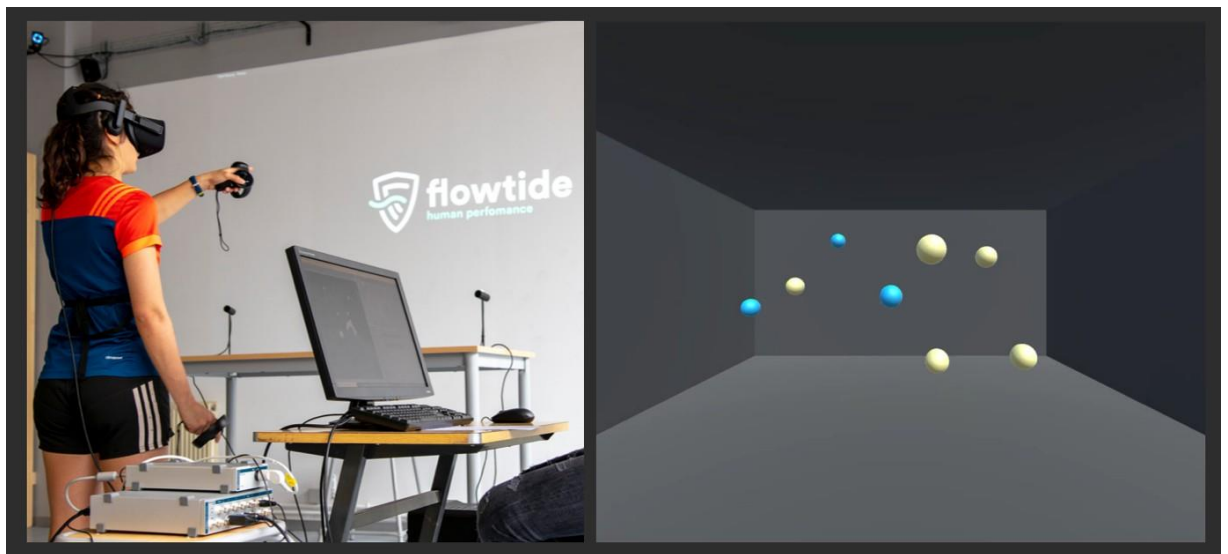


Figure 1 : Illustration de la tâche de 3D-MOT en réalité virtuelle, permettant de réaliser la tâche dans une référentiel égo-centré.

2.2.2. Cohérence cardiaque et biofeedback

Le groupe CTL réalisait l'entraînement en 3D-MOT de manière classique.

Pour le groupe EXP, les joueuses disposaient d'une information visuelle leur permettant de fixer leur rythme respiratoire à 6 cycles/min, en plus de la tâche d'entraînement cognitif. Dès que leur rythme respiratoire différait de 6 ± 0.8 cycles, l'environnement d'entraînement changeait de couleur pour les en informer (i.e., 6 cycles \pm 2 écarts-type évalués en pré-test, dans une condition où les sujets de pré-test n'avaient pour consigne que de suivre le rythme respiratoire imposé). Les joueuses avaient pour consigne de maintenir au mieux leur rythme respiratoire au mieux, en se servant de cette boucle de rétroaction (biofeedback).

Pour permettre cette boucle de régulation, les joueuses étaient équipées d'une ceinture respiratoire. L'amplificateur associé à la ceinture (Powerlab 16/35, ADInstruments, Oxford, Royaume-Uni) collectait et transmettait les données en continu à un ordinateur dédié (1000-Hz). Ces données étaient analysées en temps réel sous environnement de programmation Matlab (The MathWorks, Natick, MA, USA), puis transmises à UNITY pour modification de l'environnement d'entraînement.

2.3. MESURES DE PERFORMANCE AVANT ET APRES LA PERIODE D'ENTRAINEMENT

Pour rendre compte des améliorations des 2 groupes, les mesures de performances perceptivo-cognitives et cognitivo-motrices ont été réalisées la semaine précédente et la semaine suivante des 5 semaines d'entraînement cognitifs.

2.3.1. Performance laboratoire : tâche perceptivo-cognitive

Le seuil de vitesse maximale de suivi des cibles au 3D-MOT (V_{max}) était estimé par la moyenne des vitesses des 3 derniers essais validés, pour rendre compte de l'amélioration des capacités perceptivo-cognitives.

2.3.2. Performance intermédiaire laboratoire-terrain : double tâche cognitivo-motrice

Alors qu'elles réalisaient des essais de 3D-MOT à 50% de V_{max} , les joueuses devaient effectuer une passe de rugby en réaction à un stimulus sonore aléatoire. La meilleure performance parmi 3 essais était retenue pour la suite de l'analyse.

Le temps de réaction était calculé entre le stimulus et l'ajustement postural anticipé (APA) de la passe. L'APA est signature motrice prospective qui témoigne de l'engagement moteur à venir. Les déplacements du centre des pressions caractéristiques des APA ont été récoltés à 1000-Hz via une plateforme de force (Multicomponent Force Plate, Kistler, Switzerland) synchronisé avec le stimulus, sur laquelle les joueuses se tenaient debout et statiques (Figure 2).

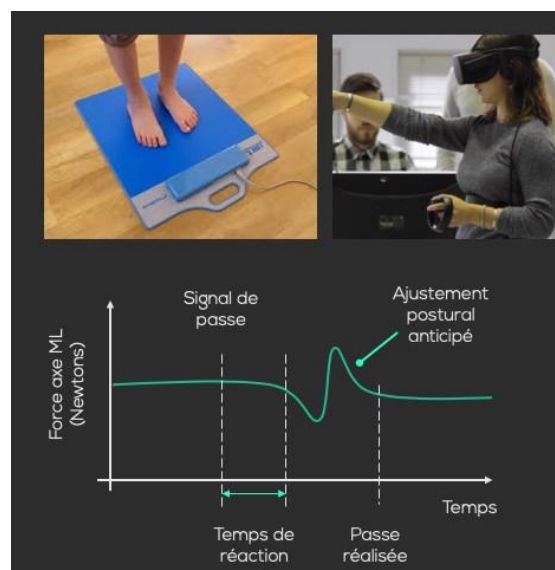


Figure 2 : Illustration schématique du calcul du temps de réaction à la passe, entre le moment où le stimulus sonore était délivré et le début de l'Ajustement Postural Anticipé (APA), signature motrice précoce de la passe.

2.4. ANALYSES STATISTIQUES

Une ANOVA mixte à 2 modalités appariées Entraînement (PRE vs. POST) x 2 modalités indépendantes Groupes (CTL vs. EXP) a été appliquées sur les vitesses maximales de suivi et les temps de réaction. Le seuil de significativité était fixé à $p = 0.05$.

3. RESULTATS

3.1. VITESSE DE SUIVI DE CIBLES

L'ANOVA a révélé un effet principal significatif Entraînement (PRE : 1.08 ± 0.22 cm/s vs. POST : 1.24 ± 0.18 cm/s) [$F(1,1) = 5.14$, $p = 0.03$]. L'effet principal Groupe et l'effet d'interaction Groupe x Entraînement n'étaient pas significatifs (Figure 3).

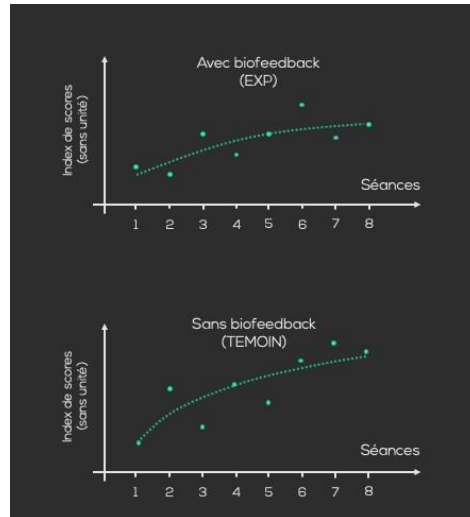


Figure 3 : évolution du seuil de vitesse maximale de suivi des cibles au 3D-MOT (V_{max} en $\log(\text{cm/s})$, soit sans unité) sur les 8 séances d'entraînement, pour le groupe réalisant l'entraînement en cohérence cardiaque (EXP) et le groupe contrôle (CTL). Coefficient de détermination du model logarithmique : $R^2 = 0,62$ pour le groupe EXP et $R^2 = 0,70$ pour le groupe CTL.

3.2. TEMPS DE REACTION

L'ANOVA a révélé un effet principal significatif Entraînement (PRE : 416 ± 100 ms vs. POST : 359 ± 65 ms) [$F(1,1) = 6,16$, $p = 0,02$]. L'analyse post hoc LSD de l'effet principal Entraînement révèle qu'il y'a une différence significative de cet effet pour le groupe EXP [$F(8) = 2.14$, $p = 0.04$]. En revanche, cette même analyse ne montre pas d'effets significatifs pour le groupe Train Contrôle [$F(5) = 0.45$, $p = 0.6$]. L'effet principal Groupe et l'effet d'interaction Groupe x Entraînement n'étaient pas significatifs (Figure 4).

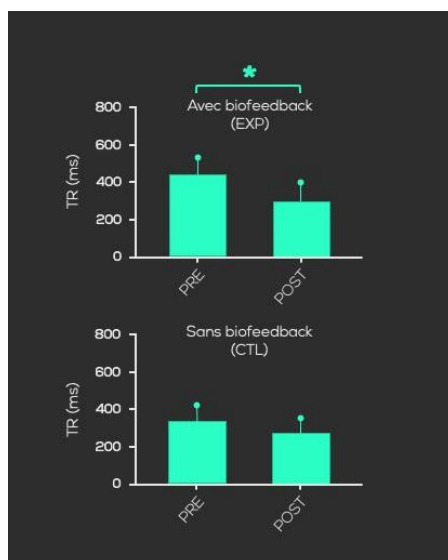


Figure 4 : Mesure des temps de réaction (TR, en ms) avant (PRE) et après (POST) 8 séances d'entraînement au 3D-MOT. Les temps de réaction ont significativement diminué dans le groupe ayant bénéficié du biofeedback lui permettant de réguler son état de cohérence cardiaque, en comparaison avec le groupe contrôle. À noter que les TR originaux des 2 groupes n'étaient pas significativement différents.

4. DISCUSSION

L'entraînement cognitif a permis aux 2 groupes de joueuses d'améliorer leurs capacités perceptivo-cognitives, comme en témoigne la hausse de la vitesse maximale de suivi de cibles après les 5 semaines d'entraînement. Ce résultat, en accord avec la littérature, est pour la première fois révélé pour un entraînement 3D-MOT 1) en condition de réalité virtuelle et 2) dans un référentiel égocentré. Cependant, contrairement à nos hypothèses, cette amélioration n'est pas d'autant plus importante pour le groupe ayant travaillé en cohérence cardiaque. Ce constat pourrait s'expliquer au regard des valeurs basales de vitesse de suivi élevées de ce groupe, en comparaison avec la littérature (Duchêne, 2016) : le plafonnement de performance généralement observé à cette tâche (Faubert et al. 2013) serait plus rapidement atteint (Figure 3).

Bien que la hausse des performances perceptivo-cognitive soit la même entre les 2 groupes, l'effet de l'entraînement cognitif sur les capacités cognitivo-motrices a été influencé par la situation de cohérence cardiaque. L'effet principal d'amélioration des temps de réaction est en effet soutenu par le groupe ayant réalisé l'entraînement cognitive en situation de cohérence cardiaque, seul groupe pour lequel l'analyse post-hoc a révélé une baisse des temps de réaction après entraînement. En situation de cohérence cardiaque, l'effet de « résonance » produit entre le baroréflexe et les oscillations mécaniques issues des inspirations-expirations conduit à une amplitude plus importante de la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV). Une hausse de HRV est associée à de fortes connexions des sièges corticaux impliqués dans la régulation des processus cognitifs tels que l'apprentissage, l'attention, et la régulation des émotions (Sakaki et al. 2016). En modulant consciemment leur rythme cardiaque au moyen de leur respiration, et donc en renforçant les interactions cœur-cerveau au cours d'un entraînement perceptivo-cognitif, les joueuses semblent donc avoir maximisé l'entraînement de leurs capacités cognitivo-motrices en comparaison à des joueuses avec un entraînement cognitif seul.

Dans une future étude, il conviendra d'ajouter un groupe de joueuses réalisant un exercice respiratoire sans état de cohérence, pour confirmer que le renforcement des interactions entre le

système nerveux autonome et les centres de la cognition sont effectivement à l'origine d'une amélioration des performances perceptivo-motrice (i.e., que le résultat principal de cette étude n'est pas le fruit d'une habitude à la double tâche, artificiellement provoquées par la gestion simultanée des tâches 3D-MOT et tâche respiratoire). Également, il sera nécessaire de vérifier si cette technique améliore les performances de terrain au travers des statistiques de match, via le taux de réussite à la passe par exemple (Romeas et al., 2016). Les applications pourraient s'élargir à tous les domaines où l'interférence entre les domaines moteurs et cognitifs peut-être optimiser par l'amélioration des performances perceptivo-cognitives : opérateurs sur poste de travail dans l'industrie, opérateurs des domaines aéronautiques (e.g., pilotes d'avion), domaine d'expertise sensible (e.g., chirurgiens).

5. BIBLIOGRAPHIE

- Duchêne, S. (2016). Conception et validation d'un protocole d'entraînement pour réduire l'impact d'une tâche perceptivo-cognitive sur la performance motrice. (Mémoire de maîtrise inédit) Montréal : École de technologie supérieure.
- Faubert, J., & Sidebottom, L. (2012). Perceptual-Cognitive Training of Athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 6, 85–102.
- Lim, J., Amado, A., Sheehan, L., & Van Emmerik, R. E. A. (2015). Dual task interference during walking: The effects of texting on situational awareness and gait stability. *Gait and Posture*, 42, 466–471.
- McCraty, R. (2009). The Coherent Heart: Heart–Brain Interactions, Psychophysiological Coherence, and the Emergence of System-Wide Order. *Integral Review*, 5(2), 10-115.
- Romeas, T., Guldner, A., & Faubert, J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 1–9.
- Rusciano, A., Corradini, G., & Stoianov, I. (2017). Neuroplus biofeedback improves attention, resilience, and injury prevention in elite soccer players. *Psychophysiology*, 54, 916–926.
- Sakaki, M., Yoo, H.J., Nga, L., Lee T.H., Thayer, J.F., & Mather, M. (2016). Heart rate variability is associated with amygdala functional connectivity with MPFC across younger and older adults. *NeuroImage*, 139, 44–52.

Evaluation Facteurs Humains des Systèmes innovants en Réalité Virtuelle pour le domaine naval militaire

Coutellier Rozenn

Naval Research - Technopole de la mer - 199 av Pierre-Gilles de Gennes - 83190 Ollioules
rozenn.coutellier@naval-group.com

Maïs Chantal

Naval Research - Technopole de la mer - 199 av Pierre-Gilles de Gennes - 83190 Ollioules
chantal.mais@naval-group.com

RÉSUMÉ

Naval Group utilise depuis près de 20 ans la Réalité Virtuelle pour simuler les futurs navires. Elle est également de plus en plus utilisée pour la simulation de nouveaux systèmes pour des besoins d'entraînement, de formation et/ou pour l'amélioration de systèmes existants : trois cas d'usage de la Réalité Virtuelle sont présentées dans une démarche de conception centrée utilisateur, démarche indispensable pour définir des solutions innovantes ou futures exploitables (utiles, utilisables et acceptables).

MOTS-CLES

Evaluation FH ;Réalité Virtuelle ;Méthodologie ;CCU ;Simulateur

1. INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, on observe de nombreuses utilisations de la Réalité Virtuelle (RV) et de la Réalité Augmentée (RA) dans des domaines variés tels que les jeux vidéo, l'ingénierie, la médecine, l'éducation, les loisirs, le BTP,... Elles concernent aussi bien la démonstration, la conception, la formation, le diagnostic, l'aide à la maintenance et l'aide thérapeutique (se reporter à Burkhard,

2003 ; Fuchs, 2006 ; Ouramdane, 2009 ; Bach, 2005 et Lourdeaux, 2001 pour des présentations de la Réalité Virtuelle et la Réalité Augmentée ainsi que les recommandations pour leurs conceptions). Fuchs et al. (2003, 2006) définissent la Réalité Virtuelle par sa finalité : « La finalité de la Réalité Virtuelle est de permettre à une personne (ou plusieurs) une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, crée numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel » alors que la Réalité Augmentée complète, en temps réel, la perception du monde réel, en y ajoutant des éléments fictifs co-localisés (visuels, sonores, haptiques), non perceptibles naturellement.

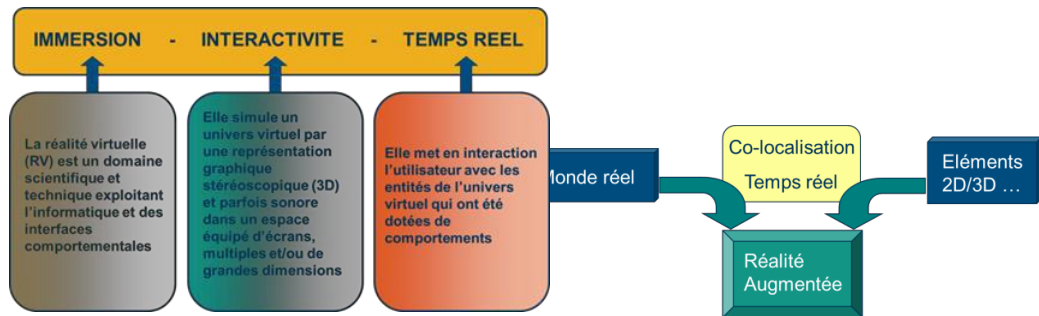


Figure 1. Réalité Virtuelle et Réalité Augmentée

Comme outil d'aide à la conception des navires armés (bâtiments de surface ou sous-marins) et de leurs systèmes embarqués, Naval Group utilise, depuis près de 20 ans, la Réalité Virtuelle pour simuler les futurs navires (Maïs & Lamarca, 2016 ; Maïs, 2016). Comme il n'est pas envisageable d'un point de vue industriel (coûts/délais) de maquetter à l'échelle 1 tous les navires futurs, la CAO a permis dans un premier temps d'informatiser et d'avoir une représentation en 3D du navire. Par la suite, la Réalité Virtuelle est devenue incontournable pour « simuler » le navire futur : c'est à la fois un outil de validation des emménagements entre les responsables d'installation, et un outil d'aide à la projection des clients et futurs utilisateurs dans le navire futur.

Un autre axe d'utilisation de la Réalité Virtuelle se développe : il permet la simulation de nouveaux systèmes pour des besoins d'entraînement/formation par exemple, ou pour l'amélioration de systèmes existants.

C'est ce second axe qui est développé dans cette communication. Trois cas d'usage de la Réalité

Virtuelle sont présentés :

- NHT (Naval Helo Training) système de formation et d'entraînement pour l'équipe AVIA sur le pont d'envol et particulièrement pour le DIRECTEUR du PONT d'envol (DIRPON).
- HEUDYP démonstrateur en RV d'un système d'aide au pilote de drone aérien (utilisant la RA).
- Un démonstrateur de formation et d'entraînement à la résolution de panne en RV (et comparaison avec système en RA).

Dans une démarche de conception centrée utilisateurs, les ergonomes sont intervenus dans les différentes phases d'analyse, de conception et/ou d'évaluation. Il est important pour Naval Group que les systèmes embarqués soient exploitables (utiles, utilisables et acceptables). Dans la phase d'évaluation, l'utilisation par les ergonomes du « Sea U Lab » de Naval Group, laboratoire regroupant l'ensemble des méthodes et outils, permet la mise en place d'évaluations multidimensionnelles (mixant mesures objectives et subjectives) pour évaluer les solutions innovantes existantes ou futures (Nguma, Coutellier, Maïs, 2018).

2 NHT : SYSTEME DE FORMATION ET D'ENTRAINEMENT POUR DIRPON (DIRECTEUR DE PONT D'ENVOL DE L'EQUIPE AVIA)

2.1 Contexte

NHT (Naval Helo Training) est un système permettant de former, d'entraîner une partie de l'équipe aviation, dédiée aux opérations de décollage et d'appontage de l'hélicoptère d'un navire de surface. Les entraînements en mer avec des manœuvres d'hélicoptères se font de plus en plus rares car ils exigent beaucoup de moyens (navires, hélicoptères) et représentent un coût important. De plus, certaines situations ne peuvent pas faire l'objet d'entraînement en situation réelle (par

exemple, crash d'hélicoptère). Les équipiers en charge des manœuvres d'hélicoptères ont une formation courte qui comprend l'apprentissage des gestes de communication avec le pilote, à partir de schémas sur papier. Naval Group (avec la société CLARTE) a développé un nouvel outil pédagogique au profit des équipes de plateforme hélicoptère des navires de combat : ce simulateur multi-acteurs a pour but de former et entraîner les équipes aviation pour la mise en œuvre des hélicoptères sur navire de surface dans des conditions réalistes. Il permet de créer de nombreuses possibilités de scénarios d'entraînement notamment les cas non-conformes qui vont générer du danger (Maïs, 2016).

2.2 Analyse du besoin

La première étape de l'analyse a été d'identifier les potentiels futurs utilisateurs du système NHT, dans l'équipe AVIA. L'analyse de l'organisation du travail et des tâches des différents utilisateurs a permis de focaliser le système NHT sur deux utilisateurs cibles : OQA (Officier chef de Quart Aviation, responsable de la mise en œuvre des aéronefs) et DIRPON (Directeur du Pont d'envol, qui dirige et coordonne les équipes chargées des mouvements sur la plateforme, responsable de l'exécution en sécurité de tous les mouvements liés à un hélicoptère sur la plateforme). Lors des appontages et/ ou décollages des hélicoptères, une des activités du DIRPON est l'exécution des gestes permettant au pilote et aux équipiers de la plateforme de réaliser les opérations en toute sécurité. Les gestes doivent être précis sans ambiguïté, visible du pilote et de l'OQA .



Figure 2. Pont d'envol d'une frégate

Afin de définir les besoins des utilisateurs et les besoins en formation et simulation, et compte tenu des difficultés d'observation en situation réelle de l'activité des DIRPON sur les navires militaires, des entretiens ont été réalisés avec les utilisateurs cibles, les instructeurs et avec un ancien chef AVIA. A partir des données obtenues lors des entretiens, il a été possible de définir les besoins de simulation de Réalité Virtuelle concernant par exemple la simulation des conditions météorologiques, des mouvements du navire.... Un second point de l'analyse a permis d'identifier les besoins de « capture motion » pour l'analyse des gestes du DIRPON. Chacun des gestes indique au pilote de l'hélicoptère les actions à faire pour apponter et décoller de façon nominale (cf. exemple de geste pour décoller).

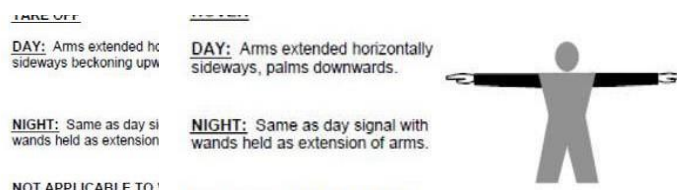


Figure 3. Exemple de geste codifié

Dans le cadre de la formation, NHT doit également permettre à un instructeur de valider la bonne réalisation des gestes faits par l'élève DIRPON (pas d'ambiguïté dans le geste), qu'ils soient visibles du pilote (bon positionnement sur le pont d'envol),...

2.3 Description du système

L'espace dans lequel le DIRPON va se mouvoir est une surface de 3x3m stable (sans mouvement) équipée de caméras optiques permettant de suivre l'utilisateur, et d'un casque de Réalité Virtuelle. L'opérateur est également équipé de capteurs sur l'ensemble du corps permettant de reconstruire un avatar virtuel intégré sur la plateforme d'aviation virtuelle. Il est lui-même immergé dans la plateforme virtuelle et peut suivre ses mouvements. Il dispose également d'un casque audio-micro permettant de communiquer avec les différents acteurs et d'être immergé dans la scène virtuelle d'un point de vue sonore (son environnemental : simulation du bruit de l'hélicoptère, du vent....).



Figure 4. Le directeur de pont d'envol sur la plateforme d'aviation virtuelle

2.4 Evaluation ergonomique

L'évaluation a porté sur l'utilité, l'acceptabilité et l'utilisabilité du système par les opérationnels. De nombreux utilisateurs avec des casques abandonnent celui-ci du fait des effets secondaires : le mal du simulateur virtuel. Celui-ci génère des nausées, de l'inconfort visuel et de la désorientation ainsi que des troubles de l'équilibre postural. Ces troubles peuvent persister après les sessions d'immersion et donc gêner dans la vie réelle. Il a donc été réalisé une évaluation sur ce point spécifiquement. Les participants ont enchaînés quatre sessions, variant de 7 à 15 minutes, le dernier scénario étant le plus long. Les sessions sont également de plus en plus inconfortables (de bonne météo à mauvaise météo).

Dix participants (variation de l'âge, genre, expérience) ont testé ce système : compte tenu du fait qu'il est difficile d'avoir un effectif important de futurs utilisateurs représentatifs (uniquement 2

DIRPON ont pu participer à l'évaluation), l'effectif a été complété par des personnes « tout public » afin d'évaluer les effets du système sur le mal de Réalité Virtuelle.

Deux catégories de données ont été recueillies : le test de Romberg (perte d'équilibre ou Ataxie) et le questionnaire SSQ (Kennedy, 1993). Les tests de Romberg n'ont pas permis d'observer des mouvements de corps significatifs : soit absents, soit peu d'amplitude et sans augmentation d'une session à une autre. Les résultats au questionnaire SSQ n'ont pas montré non plus d'effet pour l'ensemble des participants (variation interindividuelle faible). Les effets des conditions météorologiques n'ont pas donné de différences significatives alors que les conditions défavorables étaient les deux dernières sessions et les plus longues (effet potentiel de la durée).

3 HEUDYP : LA REALITE VIRTUELLE AU SERVICE DE LA REALITE AUGMENTEE

3.1 Contexte

L'utilisation du drone aérien dans la Marine Nationale n'est pas encore opérationnelle : de ce fait, les observations en situation réelle n'ont pas été possibles. Par ailleurs, les pilotes de drone aérien de la Marine Nationale sont en nombre très restreints. Afin de déterminer leurs besoins lorsqu'ils sont sur le pont d'envol en mode manuel (phases de décollage et d'appontage), un ensemble d'entretiens a été réalisé avec un pilote de drone. Ces entretiens ont permis d'identifier, pour chacune des phases de décollage et d'appontage, le séquençage des opérations du pilote de drone ainsi que les besoins du pilote en information en situation normale ou dégradée.

3.2 Analyse du besoin

Dans la mise en œuvre des drones aériens à partir de navires, les phases de décollage et d'appontage se font manuellement par le pilote qui prend donc le drone en télécommande.



Figure 5. Pilote de drone sur pont d'envol

Les systèmes actuels obligent le pilote à quitter des yeux le drone lorsqu'il a des informations complémentaires à obtenir (alarmes) : ceci peut générer des difficultés. Il est donc envisagé de fournir ces informations dans un casque en RA, permettant ainsi au pilote de conserver les yeux sur le drone qu'il contrôle. Cependant, les systèmes actuels de RA ne permettent pas de répondre aux besoins tels qu'envisagés dans des coûts acceptables (forte contrainte technique). De ce fait, pour anticiper la conception du futur système, la RV a été utilisée pour simuler non seulement l'environnement mais également les données qui seraient présentées en RA. Après analyse des besoins de simulation de l'environnement, de la dynamique du drone et enfin des besoins en informations à présenter, le choix s'est porté sur le casque de RV permettant de « simuler » également le dispositif matériel. Plusieurs itérations ont été nécessaires en équipe pluridisciplinaires (avec un designer, le pilote, un ergonomiste, les équipes de conception) pour arriver à une solution satisfaisante (technique et IHM) pour la phase d'évaluation avec les futurs utilisateurs. Des aides ont également été rajoutées au travers de scénarios.

3.3 Description de HEUDYP

Le système HEUDYP visé est un système d'aide au pilote de drone aérien pour les phases de décollage/appontage, basé sur un casque de Réalité Augmentée.



Figure 6. Représentation du futur système HEUDYP

3.4 Evaluation ergonomique

Une maquette statique a été définie à partir de ces éléments. Dans la phase d'évaluation, il s'agissait d'une part dans ce contexte de valider l'acceptabilité d'un système de ce type par les pilotes et d'autre part de valider l'utilité (notamment les informations présentées dans les différentes phases) et l'utilisabilité des IHM. Pour ce faire, différents scénarios ont été réalisés dans les différentes phases en faisant varier les conditions météorologiques, les « évènements/alarmes » pouvant survenir (pannes du drone),...

Deux pilotes (sauf celui qui avait participé à la définition) ont été mis en situation de pilotage du drone pour les phases de décollage et d'atterrissage dans des conditions différentes : conditions météorologiques dégradées, simulation de panne engendrant une exigence de temps pour l'atterrissage.

A l'issue de ces scénarios, un entretien leur était proposé sur le réalisme, la représentativité du système, l'apport d'un système de ce type, les limites qu'ils pouvaient y trouver, et l'utilisabilité des informations proposées (pertinence, visibilité,...).

Cette maquette a ainsi permis de fournir les spécifications du futur système et peut également servir de système de formation/entraînement des futurs pilotes.

4 DEMONSTRATEUR DE FORMATION ET D'ENTRAÎNEMENT A LA RESOLUTION D'INCIDENT EN REALITE VIRTUELLE ET EN REALITE AUGMENTEE

4.1 Contexte

Dans le cadre d'une étude exploratoire sur l'intérêt de différentes technologies pour de nouveaux concepts de soutien des Forces, un démonstrateur en RV et en RA a été réalisé sur deux scénarios différents : scénario préventif (formation à la maintenance) et scénario curatif (aide à la résolution d'incident).

La ronde de maintenance est une tâche réalisée quotidiennement par les marins à bord.

Cependant, aucune formation « officielle » n'existe à ce jour. De ce fait, les observations en situation réelle n'ont pas été possibles, aussi bien pour la création du contenu de la formation, que pour comparaison en tant que situation de référence dans la phase d'évaluation.

Concernant le scénario résolution incident, celui-ci a été défini à partir d'un retour d'expérience sur un incident « non habituel » rencontré à bord.

4.2 Analyse du besoin

En concertation avec des marins et d'anciens opérationnels, les deux scénarios ont été définis en termes de déroulement de contenus pour la formation et pour l'aide à la résolution d'incident. Pour les deux scénarios, des instructions vocales étaient présentes, ainsi que des guidages au sol, et des informations fournies par la tablette d'instruction.

4.3 Description du système

Un démonstrateur pédagogique de formation et d'assistance à la réalisation d'actions de maintenance a été développé, utilisant RV et RA. Le casque de RV permettait la simulation d'un local du navire, avec définition des opérations de contrôle et/ou de maintenance à réaliser. Les lunettes de RA ajoutaient des aides co-localisées ainsi que des instructions sur les étapes à réaliser.



Figure 7. Local du navire en Réalité Virtuelle

4.4 Evaluation ergonomique

L'objectif de l'expérimentation FH était d'évaluer les apports respectifs et comparés de la RV vis-à-vis de la RA sur les deux scénarios.

Dix opérateurs ont participé aux expérimentations : chaque opérateur a été sollicité pour deux évaluations en session individuelle : un en RA (à bord d'une Frégate) et un en RV (local à terre), sur un des deux scénarios.

Une méthodologie commune a été utilisée pour l'ensemble des expérimentations (RA et RV ; scénario préventif et curatif) afin de pouvoir comparer les résultats sur chaque situation évaluée.

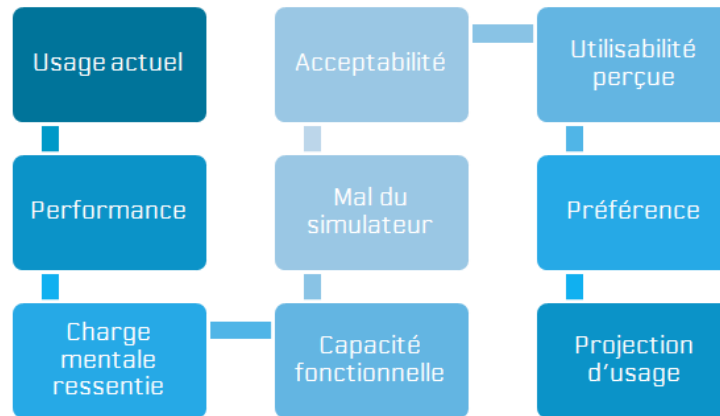


Figure 7. Synthèse méthodologie des expérimentations

On a pu noter une forte plus-value des deux technologies pour des cas d'usage différents. nouvelles situation de travail. Elle a également apporté une forte plus-value pour l'apprentissage de manipulations d'avarie sans risque de brûlures (huile), de casse de capteurs électroniques,... : elle permet le « droit à l'erreur ». Le bilan concernant l'utilisation de la Réalité Virtuelle a été majoritairement positif (performance, charge mentale, acceptabilité, capacité fonctionnelle, utilisabilité perçue et préférence) même si plusieurs points à améliorer ont été notés comme

- || Une gêne vis-à-vis du câble derrière le casque de RV (HTC Vive)
- || Un « mal de Réalité Virtuelle » qui semble lié aux déplacements du corps.

Lors de précédentes expérimentations de RV à Naval Group, peu à aucun effet n'avait été ressenti par les participants (Maïs, 2016). Bien que les mêmes précautions aient été prises lors du développement des deux scénarios en RV (prise en compte de la latence entre le moment où le participant bouge la tête et celui où l'écran affiche le mouvement, angle de vue,...) deux tiers des participants ont ressenti des inconforts, et ce quel que soit le scénario réalisé.

Bien que plus faible que la RV, le bilan concernant la RA a également été positif (performance, charge mentale, acceptabilité et capacité fonctionnelle), principalement pour son avantage à la mise en pratique d'une formation dans le lieu réel. La RA a été jugée moins pertinente dans le second scénario d'aide à la résolution d'incident, dû au manque de manipulations réelles proposées. Il n'a en effet pas été possible de faire manipuler tous les vrais éléments lors des expérimentations FH : ils ont donc été simulés en virtuel. Tous les participants ont ainsi exprimé une préférence pour la RV, bien que l'accès au réel leur apparait comme primordial pour une formation efficace (accès qui leur est toujours difficile, voire impossible sur certains cas d'usage, en dehors de besoins opérationnels). Plusieurs autres problématiques peuvent également être soulevées, qui ont impacté l'utilisabilité et la préférence des opérateurs entre les deux systèmes :

- || Un champ de vision trop restreint des lunettes (Hololens) de RA (équivalent à un « format carte bleue »), ce qui les a obligés à reculer, lorsque cela était possible, et/ou qui a engendré des difficultés à visualiser les informations augmentées.
- || Des écarts entre la réalité et les augmentations (dus aux différences entre la maquette CAO et le réel) renforcés selon la position des lunettes.

Ces retours positifs sur les deux technologies, excepté un éventuel biais d'« effet nouveauté », ont montré une utilité réelle pour les marins de l'implémentation de ce type de dispositif dans leur activité. Les intentions d'usage sont élevées.

5

CONCLUSIONS

Les illustrations présentées montrent :

- I L'utilisation de la Réalité Virtuelle comme aide à la formation et à l'entraînement (exemples : NHT pour la formation et l'entraînement des DIRPON, et le démonstrateur pour la formation à la maintenance) ;
- III L'utilisation de la Réalité Virtuelle pour simuler des futurs systèmes de Réalité Augmentée notamment comme HEUDYP pour la simulation des futurs systèmes d'aide aux pilotes de drone.

Dans le cadre de HEUDYP, l'utilisation de la Réalité Virtuelle comme simulation du produit futur de la Réalité Augmentée est une voie intéressante pour définir précisément le besoin, et ne pas être contraint par les limites actuelles de la Réalité Augmentée.

- III L'évaluation comparée de la Réalité Virtuelle et de la Réalité Augmentée pour les utilisations en formation et en maintenance permet de cibler des cas d'utilisation et des limites à chacune des technologies.

La démarche de conception centrée sur l'utilisateur doit permettre de prendre en compte les besoins des utilisateurs en fonction de leurs activités, des tâches qu'ils réalisent, mais aussi en tenant (mesures objectives et subjectives) avec le Sea U Lab prennent alors tout leur sens, que ce soit pour l'évaluation de systèmes existants ou pour la conception des futurs systèmes embarqués.

L'évaluation FH de la solution produite permet d'évaluer non seulement l'utilité, l'utilisabilité et l'acceptabilité de la solution, mais également sa représentativité. Il est nécessaire également, dans le cadre d'évaluation de cas d'usage intégrant la Réalité Virtuelle et la Réalité Augmentée, de connaître les limites de la technologie utilisée (les limites actuelles de la RA en font une technologie moins facilement opérationnalisable), et les limites de la simulation par rapport à la situation de référence (en termes de représentativité), mais aussi celles liées aux effets de la simulation (mal de RV,...). Cependant, de plus en plus d'évolutions dans les casques et la conception des services laissent espérer une réduction de ces effets, à condition que les sessions d'utilisation restent relativement courtes.

6 BIBLIOGRAPHIE

Bach, C., Scapin, D. (2005). Critères Ergonomiques pour les Interactions Homme-Environnements Virtuels : définitions, justifications et exemples. [Rapport de recherche] RR-5531, INRIA. 2005, (pp.47.).

Burkhardt ,J.M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques, Le travail humain (Vol. 66, pp. 65-91).

Fuchs et al . (2006), « Le traité de la réalité virtuelle » Presse de l'Ecole des Mines.

Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire : An enhanced method for quantifying simulator sickness. The international journal of aviation psychology, 3(3), 203-220.

Lourdeaux, D. (2001). Réalité virtuelle et formation : conception d'environnements virtuels pédagogiques. Interface homme-machine [cs.HC]. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Maïs, C. & Lamarca, L. (2016). Human Factors Approach in DCNS Naval Ships Process, Communication présentée à HCI AERO 2016, 14-16 Septembre 2016.

Maïs C. (2016) Exploitation centrée Utilisateurs : Démarche R&D DCNS. Communication présentée à ERGOIA'2016, Biarritz, France, 5-7 Juillet 2016.

Maïs, C., Lemonnier L., Bouju, Y. & Bouchet, A. (2016) Human Centered Design for an innovative training system using virtual reality: Naval Helohandling Trainer (NHT). Communication présentée à RINA Human Factors, London, 28-29 Septembre 2016.

Nguma, H., Coutellier, R., Maïs, C. (2018). SEA User LAB : A multidimensionnal Tool For Human Factors Evaluation. Communication présentée à RINA Human Factors, London, 26-27 Septembre 2018.

Ouramdane N., Otmane S., Mallem M. (2009) Interaction 3D en Réalité Virtuelle Etat de l'art. *Technique et Science Informatiques*, Hermes-Lavoisier, 28 (8) (pp.1017–1049).

L'introduction de la Réalité Mixte au sein des environnements de travail

Lucie Lefèvre

Aix Marseille Université, LPC, Aix-en-Provence, France

lucie.lefevre1511@orange.fr

Sylvain Leduc

Aix-Marseille Université, LPS, Aix-en-Provence, France

sylvain.leduc@univ-amu.fr

RÉSUMÉ

La digitalisation du travail ne cesse d'évoluer et de se développer au sein de la plupart des domaines d'activité, notamment dans une optique de productivité et de simplification des tâches. Cette situation pose la question de la prise en compte des exigences du facteur humain et des conséquences possibles sur la santé et le bien-être des travailleurs, au cœur de ces transformations technologiques. La présente étude s'intéresse ainsi aux caractéristiques nécessaires pour mettre en place un environnement capacitant, comprenant l'utilisation de la Réalité Mixte (RM) pour réaliser les contrôles qualité au sein d'une usine de moteurs de véhicules lourds.

L'expérimentation était ciblée sur l'étude de l'acceptabilité technologique, du niveau de charge cognitive et de l'autonomie perçue de 13 opérateurs, dans le cadre de deux modalités différentes. Malgré des analyses statistiques non-significatives, les résultats montrent un lien entre l'utilisation de la technologie et la diminution de la charge cognitive ; et ainsi entre environnement capacitant, transformation technologique et acceptabilité.

MOTS-CLES

Environnement capacitant ; Acceptabilité technologique ; Environnement virtuel ; Ergonomie constructive ; Charge cognitive.

1 INTRODUCTION

Le cadre théorique de la recherche aborde les environnements de travail capacitant, la mise en place de Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) et l'acceptabilité. Bien que le lien entre ces trois éléments soit justifié par l'approche et le développement unitaire des différentes notions au sein de la littérature scientifique, il n'est pas clairement énoncé comme tel lorsque la transformation digitale des environnements de travail est exposée.

Falzon (2013) fait référence à la création d'environnements capacitants comme facteur permettant à l'individu de développer ses connaissances, ses compétences et son bien-être tout au

long de sa carrière professionnelle. Il s'agit donc d'un environnement mouvant au sein duquel l'évolution des organisations comprend l'utilisation des nouvelles technologies et leur acceptabilité, qui ont leur place et doivent être prises en compte.

L'acceptabilité comprend les notions d'intégration et d'appropriation, également appelée acceptation, d'un dispositif au sein de son contexte d'usage (Barcenilla & Bastien). Pour Bobillier-Chaumon et Dubois (2009), entre acceptabilité et acceptation se situe le processus d'adoption qui est continu dans le temps. Il existe ainsi plusieurs facteurs et dimensions affectant l'acceptabilité technologique, susceptibles de la favoriser ou de l'entraver, qu'il est possible de regrouper en fonction de leur origine : les dimensions intra-individuelles, interindividuelles, socio- organisationnelles, trans-personnelles et impersonnelles. Ces différentes dimensions, telles que la possible construction au sein de l'organisation.

Selon les différentes dimensions d'acceptabilité propres à chaque individu, et l'impact de la technologie sur ces dernières, l'opérateur est alors plus ou moins favorable au développement et à la perception de nouvelles capacités. Ces dernières sont donc à prendre en compte lors de la création d'un environnement capacitant intégrant la mise en place de NTIC.

Ainsi, la problématique de la recherche concerne l'acceptabilité technologique qui est considérée, dans le cadre de cette étude et en lien avec le cadre théorique constitué, comme un élément de l'environnement de travail capacitant en milieu industriel. Elle peut se résumer dans la question suivante : *Quels sont les facteurs d'acceptabilité relatifs à l'environnement de travail ?* L'objectif étant, concrètement, d'identifier les facteurs d'acceptabilité et les caractéristiques des opérateurs pouvant influencer la création d'un environnement capacitant.

L'hypothèse générale est alors faite que le caractère capacitant d'un environnement de travail, via la Réalité Mixte (RM), est lié à l'acceptabilité de cette même technologie par l'opérateur ; comprenant le niveau de charge cognitive et d'autonomie perçue.

2 METHODOLOGIE

2.1 Terrain d'étude

L'étude a été réalisée au sein d'une usine produisant divers types de moteurs où un nouveau procédé de contrôle qualité est en cours de développement via l'utilisation de la RM. Ce dispositif technologique est constitué d'une paire de lunette sur laquelle s'affiche les informations nécessaires (tel que la localisation des points de contrôle qualité sur les moteurs).

2.2

Participants

En lien avec les objectifs de l'étude et les variables définies, l'expérimentation a été conduite sur une population de 13 opérateurs au total, tous formés au poste de contrôle qualité.

2.3 Variables et mesures

Au regard de la problématique formulée, il convenait de définir des observables permettant de rendre compte des usages réels. Ainsi, ont été retenus :

- Le niveau d'acceptabilité technologique qui a été mesuré sous la forme d'un questionnaire créé en utilisant une échelle de Likert en 5 points et scindé en deux parties afin de dissocier acceptabilité sociale et pratique. Le rapport préalable de l'opérateur aux NTIC a également été recueilli à l'occasion d'un entretien oral questionnant l'intérêt sur ce sujet ;
- Le niveau de charge cognitive qui a été apprécié à l'aide d'indicateurs lors de la réalisation des tâches (temps de réalisation ; nombre d'erreurs et difficultés rencontrées ;

verbatim relevant les mots et expressions positives, neutres ou négatives vis-à-vis de l'exigence mentale, de possibles frustrations, ...) puis par l'utilisation du NASA-TLX en post tâches ;

- L'autonomie perçue, en lien avec les notions étudiées, qui a été évaluée grâce aux différentes données relevées par les deux premières observables, notamment en analysant les verbatims et les réponses exprimées par les opérateurs. Cette analyse était également complétée par un entretien oral traitant des marges de manœuvre, de la satisfaction au travail et du ressenti vis-à-vis de la tâche réalisée et permettant ainsi au participant de s'exprimer librement.

Quant aux facteurs susceptibles de déterminer l'acceptabilité, trois variables indépendantes ont été principalement identifiées et éprouvées à travers la constitution de 2 groupes parmi les participants et en respectant les critères suivants : opérateurs devaient, ici, réaliser la tâche de contrôle à l'aide d'une check-list papier utilisée quotidiennement au sein de l'activité de travail, puis avec les lunettes de RM ;

- L'expérience des opérateurs au poste : en distinguant ceux qui l'occupent depuis moins de 6 mois et depuis plus d'un an et demi ;
- Le rapport aux NTIC : en différenciant les opérateurs ayant un usage habituel des nouvelles technologies dans la vie personnelle et les autres.

2.4 Procédure

Les passations se sont déroulées en six étapes :

- L'accueil du participant et la transmission des explications et consignes ;
- La réalisation d'un entretien pré-passation comprenant l'évaluation du rapport aux NTIC et la transmission de la partie du questionnaire d'évaluation de l'acceptabilité sociale ;
- La réalisation de la tâche de contrôle avec la check-list papier puis la première évaluation de la charge cognitive ressentie par le biais du NASA-TLX ;
- La réalisation de la tâche de contrôle avec la technologie de RM puis la deuxième évaluation de la charge cognitive ressentie par le biais du NASA-TLX ;
- La réalisation d'un entretien post-passation comprenant la transmission de la partie du questionnaire d'évaluation de l'acceptabilité pratique et l'évocation des questions relatives à l'autonomie perçue ;
- Le recensement des données individuelles : âge, genre et ancienneté sur le poste.

Les hypothèses opérationnelles étaient alors les suivantes

:

- L'expérience sur le poste de l'opérateur et son rapport préalable avec la technologie auraient eu un impact sur l'acceptabilité technologique, la charge cognitive et l'autonomie perçue ;
- La modalité de réalisation de la tâche aurait eu un impact sur la charge cognitive et l'autonomie perçue ;
- Il existerait un lien entre acceptabilité technologique de l'opérateur et le niveau de charge cognitive, ainsi que l'autonomie perçue.

Enfin, l'analyse des résultats a été réalisée en 2 temps. Certains scores obtenus étant très proches, l'analyse statistique s'est ciblée sur certains résultats directement en lien avec les hypothèses opérationnelles. Suite à cela une analyse plus fine, plus « clinique », a été menée pour comprendre les résultats obtenus et en tirer des conclusions.

3 RESULTATS

3.1 Analyse statistique

Il a été mis en avant que l'effet de l'ancienneté de l'opérateur sur le niveau d'acceptabilité technologique n'était pas significatif dans cette étude ($F(1) = 0.144$; $p = 0.712$).

De même, l'effet de l'expérience de l'opérateur sur la charge cognitive perçue n'était pas significatif pour les deux modalités de réalisation de la tâche ($F(1) = 0.180$; $p = 0.680$ – $F(1) = 0.051$; $p = 0.826$).

3.2 Analyse spécifique des données obtenues

La condition concernant l'utilisation de la technologie dans la vie personnelle était remplie par le groupe d'opérateurs moins expérimenté sur le poste, également plus jeune, tandis que la condition inverse était quant à elle remplie par le groupe d'opérateurs plus expérimenté, et plus âgé.

Concernant l'évaluation de la charge cognitive ressentie, les résultats ont montré que, pour l'ensemble des opérateurs, l'exigence mentale était moins forte lors de la réalisation de la tâche avec la RM qu'avec la check-list. Toutefois, cette exigence était plus élevée pour les opérateurs les moins expérimentés que pour le second groupe en réalisant la tâche avec la check-list, et ce résultat s'inverse en réalisant la tâche avec la RM où l'exigence mentale était plus forte pour les opérateurs expérimentés ; l'écart et la diminution de la charge cognitive ressentie entre la passation avec la check-list et la RM étant plus accentués pour le groupe d'opérateurs novices.

4 DISCUSSION

4.1 Interprétation des résultats

Bien que l'ANOVA réalisée a montré un rejet des deux premières hypothèses émises, il est important de modérer ce résultat au vu des différentes limites présentées au sein de la partie suivante.

En effet, il semble tout de même, aux dires des opérateurs novices, que la RM permet de diminuer la charge cognitive sur la tâche de contrôle qualité des moteurs. De plus, l'acceptabilité technologique s'est révélée globalement positive quel que soit le groupe d'opérateur, ce qui est un facteur clé pour la réussite finale du projet et amener à un changement des procédés.

4.2 Limites de l'étude

- Le projet étant en phase prototype, il n'était pas possible de réaliser les passations au sein de l'environnement réel de travail sur les postes de contrôle qualité, et donc ni d'évaluer l'acceptabilité située de la technologie, ni d'inclure la performance en tant que variable dépendante ;
- L'étude porte sur un nombre limité de participants qui ne peut être représentatif de la population totale amenée à manipuler les nouvelles technologies au sein de l'usine, ce qui a également pu fausser les résultats obtenus. Ainsi, certains scores obtenus sont trop proches entre les deux groupes pour être analysés ;

- Il est difficile de différencier la variable relative à l'expérience de l'opérateur à la variable relative au rapport de l'opérateur avec les NTIC, du fait de la composition du groupe d'opérateurs novices (plus jeune et connaissant déjà le milieu des nouvelles technologies) ;
- L'autonomie perçue doit faire l'objet d'une évaluation quantitative pour être analysée plus finement.

4.3 Conclusions et ouverture

A travers cette étude, il apparaît nécessaire d'adapter au maximum la technologie à l'utilisateur afin de faciliter l'acceptabilité technologique en prenant en compte ses différentes dimensions. Les dimensions impersonnelles découlent ainsi de l'adéquation du dispositif avec les besoins de l'utilisateur qui va plus ou moins s'approprier la technologie selon sa propre perception de la situation, de l'introduction du dispositif dans son environnement et de ses habitudes de travail.

La non-acceptation technologique peut alors limiter, voire empêcher, le développement et la capacité d'innovation de l'opérateur à travers son activité, ce qui est à l'opposé de la définition d'un environnement capacitant. La technologie doit, dans l'idéal, être source d'efficacité et d'efficacités, tout en permettant de « s'exprimer et s'accomplir », par le biais de son « pouvoir d'agir » (Clot, 2008). En ce sens, elle affirme être un élément central lorsqu'elle est présente dans le cadre de la création d'un environnement capacitant.

Il existe donc un lien d'interdépendance plus ou moins implicite, entre les trois notions clés de l'étude que sont acceptabilité, nouvelles technologies et environnement capacitant. Ce lien représente un enjeu important à la fois pour l'entreprise et le développement du bien-être au travail de l'individu qu'il est intéressant de continuer à développer.

5 BIBLIOGRAPHIE

- ANACT-ARACT. (2016) Numérique et conditions de travail : les enjeux d'une transformation en marche. *Travail et Changement*, (362), 1-16. En ligne : <https://www.anact.fr/numerique-et-conditions-de-travail-les-enjeux-dune-transformation-en-marche-0>
- Barcenilla, J., & Bastien, J.-M.-C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le Travail Humain*, 72(4), 311–331. <https://doi.org/10.3917/th.724.0311>.
- Bobillier-Chaumon, M-E., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ? *Le travail humain*, 70, 355-382. <https://doi.org/10.3917/th.724.0355>.
- Bobillier-Chaumon, M-E. (2013, novembre). *Conditions d'usage et facteurs d'acceptation des technologies dans l'activité : questions et perspectives pour la psychologie du travail*. (Diplôme d'habilitation à diriger des recherches en psychologie du travail, Université Lyon 2, Ecole doctorale Science de l'Homme, du Politique et du Territoire, France).
- Burkhardt, J.-M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : quelques apports réciproques. *Le Travail Humain*, 66(1), 65-91. <https://doi.org/10.3917/th.661.0065>.
- Falzon, P. (2013). *Le concept d'environnement capacitant, son origine et ses implications* [Vidéo de conférence, IRSST]. N° publication : CF-104. En ligne : <http://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/video/i/100167/n/concept-environnement-capacitant>
- Février, F. (2011). *Vers un modèle intégrateur " expérience-acceptation " : rôle des affects et de caractéristiques personnelles et contextuelles dans la détermination des intentions d'usage*

d'un environnement numérique de travail. (Thèse de doctorat, Université Rennes 2; Université Européenne de Bretagne). Français. <NNT: 2011REN20011>. <tel-00608335>

Valléry, G., Leduc, S., Elipot, L., Wade, S., Martin-Boulineau, S., Sutter, S. (2014, août). *Les TIC ,peuvent-elles contribuer à des environnements capacitants ?*. Communication présentée au 49^{ème} congrès international de la SELF.

Terrade, F., Pasquier, H., Reerinck-Boulanger, J., Guingouain, G., & Somat, A. (2009). L'acceptabilité sociale : la prise en compte des déterminants sociaux dans l'analyse de l'acceptabilité des systèmes technologiques. *Le Travail Humain*, 72, 383-395. <https://doi.org/10.3917/th.724.03837>.

Quand la fiction dépasse la réalité : Influence de la nature humaine ou virtuelle de l'interlocuteur sur la perception d'intimité

Delphine Potdevin

CNRS - Univ. Paris Sud, LIMSI, Orsay, France
DAVI, Les Humaniseurs, Puteaux, France

Nicolas Sabouret

CNRS - Univ. Paris Sud, LIMSI, Orsay, France

Céline Clavel

CNRS - Univ. Paris Sud, LIMSI, Orsay, France

RÉSUMÉ

Afin de créer des Agents Conversationnels Animés (ACAs) munis de compétences sociales, nous nous intéressons à la dimension d'intimité dans les interactions. Dans cet article, nous comparons la perception d'intimité émanant d'interactions humaines et humain-agent, selon différents degrés d'expressivité. Nous avons créé deux corpus de vidéos simulant une interaction entre une touriste et une conseillère touristique humaine ou virtuelle, exprimant des comportements intimes ou non intimes. Les participants, observateurs externes de l'interaction, ont évalué le niveau d'intimité de la conseillère. Nos résultats montrent que les participants évaluent de manière similaire les conseillères virtuelles et humaines lorsqu'elles expriment des comportements d'intimité. En revanche, en absence d'indices d'intimité, l'intimité perçue chez la conseillère humaine est inférieure à l'intimité perçue chez la conseillère virtuelle. Ces résultats sont discutés en termes d'attentes et de représentations sociales de l'autre dans les processus de perception de l'intimité.

MOTS-CLES

Intimité virtuelle ; Interaction humain-machine ; Perception humaine ; Comportements sociaux ; Multimodalité.

1. INTRODUCTION

La digitalisation de la relation-client s'accompagne d'une expansion des Agents Conversationnels Animés, ces systèmes intelligents capables de converser en langage naturel avec leurs interlocuteurs humains et dont l'incarnation rappelle nos propres comportements (Picard, 1999). Verhagen (2014) affirme que la relation client répond à une dimension sociale, et par conséquent que l'expertise technique des agents virtuels n'est pas suffisante pour satisfaire les utilisateurs. Pour répondre à notre besoin fondamental d'interactions sociales et ainsi promouvoir une relation-client satisfaisante, les recherches autour des systèmes intelligents se sont progressivement orientées vers la conception d'ACA sociaux.

Au-delà de leur qualité de systèmes intelligents, les ACAs apparaissent comme de réels partenaires d'interaction. Dans cette veine, le paradigme CASA proposé par Nass et ses collaborateurs suggère que les ordinateurs sont reconnus par les êtres-humains comme des acteurs sociaux (Nass *et. al.*, 1994). Les

auteurs démontrent, au travers d'une série d'études, la capacité des systèmes à générer chez nous un sentiment de présence sociale, défini comme la sensation d'être en présence d'un autre (Short, Williams & Christie, 1976). D'après Gunawardena & Zittle (1997) la présence sociale se compose de deux sous-dimensions, l'intimité et l'immédiateté. Bien que l'intimité soit considérée comme une condition *sine qua non* à l'émergence de présence sociale dans la littérature en communication médiée par ordinateur (Biocca & Harms, 2003), celle-ci n'a été que peu étudiée dans le cadre des interactions humains-agents virtuels.

En revanche, le concept d'intimité a largement été exploré dans la littérature en psychologie des interactions interpersonnelles. L'intimité est communément considérée comme un état particulier émergent d'une relation proche, personnelle ou romantique partagée avec un autre individu. Reis & Shavers mettent en exergue une forme de pluralité dans la caractérisation du concept d'intimité, qui est à la fois associé à un ensemble de sentiments, à une communication verbale et non verbale, à des comportements, à l'arrangement dans l'espace de l'individu, aux traits de personnalité, aux activités sexuelles et aux relations à long terme (Reis & Shavers, 1988). Plus globalement, l'intimité est définie comme l'ensemble des expériences de partage comportemental, physique, cognitif et émotionnel entre deux individus (Prager, 1997). La notion de partage est centrale dans la définition de l'intimité et souligne le caractère dyadique et dynamique du processus. En effet, l'intimité constitue un mécanisme constructif qui s'élabore dans la durée et sur la base d'interactions répétées avec un même individu (Reis & Shavers, 1988).

La régulation de l'intimité au cours de l'interaction fait intervenir deux processus complémentaires d'expression et de perception (Prager, 1997). D'un part, la régulation implique des mécanismes d'expression de comportements verbaux et non verbaux d'intimité. De nombreuses stratégies verbales (e.g. révélation d'informations à caractère personnel ou privé, expression de compréhension et de réassurance envers l'autre) et non verbales (e.g. jeux de regards, postures et orientations de la tête, sourires) sont décrites dans la littérature comme vecteurs d'intimité. La régulation de l'intimité implique ainsi que l'individu soit capable d'exprimer des comportements intimes en adéquation avec la tonalité de l'échange. D'autre part, il est également indispensable que l'individu reconnaisse les indices d'intimité exhibés par son interlocuteur. La régulation de l'intimité fait ainsi appel à des mécanismes de perception et de traitement sociocognitif des indices d'intimité exprimés par l'autre. De plus, Reis & Patrick (1996) stipulent que la régulation de l'intimité est à la fois dépendante de sa propre représentation et de celle de l'autre. L'intimité est clairement associée aux sentiments positifs qui gravitent autour de l'interaction : plus un individu ressent des émotions positives, se sent à l'aise, écouté et compris, et plus l'expérience d'interaction sera vécue comme intime. Laurenceau (2005) souligne également l'importance de la réciprocité dans les interactions intimes : l'investissement réciproque des deux individus est indispensable pour conduire à l'émergence d'interactions intimes et à plus long terme de relations intimes. Enfin, Lomanoska & Guitton (2016) considèrent que l'intimité est au cœur des échanges humains les plus satisfaisants et les plus gratifiants.

Dans le but de satisfaire la relation-client digitale, l'intimité nous apparait donc comme une compétence sociale indispensable aux ACAs pour répondre aux besoins relationnels des êtres-humains et être reconnus comme des interactants sociaux. Dans cet article, nous proposons une première étude autour de la perception de l'intimité dans l'interaction humain-ACA.

2. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Aujourd'hui, nous interrogeons la transposabilité des mécanismes sociocognitifs associés à la perception de l'intimité, dans le contexte spécifique des interactions humains-agents. L'influence de la technologie sur les interactions humaines a principalement été étudiée au travers de la CMC et suggère que la technologie tend à métamorphoser les perceptions interpersonnelles (Hancock & Dunham, 2001). Jian et ses collaborateurs (2013) se sont notamment intéressés à l'effet

d'intensification associé à l'expression et à la perception de l'intimité dans un environnement médié. Leurs travaux interrogent l'impact du média de communication sur l'intensité avec laquelle les participants perçoivent les informations personnelles ou privées dévoilées par leur partenaire. En comparant des interactions face-à-face et des interactions médiées, les auteurs ont observé que les informations personnelles jugées les plus intimes par les participants étaient révélées au cours d'interactions médiées. Réciproquement, les participants engagés dans une interaction médiée semblaient se dévoiler plus intimement à leur partenaire, que les participants engagés dans une interaction face-à-face. Toutefois, d'après la théorie du processus d'information sociale de Walther, la présence sociale qui émerge de l'utilisation des médias sociaux est en réalité dépendante des interactants, plus que du média lui-même (Walther, 1996).

L'influence des agents virtuels sur les mécanismes sociaux humains a également été appréhendée par le prisme de l'IHM en considérant ces systèmes n'ont plus en qualité de média mais en qualité d'interactant. En outre, plusieurs études en neurosciences sociocognitives ont montré une activation similaire d'aires cérébrales associées au traitement des expressions faciales d'émotions, lorsque les participants étaient confrontés à des visages humains ou virtuels (Moser *et. al.*, 2007 ; Mühlberger *et. al.*, 2009). En contexte d'interaction, nos précédents travaux ont également confirmé la capacité des êtres-humains à percevoir de l'intimité chez un agent virtuel exprimant des comportements sociaux multimodaux (Potdevin *et. al.* 2018). Aussi, Lucas et ses collaborateurs ont remarqué dans une étude publiée en 2014, que les participants étaient plus enclins à divulguer des informations personnelles au cours d'une interaction avec un agent virtuel autonome qu'avec un avatar contrôlé par un humain.

L'ensemble de ces résultats laisse à penser qu'il existe des mécanismes perceptifs communs chez les individus qui interagissent avec un partenaire humain ou virtuel. Dans ce papier, nous souhaitons investiguer comment la nature humaine ou virtuelle d'un interlocuteur impacte la perception de ses comportements sociaux au cours de l'interaction. Ainsi, nous proposons une étude perceptive visant à comparer la perception de l'intimité dans le cadre d'interactions humain-humain et humain-agent. Nous faisons l'hypothèse que la théorie de l'intensification étudiée au travers de la CMC s'observe également dans les interactions humain-agent et par conséquent, qu'un interlocuteur virtuel exprimant des comportements intimes peut être perçu au moins aussi intime qu'un partenaire humain. L'observation d'un phénomène d'intensification viendrait ainsi renforcer le postulat selon lequel les agents virtuels exprimant des comportements multimodaux sociaux ne sont plus considérés comme de simple média de communication mais comme de véritables interactants sociaux.

3. MÉTHODES

3.1. Protocole et plan expérimental

Nous avons recruté 123 participants (70 femmes ; moyenne d'âge = 30.51) pour répondre à un questionnaire en ligne. Plusieurs vidéos d'interaction simulée entre une conseillère touristique et une touriste étaient présentées aux participants. A la suite de chaque vidéo, la perception d'intimité des participants vis-à-vis de la conseillère touristique était interrogée en utilisant l'échelle de mesure de l'intimité virtuelle VIS (Potdevin *et. al.*, 2018).

Dans cette étude, nous avons manipulé 3 variables indépendantes selon un plan factoriel mixte : 2 (*Intimité* : intime vs non intime) x 2 (*Nature* : humain vs virtuel) x 3 (*Longueur* : court, intermédiaire, long), présenté dans la *Figure 1*. Les variables *Nature* et *Intimité* ont été manipulées entre les sujets, afin d'éviter que la différence de perception des participants entre les conditions ne soit amplifiée par le phénomène de comparaison de ces conditions. Ainsi, chaque participant était confronté à une conseillère humaine ou virtuelle, exprimant des comportements intimes ou non intimes. Enfin, La variable *Longueur* a été manipulée en intra-sujet de sorte que chaque participant était confronté à trois interactions différentes

dont la longueur des scénarios variait. Au total, notre corpus se composait de 12 vidéos d'interaction, correspondant aux 12 conditions expérimentales (voir Figure 2).

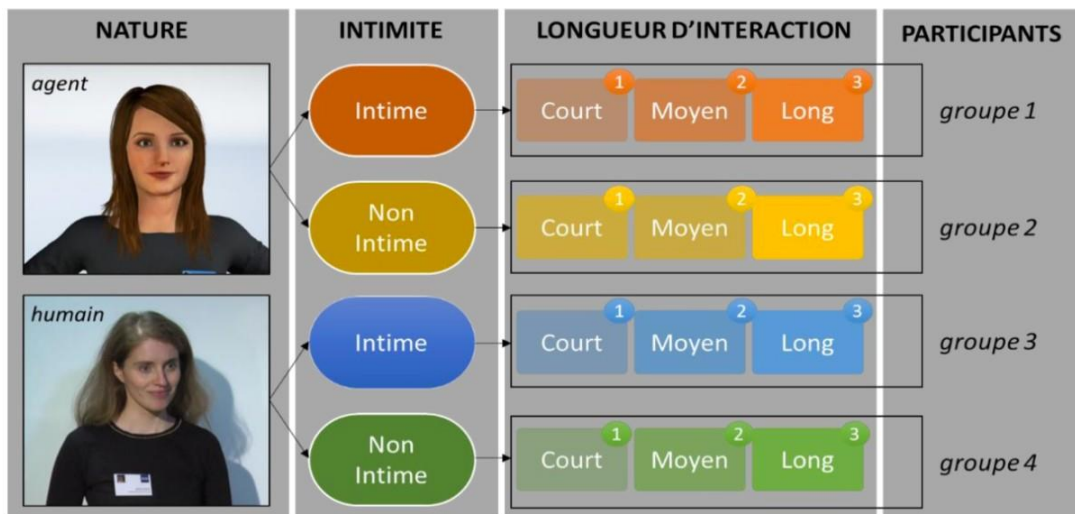


Figure 1. Schéma descriptif du plan expérimental : 2 (Intimité : intime vs non intime) x 2 (Nature : humain vs virtuel) x 3 (Longueur : court, moyen, long)

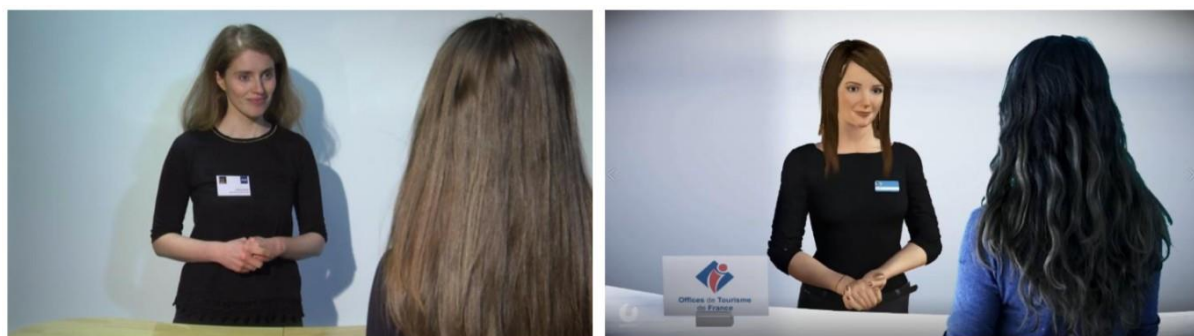


Figure 2. Illustration d'une vidéo d'interaction entre la touriste humaine et la conseillère touristique humaine (gauche) ou virtuelle (droite).

3.2. Modèle et opérationnalisation de l'intimité virtuelle

3.2.1. Le modèle d'intimité virtuelle

Dans un précédent article, nous avons proposé un modèle théorique d'intimité virtuelle applicable dans un contexte d'interaction humain-agent virtuel (potdevin *et. al.* 2018). Basé sur la littérature en psychologie des relations interpersonnelles (entre autres, Register & Henley, 1992 ; Waring, 1985 ; Wuilhelm & Parker, 1988 ; Reis & Shavers 1988) notre modèle s'appuie à la fois sur les expériences intimes et les comportements intimes, et définit l'intimité à travers trois dimensions. Nous considérons l'intimité en terme (1) d'honnêteté et d'authenticité, faisant référence à l'expression spontanée d'informations émotionnelles, personnelles ou privées. Nous associons également l'intimité à la notion (2) de positivité, qui se traduit par un ensemble de sentiments positifs, d'actions positives et de marques d'investissement dans l'interaction. Enfin, l'intimité fait référence à (3) la compréhension mutuelle, autrement dit l'ensemble des comportements et ressentis relatifs aux sentiments d'assurance, de compréhension, de confiance et d'écoute.

3.2.2. Opérationnalisation de l'intimité virtuelle

En se basant sur ce modèle d'intimité virtuelle, nous avons enrichi les comportements verbaux et non verbaux des conseillères touristiques humaine et virtuelle avec des indices sociaux connus dans la littérature pour promouvoir des interactions intimes.

Dans notre protocole expérimental, les scénarios d'interaction étaient identiques pour les deux natures de conseillère (humaine ou ACA) et portaient sur le tourisme de la Charité sur Loire (Bourgogne-Franche-Comté). Le contenu verbal de la conseillère variait selon la condition d'intimité dans laquelle elle était présentée aux participants. Ainsi, dans la condition non intime, la conseillère dispensait uniquement des informations touristiques factuelles. A contrario, dans la condition intime, le contenu verbal de la conseillère était agrémenté d'indices sociaux associés aux trois dimensions de notre modèle d'intimité virtuelle. Ainsi, la conseillère intime pouvait révéler des informations personnelles ou privées (e.g. « J'adore conseiller ce restaurant [...]), faire preuve de positivité (e.g. Génial ! »), ou exprimer des indices de compréhension vis-à-vis de son interlocutrice (e.g. « Je vous comprends »).

Concernant la communication non verbale, nous avons cherché à obtenir le plus de similarité possible entre les comportements non-verbaux de la conseillère virtuelle et ceux de la conseillère humaine, c'est pourquoi un ensemble de recommandations ont été fournies à l'actrice avant de jouer les scénarios. Le contenu non verbal de la conseillère était associé et synchronisé à son contenu verbal, ainsi il variait en fonction de la condition d'intimité dans laquelle était présentée la conseillère. Dans la condition non intime, la conseillère virtuelle jouait exclusivement des gestuelles descriptives et iconiques, avait une expression faciale neutre et regardait peu fréquemment son interlocutrice. En complément des indices sociaux contenus dans son discours, la conseillère touristique intime exhibait des indices non verbaux connus pour véhiculer de l'intimité, tels que des gestuelles amples et ouvertes, des postures orientées vers soi ou vers son interlocuteur, des hochements et acquiescement de tête, des expressions faciales et une forte fréquence de regard vers l'interlocuteur (Prager, 1997 ; Ochs *et. al.*, 2014).

3.2.3. Échelle de mesure

Nous avons mesuré la perception d'intimité des participants vis-à-vis de la conseillère virtuelle en utilisant l'échelle de mesure VIS développée dans nos précédents travaux (Potdevin *et al.*, 2018). Bien qu'elle n'ait pas encore été validée, cette échelle s'inspire de l'échelle d'intimité pour la psychothérapie analytique fonctionnelle FAPIS (Leonard *et. al.*, 2014) ainsi que d'une des dimensions de l'échelle Triangular Love Scale (Sternberg, 1997) et apporte une perspective à la troisième personne dans la mesure de l'intimité. L'échelle de mesure VIS comporte 15 items distribués dans les trois dimensions de notre modèle d'intimité virtuelle, à savoir l'honnêteté et l'authenticité (5 items), la positivité (6 items) et la compréhension mutuelle (4 items). En complément, l'échelle de mesure dispose d'une tâche de reconnaissance des informations verbales et non verbales, permettant une évaluation du niveau attentionnel des participants, alloué aux informations touristiques d'une part, et aux comportements non-verbaux de la conseillère d'autre part.

3.3. Hypothèses opérationnelles

Notre première hypothèse est que les participants attribueront un score d'intimité supérieur lorsqu'ils seront confrontés à une conseillère touristique exprimant des comportements d'intimité comparés à la conseillère exprimant seulement des comportements non intimes (H1). Nous faisons également l'hypothèse que les participants seront sensibles au phénomène d'intensification (Jian *et. al.*, 2013) dans leur perception de l'intimité et qu'ils attribueront un score d'intimité supérieur à la conseillère virtuelle qu'à la conseillère humaine, notamment dans la condition intime (H2). Enfin, nos deux dernières hypothèses concernent le niveau d'attention alloué par les participants aux comportements non verbaux de la conseillère touristique pendant l'interaction. En s'inspirant de la littérature sur les processus attentionnels engagés dans les interactions virtuelles (Park, 2015), nous supposons que la présentation de stimuli saillants sera associée à un plus grand niveau d'attention chez les participants. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que les participants confrontés à la conseillère virtuelle feront moins d'erreur dans la tâche de reconnaissance des informations non verbales comparativement à ceux confrontés à la conseillère humaine (H3) et que les participants obtiendront

de meilleures performances à la tâche dans la condition intime comparativement à la condition non intime (H4).

4. RESULTATS

L'utilisation d'un test de Kolmogorov-Smirnov nous a permis d'étudier la distribution de nos données et d'en confirmer la normalité ($p > 0.15$). Nous avons analysé la variance de nos données en utilisant une ANOVA à design mixte dans laquelle les variables *Intimité* et *Nature* étaient des facteurs inter-sujets et dans laquelle le facteur répété était la variable *Longueur*. Aussi, nous avons utilisé un test-t de Student pour comparer les scores d'intimité virtuelle et nous avons utilisé un test χ^2 pour comparer les taux d'erreur des participants dans la tâche de reconnaissance. Nous avons étudié la valeur de p (< 0.05) ainsi que les tailles d'effet de nos résultats en utilisant le d de Cohen (d) et les éta-carré partiels (η^2).

4.1. Impact de l'intimité véhiculée par la conseillère

L'analyse de variance a révélé un effet principal de l'intimité ($F(1,119) = 124.30, p = 0.00001^*, \eta^2 = 0.37$), montrant un score d'intimité virtuelle supérieur dans la condition intime comparativement à la condition non intime ($M = 66.88, SD = 10.05$ vs. $M = 45.33, SD = 11.03$). Ces résultats corroborent notre première hypothèse et confirment que les participants perçoivent les indices verbaux et non verbaux d'intimité exprimés par la conseillère au cours de l'interaction (H1).

4.2. Impact de la nature de la conseillère sur la perception des comportements intimes

Les participants attribuent globalement un score d'intimité virtuelle supérieur à la conseillère touristique virtuelle ($M = 58.61, SD = 14.62$) comparativement à la conseillère touristique humaine ($M = 54.82, SD = 15.28$), ($F(1,119) = 5.0789, p = 0.026^*, \eta^2 = 0.04$). Bien que l'analyse de variance n'ait révélé aucun effet d'interaction entre l'intimité et la nature de la conseillère, la comparaison deux à deux de nos conditions a mis en évidence que le score d'intimité virtuelle attribué à la conseillère virtuelle était significativement supérieur à celui de la conseillère humaine, et ce, uniquement en condition non intime ($t(1, 59) = 2.452, p = 0.017^*, d = 0.70, M = 42.49, SD = 10.60$ vs $M = 49.88, SD = 10.56$). En revanche, aucune différence significative n'a été observée lorsque la conseillère virtuelle ou humaine exprimait des comportements intimes ($t(1, 63) = 0.676, p = 0.502, d = 0.09, M = 66.18, SD = 8.64$ vs $M = 67.08, SD = 11.99$). Ces résultats sont en inadéquation avec notre hypothèse initiale et montrent, à l'inverse, que les participants perçoivent la conseillère virtuelle plus intime que la conseillère humaine, seulement lorsque celles-ci n'expriment que des comportements non intimes. En revanche, lorsque la conseillère touristique exprime des comportements intimes, les participants perçoivent autant d'intimité de la part de la conseillère humaine que virtuelle.

4.3. Impact de la nature et du degré d'intimité de la conseillère dans une tâche de reconnaissance

Globalement, les participants n'ont pas été capables de reconnaître un comportement non verbal exprimé par la conseillère au cours de l'interaction parmi un ensemble de propositions dans 17% des cas. Un test de χ^2 a montré un effet principal de la nature de la conseillère sur le taux d'erreur ($X(1) = 10.22, p = 0.0014^*$) qui se révèle être supérieur lorsque les participants sont confrontés à la conseillère virtuelle (32%), comparativement à la conseillère humaine (13%). En parallèle, nous avons observé un effet d'interaction entre la nature et le degré d'intimité de la conseillère sur les performances dans la tâche. Les participants confrontés à la conseillère virtuelle ont commis un taux d'erreur supérieur lorsque celle-ci était présentée en condition non intime (60%), comparativement à la condition intime (12%), ($X(1) = 14.62, p = 0.0001^*$). À l'inverse, les participants confrontés à la conseillère humaine ont obtenu un taux d'erreur supérieur lorsque la conseillère exprimait des comportements intimes (24%), comparativement à lorsqu'elle exprimait des comportements non intimes (3%), ($X(1) = 1.30, p = 0.25$). Ces observations infirment nos hypothèses principales et montrent d'un part que les participants obtiennent de meilleures performances lorsqu'ils sont confrontés à la conseillère humaine et d'autre part, que le degré

d'intimité de la conseillère a un effet contraire sur les performances du participant selon la nature de la conseillère : la présence, comparativement à l'absence d'indices d'intimité dans le comportement de la conseillère a un impact positif sur les performances du participant lorsque celui-ci est confronté à la conseillère virtuelle mais a un impact négatif sur ses performances lorsqu'il est confronté à une conseillère humaine.

5. DISCUSSION

Cette étude avait pour but d'étudier comment la nature de l'autre impacte la perception que nous avons de son degré d'intimité. Nos résultats montrent que les participants étaient capables de percevoir de l'intimité chez la conseillère touristique exprimant des comportements intimes, quelle que soit sa nature. Ces observations corroborent notre première hypothèse (H1) et suggèrent que le modèle d'intimité virtuelle que nous avons proposé pour caractériser les comportements de la conseillère touristique en s'inspirant de la littérature en psychologie s'applique aussi bien aux dyades humaines qu'aux dyades humain-agent.

Contrairement à nos attentes (H2), nous n'avons observé une perception supérieure de l'intimité en faveur de la conseillère virtuelle, qu'en condition non intime. Le phénomène d'intensification présupposé semblait donc être associé non pas à la présence d'indices sociaux, mais à leur absence.

Dans la condition d'intimité en revanche, les participants percevaient un degré d'intimité similaire chez la conseillère humaine et la conseillère virtuelle, suggérant ainsi que les agents virtuels pouvaient être perçus comme des acteurs sociaux au même titre que les êtres humains. L'hypothèse que nous formulons pour expliquer ces résultats inattendus est que nos attentes, en termes de compétences sociales, vis-à-vis des humains et des agents virtuels ne sont pas les mêmes et ont pu impacter le phénomène perceptif. Cette hypothèse est supportée par les résultats observés dans la tâche de reconnaissance des informations non verbales. En effet, les participants obtiennent de meilleures performances lorsqu'ils sont confrontés à une conseillère virtuelle intime comparativement à une conseillère virtuelle non intime, ce qui suppose que la présence d'indices sociaux chez l'agent virtuel est suffisamment inhabituelle pour attirer l'attention du participant. A l'inverse, c'est l'absence de comportements intimes chez la conseillère humaine qui semble être perçue par le participant comme la situation incongruente, et qui est associée à de meilleures performances dans la tâche. Il semblerait donc que les ACAs et plus étonnement les êtres humains soient sujets au phénomène de la vallée de l'étrange qui repose sur une dissonance perceptive entre l'apparence et la cohérence comportementale (Mori, 1970). Nos travaux suggèrent ainsi que la perception d'intimité dépend à la fois des indices sociaux exprimés par notre interlocuteur mais également de nos propres attentes et représentations mentales issues de nos expériences intimes. Ces résultats viennent renforcer la notion de dualité de l'intimité proposée dans la littérature en psychologie (Prager, 1997 ; Reis & Patrick, 1996).

Il est toutefois important de noter que notre étude s'inscrit dans un cadre expérimental et s'appuie sur les perceptions d'observateurs externes confrontés à des interactions simulées. La participation d'une actrice pour jouer le rôle de la conseillère touristique a en effet pu altérer le naturel de l'interaction et influencer les perceptions des participants. Pour pallier cette problématique, nos prochains travaux seront menés en situation réelle au sein d'offices du tourisme de la région Bourgogne-Franche-Comté, dans laquelle les participants seront acteurs de l'interaction avec la conseillère virtuelle. Nos premiers résultats apparaissent encourageants pour la conception d'ACAs sociaux puisqu'ils démontrent que les êtres-humains sont sensibles aux comportements intimes des agents virtuels. En perspective, nous souhaitons évaluer l'expérience des utilisateurs interagissant avec notre agent afin d'étudier comment l'expression d'intimité influencent les perceptions et les comportements des utilisateurs et intervient dans la construction d'une relation-client satisfaisante.

6. REMERCIEMENT

Ce travail de recherche est porté par l'Agence Nationale de la Recherche Technologique. Nous souhaitons remercier Audrey PAGNIER et Aymeric DAVID, infographistes chez DAVI, pour leur contribution technique dans la conception et l'animation de Léa, ainsi que pour leur soutien dans le design de l'expérimentation. Nous adressons également nos remerciements à Delphine LANNIEL pour son implication en tant qu'actrice dans le projet. Enfin, nous remercions tous les participants de cette étude pour leur participation.

7. REFERENCES

- Biocca, F., Harms, C., & Burgoon, J. K. (2003). Toward a more robust theory and measure of social presence: Review and suggested criteria. *Presence: Teleoperators & virtual environments*, 12(5), 456-480.
- Gunawardena, C. N., Nolla, A. C., Wilson, P. L., Lopez-Islas, J. R., Ramirez-Angel, N., & Megchun-Alpizar, R. M. (2001). A cross-cultural study of group process and development in online conferences. *Distance Education*, 22, 85-121.
- Hancock, J. T., & Dunham, P. J. (2001). Impression formation in computer-mediated communication revisited: An analysis of the breadth and intensity of impressions. *Communication research*, 28(3), 325-347.
- Jiang, L. C., Bazarova, N. N., & Hancock, J. T. (2013). From perception to behavior: Disclosure reciprocity and the intensification of intimacy in computer-mediated communication. *Communication Research*, 40(1), 125-143.
- Laurenceau, J.-P., Barrett, L. F., & Rovine, M. J. (2005). The interpersonal process model of intimacy in marriage: A daily-diary and multilevel modeling approach. *Journal of family psychology*, 19, 314.
- Leonard, R. C., Knott, L. E., Lee, E. B., Singh, S., Smith, A. H., Kanter, J., Norton, P. J., & Wetterneck, C. T. (2014). The development of the functional analytic psychotherapy intimacy scale. *The Psychological Record*, 64, 647-657.
- Lomanowska, A. M., & Guitton, M. J. (2016). Online intimacy and well-being in the digital age. *Internet interventions*, 4, 138-144.
- Mori, M. (1970). The uncanny valley. *Energy*, 7(4), 33-35.
- Moser, E., Derntl, B., Robinson, S., Fink, B., Gur, R. C., & Grammer, K. (2007). Amygdala activation at 3t in response to human and avatar facial expressions of emotions. *Journal of neuroscience methods*, 161, 126-133
- Mou, Y., & Xu, K. (2017). The media inequality: Comparing the initial human-human and human-AI social interactions. *Computers in Human Behavior*, 72, 432-440.
- Mouhlberger, A., Wieser, M. J., Herrmann, M. J., Weyers, P., Trooger, C., & Pauli, P. (2009). Early cortical processing of natural and artificial emotional faces differs between lower and higher socially anxious persons. *Journal of neural transmission*, 116, 735-746.
- Nass, C., Steuer, J., & Tauber, E. R. (1994). Computers are social actors. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 72-78). ACM.
- Ochs, M., Ding, Y., Fourati, N., Chollet, M., Ravenet, B., Pecune, F., Glas, N., Prepin, K., Clavel, C., & Pelachaud, C. (2014). Vers des agents conversationnels animés dotés d'émotions et d'attitudes sociales. *Journal d'Interaction Personne-Système (JIPS)*, 3, pp-1.

- Pace, T., Bardzell, S., & Bardzell, J. (2010, April). The rogue in the lovely black dress: intimacy in world of warcraft. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 233-242). ACM.
- Park, S. (2015). The Effects of Social Cue Principles on Cognitive Load, Situational Interest, Motivation, and Achievement in Pedagogical Agent Multimedia Learning. *Educational Technology Society*, 18 (4), 211–229.
- Picard, R. W. (1999, August). Affective Computing for HCI. *In HCI (1)* (pp. 829-833).
- Potdevin, D., Clavel C., & Sabouret N. (2018). Virtual Intimacy, this little something between us: A study about Human perception of intimate behaviors in Embodied Conversational Agents, to appear in *Proc. 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA)*, ACM.
- Prager, K. J. (1997). *The psychology of intimacy*. Guilford Press.
- Register, L. M., & Henley, T. B. (1992). The phenomenology of intimacy. *Journal of Social and Personal Relationships*, 9(4), 467-481.
- Reis, H. T., & Patrick, B. C. (1996). Attachment and intimacy: Component processes.
- Reis, H. T., Shaver, P. et al. (1988). Intimacy as an interpersonal process. *Handbook of personal relationships*, 24, 367-389.
- Short, J., Williams, E., & Christie, B. (1976). The social psychology of telecommunications. Sternberg, R. J. (1997). Construct validation of a triangular love scale. *European Journal of Social Psychology*, 27, 313-335.
- Verhagen, T., Van Nes, J., Feldberg, F., & Van Dolen, W. (2014). Virtual customer service agents: Using social presence and personalization to shape online service encounters. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 19(3), 529-545.
- Walther, J. B. (1996). Computer-mediated communication: Impersonal, interpersonal, and hyperpersonal interaction. *Communication research*, 23, 3-43.
- Waring, E. M. (1985). Measurement of intimacy: Conceptual and methodological issues of studying close relationships. *Psychological Medicine*, 15(1), 9-14.
- Wilhelm, K., & Parker, G. (1988). The development of a measure of intimate bonds. *Psychological medicine*, 18(1), 225-234.

COMMUNICATIONS AFFICHEES

Méthodologie ergo-design pour la conception d'une machine sociale intégrée à l'écosystème de foyers de retraités actifs

Dominique Deuff

Technocentre, France
dominique.deuff@orange.com

Isabelle Milleville-Pennel

Equipe PACCE LS2N, France
isabelle.milleville@ls2n.fr

Ioana Ocnarescu

Design Research & Innovation Department, France
i.ocnarescu@strate.design

RÉSUMÉ

Nos travaux concernent la conception d'une machine sociale pour l'écosystème de foyers de retraités actifs. Dans ce cadre, nous proposons une méthodologie écologique en cinq phases très ancrée sur la rencontre régulière des usagers étudiés. Dans cet article nous présentons le contexte théorique, la méthodologie et le cadre applicatif de ces travaux ainsi que l'état d'avancement du projet.

MOTS-CLES

Machine sociale, conception ergonomie design, écosystème, référentiel commun, retraités ;

1. INTRODUCTION

Chaque année, de nouvelles machines sociales sont pensées, développées et sortent sur le marché. Certaines trouvent facilement leur place dans notre vie, d'autres moins ou pas du tout. La notion de « machine sociale », concept vaste, inclue aussi bien les objets technologiques connectés (Type Google home) que la robotique sociale (robots compagnons).

Dans le cadre de travaux de recherche réalisés en collaboration entre Orange Lab, le LS2N et Strate Design (Deuff, Milleville, et Ocnarescu, 2018), nous nous interrogeons sur l'impact de tels objets dans les foyers et sur la façon dont nous pourrions les concevoir afin qu'il y ait un fort engagement d'utilisation sur le long terme par les membres du foyer. Aussi, au lieu de partir d'un type de machine sociale existant pour nous questionner sur son usage dans les logements, nous avons choisi une approche « écologique » qui consiste à observer un écosystème afin de concevoir un produit adapté aux personnes vivant dans cet écosystème. Sur la base des données issues de la compréhension de cet écosystème, nous pourrions ensuite imaginer la forme et les fonctionnalités de cette machine dans le but de répondre aux besoins (en termes d'échange, de partage sociale et d'engagement dans divers activités) des personnes appartenant à cet écosystème.

Sur la base d'outils et méthodes d'exploration et d'observation issues de l'ergonomie et du design, nous construisons une méthodologie permettant dans un premier temps d'étudier, puis dans un deuxième temps, de modéliser la nature et la dynamique de l'écosystème formé par les

personnes, leur foyer avec les objets et services utilisés et leur environnement social. Cela, afin de pouvoir, dans un troisième temps, définir des prototypes de machines sociales adaptées à ce contexte, et de pouvoir, dans un dernier temps, évaluer la dynamique qui se mettra en place dans l'écosystème, suite à l'introduction de ce type d'objets.

2. CADRE THEORIQUE DE L'ECOSYSTEME ÉCOLOGIQUE

Le design ethnographique et l'ergonomie sont deux approches qui se basent sur des moments d'observation sur le terrain, afin de comprendre les activités qui s'y exercent, et leur contexte global. Au-delà des activités, le design ethnographique vise également à comprendre ce que pensent les gens et l'expérience qu'ils vivent au quotidien, au sein du milieu observé (Salvador, Bell et Anderson 2012). De même, l'application de l'ergonomie à la sphère domestique semble se développer de plus en plus et pose comme principe directeur à la conception d'innovations que l'identification de pistes innovantes pour l'habitant dépend d'une analyse fine des interactions entre la personne et son environnement physique et social (Fréjus, 2007). De la même façon, J. Forlizzi fonde ses travaux dans les foyers sur des sessions d'observation, et une recherche fine des activités et expériences vécues par les membres de ces foyers, lors d'interactions avec des objets de leur quotidien. Elle propose un modèle basé sur la théorie de l'écologie sociale qui étudie les relations entre les êtres vivants et leur environnement (Forlizzi, 2008). Tout produit est ainsi vu comme faisant partie d'un système écologique, et comme un des acteurs des relations sociales complexes opérant dans ce système. Ce cadre écologique fournit une façon de comprendre le contexte physique et social d'utilisation d'un produit, et un moyen de suggérer les changements possibles par rapport à un état premier d'un écosystème. Pour ces raisons, nous avons entrepris nos travaux dans le cadre du modèle de l'écosystème écologique de J. Forlizzi.

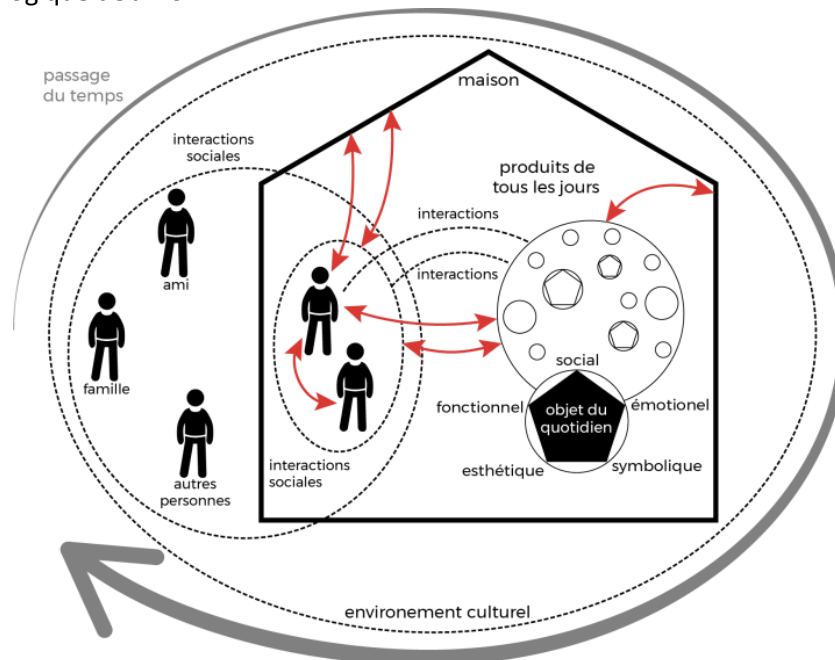


Figure 4 : Le système écologique du foyer se compose des conjoints, des objets du quotidien, et de la maison elle-même ; ces éléments interagissant entre eux (flèches rouges) et avec l'extérieur (cercles des interactions sociales).

3. MILIEU D'IMPLANTATION

Les études que nous menons ont pour terrain les logements de jeunes retraités ; « jeunes » étant pris dans le sens de retraités depuis peu. Le choix de ce terrain nous a semblé intéressant du fait que la période de la retraite amène les conjoints à partager soudainement une proximité continue dans leur maison, impliquant une remise en question des modes de vie et des habitudes

ainsi qu'une restructuration de la vie sociale (Caradec, 2017). La question de l'introduction et du rôle d'une machine sociale au sein du foyer se pose donc tout particulièrement à cette période charnière de la vie sociale. L'écosystème que nous étudions se compose des deux conjoints, des objets du quotidien, des objets connectés de la maison, et de la maison elle-même. Nous souhaitons également prendre en compte dans l'écosystème les échanges qu'il peut y avoir entre les membres du foyer et des personnes extérieures au foyer (famille, amis, etc. ; Fig. 1).

4. METHODOLOGIE ERGO-DESIGN EN 5 ETAPES

La méthodologie que nous construisons est basée sur l'utilisation conjointe des méthodes d'ergonomie et de design. Nous nous interrogeons à chaque phase de nos travaux sur les outils les plus appropriés à mettre en œuvre pour étudier, concevoir, évaluer. Cette méthodologie comprend 5 phases que nous décrivons dans les sections suivantes.

• Observation et récolte des données

Cette étape vise à comprendre le contexte et à récolter des données nécessaires à la modélisation de l'écosystème des foyers étudiés. Pour cela, nous avons lancé, en mai 2018, une première étude terrain auprès de 10 foyers de retraités. Le protocole mis en place visait à collecter les activités et les communications des retraités dans leur quotidien via des méthodes d'exploration et d'observation issues de l'ergonomie et du design :

- des entretiens semi-dirigés individuels pour comprendre leur vie et leurs activités quotidiennes.
- un journal de bord à remplir durant deux semaines pour identifier finement les activités réalisées au sein de la maison, les interactions existantes ainsi que les actions de communication, entre les deux conjoints, et les conjoints et l'extérieur. Les participants avaient à recueillir systématiquement chaque jour les activités réalisées à la maison.
- des « sondes culturelles » (concept proposé par Gaver, Dunne, & Pacenti, 1999) qui se définissent comme étant une collection de matériel (photos, cartes postales etc.) conçu pour provoquer des réponses inspirantes. Nous avons construit six sondes qui ont pris la forme de cartes postales, de photomontage, de photos à prendre, de sons à enregistrer, d'un carnet d'expression, et de cartes topographiques. Ceci nous permet de disposer de données plus subjectives sur leur vie à la maison, les objets de leur maison, leur ressenti du quotidien.

Ce premier terrain a été suivi d'un second qui avait pour objectif de récolter la vision de ces mêmes jeunes retraités concernant une machine sociale de type robot social, leurs impressions face à cette machine chez eux, ce qu'elle leur inspire, la façon dont ils interagissent avec elle. Le but n'était pas d'évaluer l'utilité de l'objet, mais la perception qu'il génère dans un contexte personnel. Pour cela, nous avons travaillé sur les comportements d'un robot Pepper (Softbank robotics) qui nous a servi de sonde technologique afin de recueillir ces données (Hutchinson et co., 2003). Le robot Pepper a été placé durant deux jours dans les foyers déjà visités dans le premier terrain.

5. MODELISATION

Grâce à cette première étape d'observation permettant la récolte de données variées (quantitatives, qualitatives, numériques, visuelles, sonores, textuelles, etc.), nous visons la modélisation de l'écosystème des foyers.

Dans le but d'affiner la compréhension des flux d'information de l'écosystème, nous aborderons la question du foyer à travers la notion de référentiel commun. En effet, lors de la réalisation d'une ou plusieurs activités communes, les personnes sont amenées à élaborer des représentations communes. Le référentiel commun est l'ensemble des représentations compatibles construites et partagées par chaque personne pour faciliter la communication et la réalisation d'une tâche (Loiselet

& Hoc, 2001). Nous utiliserons ce cadre pour montrer la dynamique de l'écosystème, en faisant émerger les points d'échange positifs mais aussi pour identifier si des manques, des points de douleurs et des besoins existent. Il s'agira notamment de déterminer les modes d'échange et de communication, ainsi que les objets qui y sont associés (calendrier, tableau, post-its, agenda partagé, tablette, smartphones, etc.).

6. PROTOTYPAGE

Partant du modèle élaboré et de « l'espace design » ainsi identifié, suivra une phase itérative de prototypage d'une ou plusieurs machine sociale sur la base des méthodes de conception développées en ergonomie et en design. Nous appliquerons des outils de conception de type ateliers d'idéation, ateliers de co-conception avec les couples de retraités déjà rencontrés, et ateliers de maquettage avec des designers, pour ouvrir le champ des possibles avant de faire le choix d'un type spécifique de machine sociale à développer pour mettre en place un prototype testable en contexte.

7. ÉVALUATION

Le prototype de machine sociale sera ensuite évalué durant plusieurs jours sur un terrain double : utilisateurs novices (nouveaux foyers) et utilisateurs co-concepteurs (foyers étudiés en phase 1). Nous avons pour objectifs finaux de comprendre l'impact d'un tel objet sur l'écosystème, son acceptabilité auprès des utilisateurs et si possible l'engagement qu'il peut générer sur le long terme.

8. MISE A JOUR DU MODELE

Les résultats des expérimentations permettront de proposer un écosystème intégrant une machine sociale directement conçue sur la base des besoins identifiés, et de le comparer à l'écosystème initial, afin d'en retirer des recommandations de conception.

9. PERSPECTIVES

Nous avons commencé à initier une méthodologie très ancrée sur le terrain. Nous espérons que ce travail permettra de valider la pertinence d'une telle méthodologie, mais aussi d'apporter des connaissances sur les approches ergonomiques et design, et la façon de les imbriquer au mieux dans le but de concevoir des produits.

10. BIBLIOGRAPHIE

- Caradec, V. (2017). *L'épreuve de la retraite - Transformations sociétales, expériences individuelles*. Nouvelle revue de psychosociologie, 23, 1 (pp.17-29).
- Deuff, D., Milleville, I. et Ocnareescu, I. (2018). *Vivre ensemble avec les machines sociales Une approche pluridisciplinaire pour questionner, modéliser et proposer une nouvelle écologie pour les jeunes retraites*. Rencontres doctorales d'IHM'2018, Brest.
- Forlizzi, J. (2008). *The Product Ecology: Understanding Social Product Use and Supporting Design*. International Journal of Design, 2, 1 (pp. 11-20).
- Fréjus, M. (2007a). Analyse ergonomique des pratiques domestiques pour la conception de situations de vie innovantes : Un exemple avec l'activité de cuisine. In Actes du 42ème congrès de la SELF-Ergonomie des produits et des services (pp. 91-100). Toulouse: Octarès. <http://www.ergonomie-self.org/media/media41277.pdf>
- Gaver, B., Dunne, T., & Pacenti, E. (1999). *Cultural Probes*. Interactions Magazine, (pp.21-29), février.

- Hutchinson, H., Mackay, W., Westerlund, B., Bederson, B., Druin, A., Plaisant, C., Beaudouin-Lafon, M., Conversy, S., Evans, H., Hansen, H., Roussel, N. and Eiderbäck, B. (2003). *Technology probes: inspiring design for and with families*. In Proceedings of CHI '03, (pp. 17-24).
- Loiselet, A., et Hoc, J.M. (2001). *La gestion des interférences et du référentiel commun dans la coopération : implications pour la conception*. Psychologie Française, 46 (pp. 167-179).
- Salvador, T., Bell, G. and Anderson, K. (1999). *Design Ethnography*. In Design Management Journal 10, (pp. 35-41).

Influence de la composition des affichages tête-haute sur la performance et l'expérience des joueurs novices et experts dans les jeux MOBA

Maxime Delmas

CLLE, Université de Toulouse, CNRS, UT2J, France
maxime.delmas@etu.univ-tlse2.fr

Loïc Caroux

CLLE, Université de Toulouse, CNRS, UT2J, France
loic.caroux@univ-tlse2.fr

Céline Lemercier

CLLE, Université de Toulouse, CNRS, UT2J, France
celine.lemercier@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ

La présente étude vise à observer l'influence des modifications de la composition des affichages tête haute (ATH) sur l'expérience et la performance des joueurs dans les jeux vidéo de type MOBA. Quarante participants ont été répartis en deux groupes d'expertise (novice vs experts). La tâche consistait à jouer à un jeu MOBA au travers de trois conditions de conception d'ATH : sans modifications (original), sans les éléments secondaires et sans les éléments principaux. Les joueurs avaient une meilleure expérience subjective de l'ATH original par rapport aux autres conditions d'ATH, mais il n'existait pas d'interaction entre le type d'ATH et le niveau d'expertise du joueur. Les joueurs avaient de meilleures performances dans les conditions d'ATH original et d'ATH sans les éléments secondaires que dans celle d'ATH sans les éléments principaux. Cette influence était modulée par le niveau d'expertise de manière différente selon le type de score.

MOTS-CLES

Jeux vidéo ; Interface visuelle ; Expertise ; Game design ; Environnements virtuels.

1 INTRODUCTION

L'univers du jeu vidéo n'a eu de cesse de se développer ces dernières années. Il représente aujourd'hui dans notre société un poids important, culturellement et économiquement. Pour concevoir un jeu vidéo réussi, il est dorénavant nécessaire de mieux prendre en compte le joueur dans son interaction avec le jeu vidéo (Caroux, Isbister, Le Bigot, & Vibert, 2015). En particulier, il est important de comprendre comment le joueur perçoit, comprend et utilise les informations transmises par l'interface du jeu.

Ces informations passent majoritairement par une interface visuelle. Cette interface est généralement constituée d'une scène d'action principale, contenant des entités avec lesquelles le joueur peut interagir (par ex. objets, ennemis, etc.), superposée à un arrière-plan, généralement complexe et en mouvement. Des informations contextuelles peuvent être également affichées sur l'interface et sont souvent rassemblées dans un affichage tête haute (ATH). Ces informations

renseignent sur les différents paramètres de la situation de jeu (par ex. temps restant, état de santé d'un avatar, etc.).

Différents modèles théoriques particulièrement intéressants pour la conception d'interfaces visuelles de jeux vidéo existent dans la littérature, notamment le modèle SEEV (Saillance, Effort, Affichages visuels dynamiques). Le modèle stipule que la probabilité de prêter attention à chaque zone dépend de quatre facteurs : la saillance visuelle de la zone, l'effort nécessaire pour accéder à l'information, l'attente de l'utilisateur à trouver des informations pertinentes dans chaque zone, et enfin la valeur qu'a l'information pour l'utilisateur.

Seules quelques études se sont intéressées à l'influence des caractéristiques des ATH sur le

Comportement des joueurs, et plus spécifiquement sur leur expérience subjective et leur performance. Par exemple, il a été montré que la composition (le type d'informations qui constituent l'ATH) ou l'organisation spatiale (la disposition des informations sur l'interface visuelle) d'un ATH peuvent avoir une influence sur l'expérience et la performance des joueurs, et que cette influence pouvait être modulée par le niveau d'expertise du joueur (Caroux & Isbister, 2016).

Le but de notre étude était d'étudier l'influence de la composition de l'ATH sur l'expérience et la performance des joueurs, et ce en lien avec le niveau d'expertise du joueur, dans un type de jeu particulier : les MOBA (Arènes de Bataille En ligne Multijoueur, en français). Les MOBA constituent un genre de jeu dans lequel deux équipes de cinq joueurs s'affrontent, aux côtés d'unités contrôlées par l'intelligence artificielle, dans le but de renverser la base adverse. Ce type de jeu est particulièrement intéressant du fait d'une part que le niveau d'expertise est évalué objectivement, par le biais de classements officiels (sous-tendus par le système elo^1). D'autre part, tout comme pour les jeux de stratégie en temps réel (Caroux & Isbister, 2016), les ATH des MOBA dispensent des informations contextuelles importantes pour le joueur, telles que le niveau de santé de son avatar.

La première hypothèse était que la composition de l'ATH a une influence sur l'expérience subjective des joueurs. La deuxième hypothèse était que cette influence est modulée par le niveau d'expertise. La troisième hypothèse était que la composition de l'ATH a une influence sur la performance des joueurs. La quatrième hypothèse était que cette influence est modulée par le niveau d'expertise.

2

METHODE

2.1 Participants

Une expérimentation a été conçue dans laquelle 40 participants (âgés entre 18 et 25 ans) ont joué au jeu « League of Legends » (Riot Games, 2009), représentant emblématique du type MOBA. Les participants étaient séparés en deux groupes selon leur niveau d'expertise. Le groupe « expert » était constitué de 18 joueurs dont le classement sur le jeu était supérieur ou égal à Platine 5² (classement élevé). Le groupe « novice » était constitué de 22 joueurs dont le classement était inférieur ou égal à Argent 1 (classement faible).

2.2 Matériel

Au travers du prisme du modèle SEEV (Wickens et al., 2003), la composition de l'ATH du jeu vidéo a été manipulée pour se décliner en trois conditions (voir Figure 1) : un ATH sans modifications (original), un ATH sans les éléments principaux, c'est-à-dire correspondant aux

informations les plus utiles au jeu (par ex. mini-carte, barres de santé, de ressources), et un ATH sans les éléments secondaires, c'est-à-dire correspondant aux informations les moins utiles au jeu (par ex. chronomètre, panneaux d'objets). Les différentes sessions de jeu ont été effectuées sur un ordinateur, contrôlé par une souris et un clavier.

¹ Pour plus de détails, voir : https://fr.wikipedia.org/wiki/Classement_Elo

² Pour plus de détails, voir : <https://www.lol-smurfs.com/blog/league-of-legends-divisions/>



Figure 1. Interface visuelle du jeu vidéo League of Legends selon la perspective du joueur. Les zones colorées correspondent aux éléments constituant l'ATH. Les zones vertes correspondent aux éléments considérés comme principaux et les zones jaunes aux éléments considérés comme secondaires.

2.3 Plan expérimental et procédure

Les participants avaient pour consigne de jouer plusieurs parties du jeu vidéo League of Legends. Le but des participants était d'obtenir les meilleurs scores possibles. Trois scores représentaient la performance du joueur : le « nombre d'unités adverses éliminées », correspondant au nombre d'unités contrôlées par un autre joueur éliminées par le participant, le « nombre de sbires éliminés » correspondant au nombre d'unités contrôlées par l'intelligence artificielle éliminées par le participant, et enfin le « nombre de pertes » correspondant au nombre de fois où l'unité contrôlée par le participant était éliminée par une unité adverse. Chaque participant jouait un total de 3 parties de 10 minutes chacune, soit une partie par condition d'ATH.

2.4 Variables dépendantes

L'expérience subjective des participants était évaluée à l'aide de deux questionnaires à la fin de chaque partie. Un questionnaire de ressenti de l'ATH a été élaboré à partir de celui utilisé par Caroux

& Isbister (2016), et était composé de trois dimensions : ressenti sur la composition de l'ATH, ressenti global de l'ATH et sentiment de familiarité avec l'ATH. Un deuxième questionnaire d'expérience globale de jeu (« Game Experience Questionnaire » ; IJsselsteijn, de Kort, & Poels, 2013) a été utilisé. Sept dimensions composent ce questionnaire : compétence, immersion sensorielle et imaginative, flow, tension, challenge, affect négatifs et affectifs positifs. Deux items étaient présentés pour chaque dimension. Enfin, la performance des participants était évaluée à partir des trois scores cités plus haut.

3 RÉSULTATS

La manipulation de l'ATH avait un effet significatif sur les 3 dimensions du ressenti de l'ATH (composition, $F(2,38) = 109,53, p < 0,05$; ressenti global, $F(2,38) = 107,62, p < 0,05$; familiarité, $F(2,38)$

= $93,45, p < 0,05$) et sur 5 des 7 dimensions de l'expérience de jeu (compétence, $F(2,38) = 28,92, p < 0,05$; tension, $F(2,38) = 135,98, p < 0,05$; challenge, $F(2, 38) = 42,23, p < 0,05$; affects négatifs, $F(2,38) = 32,15, p < 0,05$; affects positifs, $F(2, 38) = 76,11, p < 0,05$). Les comparaisons appariées ont montré que le ressenti de l'ATH était meilleur pour la condition d'ATH original que pour les deux autres conditions. Le ressenti était également meilleur pour la condition d'ATH sans éléments secondaires que pour celle sans éléments principaux. L'expérience de jeu était moins bonne pour la condition d'ATH sans éléments principaux que pour les deux autres conditions. L'interaction entre la composition de l'ATH et le niveau d'expertise du joueur n'était significative pour aucun des indicateurs du ressenti subjectif.

La manipulation de l'ATH avait un effet significatif sur les trois scores de performance (« nombre d'unités adverses éliminées », $F(2,38) = 70,27, p < 0,05$; « nombre de sbires éliminés », $F(2,38) = 76,11, p < 0,05$; « nombre de pertes », $F(2,38) = 6,50, p < 0,05$). Les comparaisons appariées ont montré que

les scores de « nombre d'unités adverses éliminées » et de « nombre de sbires éliminés » étaient moins élevés dans la condition d'ATH sans les éléments principaux que dans les deux autres conditions. Le score « nombre de pertes » était moins élevé dans la condition d'ATH sans les éléments secondaires que dans les deux autres conditions.

Pour le score « nombre d'unités adverses éliminées », l'interaction entre la composition de l'ATH

et le niveau d'expertise était significative ($F(2, 38) = 1,86, p < 0,05$). Ce score était plus élevé pour le groupe expert que pour le groupe novice dans les conditions d'ATH original et sans les éléments secondaires, mais il n'était pas différent dans la condition d'ATH sans les éléments principaux. Pour le score « nombre de pertes », l'interaction significative entre la composition de l'ATH et le niveau d'expertise ($F(2,38) = 5,35, p < 0,05$) a montré que la différence de performance entre novices et experts était plus importante dans la condition d'ATH sans les éléments principaux que dans les autres conditions. Il n'y avait pas d'interaction significative pour le score « nombre de sbires éliminés ».

4 DISCUSSION

La première hypothèse a été validée. Modifier la composition de l'ATH en enlevant certaines informations avait une influence négative sur l'expérience subjective des joueurs. L'ATH sans les éléments principaux était le moins bien évalué. Retirer les informations peu utiles au jeu avait un moindre impact, puisqu'il n'y avait de différence avec l'ATH original que pour le questionnaire d'évaluation du ressenti de l'ATH. Ces résultats sont conformes avec la littérature scientifique (Caroux

& Isbister, 2016) et cohérents avec le modèle SEEV.

La deuxième hypothèse n'a pas été validée. Il n'y avait pas interaction significative entre la composition de l'ATH et le niveau d'expertise des joueurs sur leur expérience subjective. Ces résultats sont en contradiction avec les résultats de Caroux & Isbister (2016), pour qui plus les joueurs étaient experts, meilleure était leur expérience de l'ATH original, et moins bonne était leur expérience d'une interface sans ATH.

La troisième hypothèse a été validée. Modifier la composition de l'ATH avait également une influence négative sur la performance des joueurs. Les scores de « nombre d'unités adverses éliminées » et de « nombre de sbires éliminés » étaient moins élevés pour la condition

d'ATH sans les éléments principaux que pour les deux autres conditions. De plus, le score « nombre de pertes » était moins élevé pour la condition sans les éléments secondaires que pour les deux autres conditions.

Enfin, la quatrième hypothèse a été partiellement validée. Les résultats ont montré que la composition de l'ATH n'avait pas la même influence sur la performance des experts et des novices pour deux des trois scores (« nombre d'unités adverses éliminées » et « nombre de pertes »).

En conclusion, conserver l'ATH original permet d'optimiser l'expérience et la performance des joueurs, et retirer les éléments secondaires influence dans une moindre mesure ces deux facteurs. En revanche, retirer les éléments principaux les affecte négativement. Enfin, lors de la conception d'un ATH, les concepteurs de jeux vidéo devraient également prendre en considération le niveau d'expertise des utilisateurs, et éventuellement adapter l'affichage en fonction du profil du joueur selon le but recherché. Des études supplémentaires devraient être réalisées afin d'étendre ces recherches à d'autres types de jeux vidéo et d'environnements virtuels.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Caroux, L., & Isbister, K. (2016). Influence of head-up displays' characteristics on user experience in video games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 87, 65-79.
- Caroux, L., Isbister, K., Le Bigot, L., & Vibert, N. (2015). Player–video game interaction: A systematic review of current concepts. *Computers in Human Behavior*, 48, 366-381.
- Ijsselsteijn, W. A., de Kort, Y. A. W., & Poels, K. (2013). *The Game Experience Questionnaire*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Wickens, C. D., & McCarley, J. S. (2008). *Applied attention theory*. Taylor & Francis: Boca-Raton, FL.
- Wickens, C.D., Goh, J., Hellberg, J., Horrey, W.J. & Talleur, D.A. (2003) Attentional Models of Multitask Pilot Performance Using Advanced Display Technology. *Human Factors*, 45, 360-380.

Représentations des facteurs en jeu dans la création de relations amicales en ligne : le cas du site « faire-des-amis.com »

Corentin Massonneau

Université de Technologie de Troyes
12 Rue Marie Curie, 10000 Troyes
corentin.massonneau@utt.fr

Nadia Gauducheau

Université de Technologie de Troyes
12 Rue Marie Curie, 10000 Troyes
nadia.gauducheau@utt.fr

Matthieu Tixier

Université de Technologie de Troyes
12 Rue Marie Curie, 10000 Troyes
matthieu.tixier@utt.fr

MOTS-CLES

Construction des relations interpersonnelles ; Communication médiatisée par ordinateur ; Perception des relations en ligne ; Développement de la relation ; Rôle des attentes.

1 INTRODUCTION

Cette communication s'inscrit dans la première année d'un projet doctoral portant sur les communications médiatisées par ordinateur et les relations interpersonnelles en ligne.

Sites et applications de rencontres, groupes publics ou privés sur les réseaux sociaux, application pour la participation à des événements, au fil des années, l'Internet s'impose de plus en plus comme une source d'échanges et de rencontres en ligne mais aussi dans le monde « hors-ligne » (Pharabod, 2017 ; Ricken et al., 2017). Qu'ils soient purement virtuels et vécus uniquement en ligne ou qu'ils aboutissent à une rencontre en face-à-face (IRL), les liens créés grâce à ces rencontres sont-ils de nature semblable ? Cette question a été abordée dans de nombreux travaux avec des résultats parfois contradictoires. Certains mettent en évidence que les relations construites en ligne sont tout aussi proches que les relations hors ligne (*e.g.* Hian et al. 2004) alors que d'autres montrent qu'elles seraient moins intimes (Scott et al., 2006). Comme avancé par Ramirez et Wang (2008) et les travaux de Burgoon (1978) sur l'Expectancy Violation Theory, les attentes et impressions construites à propos du partenaire lors des échanges en ligne jouent un rôle important dans les relations, certaines violations de ses attentes peuvent entraîner une dépréciation de son partenaire.

Dans cette étude exploratoire, nous nous sommes intéressés aux discours et représentations des utilisateurs des sites de rencontres « amicales » sur les relations qu'ils construisent en ligne, et notamment à leur perception des facteurs qui facilitent ou limitent le développement de relations amicales.

2 MILIEUX D'IMPLANTATIONS ET METHODES

Afin d'étudier cela, nous avons consulté et analysé un ensemble de messages postés sur le forum d'un site français « faire-des-amis.com ». Ce site a été sélectionné pour plusieurs raisons. Nous cherchions un site orienté explicitement et uniquement vers la création de relations amicales entre individus (pour avoir accès aux témoignages de personnes engagées dans des activités d'échange « amical » en ligne). Nous avons cherché un site assez populaire et actif (activité significative sur le site), francophone et enfin un site dans lequel le forum est public, c'est-à-dire que les messages sont visibles sans avoir besoin de s'inscrire (cela permet d'analyser les messages sans qu'il soit nécessaire de demander des autorisations auprès des utilisateurs). A notre connaissance, seul le site « faire-des-amis.com » nous permettait de remplir ces critères. Selon la page d'accueil du site la moyenne d'âge des utilisateurs est de 35 ans et plus de 52 000 comptes ont été créés. Le site dispose d'un forum de discussion et le corpus des messages étudiés provient du fil de discussion « Peut-on vraiment se faire des amis sur ce site ». Nous avons décidé de nous focaliser sur ce fil car il propose aux participants de faire part de leur expérience sur la construction de relations amicales grâce à ce site (une sorte de réflexion méta sur leur pratique dans le site). Il s'agissait donc a priori d'un fil dans lequel on pouvait trouver de manière privilégiée des témoignages (dans les autres fils, cela peut arriver mais de manière plus éparse). Nous avons prélevé l'intégralité des messages de ce fil de discussion (n = 208) jusqu'à la date du 25 décembre 2018 afin d'effectuer une analyse thématique de contenu (Paillé et Mucchielli, 2008). Parmi ces messages du fil de discussion, 79 ont été conservés et ont permis d'effectuer notre analyse thématique. Les messages non sélectionnés étaient des présentations de soi, des demandes de contact ou encore des messages difficilement compréhensibles.

3 RESULTATS

L'analyse du contenu des messages a permis d'identifier trois thématiques principales abordées par les participants.

La première thématique principale concerne les motivations des participants à se faire des amis sur le site. Deux motivations sont les plus représentées, la principale étant le besoin de pallier la solitude (12 occurrences, 48% du total des raisons évoquées) et la seconde l'envie de partager des moments ensemble IRL (9 occurrences, 36%) (*[...] pour se rencontrer et faire des sorties*). La deuxième thématique principale abordée par les utilisateurs dans leurs discours concerne leur perception des critères et facteurs importants dans la création de relations interpersonnelles amicales en ligne (cf. Tableau 1). Ces facteurs ont été séparés en deux catégories principales : les facteurs défavorables identifiés par les utilisateurs dans leur démarche et les facteurs favorables.

Deux conditions défavorables sont évoquées par les participants : le fonctionnement de la communauté et l'utilisabilité de la plateforme. Concernant le fonctionnement de la communauté, les utilisateurs déplorent notamment un manque crucial de dynamisme chez leurs pairs (*On est beaucoup [...] mais il n'y a pas grand-chose qui se passe.*) ainsi qu'une absence générale de réponse aux messages privés déposés (*[...] les personnes répondent pas toujours*). Par ailleurs, certaines des fonctionnalités du site sont décriées par les utilisateurs, ce qui remet ainsi en cause leur perception de l'efficacité du dispositif (*J'ai toujours trouvé étrange que l'on s'inscrive en restant anonyme. [...] en ayant ce statut, nous ne pouvons pas vous envoyer de message privé.*).

Quatre types de critères favorables à la création d'amitié en ligne sont évoqués par les participants : le fonctionnement de la communauté, l'implication dans la démarche, les similitudes et la proximité géographique. Cette dernière représente à elle seule un quart des critères totaux évoqués. La majorité des utilisateurs ayant mis en avant la proximité géographique estiment qu'une faible distance géographique entre les interlocuteurs en ligne faciliterait la création du lien amical en ligne (*ça ne m'intéresse pas de faire des connaissances [...] dans d'autres départements. Je ne vois pas trop l'intérêt*). Les participants expriment ainsi l'envie et le besoin de rencontrer ses «

amis virtuels » dans un cadre physique, ce qui fait écho aux motivations principales citées précédemment. La seconde sous-catégorie de conditions favorables la plus représentée concerne l'implication dans la démarche. Le besoin d'abnégation dans leur démarche est la condition favorable la plus citée ici par les utilisateurs (14% du total des critères évoqués) (*il faut être patient, [...] et on attend de voir si qqe chose pousse*). Ensuite, la troisième sous-catégorie de critères favorables au développement d'une relation amicale évoqués concerne la recherche des similarités entre soi-même et ses interlocuteurs, on parle alors d'homophilie. La similitude la plus recherchée par nos utilisateurs correspond aux attentes communes sur la relation (8% du total des critères évoqués). Enfin, la dernière sous-catégorie de critères favorables mentionnés par les utilisateurs concerne le fonctionnement de la communauté. Prise d'initiative, participation au sein de la communauté, présentation complète de soi et mise en place de contextes communicationnels propices (e.g., ne pas parler de son divorce pour commencer une discussion) cohabitent dans cette catégorie.

Tableau 1 - Critères en jeu dans la création d'amitié en ligne pour les utilisateurs du site

Critères en jeu dans la création d'amitié en ligne	Représentation totale	Nombre d'occurrences n = 124	Répartition
<i>Fonctionnement de la communauté – Conditions défavorables</i>	20.97%		
Craintes de stéréotypes		1	0.81%
Absence de réponses aux messages		13	10.48%
Absence de dynamisme sur le site		12	9.68%
<i>Utilisabilité de la plateforme – Conditions défavorables</i>	9.68%		
Qualité du site		3	2.42%
Problèmes et fonctionnalités complexes		9	7.26%
<i>Fonctionnement de la communauté – Conditions favorables</i>	12.90%		
Prise d'initiative et participation		6	4.84%
Présentation complète de soi		7	5.65%
Contextes communicationnels propices		3	2.42%
<i>Implication dans la démarche – Conditions favorables</i>	17.74%		
Abnégation dans la démarche		17	13.71%
Chance et hasard		5	4.03%
<i>Similitudes – Conditions favorables</i>	13.71%		
Attentes communes sur la relation		10	8.06%
Personnalités concordantes		3	2.42%
Valeurs proches		1	0.81%
Centres d'intérêts communs		3	2.42%
<i>Proximité géographique – Conditions favorables</i>	25%		
Proximité géographique facultative		9	7.26%
Proximité géographique importante		22	17.74%

La troisième et dernière thématique principale abordée par les utilisateurs dans leurs messages est la nature des liens créés en ligne et l'articulation avec le face-à-face (cf. Tableau 2). La nature des liens créés en ligne ne fait pas l'unanimité dans les discours des utilisateurs. Pour près de la moitié d'entre eux, ces liens sont de moins bonne qualité qu'IRL : ils ne sont que superficiels, éphémères (*Se rendre compte des liens oui [...] très vite, ça apparait superficiel [...] jusqu'à la déconvenue*). Sont alors évoqués des termes tels que « connaissances », « correspondants », « belles relations » ou encore « camaraderie » afin de définir la relation créée qui ne serait donc pas au niveau d'une amitié au sens propre du terme. Concernant les positionnements des utilisateurs sur l'articulation avec le face-à-face, on note que plus d'un tiers d'entre eux estiment que ces relations ne peuvent pas se créer sans passer par la rencontre IRL (38%). Cette dernière serait alors un moyen de faire à la fois exister l'amitié et permettre sa concrétisation (*Je pense qu'il est possible de créer un espace amitié par le virtuel mais il faut un moment je pense concrétiser cette amitié par du réel*). Enfin, les utilisateurs restants estiment que l'amitié peut se développer en ligne comme IRL, sans impacter pour autant sa qualité finale (18%).

Tableau 2 - Définition de l'amitié en ligne par les utilisateurs du site

Qu'est-ce qu'une amitié en ligne ?	Représentation totale	Nombre d'occurrences n = 45	Répartition
<i>L'amitié en ligne doit se prolonger IRL</i>			
	37.78%		
Pour exister		8	17.78%
Pour se concrétiser		9	20.00%
<i>L'amitié en ligne est de moins bonne qualité qu'IRL</i>			
	44.44%		
Absence de contact physique		5	11.11%
Absence de langage non-verbal		3	6.67%
Moins de profondeur qu'IRL		3	6.67%
Peu de chances que le virtuel mène au réel		1	2.22%
Liens superficiels		3	6.67%
Autres statuts moindres que « amis »		5	11.11%
<i>L'amitié en ligne est aussi satisfaisante qu'IRL</i>			
	17.78%		
Evolution de la relation en ligne similaire IRL		3	6.67%
Possibilité de se faire des amis en ligne comme dans la vraie vie		5	11.11%

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus dans notre étude nous permettent de mettre en lumière les perceptions des utilisateurs concernant la création de relations amicales en ligne ainsi que les facteurs censés la faciliter. On observe que les discours des utilisateurs sont conformes à des travaux présents dans la littérature : le besoin de pallier la solitude est la principale raison de la présence des utilisateurs sur le site (Hood, Creed et Mills, 2018), l'importance de la proximité géographique comme support de l'amitié en ligne se retrouve également dans certains travaux (Hampton et Wellman, 2001) et enfin, la présence non-négligeable de l'homophilie chez les utilisateurs fait écho aux travaux de Schneider (2002). Cependant, les points de vue des utilisateurs ne sont pas en accord avec la théorie de Walther (1996) et les travaux qui tendent à démontrer que les amitiés se créent, se développent et évoluent positivement en ligne dans le temps (McKenna, Green et Gleason, 2002). En effet, un des points souvent mis en avant dans les discours étudiés est la recherche de proximité géographique permettant une rencontre hors ligne. Ainsi, pour les utilisateurs du forum, les échanges en ligne seraient vus comme préparatoires à une rencontre hors ligne et non pas créateurs de la relation amicale en ligne. Il sera nécessaire de confirmer ce résultat avec un autre échantillon d'utilisateurs (utilisant d'autres sites notamment). Nous savons déjà grâce à Ramirez et Wang (2008) que le temps passé en ligne avant la rencontre physique peut influencer sur les certitudes vis-à-vis de son partenaire d'échange ainsi que son appréciation. Ces résultats témoignent d'une hétérogénéité des représentations des participants sur les critères en jeu dans l'amitié en ligne (parfois même des désaccords). Il serait intéressant d'étudier si cette absence de représentations partagées ne joue pas également un rôle dans l'appréciation du partenaire.

Pour approfondir nos résultats, il semble pertinent de compléter nos données en réalisant des entretiens pour obtenir des données descriptives absentes dans cette étude (âge, usage d'internet, etc.) et obtenir des informations plus précises sur l'articulation entre échanges en ligne et hors ligne.

5 BIBLIOGRAPHIE

- Burgoon, J. K. (1978). A communication model of personal space violations: Explication and an initial test. *Human Communication Research*, 4(2), 129-142.
- Hampton, K., & Wellman, B. (2001). Long distance community in the network society: Contact and support beyond Netville. *American Behavioral Scientist*, 45(3), 476-495.

- Hian, L. B., Chuan, S. L., Trevor, T. M. K., & Detenber, B. H. (2004). Getting to know you: Exploring the development of relational intimacy in computer-mediated communication. *Journal of computer-mediated communication*, 9(3), JCMC935.
- Hood, M., Creed, P. A., & Mills, B. J. (2018). Loneliness and online friendships in emerging adults. *Personality and Individual Differences*, 133, 96-102.
- McKenna, K. Y., Green, A. S., & Gleason, M. E. (2002). Relationship formation on the Internet: What's the big attraction? *Journal of social issues*, 58 (1), 9-31.
- Paillé, P. & Mucchielli, A. (2008). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Armand Colin, Paris.
- Pharabod, A. S. (2017). Fréquenter des inconnus grâce à internet. *Sociologie*, 8(1), 101-116.
- Ramirez Jr, A., & Wang, Z. (2008). When online meets offline: An expectancy violations theory perspective on modality switching. *Journal of Communication*, 58(1), 20-39.
- Ricken, S., Barkhuus, L., & Jones, Q. (2017). Going Online to Meet Offline: Organizational Practices of Social Activities through Meetup. In *Proceedings of the 8th International Conference on Communities and Technologies*, 139-148.
- Schneider, B. H. (2000). *Friends and enemies: Peer relations in childhood*. London: Arnold
- Scott, V. M., Mottarella, K. E., & Lavooy, M. J. (2006). Does virtual intimacy exist? A brief exploration into reported levels of intimacy in online relationships. *CyberPsychology & Behaviour*, 9, 759-761.
- Walther, J. B. (1996). Computer-mediated communication: Impersonal, interpersonal, and hyperpersonal interaction. *Communication Research*, 23, 3-43.

Quels espaces d'échanges dans l'entreprise ? Un exemple de théâtre-forum pour les problèmes de connexion

Ophélie Morand

INRS, rue du Morvan
54500 Vandœuvre-lès-Nancy
ophelie.morand@inrs.fr

Béatrice Cahour

CNRS i3 Ecole nat.sup.Télécom ParisTech
46 Rue Barrault, 75013
beatrice.cahour@telecom-paristech.fr

Vincent Grosjean

INRS, rue du Morvan
54500 Vandœuvre-lès-Nancy
vincent.grosjean@inrs.fr

Marc-Eric Bobillier-Chaumon

CNAM, 41 Rue Gay-Lussac, 75005 Paris
marc-eric.bobillier-chaumon@lecnam.net

RÉSUMÉ

Dans une perspective psycho-ergonomique, nous nous intéressons à la problématique de la sur-connexion dans une grande entreprise. L'étude comprend deux phases : une première phase « diagnostic » (questionnaire et entretiens) et une deuxième phase, axée sur l'intervention, où il s'agit de dérouler une méthodologie innovante dans le contexte de mise en débat collectif, le théâtre-forum. A partir de premiers résultats, cette communication questionne l'impact, la pertinence et la spécificité de cette méthode pour aborder cette problématique de la sur-connexion en impliquant corporellement et collectivement les participants, ce qui n'est pas le cas de tous les espaces de discussion en entreprise.

MOTS-CLES

Connexion ; TIC ; Régulation ; Théâtre forum ; Expérience vécue ;

1 PROBLEMATIQUE ET CONTEXTE

Afin d'appréhender la question de la connexion et de sa régulation, nous menons une étude en deux phases au sein d'Orange. La première phase était axée sur le diagnostic. Elle a consisté en la passation d'un questionnaire par 436 cadres et 20 entretiens individuels. Deux communications ont décrit les résultats de cette première phase (Morand, Cahour, Bobillier-Chaumon et Grosjean, 2018 a&b). On a pu constater que la connexion entraîne une forte charge informationnelle, un débordement du travail dans la sphère privée et une injonction implicite à une réactivité de tout instant. Par ailleurs elle apporte de nombreux avantages tels que la rapidité, une forme

d'efficacité et de souplesse dans l'organisation. En outre, cette phase diagnostic a montré un effet du statut hiérarchique et de la fonction (commerciale en particulier) sur le niveau et le besoin de connexion (Morand & al. 2018). Nos entretiens ont montré l'importance de l'interaction avec les clients et la difficulté pour les commerciaux de respecter des horaires « traditionnels » parce qu'ils –et l'entreprise- attachent une importance particulière à « *l'expérience client* ». Aussi la satisfaction du client et la réactivité à ses demandes constituent l'essence même de leur activité et cette disponibilité constante passe par une connexion quasi continue. Une commerciale nous dira ainsi « *quel que soit l'heure, quel que soit le jour, je prendrai tous les appels.* »

La conjonction des avantages et des inconvénients de cette connexion chez les cadres renforce la nécessité d'une régulation. En France, beaucoup d'entreprises ont mis en place des chartes, des accords ou des formations. Des études convergent pour dire que ces tentatives de régulation ne sont souvent pas suivies d'effets sur les pratiques, en particulier des cadres (Boudokhane-Lima & Felio

2015, Créno & Cahour 2016). A côté de ces accords, on constate également le développement de stratégies individuelles pour faire face aux difficultés rencontrées. Nos entretiens ont permis d'en décrire quelques-unes, qui s'avèrent plus ou moins efficaces mais pas suffisantes : déconnexions partielles, forcées (Morand et al. 2018).

Ainsi dans la deuxième phase de notre étude, nous voulons explorer une autre stratégie pour faire évoluer les pratiques de connexion. Notre recherche-intervention part du postulat que des *normes sociales implicites* régissent ce qu'il convient de faire dans un milieu de travail donné et qu'il faut agir au niveau des représentations implicites pour que les pratiques changent. Il s'agit donc de les mettre en visibilité, de construire un cadre qui permette aux employés d'échanger, pour enfin, dans un second temps, aboutir à des changements concrets.

2 CONSTRUIRE DES ESPACES D'ÉCHANGE EN ENTREPRISE

2.1 Possibilités des espaces d'échange pour une pratique réflexive

Afin de transformer le travail, plusieurs dispositifs d'espaces d'échange ont été envisagés dans la littérature. Une première possibilité consiste à instaurer un espace de discussion où un dialogue collectif et régulier est animé par le manager (Detchessahar, 2015) ou par un tiers (distinct de l'encadrant). L'intérêt premier est de développer une *pratique réflexive*, en permettant à l'individu d'élargir son point de vue en se confrontant à celui des autres et par ce fait, de créer de nouveaux savoirs et savoir-faire (Casse, 2015).

En complément de ces dispositifs d'échanges, des auteurs ont développé des méthodes qui permettent de centrer plus directement les échanges sur des réalités du travail concret. On peut par exemple citer en France les travaux sur l'auto-confrontation croisée (Clot, Faïta, Fernandez & Scheller, 2000). Les participants sont amenés à construire une compréhension du travail réel sur la base d'un matériau concret, affinant la prise en compte des points de vue des collègues dans la réalisation du travail. Les entretiens d'explicitation, individuel ou en groupe, visent aussi le travail réel mais au travers de l'expérience vécue (Vermersch, 1994). Ceux-ci consistent à faire évoquer un événement situé dans le temps et dans l'espace à des personnes qui revivent cette situation via des relances spécifiques (Balas-Chanel, 2013, Crozier, 2013). Ici aussi, c'est autour d'un matériau évoqué que les échanges sont construits. Ces méthodologies permettent de traiter de situations problématiques qui suscitent des tensions ou des désaccords.

2.2 Spécificités du théâtre-forum

Nous avons choisi pour cette recherche-intervention de mettre en œuvre la méthodologie du théâtre-forum (Boal, 2004, Grosjean & Morand, 2018). Au-delà de l'accès à la réflexivité, il nous semble intéressant de tester des modalités de mise en débat qui « font percevoir » dans le corps les réalités de la situation évoquée, qui mobilisent l'individu et le groupe en impliquant les émotions et les corps. Cette méthodologie mise à profit par l'éducation populaire, a été développée par

Augusto Boal au Brésil pour aider les « *opprimés* » à s'exprimer (Boal, 2004). Elle permet de mettre en interaction et en actes un groupe au sujet d'une situation problématique en passant par le jeu théâtralisé.

Le dispositif de théâtre-forum vise à créer une situation où les participants sont actifs, en permettant à chacun de s'exprimer sur des perspectives d'évolution qu'ils entrevoient et de les expérimenter de manière corporelle et comportementale. Dans un premier temps, le groupe va créer collectivement un matériel de jeu théâtral imaginaire en s'inspirant de situations réelles vécues. Les tensions vécues (recréées dans un espace d'échange) sont considérées comme un levier potentiel pour construire des changements organisationnels.

L'objectif est (a) de construire une configuration où les personnes évoquent une situation particulière *vécue et génératrice de tension* puis l'incarnent ; (b) d'instaurer un espace d'échange autour de ce qui a été perçu et ressenti par un public large et (c) d'aboutir à une décision d'actions transformationnelles sur les pratiques de connexion. On se centre ici sur la phase 1.

3 METHODOLOGIE DU THEATRE-FORUM

Pour la méthode que nous avons choisi d'utiliser, le théâtre forum institutionnel (Guerre, 1998), nous avons suivi le processus de réalisation suivant :

- Phase de préparation (2 à 3 séances de 2h30) avec 8 à 10 salariés : choix de plusieurs situations problématiques en lien avec la connexion et construction de scènes représentant ces tensions.
- Phase de forum (1 séance de 2/3h) : jeu des scènes devant le groupe large. L'intervenant amène le public à s'exprimer sur ses ressentis et sur les possibles améliorations, et lui propose de remplacer les acteurs. Cette phase mobilisera un groupe plus large d'une quarantaine de personnes, incluant des décideurs.

La finalité centrale de ce travail est d'évaluer le potentiel transformateur du rapport à la connexion de la méthodologie du théâtre forum. Cet objectif large nous conduit à collecter des informations en trois temps : pendant les séances de préparation (enregistrement audio ou vidéo du déroulé /retours oraux sur le vécu/retours papiers), après le forum (entretiens individuels sur le vécu) et deux mois après le forum (entretiens sur les évolutions des pratiques de connexion).

4 PREMIERS RESULTATS

La méthodologie a été déroulée au sein de deux collectifs pour la phase de préparation. Nous présentons un résumé des résultats du collectif 1.

4.1 Choix d'une problématique et élaboration de la scène

4.1.1 Proposition de problématiques

Nous avons proposé au groupe restreint de se mettre d'accord sur une tension liée à la connexion et à la frontière vie privée / vie professionnelle et d'imaginer un scénario présentant cette tension. Trois propositions ont émergé : une salariée qui se sent obligée de travailler un dimanche, un salarié interrompu par un whatsapp du comité de direction et un manager trop sollicité au travail et chez lui.

4.1.2 Choix et élaboration de la scène

L'élaboration de la scène passe par une discussion collective en cercle qui peut se décomposer en 4 types de séquences discursives qui sont entremêlées

- Partage d'expérience vécue,
- Réflexions collectives,
- Scénarisation : comment décrire la tension, qui joue, quel est le contexte
- Propositions de solutions pour remédier aux tensions.

4.1.3 Test de la scène (jeu)

Les participants sont ensuite invités à jouer la scène qu'ils ont créée. Pour donner un exemple de scène, ici 4 participants ont joué une scène avec une salariée qui est interrompue pendant un repas de famille par un whatsapp de son manager alors qu'elle est avec son conjoint et son enfant. Elle ressent un tiraillement car elle veut bien faire en améliorant sa future présentation, mais aussi profiter de sa famille. A la fin de la scène, la salariée est au parc avec sa famille mais regarde son téléphone, le ballon de son enfant tombe sur le téléphone et le casse.

4.2 Retour des participants

Nous avons analysé les retours sur les es vécus pour les 3 séances de préparation.

4.2.1 La peur de jouer qui s'estompe

Lors de la première rencontre, 7 participants sur 10 ont évoqué au début de la séance une forte peur de jouer. À la fin la 1^{ère} séance, les inquiétudes se sont orientées vers le jeu en public élargi, et nous avons proposé de le faire avec des acteurs si besoin. Finalement, lors de la 3^{ème} séance, le groupe restreint a décidé à l'unanimité de jouer devant le groupe élargi. La diminution de cette peur peut être attribuée à plusieurs éléments : les retours positifs des membres lors du jeu, le cadre, la cohésion du groupe.

4.2.2 La création et la cohésion d'un collectif

L'un des effets les plus importants au sein du groupe 1 est l'attachement au groupe et le fort sentiment d'appartenance qui s'est créé au long de ce travail. En effet, à chaque début de séance, les participants soulignaient qu'ils étaient heureux de se retrouver et de travailler ensemble.

A la fin de la dernière séance, 7 personnes ont noté qu'une des choses les plus appréciées était la dynamique et la cohésion de groupe qu'avait permis cette méthode.

4.2.3 Mobilisation et coût temporel

Les participants ont apprécié la possibilité de confrontation au réel que permet la méthodologie. En effet, le fait de voir/de jouer leur a permis de se mobiliser davantage qu'à travers un simple discours. Par ailleurs, plusieurs personnes nous ont suggéré d'adapter la méthode au temps de l'entreprise en réduisant les séances de préparation.

5 DISCUSSION

Pour l'instant, seule la première phase a été analysée. Celle-ci ne permet pas encore de voir émerger des solutions concrètes car elle est focalisée sur la représentation des

problèmes. D'autres groupes vont se mettre en place et l'évaluation de la démarche pour le changement pourra commencer. Une des difficultés à laquelle nous faisons face est également le manque de temps chronique des services les plus problématiques.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Balas-Chanel, A. (2013). *La pratique réflexive : Un outil de développement des compétences infirmières* (Elsevier Health Sciences).
- Boal, A. (2004) *Jeux pour acteurs et non-acteurs : pratique du théâtre de l'opprimé*. Paris: La Découverte.
- Boudokhane-Lima, F., & Felio, C. (2015). Les usages professionnels des TIC: des régulations à construire. *Communication & Organisation*, (2), 139–150.
- Casse, C. (2015). *Concevoir un dispositif de retour d'expérience intégrant l'activité réflexive collective: un enjeu de sécurité dans les tunnels routiers*.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (2-1).
- Créno, L., & Cahour, B. (2016). Les cadres surchargés par leurs emails: déploiement de l'activité et expérience vécue. *Activites*, 13(1).
- Crozier, J. (2013). Utiliser les techniques d'Explicitation au sein d'un groupe, 9. Detchessahar, M., Gentil, S., Grevin, A., & Stimec, A. (2015). Quels modes d'intervention pour soutenir la discussion sur le travail dans les organisations?: Réflexions méthodologiques à partir de l'intervention dans une clinique. *@GRH*, 16(3), 63.
- Grosjean, V., & Morand, O. (2018). Analyse du travail, construction et transformation du réel. Appréhender les conflits par le théâtre-forum et l'approche systémique. Actes du 53^{ème} Congrès de la SELF, Bordeaux, 3-5 Octobre 2018
- Guérin, V., & Ferber, J. (2009). Le monde change... et nous? Clés et enjeux du développement relationnel. Lyon : Chronique Sociale.
- Guerre, Y. (1998). *Le théâtre forum. Pour une pédagogie de la citoyenneté*.
- Morand, O., Bobillier-Chaumon, M-E., Cahour, B. et Grosjean, V. (2018a). « Enjeux et impacts de la connexion au travail et régulations individuelles et collectives ». communication présentée au Congrès de l'Association Internationale de Psychologie du Travail de Langue Française, Bordeaux, Juillet 2018.
- Morand, O., Cahour, B., Bobillier-Chaumon, M-E., Grosjean, V. (2018b). "Overload of technological connections for communicating at work ". Communication présentée au congress de l'International Ergonomics Association. Florence, août 2018.
- Van Belleghem, L. (2016). Eliciting activity: a method of analysis at the service of discussion. *Le Travail Humain*, 79(3), 285.
- Vermersch, P. (1994). L'entretien d'explicitation.

Effet de l'activité réalisée en phase de délégation de conduite sur l'état cognitif du conducteur et la performance lors de la reprise en main du véhicule

Marie Jaussein

Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports (LESCOT), IFSTTAR
25, avenue François Mitterrand, 69500 Bron
marie.jaussein@ifsttar.fr

Catherine Gabaude

Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports (LESCOT), IFSTTAR
25, avenue François Mitterrand, 69500 Bron
catherine.gabaude@ifsttar.fr

Jordan Navarro

Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs - EA 3082
Université Lumières Lyon 2, 69676 Bron
jordan.navarro@univ-lyon2.fr

RÉSUMÉ

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre d'une thèse de doctorat débutée le 1^{er} octobre 2018 s'intéressant aux modalités de reprise en main d'un véhicule à délégation de conduite. Notre objectif est de présenter les aspects novateurs d'une étude visant à explorer l'effet des activités réalisées en délégation de conduite sur l'activité cérébrale et sur la performance de reprise en main d'un véhicule. La méthodologie et quelques premiers résultats seront affichés. Les questions de mobilisation des ressources attentionnelles et de charge mentale du conducteur et donc leur implication dans la performance de reprise en main d'un véhicule seront discutées.

MOTS-CLES

Automatisation ; Ressources attentionnelles ; Activation cérébrale ; Qualité de reprise de contrôle ; Neuro-ergonomie

1. PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES

Il existe un consensus aujourd'hui sur l'évolution des usages et comportements des conducteurs engendrée par l'automatisation. Certains scientifiques avancent que malgré la nécessité de supervision, soulignée par exemple par la NHTSA pour le niveau 3 d'automatisation, nombre de conducteurs s'adonneront à d'autres activités, délaissant totalement le contrôle à l'automate (Lu, Happee, Cabrall, Kyriakidis, & de Winter, 2016). Prenant en compte cette réalité et l'ajoutant aux prérequis du niveau 4 d'automatisation défini par les instances de sécurité routière qui autorisent le conducteur à réaliser d'autres activités durant les modes de conduite autonome tout en devant rester disponible pour une éventuelle reprise en main (REM), il semble intéressant d'explorer l'effet que peuvent avoir ces différentes activités sur l'état attentionnel du conducteur pour ensuite évaluer si cette variation de l'état attentionnel aurait elle-même un effet sur ses performances de reprise en

main. L'étude visant à étudier cet effet s'inscrit dans le cadre de travaux de thèse s'intéressant de manière plus générale à l'impact que peuvent avoir les différentes conditions de REM sur la performance de REM.

Selon le modèle du MART (Young & Stanton, 2002) la capacité des ressources attentionnelles s'adapte aux exigences de la tâche, l'automatisation conduisant ainsi à une réduction temporaire des ressources attentionnelles accessibles. Face à un problème d'automatisation, la capacité maximale limitée de l'opérateur ne permettrait pas de gérer correctement la situation, ce qui entraînerait une dégradation des performances. En revanche, que se passe-t-il si le conducteur s'engage dans une autre activité que la conduite ? Lors d'une récente étude, des participants ont mis plus de temps pour reprendre en main un véhicule lorsqu'ils étaient engagés dans une tâche nécessitant un contrôle moteur comme jouer à un jeu sur smartphone (Naujoks, Purucker, Wiedemann, & Marberger, 2019). Une autre étude a démontré une différence significative dans les performances de REM entre celles effectuées après un visionnage de vidéos et celles réalisées après la lecture d'actualités. Les performances de REM étaient moins bonnes après un visionnage de vidéos. Mais comment connaître l'effet cognitif engendré par ces tâches ? Sont-elles trop coûteuses ? Trop désengageantes ? Et comment expliquer leur effet sur les performances ? Enfin, il est intéressant d'étudier l'effet de différentes activités sur la performance de REM, mais nous pourrions aussi nous intéresser à l'effet du vagabondage de la pensée. De nombreuses études se sont intéressées à son effet sur la conduite (Galéra et al., 2012; Pepin et al., 2018) mais qu'en est-il dans le cas d'une reprise en main ?

Ainsi, notre étude explorera l'effet de différents types d'activité réalisés lors de la délégation de conduite sur la performance de REM en étudiant notamment l'activité cérébrale du conducteur afin d'expliquer les processus attentionnels en jeu. Des études abordant la tâche de conduite sous l'angle de la neurophysiologie se sont préalablement intéressées aux liens entre difficulté de la tâche secondaire et performance de conduite (Unni, Ihme, Jipp, & Rieger, 2017). Une mesure optique de l'activité neuronale, l'imagerie spectroscopique proche infrarouge fonctionnelle (fNIRS) a été utilisée. Cela leur a permis de s'intéresser aux variations de charge mentale en fonction des ressources attentionnelles disponibles. Les données neurophysiologiques obtenues lors de notre étude pourront être couplées à des indices de performance tels que les temps de réaction motrice (temps pour poser les mains sur le volant, temps de freinage), à différencier des temps de traitement cognitif mesurés plutôt au travers d'indices d'écart de ligne (Zeeb, Buchner, & Schrauf, 2015).

Nous faisons les hypothèses suivantes :

- Des différences d'activation pré-frontales et fronto-temporales seront observées entre les différents types de NDRT qui statueront de la différence de mobilisation des ressources attentionnelles des participants ;
- La performance de REM varie en fonction de l'activité réalisée dans l'habitacle avant ;
- Il existe des corrélats entre la variation des indices physiologiques et celle des indices de performance.

2. MILIEU D'IMPLANTATION ET METHODE

L'expérimentation sera réalisée sur poste de conduite. Un environnement virtuel sera utilisé afin de créer trois grands types de situation : de la conduite manuelle, de la délégation de conduite ainsi que des REM. Les REM à effectuer seront toujours du même type. Elles seront non-planifiées, c'est-à-dire que le conducteur aura 7 à 8 secondes pour réaliser la reprise en main dans une situation où un imprévu apparaît (une soudaine absence de marquage de la route).

Trois types d'activité en délégation de conduite seront réalisés par chaque sujet : du vagabondage de la pensée, un jeu de tetris à niveau très facile et à niveau difficile (de Sampaio Barros, Araújo-Moreira, Trevelin, & Radel, 2018). La passation sera réalisée en une fois par le participant et comprendra des phases de conduite divisées en trois étapes : une première où le

participant réalise une des trois activités décrites ci-dessus, une reprise en main et une troisième pendant laquelle il conduit manuellement (figure 1). Le temps de délégation de conduite et le temps de conduite manuelle seront variables (de 2 à 6 minutes).



Figure 1. Les trois étapes d'une phase de conduite

Chaque type d'activité sera répété quatre fois. La passation comprendra donc 12 phases de conduite qui se dérouleront sur autoroute ou en rase campagne. Le participant sera équipé d'un système fNIRS dans le but d'enregistrer son activité cérébrale. La performance de REM sera mesurée par le temps de pose des mains sur le volant ainsi que par l'écart moyen de déportation par rapport à la ligne centrale.

3. REFERENCES

- De Sampaio Barros, M. F., Araújo-Moreira, F. M., Trevelin, L. C., & Radel, R. (2018). Flow experience and the mobilization of attentional resources. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *18*(4), 810-823. <https://doi.org/10.3758/s13415-018-0606-4>
- Galéra, C., Orriols, L., M'Bailara, K., Laborey, M., Contrand, B., Ribéreau-Gayon, R., ... Lagarde, E. (2012). Mind wandering and driving: responsibility case-control study. *BMJ*, *345*, e8105. <https://doi.org/10.1136/bmj.e8105>
- Lu, Z., Happee, R., Cabrall, C. D. D., Kyriakidis, M., & de Winter, J. C. F. (2016). Human factors of transitions in automated driving: A general framework and literature survey. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *43*, 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.10.007>
- Naujoks, F., Purucker, C., Wiedemann, K., & Marberger, C. (2019). Noncritical State Transitions During Conditionally Automated Driving on German Freeways: Effects of Non-Driving Related Tasks on Takeover Time and Takeover Quality. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 001872081882400. <https://doi.org/10.1177/0018720818824002>
- Pepin, G., Malin, S., Jallais, C., Moreau, F., Fort, A., Navarro, J., ... Gabaude, C. (2018). Do distinct mind wandering differently disrupt drivers? Interpretation of physiological and behavioral pattern with a data triangulation method. *Consciousness and Cognition*, *62*, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.04.006>
- Unni, A., Ihme, K., Jipp, M., & Rieger, J. W. (2017). Assessing the Driver's Current Level of Working Memory Load with High Density Functional Near-infrared Spectroscopy: A Realistic Driving Simulator Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00167>
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002). Malleable Attentional Resources Theory: A New Explanation for the Effects of Mental Underload on Performance. *Human Factors*, *44*(3), 365-375. <https://doi.org/10.1518/0018720024497709>
- Zeeb, K., Buchner, A., & Schrauf, M. (2015). What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving. *Accident Analysis & Prevention*, *78*, 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.02.023>

Projet THALIE : utilisabilité d'un logiciel d'évaluation des troubles cognitifs par des personnes âgées souffrant de démence de type Alzheimer

Véronique Lespinet-Najib

Laboratoire IMS (UMR CNRS 5218) Equipe CIH (1)
351 cours de la Libération 33400 Talence
veronique.lespinet@ensc.fr

Patrica Sagapse

Laboratoire SANPSY
patricia.sagapse@chu-bordeaux.fr

Sylvie Poulette

Conseil et gestion de projet
sylvie-l_p@orange.fr

Thierry Lebrun

EHPAD La mémoire des Ailes, Marcheprime

Emilie Foucher

EHPAD La mémoire des Ailes, Marcheprime

Anne Bessous

EHPAD Résidence du Tertre, Fronsac
EHPAD Les Mûriers de Carignan, Carignan de Bordeaux

Camille Montagut

EHPAD Résidence du Tertre, Fronsac
EHPAD Les Mûriers de Carignan, Carignan de Bordeaux

Morgane Ledoux

EHPAD Résidence du Tertre, Fronsac
EHPAD Les Mûriers de Carignan, Carignan de Bordeaux

André Joly

Simsoft Healthcare

RÉSUMÉ

Notre projet Thalie a pour objectif de proposer un assistant numérique de diagnostic et de suivi des troubles cognitifs des patients souffrant de maladie d'Alzheimer en EPHAD. Après une démarche en conception centrée utilisateur et de nombreux cycles itératifs, une version bêta de notre assistant a été déployée auprès de 3 EHPAD afin d'évaluer d'une part son intérêt clinique et d'autre part sa facilité d'usage par les professionnels et par les résidents. L'objectif de ce travail est d'aborder la facilité d'usage de notre assistant Thalie en situation réelle.

MOTS-CLES

Parcours de soin ; Handicap mental ; Handicap visuel ; Restriction de participation ; Modélisation.

1. INTRODUCTION

De nombreuses études alertent sur une forte prévalence et une croissance importante du nombre des personnes souffrant de la maladie d'Alzheimer (ou troubles apparentés) (Ankri, 2009 ; Niu et al., 2017). Le diagnostic précoce et la systématisation du suivi des troubles cognitifs deviennent alors primordial pour mieux accompagner ces personnes fragiles et en perte d'autonomie importante (Andres, 2017). Classiquement, les outils neuropsychologiques utilisés par les neuropsychologues, pour ce suivi, sont souvent sous format crayon-papier rendant longue et complexe la saisie des réponses du patient (avec des risques d'omissions et d'erreurs) et la cotation.

Pour répondre à cette problématique, nous avons développé un assistant numérique intelligent pour simplifier et automatiser l'évaluation cognitive. Cet assistant numérique a été élaboré en nous reposant sur une démarche d'ingénieur de conception centrée utilisateurs (Borioli et al., 2014 ; Lespinet-Najib et al., 2017) et ceci grâce à une approche de co-conception et en cycle itératif auprès des professionnels en EHPAD et des résidents. Cet assistant numérique a été testé et validé et ensuite la version bêta a été déployée sur 3 établissements (EHPAD) en aquitaine pour une évaluation clinique [autorisation reçue de l'ANSM et avis favorable du CPP] et une évaluation de satisfaction d'usage et d'utilisabilité (Roche et al., 2015). L'objectif du travail présenté dans cet article est d'évaluer en situation clinique réelle l'expérience utilisateur et l'utilisabilité du professionnel mais aussi des résidents.

2. DESCRIPTION DE LA PLATEFORME THALIE

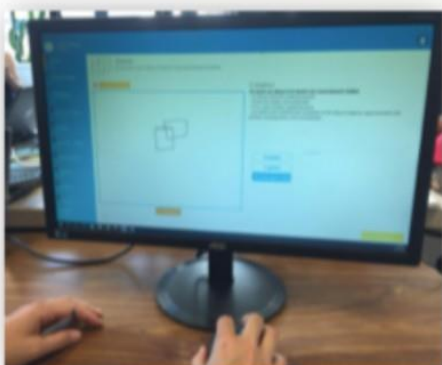
La plateforme THALIE est constituée de deux interfaces comme illustrée Figure 1 :

- Une interface « patients » qui lui permet de réaliser en temps réel les différents tests de manière multimodale (tactiles, vocales, etc.). Il s'agit d'une tablette tactile, d'un stylet pour écrire ou dessiner sur la tablette, et d'un micro pour enregistrer les réponses du patient. L'interface est très épurée afin de se rapprocher le plus possible d'une feuille de papier et d'entraîner aucune interférence cognitive.

- Une interface « professionnels de santé » affichée sur un écran séparé. Cette interface permet de lancer les tests et les consignes, de suivre en temps réel les réponses du patient et de faire la cotation.

Les tests Trail making A & B, Set test d'Isaacs, Test des cinq mots, Test de l'horloge, Test de barrage de Zazzo, d'ordinaire utilisés dans le cadre des consultations spécialisées et transposables sur tablette, ont été implémentés en accord avec les cliniciens et sur la base des interfaces définies durant la phase d'usage. Ces tests peuvent être effectués de façon autonome et indépendante.

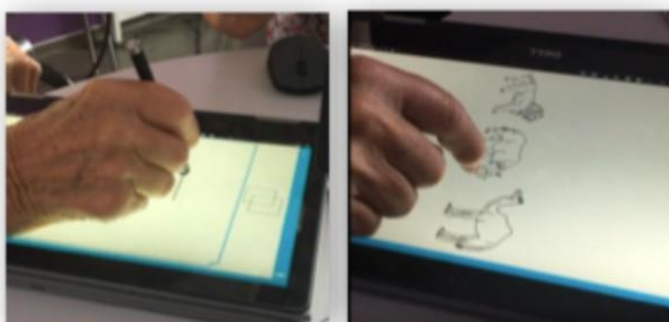
Illustration 1 : Interface proposée au professionnel de santé pour le test de reproduction d'un dessin.



Principales fonctionnalités disponibles pour le clinicien :

- Lancement de la consigne par synthèse vocale,
- Enregistrement, réécoute ou visualisation a posteriori des productions du patient,
- Proposition d'interprétation semi-automatisée :
 - mesure des temps de réponse,
 - interprétation des productions des patients par analyse d'image et reconnaissance vocale,
 - proposition de cotation semi-automatique.
- Gestion des cotations par le clinicien en direct ou en différé pour l'établissement d'un diagnostic.

Illustration 2 : Interface patient pour les tests de reproduction du dessin (en gauche) et dénomination (en droite).



- L'interface patient est accessible de manière tactile ou vocale.
- Le patient peut réaliser les actions demandées :
 - grapho-motrices avec un stylet ou son doigt en fonction de ses capacités,
 - orales, par enregistrement des mots ou phrases prononcés.

3. RESULTATS

3.1 Description de la population

3 EHPAD ont participé à l'étude clinique et l'évaluation de l'utilisabilité de l'interface THALIE. La durée de cette étude clinique était de 5 mois.

Au total 14 patients diagnostiqués Alzheimer ont participé à cette étude et 3 neuropsychologues distincts. Parmi les 14 patients : 4 hommes et 10 femmes, moyenne d'âge 91 ans (minimum : 83 ans et maximum 97 ans), 6 sont en stade 1 (léger) pour la démence et 8 en stade 2 (modéré) (évaluation faite à l'aide du MMSE version papier durant l'étude clinique).

De plus, 13 patients présentent des troubles visuels tous corrigés, 7 des troubles auditifs (dont 5 appareillés) mais aucun ne présente de troubles de la préhension. Au niveau d'éducation, 9 ont un niveau CAP ou < CAP et 5 un niveau Bac ou > Bac.

3.2 Résultats concernant l'utilisabilité

A la fin de chaque passation de l'interface Thalie auprès d'un résident, le professionnel et le résident répondaient chacun à un questionnaire. Ce questionnaire permet d'évaluer le degré de satisfaction et d'utilisabilité de la part des deux catégories d'utilisateurs (professionnels et résidents).

Nous allons présenter les principaux résultats selon les 3 dimensions de l'utilisabilité de la plateforme thalie : efficacité, efficience et satisfaction.

Il est important de préciser que l'intérêt clinique de l'interface Thalie, c'est-à-dire la capacité à diagnostiquer une démence, n'est pas abordé dans cet article.

Efficacité

En termes d'efficacité, un seul abandon de l'évaluation via la plateforme Thalie a été effectué. Cet abandon était dû à un problème technique (non enregistrement des données du patient). Une session d'évaluation par Thalie était composée de 5 tests neuropsychologiques différents : Test Trail making A & B, Set test d'Isaacs, Test des cinq mots, Test de l'horloge, Test de barrage de Zazzo. Les 5 tests sont indépendants l'un de l'autre. Pour 9 cas sur les 14, tous les tests ont été réalisés avec efficacité.

La synthèse vocale pour la lecture des consignes a été désactivée dans 6 sur 14, les causes évoquées sont multiples : lecture trop rapide, consigne trop monotone, son pas assez fort.

Efficience

Les professionnels ont tous estimé que le temps de passation avec la plateforme Thalie par rapport à un support papier classique était beaucoup plus (pour 5 situations) ou un peu plus (pour 9) élevé.

De plus, l'effort engagé par le professionnel dans l'usage de la plateforme Thalie par rapport à un support papier a été évalué comme beaucoup plus (pour 6) ou un peu plus (pour 7) coûteuse.

Pour les patients, seuls 5 patients sur les 14 ont eu un peu de difficulté pour l'usage du stylet. La compréhension des consignes vocales a posé de réels problèmes pour la moitié des patients. Concernant la lecture des informations présentées sur l'interface, 3 patients ont été en difficulté.

Satisfaction

1 professionnel sur 2 trouve pertinent l'usage d'un outil numérique tel que Thalie dans leurs pratiques professionnelles.

Tous les patients ont trouvé satisfaisant l'utilisation de la tablette Thalie : plutôt content pour 6 et très content pour 8. Seuls 2 patients avaient ressenti des inquiétudes dans l'usage de la tablette.

4. DISCUSSION & PERSPECTIVES

L'objectif de notre projet THALIE est de proposer un assistant numérique pour aider les neuropsychologues dans le diagnostic et le suivi des troubles cognitifs des patients souffrant de la maladie d'Alzheimer. Plusieurs tests neuropsychologiques classiques ont été implémentés sur notre plateforme Thalie. Le degré d'utilisabilité de notre plateforme Thalie est dépendant de l'utilisateur. Les patients sont très satisfaits et se sont appropriés l'usage sans aucune difficulté (usage du stylet, lecture des informations, etc.), seule la lecture des consignes ne semble pas adaptée.

L'appropriation de l'usage de Thalie par les professionnels doit encore être facilitée. Pour l'instant cette plateforme est vécue comme une contrainte forte en termes d'efforts supplémentaires et de temps de réalisation.

Pour la suite, un véritable accompagnement des professionnels devra être proposée afin de veiller que l'usage d'un outil tel que Thalie ne soit pas un frein dans leur relation clinique au patient et donc dans leur pratique professionnelle.

5. REMERCIEMENTS

Projet mené en collaboration avec l'association Agir pour la Télémédecine, Sylvie Poulette conseil et gestion de projets, SIMSOFT HEALTHCARE, ITwell, Bordeaux INP (Laboratoire IMS - UMR CNRS 5218), l'université de Bordeaux et le CHU de Bordeaux (Laboratoire SANPSY – USR3413 CNRS) avec le soutien financier de la fondation MSD Avenir.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Andrès, R. (2017). De l'universel au singulier: prendre soin «des» vieillissements. *Sciences du Design*, (2), 92-102.
- Ankri, J. (2009). Prévalence, incidence et facteurs de risque de la maladie d'Alzheimer. *Gérontologie et société*, 32(1), 129-141.
- Borioli, J., Margot-Cattin, P., & Kessler, S. (2014). Design universel et milieu naturel: quelles contraintes et quelles solutions? *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 165(12), 364-371.
- Lespinet-Najib, V., Roche, A., & Chibaudel, Q. (2017). Santé et handicap: d'une conception centrée «utilisateur» à la conception universelle. In *Annales des Mines-Réalités industrielles* (No. 2, pp. 25-27). FFE.
- Niu, H., Álvarez-Álvarez, I., Guillén-Grima, F., & Aguinaga-Ontoso, I. (2017). Prevalence and incidence of Alzheimer's disease in Europe: A meta-analysis. *Neurología (English Edition)*, 32(8), 523-532.
- Roche, A., Lespinet-Najib, V., André, J. M., Saint-Pau, E., & Durand, K. (2015, June). Conception d'outils et services adaptés aux personnes âgées en perte d'autonomie. In *Workshop ACCEPT*
- Roche, A., Lespinet-Najib, V., Demanes, V., & Fermingier, I. (2014). Adaptation des TIC dans un contexte pédagogique pour des élèves en situation de multi handicap. *Terminal. Technologie de l'information, culture & société*.

Evaluation de manuels d'utilisation en fonction du résultat de l'utilisabilité d'un tensiomètre

Noémie Chaniaud

EA 7273 CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
noemie.chaniaud@u-picardie.fr

Emilie Loup-Escande

EA 7273 CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
emilie.loup-escande@u-picardie.fr

Natacha Métayer

EA 7273 CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
natacha.metayer@u-picardie.fr

Olga Megalakaki

EA 7273 CRP-CPO, Univ. Picardie Jules Verne
Chemin du Thil, 80000 Amiens
olga.megalakaki@u-picardie.fr

RÉSUMÉ

Les dispositifs médicaux à domicile semblent être un moyen rentable de faire face aux besoins croissants de santé. Cependant, ces dispositifs médicaux peuvent être complexes à utiliser ce qui peut mettre en péril la sécurité du patient. Un marquage de conformité européenne (CE) se basant sur les normes de qualité, de sécurité (ISO/IEC 62366-1, 2015) et d'utilisabilité (ISO 9241-11, 2018) est aujourd'hui nécessaire pour la commercialisation de ces produits. Nous avons donc entrepris d'observer l'influence du format de présentation des manuels d'utilisation (obligatoire pour les produits comprenant un sigle CE) sur le résultat de l'utilisabilité afin de limiter les erreurs d'utilisation sur un tensiomètre disponible au grand public. Pour cela, 51 étudiants de psychologie répartis en deux groupes (notice texte initiale ou notice texte améliorée avec illustrations) ont manipulé un tensiomètre. Nous avons pu mettre en évidence l'importance des manuels d'utilisation et de la dangerosité des erreurs de manipulation ainsi que des tests utilisateurs centrés sur l'utilisabilité.

MOTS-CLES

Evaluation ; Utilisabilité ; Dispositifs médicaux ; Sécurité du patient ; e-santé.

1. INTRODUCTION

Les professionnels de santé prescrivent de plus en plus de dispositifs médicaux pour leurs patients dans un but de les rendre actifs dans leur santé et de décongestionner les hôpitaux. Ces dispositifs utilisables au domicile du patient, disponibles pour le grand public, doivent convenir à tous les types de population, indépendamment de l'environnement dans lequel ils sont utilisés.

Cependant, certains d'entre eux peuvent être particulièrement complexes à manipuler. Si le produit est mal conçu, cette complexité peut engendrer des erreurs d'utilisation ayant d'importantes répercussions sur la sécurité et donc sur la santé du patient. Ainsi, les concepteurs ont une responsabilité importante, et doivent simplifier l'utilisation de ces dispositifs.

Cette communication propose une étude de l'utilisabilité d'un dispositif (un tensiomètre connecté) certifié « Conformité Européenne » non invasif appartenant à la classe IIa (degré moyen de risque) des dispositifs médicaux, disponible au grand public.

2. ETAT DE L'ART : EVALUATION DES DISPOSITIFS MEDICAUX A DOMICILE

2.1. Caractéristiques des dispositifs médicaux

Pour commercialiser un dispositif médical, celui-ci doit obtenir une marque de « *conformité européenne* » (CE). Ce marquage sert à approuver l'utilisabilité (selon la norme ISO 9241-11, 2018 dans un contexte spécifique d'utilisation) et la sécurité (selon la norme ISO/IEC 62366-1, 2015) du dispositif. Il impose par ailleurs l'intégration obligatoire d'une notice d'utilisation pour les dispositifs classés IIa. Les méthodologies centrées sur l'utilisateur (LeRouge & Wickramasinghe, 2013) sont autant de moyens pour répondre aux normes de qualité, de sécurité et d'utilisabilité imposées par le marquage européen. Malgré tous ces standards, il semblerait que des problèmes d'ergonomie persistent et seraient dus pour la plupart à des problèmes d'utilisabilité (Peute, Spithoven, Bakker, & Jaspers, 2008).

2.2. L'utilisabilité

2.2.1. Définition de l'utilisabilité

Selon la norme ISO 9241-11 (2018), l'utilisabilité est définie comme le « degré selon lequel un système, un produit ou un service peut être utilisé, par des utilisateurs spécifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». Ce cadre permet de stabiliser l'utilisabilité autour de trois dimensions principales largement utilisées dans le domaine de la e-santé (e.g. Georgsson & Staggers, 2016; Yen & Bakken, 2012).

2.2.2. Evaluation de l'utilisabilité

Afin d'obtenir des outils de santé adaptés aux caractéristiques du contexte d'utilisation, des évaluations ergonomiques doivent être présentes tout au long du processus de conception. Cela signifie qu'il faut impliquer des experts en ergonomie dès les premières phases de conception (Marcus, 2005). Afin d'obtenir une mesure fiable de l'utilisabilité, il est nécessaire de choisir des méthodes adaptées (Jaspers, 2009) en fonction du contexte d'utilisation (Yen & Bakken, 2012). Mais surtout ce couplage de méthodes doit permettre d'évaluer les trois dimensions (efficacité, efficience et satisfaction) (tableau 1) de manière indépendante (Georgsson & Staggers, 2016).

Tableau 1 : Définition des trois principales composantes de l'utilisabilité selon ISO 9241-11 (2018)

<i>Efficacité</i>	Exactitude et exhaustivité avec lesquelles les utilisateurs atteignent les objectifs fixés.
<i>Efficience</i>	Ressources utilisées par rapport aux résultats obtenus (les ressources typiques comprennent le temps, l'effort humain, les coûts et le matériel).
<i>Satisfaction</i>	Mesures dans lesquelles les réponses physiques, cognitives et émotionnelles de l'utilisateur résultant de l'utilisation d'un système, d'un produit ou d'un service répondent aux besoins et attentes de l'utilisateur.

3. PROBLEMATIQUE

Nous avons entrepris de vérifier le résultat de l'utilisabilité d'un dispositif médical à domicile, en l'occurrence un tensiomètre possédant un marquage CE. Le but de notre étude est d'évaluer

l'utilisabilité d'un tensiomètre destiné au grand public accompagnée d'une notice d'utilisation décrivant les actions avec des textes et des illustrations.

4. METHODE : ETUDE EXPERIMENTALE

4.1. Participants

Nous avons demandé à 51 étudiants ($M = 20.86$ ans, $ET = 1.64$; 36 femmes, 15 hommes) de licence en psychologie de l'Université Picardie Jules Verne d'utiliser ce tensiomètre. Les participants ont été répartis en deux groupes : l'un avec notice texte initiale ($N = 26$), l'autre avec une notice améliorée avec texte et images par action à réaliser ($N = 25$). Tous les participants étaient de langue maternelle française et ont signé un formulaire de consentement éclairé.

4.2. Matériel

Le tensiomètre (iHealth BP7S) disponible en grande surface permet d'afficher, une fois la mesure prise, la tension systolique (SYS) et diastolique (DIA) en mmHg (millimètre de mercure), ainsi que la fréquence cardiaque (PUL) directement sur le boîtier du tensiomètre. Celui-ci fonctionne normalement avec une application sur smartphone mais peut être utilisé sans ce dispositif. Ce matériel a été sélectionné car il fera l'objet d'un kit pour patient et sera livré avec une notice sur tablette dans le cadre du projet *Smart Angel*, projet de monitoring des patients en chirurgie ambulatoire.

Les illustrations de l'une des notices ont été réalisées par un graphiste professionnel. Les textes des deux notices sont similaires et sont issues de la notice initiale du produit.

4.3 Procédure

Nous avons demandé aux participants de prendre leur tension avec le tensiomètre. Les tâches de l'utilisateur consistent à (1) positionner correctement le tensiomètre sur le poignet, (2) l'allumer, (3) incliner l'avant-bras avec un système de flèches lumineuses présentes sur le tensiomètre pour aider à trouver le bon angle pour commencer la mesure, (4) lancer la mesure, (5) interpréter les symboles (par exemple, SYS pour systolique), (6) interpréter les résultats, (7) éteindre le tensiomètre.

Les participants étaient seuls dans la pièce et ne pouvaient interagir avec un expérimentateur qu'en cas de problème technique. Ils ont été filmés pendant leur passation. Une fois la prise de mesure réalisée, les participants devaient inscrire leurs données sur une feuille prévue à cet effet.

4.4. Codage des données

Nous avons analysé l'utilisabilité du dispositif en nous basant sur les métriques de la norme ISO 9241-11 : 2018 indiquées ci-dessous :

- Efficacité : nombre d'erreurs d'utilisation (exemple : le tensiomètre est mis à l'envers) ;
- Efficience : temps de manipulation de la tâche ;
- Satisfaction : Mesure du questionnaire System Usability Scale (Bangor, Kortum & Miller, 2008).

Les vidéos ont été codées à l'aide du logiciel BORIS, quant aux données elles ont été analysées grâce au logiciel SPSS.

5. RESULTATS

Nous avons observé que la notice améliorée n'a que très légèrement réduit les erreurs de manipulation ($M = 0.44$, $ET = 0.58$). Cette différence entre les deux notices n'est d'ailleurs pas significative ($U = 323$, $p = .965$). Les résultats sont similaires pour le résultat du temps de manipulation ($M = 82.19$, $ET = 28.57$) de même que pour le score SUS ($M = 77.2$, $ET = 17.17$). Il est

aussi important de signaler qu'aucun participant (dans les deux groupes) n'a réussi à nous donner sa tension exacte et à l'interpréter. Ces résultats sont détaillés dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Résultat descriptif des mesures d'utilisabilité du tensiomètre (avec et sans notice)

N=51	Nombre d'abandon	Nombre d'erreurs de manipulations (efficacité)	Temps de manipulation en seconde (efficacité)	Satisfaction (score SUS)
Notice initiale	N=0	M = 0.50 ET = 0.72	M = 112.21 ET = 64.57	M = 75.77 ET = 14.01
Notice améliorée	N=1	M = 0.44 ET = 0.58	M = 82.79 ET = 28.57	M = 77.2 ET = 17.17
Test U de Mann-Whitney		U = 323, p = .965	U = 236, p = .094	U = 242, p = .173

6. DISCUSSION

Cette étude exploratoire avait pour objectif d'évaluer l'utilisabilité d'un tensiomètre connecté détenteur d'un marquage CE. Ce tensiomètre connecté a permis de révéler qu'une population jeune généralement à l'aise avec les nouvelles technologies ne manipulait pas parfaitement bien le tensiomètre. La première utilisation est importante pour éviter les erreurs lors d'autres manipulations (Larsen, 2016). Le format amélioré proposé comprenant des illustrations pour chaque étape ne semble pas suffisant. Notre population exclusivement étudiante permettait de contrôler le niveau de technophilie et d'éviter les biais liés à l'âge ce qui nous a permis de nous questionner sur les notices à apporter. Il semble évident que ce genre d'étude doit s'étendre davantage à la population cible généralement plus âgée et évaluer des formats plus diversifiés (audio, vidéo...). Malgré cela, le nombre d'erreurs des deux groupes est révélateur de la difficulté de la tâche demandée. Mais les particularités de ce tensiomètre à se positionner sur le poignet peut être l'une des causes de ces résultats. En effet, nous avons recensé que 12 participants avaient pris leur tension en mettant le tensiomètre du mauvais côté du poignet ce qui biaise considérablement les mesures relevées. Cela montre que les erreurs de manipulation en santé peuvent avoir des conséquences dangereuses, soulignant ainsi la nécessité des évaluations de l'utilisabilité à être irréprochables. En effet, cela constitue un déterminant majeur de la sécurité des patients, notamment dans le contexte actuel favorisant de plus en plus une chirurgie ambulatoire positionnant le patient-utilisateur comme un acteur de sa santé.

7. REMERCIEMENTS

Cette communication s'inscrit dans le cadre du projet SMART ANGEL et est soutenu financièrement par la Région Haut-De-France et FEDER ainsi l'entreprise EVOLUCARE.

8. REFERENCES

- Berkman, N. D., Sheridan, S. L., Donahue, K. E., Halpern, D. J., & Crotty, K. (2011). Low Health Literacy and Health Outcomes: An Updated Systematic Review. *Annals of Internal Medicine*, 155(2), 97.
- Frøkjær, E., Hertzum, M., & Hornbæk, K. (2000, janvier 4). *Measuring usability: are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated?* 345-352.
- Georgsson, M., & Staggers, N. (2016). Quantifying usability: an evaluation of a diabetes mHealth system on effectiveness, efficiency, and satisfaction metrics with associated user characteristics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 23(1), 5-11.
- ISO 9241-11:2018. (2018). Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts.

- ISO/IEC 62366-1:2015. (2015). Medical devices -- Part 1: Application of usability engineering to medical devices.
- Jaspers, M. W. M. (2009). A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: Methodological aspects and empirical evidence. *International Journal of Medical Informatics*, 78(5), 340-353. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.10.002>
- Larsen, T. (2017). Nurses' instruction of patients in the use of INR-monitors for self-management of cardio-vascular conditions: Missed instructional opportunities. *Patient Education and Counseling*, 100(4), 673-681. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2016.10.001>
- LeRouge, C., & Wickramasinghe, N. (2013). A Review of User-Centered Design for Diabetes-Related Consumer Health Informatics Technologies. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 7(4),
- Lyles, C. R., Sarkar, U., & Osborn, C. Y. (2014). Getting a technology-based diabetes intervention ready for prime time: a review of usability testing studies. *Current Diabetes Reports*, 14(10), 534.
- Marcus, A. (2005). 2 chapter - User Interface Design's Return on Investment: Examples and Statistics. In R. G. Bias & D. J. Mayhew (Éd.), *Cost-Justifying Usability (Second Edition)* (p. 17-39).
- Matthew-Maich, N., Harris, L., Ploeg, J., Markle-Reid, M., Valaitis, R., Ibrahim, S., ... Isaacs, S. (2016). Designing, Implementing, and Evaluating Mobile Health Technologies for Managing Chronic Conditions in Older Adults: A Scoping Review. *JMIR MHealth and UHealth*, 4(2), e29.
- Peute, L. W. P., Spithoven, R., Bakker, P. J. M., & Jaspers, M. W. M. (2008). Usability studies on interactive health information systems; where do we stand? *Studies in Health Technology and Informatics*, 136, 327-332.
- Schnall, R., Rojas, M., Bakken, S., Brown, W., Carballo-Diequez, A., Carry, M., ... Travers, J. (2016). A user-centered model for designing consumer mobile health (mHealth) applications (apps). *Journal of Biomedical Informatics*, 60, 243-251. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.02.002>
- Triantafyllidis, A., Velardo, C., Chantler, T., Shah, S. A., Paton, C., Khorshidi, R., ... Rahimi, K. (2015). A personalised mobile-based home monitoring system for heart failure: The SUPPORT-HF Study. *International Journal of Medical Informatics*, 84(10), 743-753.
- Yen, P.-Y., & Bakken, S. (2012). Review of health information technology usability study methodologies. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 19(3), 413-422.

Etude des facteurs d'adoption des technologies intelligentes au sein des organisations touristiques : rôle et influence du dirigeant au sein des musées.

Pierre Flandrin

Université libre de Bruxelles (ULB)
Centre de recherche en Psychologie du Travail et de la Consommation (PsyTC)
Av. Roosevelt, 50 (CP122), 1050 Bruxelles, Belgique
Pierre.flandrin@ulb.ac.be

Isabelle Cloquet

Université libre de Bruxelles (ULB)
Laboratoire Interdisciplinaire Tourisme, Territoires, Sociétés (LIToTeS)

Isabelle Bauthier

Université libre de Bruxelles (ULB)
Laboratoire Interdisciplinaire Tourisme, Territoires, Sociétés (LIToTeS)

Vincent Juziak

Université libre de Bruxelles (ULB)
Laboratoire Interdisciplinaire Tourisme, Territoires, Sociétés (LIToTeS)

Cécile van de Leemput

Université libre de Bruxelles (ULB)
Centre de recherche en Psychologie du Travail et de la Consommation (PsyTC)

Catherine Hellemans

Université libre de Bruxelles (ULB)
Laboratoire Interdisciplinaire Tourisme, Territoires, Sociétés (LIToTeS)

MOTS-CLES

innovation ; smart cities ; organisations touristiques ; technologies intelligentes ; adoption ; musées;

1. INTRODUCTION

Au sein du secteur touristique, l'utilisation des « technologies dites intelligentes » (TI) s'inscrit comme une tendance lourde à l'échelle internationale (Ivanov, Webster & Berezina, 2017). Les capacités des technologies sont de plus en plus probantes avec comme supports Internet, les systèmes de géolocalisation (GPS) et les robots basés sur l'intelligence artificielle alimentée par le Big Data. Ces technologies désormais interconnectées et synchronisées dans un même écosystème numérique catalysent une forme nouvelle d'**intelligence technologique** (Gretzel et al., 2015 ; Murphy et al., 2017 ; Navio-Marco et al., 2018 ; Liberato et al., 2018, Höjer et Wangel, 2015). D'un point de vue global, l'agrégation des technologies intelligentes a permis notamment un changement de paradigme important, à savoir la convergence entre le monde physique et le monde digital grâce aux interconnexions (Navio-Marco et al., 2018), mais aussi grâce à des technologies médiatrices (réalité virtuelle, réalité augmentée, réalité mixte) qui rendent expérimentables des situations qui ne

pouvaient l'être en leurs absences. Dans le secteur du tourisme, les termes « d'écosystèmes touristiques intelligents » (Gretzel et al., 2015) ou de « **smart cities** » sont désormais privilégiés car ils regroupent les systèmes intelligents, la collecte et le traitement de Big Data, les réseaux sociaux, les objets connectés et les applications mobiles (Lamsfus et al., 2015).

Au niveau de la littérature, une très large part des recherches sur les questions d'adoptions et d'usages des technologies intelligentes dans le secteur du tourisme se focalisent autour de deux thématiques : le développement de l'exploitation des TI à des fins de gestion stratégique de réduction des coûts (Baggio & Scaglione, 2017 ; Del Chiappa & Baggio, 2015) et la qualité de l'expérience utilisatrice vécue par le touriste (Besbes Sahli & Legohérel, 2016 ; Ukpabi & Karjaluto, 2017 ; Yoo et al., 2017). En outre, elles se localisent hors Europe, dans trois régions du monde (Etats-Unis, Est asiatique et Australie). La cible de ces études, majoritairement celles des **innovations de procédés**, analysent l'utilisation de ces technologies selon différents modèles ergonomiques (Technology Acceptance Model ou TAM, Unified Theory of Acceptance and Use of Technology ou UTAUT), du point de vue de l'expérience client. Il s'agit notamment des bornes électroniques de self check-in-out, de l'utilisation des robots de service, robot technicien de surface (Kuo et al., 2017 ; Murphy et al., 2017 ; Ivanov et al., 2017), robot-concierge, robot barman dans les hôtels et des centres de visites ainsi que des robots-guides dans les musées et aéroports (Murphy et al., 2017). L'intelligence artificielle est également de plus en plus étudiée au niveau de la prédiction d'arrivées touristiques avec l'aide d'algorithme génétique connecté à une base de données (Mamdani-type fuzzy rule-based system) (Hadavandi et al., 2011).

Si l'introduction des TI au sein des organisations (innovation produit, procédé, couplage produit-procédé) pour l'ensemble des sous-secteurs d'activité du tourisme (Bilgihan & Wang, 2016) est attestée (transports, attractions touristiques, Horeca), l'analyse de la littérature met en évidence le manque de compréhension et de prise en compte des facteurs d'adoption des TI et des répercussions concrètes (en termes de volumes, compétences requises, tâches à réaliser) pour les travailleurs des Organisations Touristiques (OT), qui, à la différence des touristes, sont continuellement au contact, en relation, ou en concurrence avec ces technologies. Sur le plan de l'accès à l'emploi, le secteur touristique pourrait orienter de plus en plus ses exigences à l'égard des travailleurs et candidats-travailleurs vers de plus fortes compétences technologiques (être capable d'utiliser les dispositifs technologiques, être capable de les expliquer aux touristes et répondre à leurs questions). Le manque actuel de connaissances prédictives sur les usages et les intentions d'usage de la technologie interpelle ainsi d'autant plus que le secteur joue un rôle socio-économique non négligeable au niveau européen et notamment en région bruxelloise.

En nous ancrant dans l'approche située et médiée de la technologie, nous cherchons dans cette étude à travers les modèles de l'acceptation des technologies, à interroger le rôle du dirigeant et son influence, sur le processus d'acceptation sociale des technologies. En effet, plusieurs recherches ont montré qu'au sein des PME, le dirigeant peut être considéré comme un facteur essentiel dans le **processus d'introduction** des technologies et dans l'intérêt pour l'innovation technologique et les choix stratégiques de l'organisation (Julien et Marchesnay, 1988). C'est aussi le dirigeant qui, par sa pluriactivité (gestion, management, ressources humaines ...), peut conditionner les modalités d'implémentations de la technologie (rôle dans la formation des collaborateurs notamment (Amiel et al). De plus, Raymond (2005) montre que les caractéristiques du dirigeant (niveau de formation, parcours de formation, âge ...) influencent positivement l'acceptation de systèmes de production technologiques « sophistiqués » et que la perception du dirigeant sur les bénéfices d'une technologie est également un facteur critique de son implémentation au sein de l'organisation (Raymond, 2001). La dimension subjective de l'intérêt du dirigeant pour la technologie serait de ce fait à considérer comme élément intégratif du processus d'adoption technologique par les travailleurs.

Pour cette étude, nous émettons l'hypothèse que l'adoption des technologies intelligentes pourrait être associée à l'intérêt que lui porte le dirigeant (Uwizeyemungu et Raymond, 2011), et que

cette influence pourrait être un facteur prédictif de l'adoption des technologies décisif au sein des PME touristiques.

2. CAPSMART : LA MISE EN ÉVIDENCE DES FACTEURS D'ADOPTION DES TI DANS LES OT.

Cette étude s'inscrit dans le projet Cap-Smart financé par Innoviris (organisme de financement en Région Bruxelloise) vise à analyser sectoriellement (hôtellerie, musée et attractions, MICE : Meetings, incentives, conferencing, exhibitions) et méthodologiquement les éléments précédents. Le projet de 4 ans vise à réaliser : **premièrement**, un diagnostic des organisations sur la situation existante en termes de TI (combinaison de méthodes d'enquêtes quantitatives et qualitatives : questionnaire, entretien, analyse de l'activité de travail) ; **deuxièmement**, d'accompagner les changements organisationnels, structurels et institutionnels générés lors de l'introduction des technologies intelligentes dans les OT réceptives, grâce à l'analyse des facteurs d'adoption des TI. Le projet tire son originalité de trois raisons : (i) une approche localisée et longitudinale des OT (286 hôtels, 102 musées et différents lieux touristiques : Atomium etc., et événements touristiques, festivals, etc.) répertoriés et reconnus en RBC, (ii) une combinaison de méthodes qualitatives et quantitatives issue de deux laboratoires de recherche (psychologie et tourisme), (iii) une analyse prospective de la situation de l'emploi à horizon 2030.

3. METHODES

La contribution proposée se centre sur l'enquête quantitative par questionnaire réalisée auprès des musées de la RBC et de leurs dirigeants. Les musées sont des contextes d'études privilégiés car ils présentent trois particularités. Tout d'abord, du point de vue strictement physique, les musées apparaissent principalement comme des entités de moyennes et petites tailles régies par des travailleurs avec un niveau de qualification assez, voire fortement, élevé. Deuxièmement, ils présentent un fonctionnement relativement autonome, laissant présager de marges de manœuvre aux dirigeants importantes pour mener ou élaborer des projets innovants. Enfin, les musées sont des organisations par nature assez innovantes car l'environnement exige actuellement un renouvellement important des supports de communication en fonction du type de manifestations culturelles. L'ensemble des musées de la RBC, soit un total de 102 musées (n=102) et de leurs dirigeants, ont été contactés pour répondre à l'enquête en ligne. Le questionnaire est composé de deux parties.

La première partie interroge des caractéristiques de l'organisation et son rapport avec les nouvelles technologies (Blockchain, réalité virtuelle, réalité augmentée, edge computing, robotique de service, objets connectés, logiciel de gestion de données : CRM, ERP). Les dimensions mesurées sont : les caractéristiques de l'organisation (taille et niveau de dépendance de la structure, nombre de salariés, type d'emploi, type de musée (fédéraux, public, privée), la pénétration des TI et/ou tentatives d'implémentation ainsi que l'orientation envers les technologies de l'organisation, le recours à l'externalisation dans les projets d'innovation. Pour recueillir le niveau de pénétration des TI, nous avons opté pour la catégorisation des TIC établie par Bobillier Chaumon (2018) que nous avons appliquée au contexte organisationnel du secteur touristique (voir figure 1).

La seconde partie se centre sur le dirigeant, et vise à évaluer son influence dans les orientations technologiques de l'organisation et son appétence pour les nouvelles technologies et l'intelligence artificielle (IA). Les dimensions mesurées sont : les caractéristiques du dirigeant (âge, parcours de formation, intérêt pour les technologies), sa perception et sa représentation de l'utilité perçue des TI et de l'IA dans son musée, ainsi que ses représentations des facteurs incitants et limitants l'utilisation des TI.

Catégorisation technologique (Bobillier Chaumon, 2018)	Items proposés (Modalités de réponse : oui, non, ne sais pas)
Les technologies de transmission de l'information	-propose un Chatbot/un Bot/ des Agents Conversationnels -utilise des objets connectés capables de communications entre-eux sans intervention humaine (aide à la localisation pour le client, balise sans contact communicante ...)
Les technologies à caractère collaboratif	-fait appel à des robots de service capable d'effectuer des tâches physiquement contraignantes (port des bagage, nettoyage, maintenance du mobilier, ou des robots apportant une aide au travailleur (robot guide, robot conversationnel, exosquelette...)
Les technologies de gestion administrative	-utilise un système de centralisation capable d'effectuer des tâches de façon automatique (relance de mails, envoi de newsletters, offres spéciales etc...)
Les technologies d'aide aux prises de décisions	-fait usage de la reconnaissance automatique des visages/ou objets/ou image /ou du traitement automatique du langage
Les technologies de formation et d'apprentissage	-fait usage de la réalité virtuelle (casques, lunettes...) pour la formation/ des visites virtuelles/des simulations)

Figure 1 : Items proposés selon la classification des TIC de Bobillier Chaumon (2018).

4. RESULTATS INTERMEDIAIRES ET MISES EN PERSPECTIVE

La recherche est actuellement en cours, les résultats sont encore partiels. Nos objectifs sont d'une part d'établir une typologie des orientations technologiques des musées et d'en définir les déterminants (par ex caractéristiques de l'organisation, du personnel, ...) et d'autre part d'identifier l'influence du dirigeant dans le type d'innovation entrepris et dans le processus d'adoption par les travailleurs. Sur base de ces résultats, certains musées, de grandes et de petite tailles, seront sélectionnés pour la phase suivante du projet qui consiste en le recueil du point de vue des travailleurs et en une analyse de l'activité réelle des travailleurs impliqués dans la mise en place et/ou l'utilisation des TI.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Albessart, C., Calay, V., Guyot, J.L., Marfouk, A., & Verschueren, F. (2017). La digitalisation de l'économie wallonne : une lecture prospective et stratégique, Rapport de recherche de l'IWEPS, mars 2017, Namur : IWEPS.
- Amiel, A., Faurie, I., & van de Leemput, C. (2007). Rôle clé des perceptions d'utilité et d'utilisabilité du responsable d'équipe dans sa prescription d'une formation e-learning : le cas de la formation en maintenance automobile Peugeot. In M. Zouinar, G. Valléry & M.-C. Le Port (Eds.), *Ergonomie des produits et des services* (pp. 23-32). Toulouse : OCTARÈS Éditions.
- Baggio R., Scaglione M. (2017). Strategic Visitor Flows (SVF) Analysis Using Mobile Data. In: Schegg R., Stangl B. (Eds) *Information and Communication Technologies in Tourism 2017* (pp. 145-17), Cham, Switzerland: Springer, Cham.
- Besbes Sahli, A. & Legohérel, P. (2016). The tourism web acceptance model: A study of intention to book tourism products online. *Journal of Vacation Marketing*, 22(2), 179-194
- Bilgihan, A., & Wang, Y. (2016). Technology induced competitive advantage: a case of US lodging industry. *Journal of Hospitality and tourism Technology*, 7(1), 37-59.
- Julien P.A et Marchesnay, M. (1988), La petite entreprise, Vuibert.
- Gretzel, Werthner, Koo, & Lamsfus. (2015). Conceptual foundations for understanding smart tourism ecosystems. *Computers in Human Behavior*, 50(C), 558-563.
- Hadavandi, E., Ghanbari, A., Shahanaghi, K., & Abbasian-Nagheh, S. (2011). Tourist arrival forecasting by evolutionary fuzzy systems. *Tourism Management*, 32(5), 1196–1203.

- Höjer, M., & Wangel, J. (2015). *Smart sustainable cities: Definition and challenges*. New York: Springer.
- Ivanov, S. H., Webster, C., & Berezina, K. (2017). Adoption of robots and service automation by tourism and hospitality companies. Paper presented at the INVTUR Conference, 17-19 May 2017, Aveiro, Portugal.
- Kuo, C. M., Chen, L. C., & Tseng, C. Y. (2017). Investigating an innovative service with hospitality robots. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 29(5), 1305–1321.
- Lamsfus, C., Martin, D., Alzua-Sorzabal, A., & Torres-Manzanera, E. (2015). *Smart tourism destinations: An extended conception of smart cities focusing on human mobility*. Heidelberg, Germany: Springer.
- Liberato P.M.C., Alén-González E. & Liberato D.F.VA. (2018). Digital Technology in a Smart Tourist Destination: The Case of Porto, *Journal of Urban Technology*, 25:1, 75-97.
- Manyika J. *et al.* (2017), « A future that works: automation, employment and productivity”, Washington, McKinsey Global Institute.
- Medzo-M'engone,J., Préau, M., Bobillier-Chaumon,M.E.,(2018). Changements technologiques, TIC et santé psychologique au travail : une revue de la littérature. Psychol.fr.
- Murphy, J., Hofacker C., Gretzel U., (2017). Dawning of the Age of Robots in Hospitality and Tourism: Challenges for Teaching and Research. *European Journal of Tourism Research*, 15 pp. 104-111.
- Navio-Marco J, Ruiz-Gómez L.M. & Sevilla-Sevilla C. (2018). Progress in information technology and tourism management: 30 years on and 20 years after the internet - Revisiting Buhalis & Law's landmark study about eTourism, *Tourism Management*, 69, 460–470.
- Raymond, L. (2001). Determinants of web site implementation in small businesses, *Internet Research*, 11, 5, 411-422.
- Raymond L. et St-Pierre J. (2005). The Strategic development of manufacturing SMEs: patterns, antecedents, and performance outcomes, *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 2, 4, 377-391.
- Ukpabi, D. C., & Karjaluoto, H. (2017). Consumers' acceptance of information and communications technology in tourism: A review. *Telematics and Informatics*, 34(5), 618-644.
- Uwizeyemungu S. et Raymond L. (2011), Information technology adoption and assimilation : towards an adapted framework for services sector SMEs, *Journal of Service Science and Management*, 4, 2, 141157.
- Yoo, C. W., Goo, J., Huang, C. D., Nam, K., & Woo, M. (2017). Improving travel decision support satisfaction with smart tourism technologies: A framework of tourist elaboration likelihood and self-efficacy. *Technological Forecasting and Social Change*, 123, 330-341.

Étude comparative de véhicules semi-autonomes en conduite réelle : effet du tableau de bord sur les émotions et la charge mentale du conducteur

Noé Monsaingeon

CLLE – Université de Toulouse
5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex 9
noe.monsaingeon@univ-tlse2.fr

Axelle Mouginé

CLLE – Université de Toulouse
5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex 9

Loïc Caroux

CLLE – Université de Toulouse
5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex 9

Sabine Langlois

Renault
1, avenue du Golf, 78084 Guyancourt
sabine.langlois@renault.com

Céline Lemerrier

CLLE – Université de Toulouse
5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex 9
celine.lemerrier@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ

Les véhicules semi-autonomes sont caractérisés par la présence de plusieurs niveaux d'automatisation, ce qui augmente le risque de confusion. Les tableaux de bord au design écologique et utilisant plusieurs modalités sensorielles pourraient faciliter la collaboration entre l'humain et le véhicule. Cette étude propose de comparer deux véhicules dont un possède un tableau de bord classique (Volvo XC60) et l'autre un affichage écologique et multimodal (Tesla modèle X). Vingt participants ont testé les véhicules sur route et ont ensuite répondu à des questionnaires sur leur charge mentale, leurs émotions et l'utilisabilité perçue du véhicule et de leur tableau de bord. Les résultats ont mis en avant un état de confusion après le test pour les deux véhicules. La Tesla a été évaluée comme provoquant des émotions négatives de peur et était physiquement plus exigeante que la Volvo. Le caractère nouveau du tableau de bord est discuté comme cause des émotions négatives pour la Tesla. L'exigence physique pourrait avoir pour cause les boutons d'activation et de désactivation des aides à la conduite avancées.

MOTS-CLES

Conduite réelle ; Voitures autonomes ; Interface humain-machine ; Émotions, Charge mentale.

1. INTRODUCTION

Les voitures entièrement autonomes devraient entrer dans le parc automobile dans les prochaines décennies. Celles-ci seront de niveau d'automatisation 5 selon la norme SAE (2018) et définies comme ne nécessitant aucune action humaine pour être opérées. Avant cette automatisation totale, les véhicules seront graduellement automatisés, équipés d'aides à la conduite (ADAS) en nombre et technicité croissants. La tâche de conduite va progressivement évoluer, de même que les processus cognitifs engagés par le conducteur. Les ressources attentionnelles, aujourd'hui fortement exploitées par la conduite manuelle, seront redirigées vers d'autres activités à bord (par ex. loisirs, conversation avec les autres passagers) dans les périodes où le système prendra en charge l'activité de conduite, c'est-à-dire pour les systèmes de niveaux 3 et 4.

La conscience qu'a le conducteur de la situation lui permet d'identifier, de comprendre et d'anticiper le comportement des autres conducteurs, de son propre véhicule ou des piétons (Endsley & Kiris, 1995). Celle-ci doit être suffisante pour lui permettre d'assurer sa sécurité et celle des autres usagers de la route. Les véhicules possédant des ADAS de niveaux 2, tel que le maintien dans la voie associé au régulateur de vitesse adaptatif, doivent informer efficacement le conducteur des systèmes actifs ou inactifs afin d'éviter les confusions. Un risque majeur pour la sécurité survient lorsque les systèmes ne sont pas désactivés par le conducteur mais par le véhicule, forçant une reprise de contrôle rapide.

C'est aux Interfaces Humain-Machine (IHM) que revient le rôle de présenter les informations nécessaires et suffisantes pour informer le conducteur de l'état de son véhicule. La saillance, l'effort nécessaire pour accéder aux informations, ainsi que la valeur et les attentes attribuées par le conducteur à ces informations visuelles sont déterminantes dans leurs consultations (Horrey, Wickens, Consalus, 2006). Certains véhicules, tels que la Tesla Model X, possèdent des IHM innovantes qui suivent un design d'interface écologique. L'objectif de ces IHM est de présenter des informations simples dont la perception est censée induire les actions possibles, et uniquement celles-ci, réduisant ainsi la charge mentale et améliorant les performances (Bennett & Flach, 2019). Les tableaux de bords, déjà riches en informations visuelles, pourraient gagner à être associés à d'autres modalités sensorielles comme le son ou l'haptique pour efficacement transmettre de l'information. En effet, les travaux de Ho et al. (2017) mettent en évidence qu'un lien entre la vision, l'ouïe et le toucher existe au sein de l'attention. Ceci implique qu'utiliser des stimulations auditives et tactiles dans une IHM permettrait de compléter les stimulations visuelles et de contribuer à une communication efficace entre le véhicule et son conducteur.

Les interfaces dont le design est écologique et multimodal ne sont pas courantes dans l'automobile. Utiliser correctement une interface nouvelle peut nécessiter un temps d'adaptation qui pourrait se traduire par des émotions négatives. L'objectif de cette étude était de comparer l'impact d'une interface écologique et multimodale avec une interface classique dans des véhicules semi-autonomes sur les émotions et la charge mentale du conducteur. La première hypothèse testée était que l'interface écologique et multimodale provoquerait plus d'émotions négatives que l'interface classique à cause de son caractère inhabituel, chez des conducteurs découvrant le véhicule. La seconde hypothèse testée était que l'interface écologique et multimodale provoquerait une charge mentale plus faible que l'interface classique grâce à sa simplicité et à la pertinence des informations présentées.

2. METHODE

Une analyse ergonomique a été réalisée sur 6 véhicules selon les critères de Bastien et Scapin (1993) afin de sélectionner deux candidats comparables en termes d'ADAS mais suffisamment différents en termes d'IHM. La Tesla Model X a été retenue, ainsi que la Volvo XC60. Toutes deux possèdent des ADAS de maintien du véhicule dans la voie et d'adaptation automatique de la vitesse, regroupées sous le terme « Assistance au Pilotage » (AP), et correspondant au niveau 2 de la SAE. Vingt volontaires ont été recrutés (19 hommes), âgés de 27 à 59 ans ($M = 40,8$; $ET = 8,5$) et ont

conduit l'une des deux voitures. Les volontaires ont eu leurs permis à l'âge de 19 ans en moyenne et n'avaient jamais conduit le véhicule testé.

Après une période de familiarisation de 10 de minutes, les conducteurs devaient réaliser un parcours d'une quarantaine de minutes, passant par des environnements péri-urbains et des voies rapides. Ils pouvaient conduire manuellement ou à l'aide de l'AP lorsqu'ils le voulaient et que toutes les conditions de sécurité étaient réunies. Durant le trajet, 16 questions relatives à la consultation du Tableau De Bord (TDB) étaient posées. Le temps nécessaire aux participants pour répondre aux questions était mesuré, ainsi que le comportement visuel durant la conduite. Ces deux mesures ne seront pas abordées durant cette présentation. Avant et après la phase de conduite, les participants ont rempli le questionnaire de valence émotionnelle « Positive and Negative Affect Schedule » (PANAS ; Watson, Clark & Tellegen, 1988). Ce questionnaire est composé de 20 items sous forme d'échelle de Likert en 5 points. Dix items appartiennent à la dimension positive et dix items appartiennent à la dimension négative. Après la conduite, un questionnaire d'utilisabilité ainsi que l'échelle de charge mentale « Raw Task Load index » (RTLX ; Cegarra & Morgado, 2009) étaient complétés. Ce questionnaire décompose la charge mentale en six dimensions pour lesquelles les participants devaient se positionner sur une échelle en 10 points allant de « faible » à « élevé ». Enfin, les témoignages des conducteurs vis à vis des véhicules étaient également recueillis à l'aide d'entretiens semi-directifs.

3. RESULTATS

L'analyse ergonomique des TDB a mis en avant le fait que les deux véhicules présentaient les informations de la même manière quelle que soit l'expertise des conducteurs par rapport aux AP. Bien que la Tesla guide moins bien les utilisateurs de son TDB à cause d'informations textuelles présentées trop furtivement, elle informait clairement le conducteur si la fonction d'AP était activable ou non en affichant les lignes détectées ainsi qu'une icône. La Volvo était discrète quant aux conséquences des actions du conducteur, contrairement à la Tesla qui proposait des feed-back sonores, haptiques et visuelles lors des activations et désactivation de AP.

Les réponses aux items appartenant à la dimension positive du PANAS ont été additionnées pour obtenir le score total des émotions positives ressenties pendant le test. La même procédure a été réalisée pour les items appartenant à la dimension négative. Un test t de student a été réalisé sur chacune de ces deux dimensions en prenant comme facteur le véhicule. Les résultats n'ont pas montré d'effet du véhicule sur les émotions positives comme négatives ressenties pendant la période de test ($p > .1$). Des comparaisons de moyenne sur les scores items par items ont été conduites pour évaluer l'effet du facteur véhicule sur différents aspects des émotions ressenties par le conducteur. Ces analyses mettent en avant un effet tendanciel du véhicule sur les réponses à l'item « Effrayant » ($F(1,18)=3.47$; $p=.08$). La Tesla ($M=1.65$; $ET=1.05$) serait jugée comme provoquant sensiblement plus d'émotions négatives de « peur » que la Volvo ($M=1.25$; $ET=0.45$). Un effet tendanciel a également été observé sur les réponses à l'item « Fierté » ($F(1,18)=3.65$; $p=.07$). Les utilisateurs de la Tesla ($M=3.55$; $ET=1.09$) jugeaient ressentir plus d'émotions positives de fierté que les conducteurs de la Volvo ($M=2.7$; $ET=1.05$). L'impact du moment de la passation du questionnaire a également été étudié (avant vs. après utilisation du véhicule). Pour les dimensions positives comme négatives, l'analyse de variance ANOVA n'a pas révélé d'effet du moment. De la même manière que pour le facteur véhicule, chaque item a été étudié séparément. Les analyses ANOVA ont révélés un effet principal du moment sur l'item « Perturbé » ($F(1,18)=9.45$; $p=.007$), suggérant que les participants terminent le test ($M=2.15$; $ET=.88$) avec plus d'émotions négatives de type « confusion » qu'avant le test ($M=1.5$; $ET=.61$), quel que soit le véhicule testé. Aucun effet d'interaction n'a été constaté entre les facteurs moment et véhicule.

Concernant les évaluations au questionnaire d'utilisabilité, les deux véhicules ont eu des scores relativement haut (plus de 65/100) et étaient donc jugés comme acceptables. Bien que la Tesla était

évaluée comme moins utilisable (Catégorie D) que la Volvo (Catégorie C), les scores des deux groupes ne différaient pas significativement.

La charge mentale, représentée par le score total du RTLX, n'était pas significativement différente entre les deux voitures testées. Une analyse de chaque dimension composant l'échelle a mis en lumière le fait que la Tesla ($M=44$; $ET=22.7$) avait une exigence physique significativement plus importante que la Volvo ($M=22$; $ET=16.36$) ($U(18)=-.349$; $p=.029$).

4. DISCUSSION

Les réponses au PANAS montrent que l'utilisation des deux véhicules a provoqué chez les conducteurs des émotions négatives de l'ordre de la confusion. L'analyse ergonomique des TDB révèle qu'aucun des deux véhicules ne s'intéresse à l'expertise du conducteur en matière d'AP et présente les mêmes informations à tous les utilisateurs. Or, maîtriser l'utilisation des ADAS demande un apprentissage susceptible d'expliquer cet état de confusion (Stapel, Mullakkal-Babu, & Happee, 2019). Ensuite, les résultats du PANAS tendent à présenter la Tesla comme provoquant plus d'émotions négatives liées à la peur que la Volvo. L'IHM de la Tesla utilise plusieurs modalités sensorielles et une interface écologique, alors que la Volvo utilise un affichage traditionnel. Le caractère inhabituel de l'affichage de la Tesla peut avoir un rôle dans ces émotions négatives, les utilisateurs ne trouvant pas l'information sous la forme qu'ils ont l'habitude de la trouver. Une exploration des temps de réponses aux questions posées en roulage devrait permettre de savoir dans quelle mesure l'accès aux informations diffère entre les deux véhicules. L'exigence physique, rapportée comme plus élevée chez les utilisateurs de la Tesla, peut également être expliquée par l'IHM. Les commandes d'activations et de désactivation des ADAS ne sont pas les mêmes entre les deux véhicules. La Volvo demande d'utiliser des boutons sur le volant alors que la Tesla demande d'utiliser un commodo situé derrière le volant, pouvant être confondu avec celui des phares. Le caractère excentré du commodo par rapport aux mains du conducteur peut être la cause d'une demande physique plus importante pour ce véhicule. Les techniques d'oculométrie apporteraient des données complémentaires permettant d'évaluer la consultation du TDB. De telles données permettraient d'évaluer les IHM les plus efficaces et sécurisées. Aussi, un facteur important à prendre en compte pour les prochaines études est la familiarisation avec le véhicule et avec l'AP. Un certain apprentissage est sans doute nécessaire pour arriver à utiliser au mieux l'interface proposée par la Tesla (Stapel et al., 2019).

En somme, cette étude exploratoire constitue une porte d'entrée pour l'étude des facteurs humains en conduite semi-autonome dans un environnement naturel. Elle met l'accent sur l'impact que peuvent avoir les TDB non conventionnels sur les émotions et la charge mentale du conducteur. L'interface écologique semble a priori apporter des résultats mitigés sur les émotions du conducteur. Cependant l'impact de ce type de design reste à étudier au travers de données quantitatives et après une période de familiarisation.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1993). *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces* (Doctoral dissertation, Inria).
- Bennett, K. B., & Flach, J. (2019). Ecological Interface Design: Thirty-Plus Years of Refinement, Progress, and Potential. *Human Factors*, 61(4), 513–525. <https://doi.org/10.1177/0018720819835990>
- Cegarra, J., & Morgado, N. (2009, September). Étude des propriétés de la version francophone du NASATLX. In *Communication présentée à la cinquième édition du colloque de psychologie ergonomique (Epique)* (pp. 28-30).
- Endsley, M. R., & Kiris, E. O. (1995). The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation. *Human Factors*, 37(2), 381–394. <https://doi.org/10.1518/001872095779064555>

- Ho, C., & Spence, C. (2017). *The Multisensory Driver : Implications for Ergonomic Car Interface Design*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315555423>
- Horrey, W. J., Wickens, C. D., & Consalus, K. P. (2006). Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *12*(2), 67–78. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.12.2.67>
- SAE (2016) Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. J3016 SEPT2016. SAE International, Warrendale
- Stapel, J., Mullakkal-Babu, F. A., & Happee, R. (2019). Automated driving reduces perceived workload, but monitoring causes higher cognitive load than manual driving. *Transportation Research Part Traffic Psychology and Behaviour*, *60*, 590–605. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.11.006>
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, *54*(6), 1063.

Gestes de la tête pour la création de raccourcis de navigation informatique

Rémy Evrard

INSERM U1075 – COMETE, 14000 Caen
remy.evrard@unicaen.fr

Bruno Mantel

EA4260 – CesamS, 14000 CAEN
bruno.mantel@unicaen.fr

Clément Vandevivere

Access-Man, 14370 Chicheboville
clement.vandevivere@access-man.fr

Aurélie Peillon

INSERM U1075 – COMETE, 14000 Caen

Manon Veillard

INSERM U1075 – COMETE, 14000 Caen
CHU CAEN Normandie, 14000

Stéphane Besnard

INSERM U1075 – COMETE, 14000 Caen
CHU CAEN Normandie, 14000

Georges Lamy au Rousseau

Starnav, 14370 Chicheboville
georges.lamy-au-rousseau@starnav.fr

Marie-Laure Bocca

INSERM U1075 – COMETE, 14000 Caen
marie-laure.bocca@unicaen.fr

RÉSUMÉ

En l'absence de motricité manuelle, la navigation dans un environnement informatique peut être réalisée via les mouvements de la tête détectés par une webcam (logiciel Pictocom). Cette navigation par les mouvements de la tête pouvant être lente, en particulier chez des personnes ayant un handicap moteur lourd, ce travail vise à l'accélérer en recherchant des raccourcis de commandes (communication et domotique) basés sur la reconnaissance de gestes spécifiques de la tête. Afin de les identifier, une méthodologie a été développée en recueillant des propositions de raccourcis chez des volontaires sains, dans deux situations (naïfs vs informés). Ces propositions ont été scorées par leur complexité et représentativité. Les résultats montrent que la situation naïve, bien que significativement plus représentative, est aussi plus complexe que la situation informée, ce qui démontre la pertinence de la méthode développée. Ce travail ouvre des perspectives afin de déterminer des raccourcis gestuels à la fois faciles à produire et à mémoriser.

MOTS-CLES

Interaction Homme-machine ; Interface gestuelle ; Headtracking ; Aide technique ; Reconnaissance de formes.

1. INTRODUCTION

L'aide technique Pictocom (AccessMan, 2019) est une assistance à la communication et au contrôle domotique pour des utilisateurs (adultes et enfants) atteints de déficiences motrices sévères. Son accessibilité repose sur une navigation dans une arborescence pictographique avec des modalités de contrôle adaptées et évolutives (souris, tactile, contacteur, voix, etc.). En l'absence de motricité manuelle, la technologie Head-Pilot (Starnav, 2018) permet le pilotage d'un curseur grâce au suivi des mouvements de la tête, via une webcam. Le curseur est utilisé pour pointer et sélectionner les pictogrammes. Cette modalité est aussi efficace chez des personnes avec un handicap que chez des sujets contrôles (Bocca et al., 2016).

2. POSITIONNEMENT DE LA PROBLÉMATIQUE

Lors de l'utilisation prolongée d'Head-Pilot, une fatigue des muscles du cou a été rapportée par certains utilisateurs, liée à la succession de clics nécessaire pour naviguer dans l'arborescence et atteindre la commande désirée. Afin d'y pallier, ce travail vise à mettre au point l'utilisation de gestes de la tête pour le déclenchement de commandes fréquemment utilisées, via des raccourcis.

2.1. Utilisation inédite des gestes de la tête pour l'interface Homme-Machine (IHM)

Les gestes de la tête n'ont, à ce jour, jamais été utilisés comme interface informatique afin d'être traduits en signification (via une commande), contrairement aux gestes manuels (Kühnel et al., 2011 ; Schlömer et al., 2008 ; Wobbrock et al., 2009). En effet, seul le pilotage par des mouvements directionnels (Jackowski et al., 2018 ; Oppenheim, 2016) a été abordé. Pourtant, les IHM gestuelles peuvent profiter du caractère instinctif du geste qui est utilisé spontanément pour communiquer. En effet, les gestes sont des simulations d'expériences sensorimotrices qui représentent les sujets (concrets ou spatiotemporels) du dialogue (Hostetter & Alibali, 2008). Ainsi, la concordance entre les expériences sensorimotrices évoquées par une commande et celles évoquées par un geste associé pourrait améliorer l'apprentissage et la rétention (Darling et al., 2015 ; Frank et al., 2014 ; Paivio, 1969) de ce dernier, ce qui faciliterait son utilisation.

2.2. Caractère gestuel des mouvements de tête détectés par Head-Pilot

Afin que le mouvement de la tête réalisé par l'utilisateur puisse être associé à une signification, un feedback visuel présent tout au long de la réalisation du geste est nécessaire. Dans un premier temps, ce feedback a été apporté par l'ajout d'une trace rémanente aux mouvements du curseur. Ainsi, pendant la réalisation d'un geste (p. ex. le tracé d'une porte), l'utilisateur peut visualiser son tracé. La finalité de ce travail est que le logiciel Pictocom puisse traduire le geste réalisé par l'utilisateur en une commande (ouverture/fermeture de la porte).

3. OBJECTIFS ET HYPOTHESES

L'objectif est de présenter le développement de la méthodologie et les premiers résultats permettant la création de raccourcis gestuels tracés grâce aux mouvements de la tête. En effet, en l'absence de données dans la littérature, cette étape est essentielle pour, ensuite, pouvoir soumettre un répertoire gestuel adapté aux personnes handicapées et évaluer son acceptation.

Notre méthodologie s'est basée sur une méthodologie développée précédemment (Nielsen et al., 2003 ; Wobbrock et al., 2009), qui a montré la pertinence de recueillir, auprès de volontaires

novices, sur la base d'une approche centrée-utilisateur et lors d'un scénario naturel, des raccourcis gestuels manuels pour des interfaces informatiques. Afin de diversifier la nature des tracés proposés par les sujets, une situation naïve « Pictionary » a été comparée à une situation « Informé ».

Pictionary » encourage la proposition de raccourcis pictographiques (représentation fidèle d'une entité) alors que « Informé » encourage les propositions idéographiques (symboliques). L'hypothèse est que selon la situation de production de gestes (Pictionary vs Informé), les gestes proposés par les volontaires auront des caractéristiques différentes de « complexité » et de « représentativité ». La quantification de ces caractéristiques dans les tracés des deux situations de recueil permettra la sélection des meilleurs raccourcis, à la fois peu complexes et très représentatifs.

4. MÉTHODES

4.1. Recueil de propositions

La méthodologie développée visait à recueillir des propositions de raccourcis gestuels auprès de 28 volontaires sains (âge $22,5 \pm 4,0$ ans ; 12 femmes). Afin de répondre aux besoins des utilisateurs de Pictocom, les volontaires ont eu comme consigne d'imaginer un raccourci gestuel à tracer grâce aux mouvements de leur tête pour 4 commandes principales du logiciel (ouvrir ou fermer la porte ; allumer ou éteindre la lumière ; appeler à l'aide ; allumer ou éteindre la télévision). Le recueil s'est effectué lors de deux mises en situations expérimentales, avec des consignes spécifiques. En situation « Pictionary » (n=14), le recueil des propositions s'effectue dans un contexte de jeu où le participant est invité à faire deviner des « actions » (qui sont en réalité les commandes) à un partenaire de jeu fictif. Dans cette situation le sujet n'est pas informé de l'objectif. En situation « Informé » (n=14), les objectifs de la passation sont explicités (c.-à-d. inventer des raccourcis gestuels de navigation), ainsi que le contexte d'utilisation et la limitation fonctionnelle des potentiels utilisateurs (c.-à-d. une aide technique à destination de personnes lourdement handicapées motrices).

Au total, 112 propositions de raccourcis ont été recueillies. Le recueil des propositions s'est effectué grâce au logiciel Gestool (AccessMan, 2018), développé pour l'occasion, qui embarque la technologie Head-Pilot, et qui permet l'enregistrement et l'analyse spatiotemporelle des tracés.

4.2. Sélection des meilleures propositions

Un score de Sélection a été calculé dans le but de sélectionner, parmi les raccourcis recueillis, ceux à la fois peu complexes et très représentatifs, sur la base de deux sous-scores. Le sous-score de Complexité permet de quantifier la complexité d'un tracé, selon une étude de la dynamique de tracés manuels improvisés ou dessinés (Lacquaniti et al., 1983). Tandis que le sous-score de Représentativité, qui quantifie la représentativité d'un tracé, est inspiré de travaux visant à maximiser le symbolisme de gestes manuels utilisés dans une interface informatique (Wobbrock et al., 2005). Ce score a été calculé grâce à un questionnaire, complété par 26 répondants en ligne et présentiel, qui ont visionné l'intégralité des tracés et ont dû deviner, pour chaque tracé, quelle était la commande représentée.

5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'objectif de ce travail, c.-à-d. développer une méthodologie de création de raccourcis gestuels de la tête afin de les traduire en commandes représentatives et peu complexes, est validé par nos résultats puisque les situations de recueil ont permis la production de tracés avec des caractéristiques de complexité et de représentativité différentes.

L'analyse relative au score de Complexité des tracés a montré un effet significatif de la situation (Mann-Whitney : $U=36,0$, $p<,01$), les tracés recueillis en situation Pictionary (Mdn=228, EI=89) étant plus complexes que ceux en situation Informé (Mdn=164, EI=60). Cela pourrait être

expliqué par la production de détails supplémentaires en situation Pictionary. Ces détails fourniraient davantage d'indices contextuels, ce qui justifierait que le score de représentativité soit quasi-significativement (Mann-Whitney : $U=55,0$, $p=,051$) inférieur pour les tracés produits en situation informé (Mdn=109, EI=414), qui seraient plus abstraits et plus ambigus (Miller et Stanney, 1997) que les tracés produits en situation Pictionary (Mdn=191, EI=153). Cette interprétation étant confirmée par la corrélation positive significative observée entre le score de Complexité et de Représentativité (Pearson : $r=+,47$, $p<,05$). En outre, la faible complexité des tracés recueillis en situation Informé pourrait s'expliquer par des tracés davantage rectilignes, empêchant une reconnaissance efficace par le système perceptif visuel qui est très sensible aux courbures pour la mise en œuvre des lois gestaltiennes (Biederman, 1987 ; Hayward et Tarr, 1997).

Les deux situations proposées se révèlent, dans cette étude, complémentaires pour la production de raccourcis gestuels puisque pour chacune des 4 commandes, le score de sélection le plus grand a été trouvé pour 2 tracés de la situation Pictionary et 2 tracés de la situation Informé.

En se basant sur cette méthodologie, notre prochain objectif sera de développer un répertoire gestuel complet (une dizaine de gestes vs 4 dans cette étude pilote).

6. CONCLUSION

La méthodologie d'utilisation inédite du geste de la tête en tant que raccourci de commande, mise au point dans ce travail, se révèle prometteuse. La poursuite de ce travail concerne la mise au point de plus de raccourcis gestuels d'une part, puis leur transposition auprès de personnes souffrant de handicaps moteurs lourds (p. ex. : tétraplégie, SLA). Toutefois, les perspectives d'usage de ces raccourcis sont plus vastes : notamment chez des sujets sains dans les situations de pilotage où les bras, les jambes, voire les yeux sont déjà utilisés (p. ex : conducteur d'avion ou de train, chirurgien en radiologie interventionnelle).

7. BIBLIOGRAPHIE

- AccessMan. (2018). Gestool (version 1.4.1) [Logiciel].
- AccessMan. (2019). Pictocom (version 4.1.2) [Logiciel]. Repéré à <http://www.accessman.com/produits/pictocom>
- Biederman, I. (1987). Recognition-by-components: a theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94(2), 115-147.
- Bocca, M.-L., Machado, M.-L., Letousey, A.-S., Houel, L.-M., Bourre, C., Baillet, A., ... Besnard, S. (2016). Evaluation et optimisation d'une aide à la communication chez des patients en situation de handicap. Dans C. Jouffrais, F. Cabestaing, & M. Slimane (Éds), *Actes de la conférence Handicap 2016: la recherche au service de la qualité de vie et de l'autonomie* (pp. 59-66). IFRATH.
- Darling, S., Uytman, C., Allen, R. J., Havelka, J., & Pearson, D. G. (2015). Body image, visual working memory and visual mental imagery. *PeerJ*, 3, e775-e775. <https://doi.org/10.7717/peerj.775>
- Frank, C., Land, W. M., Popp, C., & Schack, T. (2014). Mental representation and mental practice: experimental investigation on the functional links between motor memory and motor imagery. *PLoS One*, 9(4), e95175-e95175. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095175>
- Hayward, W. G., & Tarr, M. J. (1997). Testing conditions for viewpoint invariance in object recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(5), 1511-1521.
- Hostetter, A. B., & Alibali, M. W. (2008). Visible embodiment: Gestures as simulated action. *Psychonomic Bulletin and Review*, 15(3), 495-514. <https://doi.org/10.3758/PBR.15.3.495>

- Jackowski, A., Gebhard, M., & Thietje, R. (2018). Head Motion and Head Gesture-Based Robot Control: A Usability Study. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(1), 161-170. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2017.2765362>
- Kühnel, C., Westermann, T., Hemmert, F., Kratz, S., Müller, A., & Möller, S. (2011). I'm home: defining and evaluating a gesture set for smart-home control. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 69(11), 693-704. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2011.04.005>
- Lacquaniti, F., Terzuolo, C., & Viviani, P. (1983). The law relating the kinematic and figural aspects of drawing movements. *Acta Psychologica*, 54(1-3), 115-130. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(83\)90027-6](https://doi.org/10.1016/0001-6918(83)90027-6)
- Miller, L. A., & Stanney, K. M. (1997). The effect of pictogram-based interface design on human-computer performance. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 9(2), 119-131. https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc0902_2
- Nielsen, M., Störring, M., Moeslund, T. B., & Granum, E. (2003). A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for HCI. Dans A. Camurri & V. Gaultiero (Éds), *Proceedings of the International Gesture Workshop 2003 : gesture-based communication in human-computer interaction* (pp. 409-420). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24598-8_38
- Oppenheim, M. (2016). HeadBanger: controlling switchable software with head gesture. *Journal of Assistive Technologies*, 10(1), 2-10. <https://doi.org/10.1108/JAT-04-2015-0015>
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological review*, 76(3), 241-241.
- Schlömer, T., Poppinga, B., Henze, N., & Boll, S. (2008). Gesture recognition with a Wii controller. Dans P. Holleis & N. Villar (Éds), *Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction* (pp. 11-14). ACM. <https://doi.org/10.1145/1347390.1347395>
- Starnav. (2018). Head-Pilot (version 2.4.3) [Logiciel]. Repéré à <http://www.access-man.com/produits/head-pilot/>
- Wobbrock, J. O., Aung, H. H., Rothrock, B., & Myers, B. A. (2005). Maximizing the guessability of symbolic input. Dans *Proceedings of the 2005 Computer-Human Interaction Conference: human factors in computing systems* (pp. 1869-1872). ACM. <https://doi.org/10.1145/1056808.1057043>
- Wobbrock, J. O., Morris, M. R., & Wilson, A. D. (2009). User-defined gestures for surface computing. Dans *Proceedings of the 2009 Computer-Human Interaction Conference: human factors in computing systems* (pp. 1083-1092). ACM. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518866>

Complexité de la tâche et connaissances antérieures dans la recherche d'informations sur Internet auprès d'adolescent en milieu scolaire : étude des processus cognitifs et implications ergonomiques de la décision d'arrêt.

Francisco Martin-Gomez

Laboratoire CLLE-LTC, Université de Toulouse Jean Jaurès / Maison de la Recherche,
5, allées Antonio-Machado. 31058 TOULOUSE Cedex 9
francisco.martin-gomez@univ-tlse2.fr

Aline Chevalier

Laboratoire CLLE-LTC, Université de Toulouse Jean Jaurès / Maison de la Recherche,
5, allées Antonio-Machado. 31058 TOULOUSE Cedex 9
aline.chevalier@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ

Cette thèse en ergonomie et psychologie cognitive se fixe pour objectif d'explorer, en portant une attention particulière aux processus de la prise de décision, comment l'utilisateur se décide à arrêter une recherche sur Internet pour déclarer sa réponse. La population spécifiquement étudiée sera celle des adolescents en milieu scolaire, et plus particulièrement dans le cadre de leurs apprentissages. Le moteur de recherche utilisé sera Google. Deux problèmes complémentaires retiendront notre attention. Premièrement, nous explorerons de façon détaillée les principaux facteurs influençant la recherche d'information de cette population en situation écologique afin de produire un état de lieux des comportements adolescents de recherche d'information dans un cadre scolaire. Dans un second temps, nous nous intéresserons aux boucles et processus itératifs de construction de sens menant à la déclaration de la réponse et à la décision d'arrêt. Une première expérience a été menée, rendant jusqu'ici compte de résultats en lien avec de précédents travaux en RI, mais les nuancant.

MOTS-CLES

Recherche d'informations ; Prise de décision ; Moteur de recherche ; Navigation ; Adolescent.

1. INTRODUCTION

Les adolescents, via leur connexion internet, ont désormais un accès quasi constant à un outil de recherche d'informations qui permet d'accomplir une grande variété de tâches scolaires (Purcell, Heaps, Buchanan, & Friedrich, 2013). Quand ce n'est pas directement sur la base d'informations trouvées sur le Web (Rouet, Ros, Goumi, Macedo-Rouet et Dinet, 2011; Walhout, Oomen, Jarodzka, Brand-Gruwel, 2017) que leurs enseignements disciplinaires se construisent. Une compétence nouvelle a donc été introduite dans la formation obligatoire des élèves du secondaire en France, au

titre des méthodes et outils pour apprendre : « savoir rechercher de l'information » (socle commun de connaissances et de compétences, domaine 2).

Pour beaucoup de chercheurs, une situation de recherche d'information est une situation de résolution de problème (Brand-Gruwel, Wopereis et Walraven, 2009 ; Marchionini, 1997 ; Rouet et Tricot, 1998 ; Hearst, 2009), caractérisée par l'absence de procédure de résolution immédiate, un objectif cible à atteindre à partir d'une situation initiale (Newell et Simon, 1972) et différentes solutions et séquences d'actions pour accomplir la tâche (Hoc, 1972). Depuis les objections fondatrices de Vakkari (1999), une situation de recherche d'information est également appréhendée comme une situation spécifiquement complexe, avec plusieurs façons d'atteindre le résultat, plusieurs résultats possibles, une interdépendance conflictuelle entre les différents chemins menant à une bonne réponse, et une incertitude quant aux chemins pour y parvenir (Bell et Ruthven, 2004 ; Byström et Jarvelin, 1995). Ces caractéristiques particulières vont mobiliser un ensemble de processus cognitifs de hauts niveaux tels que la production d'inférences, de prise de décision (Sanchiz, Chin, Chevalier, Fu, Amadiou, & He, 2017) et de création de sens (Gugerty, Billman, Pirolli, Elliot, 2007 ; De Cara, Théroumane, Chanquoy, Dumerey, Lacoste, Dinet, 2009). D'un point de vue opérationnel, une recherche d'information sur moteur de recherche exige ainsi la maîtrise d'une série de compétences telles qu'évaluer ses besoins en informations, utiliser les outils de recherche / parcourir et localiser des sources potentielles, évaluer ces sources, comparer, extraire et organiser les informations pertinentes (Le Bigot & Rouet, 2007; Brand-Gruwel, Kammerer, Van Meeuwen et Van Vogt, 2017). Face à ces contraintes fortes, de nombreux jeunes utilisateurs de Google rencontrent des difficultés cognitives, et connaissent des complications importantes pour accéder à l'information recherchée (Druin, Foss, Hatley, Golub, Guha, Fails, 2009 ; Bilal et Gwizdka, 2018). Il y a ici un enjeu majeur de guidage, d'accompagnement et de formation pour leur permettre d'accéder pleinement aux ressources disponibles sur Internet et d'utiliser le contenu pédagogique du Web.

Comme le souligne Boubée et Tricot (2011), ce qui manque le plus en ce qui concerne la formation des élèves et des enseignants, c'est de réintégrer la situation d'apprentissage en tant que telle, de comprendre comment accompagner l'activité en train de se dérouler. Pour cela, il est utile de prendre appui sur ce que font réellement les élèves « en cours d'action », de considérer ce qui, dans « l'écologie de la tâche », est utilisé par les jeunes chercheurs comme stratégie d'allègement ou ce qui aide et rend possible l'accomplissement du processus de RI. Identifier de nouvelles stratégies et leurs composantes cognitives pourrait enrichir le cadre théorique de la RI. Ainsi outillé, il deviendrait alors possible d'améliorer la formation des élèves du secondaire en considérant l'expertise réelle des adolescents, et de (re)définir de nouvelles compétences au regard de l'évolution de leur environnement informationnel. Il serait également possible de proposer de nouveaux dispositifs de guidage/d'aide à la recherche d'information aux élèves du secondaire. Dans le contexte technologique actuel, considérant le développement sans précédent des ressources pédagogiques numériques, il s'agit d'une opportunité à saisir pour que ce tournant puisse permettre la réussite de tous les élèves.

2. OBJECTIFS

Les objectifs de cette thèse sont d'analyser les comportements de recherche d'information d'élèves du secondaire (collège, lycée) en étudiant simultanément le rôle de la complexité de la tâche de recherche et des connaissances antérieures sur le domaine afin d'en isoler des déterminants décisionnels (ici, des éléments de la décision qui termine le processus de recherche, ou décision d'arrêt). Ces facteurs pourraient alors aider à générer des recommandations utiles pour la conception de nouvelles formations ou de nouveaux outils d'aide à la recherche d'information pour des adolescents en situation d'apprentissage.

De manière plus opérationnelle, cette thèse se fixe pour objectifs :

1. Fournir une analyse actualisée et plus complète des comportements des élèves du secondaire lors de leur recherche d'information, et tout particulièrement sous les angles de : (i) la production de requêtes et des reformulations ; (ii) la navigation et les pages de résultats du moteur de recherche

2. Isoler les phénomènes particuliers qui apparaissent lors de l'interaction avec le moteur Google, et interroger les processus itératifs

3. Proposer un modèle de RI pour adolescent en situation d'apprentissage en milieu scolaire incluant les déterminants de la décision d'arrêter ;

4. Elaborer une stratégie d'aide à la RI pour ce public.

3. CONTRIBUTIONS ATTENDUES DANS LE DOMAINE

Très peu d'études ont analysé simultanément le rôle de la complexité de la tâche de recherche et des connaissances antérieures sur le domaine, en particulier sur une population d'adolescents, dans des contextes expérimentaux écologiques.

Plusieurs contributions sont donc attendues :

1. Une meilleure connaissance des comportements de recherche d'information via moteur des adolescents en milieu scolaire

2. Une exploration des interactions avec Google et la mise en lumière de l'utilisation de stratégies spécifiques à l'outil

3. L'enrichissement des modèles de RI par une prise en compte spécifique de la décision d'arrêt

4. Un ensemble de principes et de règles utiles pour les enseignants et formateurs, et les concepteurs de moteurs de recherche pour adolescents.

4. APPROCHES METHODOLOGIQUES

Bien que l'usage revendiqué du moteur de recherche Google comme interface de recherche et d'accès aux documents du Web puisse à priori inscrire ces travaux de thèse dans le courant théorique de l'*information retrieval (IR)*, c'est pourtant au sein de l'*information seeking (IS)* que nous entendons les construire et les analyser. En effet, la recherche d'information (IR) est définie comme la recherche d'informations dans un système quel qu'en soit le type, dans laquelle sont stockées et représentées des informations sous la forme de documents ou de leurs substituts (Bawden, 2007). En tant que telle, l'IR pourrait tout à fait servir de cadre à l'analyse de l'usage de Google lors d'une recherche sur Internet. Mais il s'agirait alors de se concentrer tout particulièrement sur les algorithmes et sur les questions de précision et de rappel (Chatterjee, 2017), en supposant que les informations existent dans la source et qu'une requête bien faite sera capable de les récupérer. Cette approche, davantage techniciste, pour importante et fondatrice des questionnements théoriques dont nous sommes héritier, occulte une part importante de la dimension d'incertitude et de complexité du processus de recherche d'information (Han, Pei, & Kamber, 2011). Comme le souligne Chatterjee (2017), considérée sous l'angle de l'IS, la recherche d'information est un processus humain plus ouvert, dans lequel nous ne savons pas s'il existe une réponse à une requête et dans lequel le processus même de recherche d'informations peut fournir l'apprentissage nécessaire pour satisfaire les besoins d'informations de l'utilisateur. Cette non-déductibilité, cette incertitude quant aux résultats fonde selon nous la complexité des tâches de recherche d'information (Bell & Ruthven, 2004 ; Byström & Jarvelin, 1995) sur Internet. En outre, désireux de conserver la dimension pédagogique de cette activité scolaire, nous avons voulu ancrer nos analyses dans l'axiologie spécifique du besoin

d'information, des situations de résolution de problème et de la compréhension/apprentissage d'élèves de secondaire, ce que seul permet le cadre épistémologique de l'IS.

Les comportements d'utilisateurs en recherche d'information sur Internet reposent sur la mise en place de stratégies spécifiques aux situations rencontrées. Pour étudier ces comportements de recherche d'information, il devient nécessaire de connaître plus finement les caractéristiques de ces « situations problèmes » de recherche d'information. Ainsi, le but individuel, et plus précisément l'état de définition du but de l'utilisateur, semble une caractéristique de la situation à considérer : un but flou n'implique en effet pas la même stratégie qu'un but précis. A partir de ce constat, Shneiderman (1997), prolongeant les travaux de Sheiderman et Marchionini (1988), propose de distinguer les activités de recherches d'information sur Internet en deux catégories principales : les activités de fact-finding (rechercher une information précise) et les activités de browsing (se documenter sur un sujet). Marchionini (1997) de son côté, propose une autre taxonomie, également basée sur la précision de la définition du but de l'utilisateur, mais davantage orientée par la tâche. Il y propose de distinguer les recherches dirigées (recherche d'une information très précise), des recherches semi-dirigées (recherche d'une information sur un thème précis, méconnu de l'utilisateur), ou encore des recherches non-dirigées (recherche d'information libres, motivée par les centres d'intérêts de l'utilisateur, sans contrainte de but donné). Enfin, prolongeant les travaux de Schneiderman, Byrd, et Croft (1997), Broder (2002) propose une taxonomie des activités de recherche d'information basée sur le besoin d'information, et plus précisément sur le besoin auquel répond la recherche d'information, ce qu'il appelle « the "need behind the query" ». Il définit trois classes de besoin : navigationnel (l'intention immédiate est de trouver un site particulier), informationnel (acquérir de l'information sur une ou plusieurs pages) ou transactionnel (besoin de réaliser une action spécifique, comme un achat).

Il est évident qu'une approche pleinement écologique s'attacherait à fournir un matériau expérimental recouvrant l'ensemble de ces situations possibles afin d'observer un comportement informationnel (*information behaviour*) des élèves le plus naturel possible. Toutefois, nous plaçons notre approche écologique au niveau scolaire. Autrement dit, c'est le comportement de recherche d'information des élèves au niveau des contraintes imposées par le système scolaire dans le cadre de leurs apprentissages disciplinaires qui est ici l'objet d'étude. Dans cette écologie particulière, toutes les situations listées précédemment n'existent pas en tant qu'objet ou interactions liées aux apprentissages scolaires. Aussi, dans nos approches expérimentales, nous ne nous intéresserons (i.e. construirons) préférentiellement aux tâches de recherche d'informations dirigées et semi-dirigées, dans des activités de *fact-finding* et de *browsing*, en considérant des tâches informationnelles et navigationnelles. En ce qu'elles relèvent des contraintes utilisateurs rencontrées par les élèves. Nous précisons par ailleurs que nous ne retenons ici que l'expertise liée au domaine de la recherche (connaissances antérieures) et non l'expertise dans la technique de recherche d'information (Dinet, Chevalier et Tricot, 2012).

L'un des objectifs de cette thèse étant de fournir un « modèle de RI pour adolescent en situation d'apprentissage en milieu scolaire incluant les déterminants de la décision d'arrêter », nous envisageons de commencer par produire un cadre intégratif RI – prise de décision en nous appuyant sur la synthèse de deux modèles « cognitifs » de RI et d'un modèle de prise de décision en environnement dynamique, tels que :

Pour la RI, le Comprehension base Linked model of Deliberate Search (CoLiDeS) de Kitajima, Blackmon et Polson (2000), couplé aux apports majeurs du modèle de Sharit, Hernandez, Czaja et Pirolli (2008) spécifiquement dédié à la recherche sur moteur

Pour la prise de décision, en établissant un parallèle entre situation d'apprentissage et situation ciblées par la prise de décision naturelle ou écologique (Fiore et Salas, 2006), nous retiendrons le modèle « Situation Awareness » d'Endsley (1995).

Ce travail, en cours de réalisation, fournira la trame à notre modélisation centrale de la décision d'arrêt.

Le travail de recherche entend combiner des méthodes *on-line* par recueil des traces de l'activité réelle des utilisateurs durant la recherche d'information sur Internet (formulation et reformulation de requêtes, types et natures des mots-clés, analyse de la navigation des pages du moteur de recherche et leur sélection depuis le moteur), des mesures de performance de l'activité ainsi que des méthodes *off-line*, réalisée a posteriori de la RI, pour recueillir une évaluation de l'effort perçu, des difficultés ressenties ou du sentiment d'auto-efficacité (questionnaires post tâches).

Une analyse didactique professionnelle (Pastré, 2002) est également envisagée, afin de situer les tâches entre le réel et le prescrit. Ou comme le dit Goigoux (2007), de comprendre le travail pour mieux le transformer, et affiner la validité écologique des prescriptions ergonomiques (dispositifs d'aide à la recherche, formation des élèves). En nous basant sur différents travaux de transposition pédagogiques des professionnels de l'éducation nationale et les résultats d'une enquête de terrain auprès de trois professionnels et formateurs (à venir), nous envisageons de construire une analyse didactique extrinsèque de l'activité de RI des élèves. L'analyse intrinsèque complémentaire reposera sur la prise de parole des élèves, avec debriefing post test et entretiens d'auto-confrontations simples (Goigoux, 2007) à partir des traces de leur propre activité. L'ensemble des données on-line et didactiques doivent permettre d'affiner la compréhension des raisons qui préside à la réponse mise en œuvre ainsi que les adaptations dans l'action réalisées par les « novices » et les « experts » face à la tâche.

Les données *on-line* seront enregistrées par le logiciel BAOBAB développé par Jean-Christophe Sakdavong pour le laboratoire CLLE-LTC. Ce logiciel est un navigateur basé sur le navigateur Chrome, enregistrant simultanément les traces de navigations (fichiers logs, tels que les mots-clés entrés au clavier par les participants, les pages web visitées et le temps passé sur chacune d'entre elles.) et capturant la vidéo de la session de recherche pour chaque participant.

L'intérêt de combiner ces mesures sera :

- d'enrichir nos connaissances sur les effets de la complexité et des connaissances antérieures sur une population scolaire adolescente
- d'appréhender finement les différentes étapes de l'activité pour mieux rendre compte de l'effet des variables cognitives étudiées
- de modéliser et comparer avec d'autres modèles les résultats observés.

Au titre des facteurs investigués, nous avons retenu comme : (i) variable indépendante, l'expertise (inter-sujets), fondée sur les connaissances antérieures sur le domaine de la recherche ; (ii) variable indépendante, la complexité des tâches de recherche (intra-sujets).

Concernant l'activité de production de requêtes, nous avons retenu comme indicateurs : (i) le nombre de requêtes produites tel que chaque reformulation corresponde à l'élaboration d'un nouveau chemin d'exploration; (ii) le nombre de mots clés (issus de la consigne ou de l'énoncé vs inféré, pleins vs vides).

Au titre de l'analyse des pages de résultats du moteur de recherche et la navigation, nous retiendrons : (i) le temps passé sur les pages de résultats du moteur de recherche (i.e. temps total passé sur les SERP de Google) ; (ii) le nombre de documents visités depuis les pages du moteur de recherche vs depuis un document précédemment ouvert ; (iii) le temps passé sur les documents ouverts.

Enfin, les indicateurs retenus pour évaluer la performance sont les suivants : (i) le score aux tâches de recherche ; (ii) le temps total pour compléter les 6 tâches de recherche

5. TRAVAUX EN COURS

Une première expérience a été menée (la présentation de résultats est soumise à ce même colloque). Les participants (39 élèves de collège, 20 troisièmes et 19 quatrièmes) avaient à accomplir devaient accomplir 6 tâches de RI, dans un ordre aléatoire, selon trois modalités de complexité : deux tâches simples (TS), pour lesquelles les mots-clés utiles (permettant d'aboutir à la réponse) étaient contenus dans la tâche et la cible (information à trouver) directement présentée dans la première pages de SERP (résultats fournis par le moteur de recherche suite à une requête) de Google ; deux tâches complexes dites multicritères (TMC) pour lesquelles il fallait inférer la combinaison pertinente de mots-clés présents dans l'énoncé pour accéder à la cible ; et les tâches ouvertes (TO) pour lesquelles plusieurs réponses étaient possibles et la navigation à l'intérieur des pages web obligatoires. Ces tâches reprenaient également la taxonomie liée au but de l'utilisateur (fact-finding et browsing, dirigée et semi-dirigée). Un exemple est présenté dans le tableau ci-dessous.

Complexité	Tâches de recherche (exemples)	But utilisateur
Tâche simple (TS)	Quels sont les deux principaux symboles du régime nazi ?	<i>fact finding, recherche dirigée</i>
Tâche ouverte (TO)	Comment l'Allemagne nazie s'est-elle préparée à la guerre ? Sélectionnez trois documents.	<i>browsing, recherche semi-dirigée</i>

Tableau 1 : exemples de tâches

Des ANOVAs mixtes 2X(3) ont été réalisées sur les VD concernant la performance, la formulation de requête et la navigation ainsi que des tests post-hoc de Bonferroni.

Le pattern de résultats obtenu rend compte de deux stratégies de recherche d'information, et notamment des comportements de formulation/reformulation des requêtes et génération de mots-clés. Les novices adoptent des stratégies plus exploratoires et davantage « bottom-up », comme nous en avons émis l'hypothèse. Alors que les experts (troisième) adoptent des stratégies plus analytiques, avec des requêtes plus courtes et plus précises, davantage sophistiquées. Ils perçoivent en outre avec plus d'acuité, la difficulté des tâches qui leur sont proposées (tâches ouvertes), les poussant à mettre en œuvre des stratégies de compensations inférentielles (en usant de mots nouveaux), là où les novices n'affichent aucune modification de stratégie.

6. CONCLUSIONS

La première étude de cette thèse montre des comportements adolescents de RI via Google qui vont dans le sens de travaux précédents (Sanchiz, Chin, Chevalier, Fu, Amadiou, & He, 2017) avec des stratégies plus spécifiques d'économie cognitive toutefois. D'un point de vue scolaire, l'assez faible différence dans les scores et dans les temps de finition peut interroger l'enseignant. Les prochaines études investigueront des lycéens professionnels et généraux. Ces premières données semblent indiquer, en considération des caractéristiques des participants, une possibilité de dispositif d'aide à la recherche orientée sur une optimisation des stratégies d'appariement lexical des novices. Les prochains travaux étudieront le développement de stratégies logicielles en lien avec cette option.

7. BIBLIOGRAPHIE

Bawden, D. (2007). Information Seeking and Information Retrieval: The Core of the Information

Curriculum? *Journal of Education for Library and Information Science*, 48(2), 125-138.

- Bell, D. J., & Ruthven, I. (2004). Searcher's assessments of task complexity for web searching. *European Conference on Information Retrieval*, 57-71. Springer.
- Bigot, K., & Bouet, J.-F. (2007). The Impact of Presentation Format, Task Assignment, and Prior Knowledge on Students' Comprehension of Multiple Online Documents. *Journal of Literacy Research*, 39(4), 445-470. <https://doi.org/10.1080/10862960701675317>
- Bilal, D., & Gwizdka, J. (2018). Children's query types and reformulations in Google search. *Information Processing & Management*, 54(6), 1022-1041. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2018.06.008>
- Boubée, N., & Tricot, A. (2011). *L'activité informationnelle juvénile*. Lavoisier.
- Brand-Gruwel, S., Kammerer, Y., Van Meeuwen, L., & Van Gog, T. (2017). *Source evaluation of domain experts and novices during Web search*. Consulté à l'adresse <http://dspace.ou.nl/handle/1820/8984>
- Brand-Gruwel, S., Wopereis, I., & Walraven, A. (2009). A descriptive model of information problem solving while using internet. *Computers & Education*, 53(4), 1207-1217. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.06.004>
- Broder, A. (2002). A taxonomy of web search. *ACM SIGIR Forum*, 36(2), 3. <https://doi.org/10.1145/792550.792552>
- Byström, K., & Järvelin, K. (1995). Task complexity affects information seeking and use. *Information Processing & Management*, 31(2), 191-213. [https://doi.org/10.1016/0306-4573\(95\)80035-R](https://doi.org/10.1016/0306-4573(95)80035-R)
- Chatterjee, A. (2017). *Elements of Information Organization and Dissemination*.
- De Cara, B., Therouanne, P., Chanquoy, L., Dumercy, L., Lacoste, C., & Dinet, J. (2009). La recherche d'information sur Internet par les jeunes usagers : acquisition et développement de stratégies. *EPIQUE 2009*, 149-156. Consulté à l'adresse <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01360224>
- Druin, A., Foss, E., Hatley, L., Golub, E., Guha, M. L., Fails, J., & Hutchinson, H. (2009). How children search the internet with keyword interfaces. *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children - IDC '09*, 89. <https://doi.org/10.1145/1551788.1551804>
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 32-64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
- Fiore, S. M., & Salas, E. (2006). Team cognition and expert teams: Developing insights from cross – disciplinary analysis of exceptional teams. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 4(4), 369-375. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2006.9671803>
- Goigoux, R. (2007). Un modèle d'analyse de l'activité des enseignants. *Éducation et didactique*, 1(vol 1-n°3), 47-69. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.232>
- Gugerty, L., Billman, D., Pirolli, P., & Elliott, A. (s. d.). An exploratory study of the effect of domain knowledge on internet search behavior: The case of diabetes. *St ANNUAL MEETING*, 5.
- Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier.
- Hearst, M. (2009). *Search user interfaces*. Cambridge University Press.
- Hoc, J.-M. (1972). Représentation mentale et modèles cognitifs de traitement de l'information: quelques réflexions introductives. *Le Travail Humain*, 17-35.
- Kitajima, M., Blackmon, M. H., & Polson, P. G. (2000). A Comprehension-based Model of Web Navigation and Its Application to Web Usability Analysis. In S. McDonald, Y. Waern, & G. Cockton (Éd.), *People and Computers XIV — Usability or Else!* (p. 357-373). Springer London.

- Marchionini, G. (1997). *Information seeking in electronic environments*. Cambridge university press.
- Marchionini, G., & Shneiderman, B. (1988). Finding facts vs. browsing knowledge in hypertext systems. *Computer*, 21(1), 70-80.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving* (Vol. 104). Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 138(1), 9-17. <https://doi.org/10.3406/rfp.2002.2859>
- Purcell, K., Heaps, A., Buchanan, J., & Friedrich, L. (2013). How teachers are using technology at home and in their classrooms. *Washington, DC: Pew Research Center's Internet & American Life Project*.
- Rouet, J.-F., Ros, C., Goumi, A., Macedo-Rouet, M., & Dinet, J. (2011). The influence of surface and deep cues on primary and secondary school students' assessment of relevance in Web menus. *Learning and Instruction*, 21(2), 205-219. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.02.007>
- Rouet, J.-F., & Tricot, A. (s. d.). *Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs*. 19.
- Sanchiz, M., Chin, J., Chevalier, A., Fu, W. T., Amadiou, F., & He, J. (2017). Searching for information on the web: Impact of cognitive aging, prior domain knowledge and complexity of the search problems. *Information Processing & Management*, 53(1), 281-294. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2016.09.003>
- Sharit, J., Hernández, M. A., Czaja, S. J., & Pirolli, P. (2008). Investigating the Roles of Knowledge and Cognitive Abilities in Older Adult Information Seeking on the Web. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 15(1), 1-25. <https://doi.org/10.1145/1352782.1352785>
- Shneiderman, B., Byrd, D., & Croft, W. B. (1997). Clarifying search: A user-interface framework for text searches. *D-lib magazine*, 3(1), 18-20.
- Vakkari, P. (1999). Task complexity, problem structure and information actions: Integrating studies on information seeking and retrieval. *Information Processing & Management*, 35(6), 819-837. [https://doi.org/10.1016/S0306-4573\(99\)00028-X](https://doi.org/10.1016/S0306-4573(99)00028-X)
- Walhout, J., Oomen, P., Jarodzka, H., & Brand-Gruwel, S. (2017). Effects of task complexity on online search behavior of adolescents. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(6), 1449-1461. <https://doi.org/10.1002/asi.23782>

Analyse de l'activité de co-conception : influence d'un artefact mixte et contribution de la fonction gestuelle dans un environnement de réalité augmentée spatiale

Maud Poulin

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, 38000 Grenoble, France
maud.poulin@grenoble-inp.fr

Jean-François Boujut

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, 38000 Grenoble, France
jean-francois.boujut@grenoble-inp.fr

Cédric Masclét

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, 38000 Grenoble, France
cedric.masclét@g-scop.eu

RÉSUMÉ

La réalité augmentée offre de nouvelles possibilités pour proposer des environnements dans lesquels les concepteurs peuvent tirer parti de la nature physique des artefacts tout en conservant la polyvalence des environnements numériques. Les objets mixtes peuvent donc fournir de nouveaux médias dans les interactions entre les parties prenantes. En outre, l'intérêt croissant pour la participation des utilisateurs aux premières phases de conception est limité par les représentations médiocres ou les maquettes coûteuses à fournir lors des réunions de conception. Par conséquent, la compréhension du rôle de ces artefacts mixtes en analysant et en caractérisant les interactions est cruciale pour le développement des méthodes de conception et des environnements. En nous concentrant sur les interactions multimodales, nous visons à fournir de nouveaux résultats en termes de processus de conception, notamment en étudiant l'apport du geste dans les séances de conception collaborative de produits, mais également en comprenant le rôle de ces interactions multiples dans un environnement de réalité augmentée spatiale.

MOTS-CLES

Co-conception ; Analyse de l'activité ; Réalité augmentée spatiale ; Objet intermédiaire ; Interactions multimodales.

1. INTRODUCTION

Le laboratoire G-SCOP et six de ses partenaires ont participé au projet européen SPARK H2020 (<http://spark-project.net/>). L'objectif du projet était de faciliter les interactions au sein de sessions de co-conception associant concepteurs et clients. Le projet a fourni une plate-forme TIC réactive basée sur la technologie de réalité augmentée spatiale (SAR). Raskar (1998) a introduit le SAR en tant que projection d'un objet numérique virtuel sur une forme physique. On l'appelle aussi « projection cartographique » car les projecteurs sont utilisés pour afficher des contenus numériques

supplémentaires sur l'objet du monde réel. Deux illustrations de la technologie de réalité augmentée spatiale se trouvent ci-dessous :



Figure 1a et 1b. Projections d'images virtuelles sur des prototypes physiques via la plateforme SPARK sur tablette et ordinateur

L'un des objectifs du projet SPARK était d'étudier l'influence d'un artefact mixte (d'un prototype physique sur lequel est projeté une image virtuelle) sur les interactions entre concepteurs et clients, et de déterminer si ces influences sont bénéfiques pour l'ensemble des résultats de la conception collaborative. Un premier constat sur l'utilisation permanente des gestes nous a conduit à nous intéresser plus particulièrement sur ce type d'interaction centré sur les artefacts. Grâce au développement d'un outil de collecte de données quantitatives en temps réel appelé « Observer » et à la constitution d'une méthodologie de codage des interactions basée sur les artefacts, nous avons pu collecter des informations sur le type d'artefact utilisé par les concepteurs et les clients lors de ces interactions (Ben Guefrache et al., 2018). Plus de onze sessions de conception collaborative avec des industriels ont été menées à l'aide de trois technologies différentes: la réalité augmentée spatiale (SAR), la réalité augmentée (RA) et une session standard par l'intermédiaire de prototypes physiques existants (Standard). Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet ont montré que les interactions centrées artefacts caractérisés par le pointage du doigt sur ceux-ci (tangibles, numériques, mixtes selon les conditions) étaient plus utilisées par les clients et les concepteurs que les interactions non centrées artefacts (environ 70% des interactions avec artefacts contre 30% des interactions dites « gestes en l'air »). Bien que nous ayons collecté des résultats montrant une tendance majeure d'interactions centrées artefacts contrairement aux gestes en l'air, nous en savons encore peu sur l'utilisation et la fonction de ces dernières catégories. C'est pourquoi nous souhaitons approfondir nos travaux sur l'influence d'une telle technologie, impliquant un artefact mixte, sur le processus de co-conception. Pour cela, nous devons procéder à une analyse de l'activité de co-conception par le discours et par le geste dont nous nous efforcerons de définir les rôles.

2. CADRE METHODOLOGIQUE

La co-conception est une tâche large et complexe où le problème est souvent mal défini et qui implique plusieurs solutions acceptables à l'issue des sessions (Simon, 1981). Compte tenu de la difficulté de la co-conception, de nombreuses études ont été conduites pour analyser et comprendre l'activité cognitive sous-jacente à la tâche de conception. Ericsson et Simon (1993) sont à l'origine de la méthode d'analyse des protocoles individuels dont l'objectif est de comprendre *les mécanismes cognitifs et les processus qui produisent des relations entre le stimulus et la réponse qui apparaissent pendant l'activité humaine*. Cependant, les interactions verbales restent la modalité la plus analysée et traditionnellement utilisée pendant l'analyse de protocole. En effet, Jiang et Yen (2009) ont identifiés que l'usage de l'analyse du protocole verbale a significativement augmenté depuis les

publications d’Ericsson et Simon et que deux types d’études coexistent dans la littérature: l’analyse de la conception individuelle et l’analyse de conception en groupe avec une prédominance pour la méthode de “think-aloud” (Eastman, 1969). Comme son nom l’indique, la méthode du think-aloud a pour but de faire expliciter les personnes sur ce qu’ils sont en train de faire et ceci en temps réel. Faisant intervenir des industriels et souhaitant rester au plus proche de la réalité des séances de co-conception entre concepteurs et clients, la méthode de think-aloud ne nous semble donc pas adaptée.

Une étude menée dans le cadre du projet Eiffel (Darses et al., 2001) a développé une méthode d’analyse du processus de conception en groupe. Cette méthode appelée COMET se base sur des unités de phrases où chaque argument correspond à un type d’action appuyé par la parole. La méthode COMET permet de distinguer un niveau fonctionnel qui examine la conception collaborative du point de vue des actions et des objets mis en œuvre dans des réunions. Cette méthode permet aussi de distinguer un niveau coopératif faisant apparaître des séquences d’actions correspondant à des mouvements coopératifs. L’application d’une telle méthode dans notre contexte d’étude nous paraît totalement appropriée de par son objectif de caractérisation de la structure des communications fonctionnelles.

Concernant le codage des gestes et des fonctions associées à ces gestes, un premier travail de constitution de la grille de codage des gestes dans notre contexte a été réalisé dans le projet SPARK. Cette grille de codage est inspirée des travaux de McNeill (1992) définissant les gestes en quatre catégories différentes : les gestes iconiques, métaphoriques, de pointage et les gestes rythmiques (aussi appelés « gesticulations »). Afin de quantifier et analyser les gestes centrés artefact, nous avons identifié les gestes de pointage sur l’artefact en question. Selon le type de technologie utilisé, ces gestes de pointage centrés artefact ont été défini comme « tangible » dans la session standard, « digital » dans les sessions de réalité augmentée et « mixte » dans les sessions de réalité augmentée spatiale. D’autres types de gestes non centrés artefact ont également été identifiés. Il s’agit de gestes en l’air ne portant pas systématiquement de signification et qui accompagnent le discours. Ces gestes, aussi appelés gestes éphémères, ont été divisés en deux catégories: les gestes de « communication » accompagnant simplement le discours et les gestes « de simulation d’un artefact » étant des mimétismes d’actions d’un artefact virtuel. Ces gestes ont été identifiés par McNeill (1992) comme étant des gestes métaphoriques et rythmiques d’une part, et iconiques abstraits d’autre part. Vous trouverez ci-dessous un tableau comparatif de ces deux différents codages :

SPARK coding scheme	Mc Neill coding scheme (1992)
Artefacts virtuels	Abstracts iconics gestures
Communication	Metaphoric gestures Beat gestures
Tangible/Mixte/Digital	Deictic gestures
None	

Tableau 1. Comparaison des classifications de catégories de gestes entre SPARK et McNeill

Grâce à une adaptation de la grille de codage de la méthode COMET à notre étude ainsi qu’à l’affinement du codage des gestes provenant de SPARK, nous souhaitons étudier l’influence d’un artefact mixte, c’est-à-dire d’une technologie de réalité augmentée spatiale, sur l’activité de co-conception.

3. PROBLEMATIQUE

Sur la base de cette conséquente collecte de données qualitatives sur le processus de co-conception (11 séances de conception collaborative de produits innovants ou de packaging avec deux entreprises différentes et ce sur une quarantaine de minutes chacune) dans un environnement de réalité augmentée spatialisé, notre analyse se concentrera sur la collaboration multimodale. Ainsi, notre recherche porte sur une méthode d'analyse multimodale visant à répondre aux questions de recherche suivantes :

« Quelle est l'influence d'une plateforme de réalité augmentée spatialisée sur le processus de conception collaborative ? » De cette question en découle celle de l'apport de la tangibilité de l'artefact (c'est-à-dire, que cela soit un prototype physique) ayant la possibilité d'être modifié en temps-réel grâce à la plateforme SPARK. »

« Existe-t-il des spécificités à l'activité de conception avec l'usage de la technologie SAR ? Autrement dit, les actions, les arguments et les gestes associés sont-ils de même nature pendant des sessions de co-conception utilisant la technologie SAR que sans outil d'aide à la conception ? »

4. METHODOLOGIE

Afin de répondre à nos questions de recherche, nous allons procéder aux étapes suivantes :

- Dans une première partie de la thèse, nous analyserons les sessions standards et SAR menées avec nos industriels pendant le projet SPARK (2 sessions Standards et 7 sessions SAR). Ces analyses se feront de manière multimodale afin de dégager des hypothèses de processus de co-conception avec une plateforme de réalité augmentée spatiale. Pour cela, nous allons élaborer la nouvelle grille de codage de la parole et des gestes. Sur la base de la méthode COMET pour les interactions verbales d'une part et de la grille de de codage SPARK pour les interactions de gestes d'autre part, nous travaillerons sur la combinaison de ces méthodes pour notre étude. Vous trouverez ci-dessous un exemple de grille de codage des gestes et du protocole verbal en cours de validation :

ACTEUR (qui interagit ?)	GESTE (avec quel geste ?)
Designer	Tangible
Client	Digital
	Mixed
	Communication
	Virtual artefact
	None

Tableau 2. Grille de codage des interactions gestuelles

TYPE	ACTION	ARGUMENT
Assertion [ASS]	Generate [GEN]	Product's Characteristics [PC]
Request [REQ]	Inform [INFO]	Part of the artefact [PART]
	Justify [JUST]	Whole [WHO]
	Interprete [INT]	Function [FUNC]
	Evaluate [EVAL]	Operation [OP]
	Combine [COM]	Design Process [DP]
	Simulate [SIM]	Tool [TOOL]
	Acceptance [ACC]	Other [OTH]
	Rejection [REJ]	
	Understanding [COMP]	

Tableau 3. Grille de codage des interactions verbales

En effet, un premier double codage sur six minutes de session de co-conception a abouti aux résultats statistiques suivants sur les tests de Leigh et Perreault ainsi que du Cohen's Kappa : $r=0,8204$ et $K=0,6546$. Ces premiers résultats nous encouragent pour une validation très prochaine de notre grille de codage.

Étant intéressés par l'apport de la technologie SAR, nous identifierons s'il y a des modifications dans le déroulement de l'activité de conception sur la plate-forme SPARK par rapport aux sessions standard utilisant un artefact tangible. Ensuite, après le codage et la comparaison des sessions SAR et Standard réalisés, des patterns d'activité pourront être soulignés du point de vue gestuel et verbal.

- Dans un deuxième temps, nous créerons une autre phase expérimentale dans laquelle nous procéderons par des sessions nouvelles de co-conception sur la plate-forme SPARK mais en incluant des entretiens après les différentes sessions. Ces entretiens individuels post-session basés sur l'entretien d'explicitation (Vermersch, 1994) permettront aux professionnels et aux chercheurs d'avoir accès à la représentation cognitive et à la rationalité exprimée du participant par la verbalisation de son expérience et de ce qu'il a perçu lors de la session. Cette méthode apporte quelque chose d'essentiel absent jusqu'alors : la subjectivité issue de l'interprétation du chercheur fait place au questionnement des représentations internes du sujet. L'objectif de ces entretiens est de déterminer ce qui s'est passé (activité réelle) du point de vue du participant et de rendre explicite les connaissances implicites via la mémoire de travail dans le contexte précis de conception collaborative.

Cette deuxième étape expérimentale nous apportera un éclairage nouveau du point de vue de l'ergonomie et de la psychologie cognitive, complétant les méthodes traditionnelles d'analyse de protocole, en permettant l'accès aux processus cognitifs des concepteurs et des clients. En comparant le processus de conception avec un artefact mixte et avec un artefact tangible ainsi que grâce au codage des interactions multimodales et de l'entretien d'explicitation, nous espérons

conclure à de nouveaux résultats sur les impacts de la réalité augmentée spatiale sur l'activité de co-conception.

5. RESULTATS ATTENDUS

Bien que le SAR et les sessions standard n'utilisent pas les mêmes technologies, nous nous attendons à ce que les catégories d'actions associées à leur argument soient les mêmes pendant les sessions de conception collaborative. Cependant, certaines activités (enchaînement d'actions) seraient facilitées par la technologie SAR. Par exemple, nous nous attendons à une plus grande fréquence d'interactions multimodales pendant une argumentation, une justification ou une évaluation du produit en cours de conception.

De plus, le type de geste réalisé pendant les sessions différerait selon l'action et l'argument qui lui est associé. Par exemple, nous nous attendons à ce que la synchronisation cognitive (c'est-à-dire la succession d'interprétations, de justifications, d'évaluation et de compréhension du discours) utilise plus de gestes en l'air que de gestes de pointage de l'artefact. Au contraire, les interprétations d'une idée devraient utiliser plus d'interactions centrées artefact que de gestes en l'air. Les gestes de simulation d'un artefact virtuel, quant à eux, seraient très utilisés en cas de justification d'idées par le mimétisme d'une action, d'une forme ou d'une partie d'un produit. Ainsi, cela pourrait mettre en évidence des associations privilégiées entre les activités (action + argument), les gestes et la nature des artefacts lors de sessions de conception collaborative.

Pour appuyer notre analyse multimodale et palier à certaines ambiguïtés dans l'interprétation des interactions, nous souhaitons appliquer l'entretien d'explicitation. Nous pourrions ainsi ajuster notre analyse du processus de co-conception grâce aux représentations internes des concepteurs et des clients.

6. CONCLUSION

Les gestes et la parole seront analysés selon deux méthodes: un codage traditionnel des gestes et de du protocole verbal tel qu'il a été fait dans de nombreuses recherches d'une part et l'entretien d'explicitation issu du domaine de la psychologie ergonomique d'autre part. Nous espérons mettre en lumière la fonction des interactions multimodales dans l'activité cognitive de co-conception et tirer des conclusions sur l'influence de la réalité augmentée spatiale sur le processus de conception.

7. REFERENCES

- Ben Guefrache, F., Masclat, C., Prudhomme, G., Cascini, G., O'Hare, J. (2018). Real-time coding method for capture of artefact-centric interactions in co-creative design sessions. *15th International Design Conference*, May 2018, Dubrovnik, Croatia, pp. 33-44. DOI: 10.21278/idc.2018.0468.
- Darses, F., Détienne, F., Falzon, P. Visser, W. (2001). COMET: A method for Analysing Collective Design Processes (Rapport de Recherche INRIA N° 4258, September 2001).
- Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution. *Design Studies*, vol 22, 5, pp : 425-437.
- Eastman, C.M. (1969). Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design. In *Proceedings of the First Joint International Conference on Artificial Intelligence*. Bedford, MA: MITRE.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Jiang, H. & Yen, C.-C. (2009). Protocol analysis in design research: a review. In *Rigor and Relevance in Design: IASDR 2009*, Seoul, Korea October 18_22, Seoul, pp. 147-156. International Association of Societies of Design Research.
- McNeill, D. (1992). *Hand and Mind: What gestures reveal about thought*. Chicago: University of Chicago Press.
- Raskar, R., Welch, G., Fuchs, H. (1998). Spatially augmented reality. In: *Proceeding of the First IEEE Workshop on Augmented Reality*; 1998 November 1; San Francisco, CA; pp.63-72.
- Simon, H. (1981). The structure of ill-defined problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201.
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. ESF Issy les Moulineaux. Première édition.

Concevoir pour des activités instrumentées par des dispositifs d'assistance intelligents

M. Gras Gentiletti

EDF Recherche & Développement – 7 Boulevard Gaspard Monge 91120 Palaiseau
Université Paris 8 – 2 Rue de la Liberté 93200 Saint-Denis
mgrasgentiletti@gmail.com

M. Fréjus

EDF Recherche & Développement – 7 Boulevard Gaspard Monge 91120 Palaiseau
myriam.frejus@edf.fr

G. Bourmaud

Université Paris 8 – 2 Rue de la Liberté 93200 Saint-Denis
gaetan.bourmaud@univ-paris8.fr

F. Decortis

Université Paris 8 – 2 Rue de la Liberté 93200 Saint-Denis
francoise.decortis@univ-paris8.fr

RÉSUMÉ

Au centre des attentions, l'Intelligence Artificielle offre aujourd'hui une nouvelle palette de dispositifs techniques tant en matière de supports, qu'en matière de modalités d'interaction ou encore de services. Ces dispositifs peuvent alors être pensés comme des médiateurs venant soutenir l'activité humaine. Mais concevoir des dispositifs à base d'IA aidants nécessite de s'interroger sur les critères et les modèles de conception, notamment parce que ces dispositifs apprenants seront évolutifs, contextuels et autonomes. Pour y répondre, l'activité doit être abordée comme une activité non figée mais bien émergente au gré des situations par des sujets en développement. Ce dernier point invite à repenser les méthodes de recueil pour attraper des moments de vie plus long que les temps de l'observation. Ce papier revient sur les réflexions menées et la méthode mise en place dans le cadre d'une thèse de doctorat en ergonomie démarrée le 1^{er} mai 2018 et co-encadrée par l'équipe C3U de l'Université Paris 8 et l'entreprise EDF R&D.

MOTS-CLES

Activité ; Intelligence Artificielle ; Assistant intelligent ; Conception de service ; Bande dessinée

1. INTRODUCTION

Actuellement, la « mise en données du monde » et les fortes avancées en puissance de calcul permettent d'alimenter les techniques de l'Intelligence Artificielle (IA). Cette évolution offre une nouvelle palette de possibles tant en matière de supports (la robotique mobile,...) qu'en matière de modalités d'interaction (la multi-modalité, la reconnaissance de forme,...) ou encore de services (personnalisation,...). Les techniques d'apprentissage de l'IA, en effet, fournissent aux dispositifs des capacités inédites comme la proactivité ou encore l'évolution des services en temps réel. Ce contexte entraîne la mise sur le marché de nouvelles formes de dispositifs et services à base d'IA. Comment

soutiennent-ils nos activités de tous les jours ? Dans quelle mesure transforment-ils nos rapports avec les dispositifs techniques du quotidien ? Le caractère apprenant de ces technologies laisse entrevoir des dispositifs et services évolutifs et contextuels. Quels services durables peuvent être pensés à partir de l'activité réelle ?

Une première partie reviendra sur la genèse du projet de thèse, et notamment sur le contexte sociétal et technologique dans lequel celui-ci émerge. Dans un second temps, un aperçu du cadre théorique sera présenté afin de donner à voir l'ancrage dans lequel s'inscrit cette recherche. Enfin, une présentation brève de l'état de l'art permettra d'introduire les terrains et notamment les choix méthodologiques en cours d'élaboration. La dernière partie approfondira en particulier une hypothèse de travail originale sur l'usage de la bande dessinée pour recueillir l'activité.

2. GENESE DU PROJET DE THESE

L'essor de l'IA est à l'origine de nombreux projets industriels (véhicules autonomes, assistants vocaux,...). Dans cette lignée, l'entreprise EDF R&D vise à concevoir ses propres services et outils à base d'IA pour les clients et les métiers. Néanmoins, les projets liés aux technologies de l'IA sont poussés par les possibles techniques et peinent à intégrer les dimensions liées aux Facteurs Humains, et notamment à l'activité humaine. Les dispositifs sont alors conçus à partir des possibilités technologiques et non à partir des préoccupations de l'Homme dans son activité réelle. Dans ce contexte, nous nous interrogeons sur la manière dont l'ergonome doit alimenter, dès les phases amont de la conception, les besoins en services à base d'IA. En effet, les technologies de l'IA viennent renouvelées ici l'action de l'ergonome car elles offrent aux dispositifs des capacités nouvelles d'évolutivité. Il convient donc d'étudier dans quelle mesure cette particularité va transformer les rapports entre les humains et les dispositifs techniques mais aussi la manière dont l'ergonome va influencer sur la conception de ces derniers.

3. CADRE THEORIQUE

3.1. Une approche située de la cognition humaine

La « machine intelligente » renvoie depuis les années 1940 à une volonté de modéliser artificiellement la cognition humaine. L'IA est ainsi, depuis toujours, étroitement liée aux études traitant de l'esprit humain. Contrairement aux approches par traitement symbolique, nous considérons l'esprit humain comme un ensemble complexe émergeant au gré des situations (Suchman, 1987), fruit de l'histoire du couplage entre l'animal (au sens philosophique) et son environnement (Bruner, Goodnow, & George, 1956; Maturana & Varela, 1990; Norman & Draper, 1986). Dans cette perspective, l'humain est héritier d'une culture qu'il contribue à renouveler et il est engagé dans des activités finalisées et significatives pour lui (Folcher & Rabardel, 2004). Il est acteur des situations qu'il vit, individuellement et collectivement, et répond opportunément aux spécificités de chacune d'entre elles. Ainsi il agit sur le monde et sur lui-même, en évoluant au gré de ses expériences : il est un sujet en développement (Decortis, Bationo-Tillon, & Cuvelier, 2016; Rabardel & Pastré, 2005).

3.2. La médiation de l'activité par l'usage des artefacts

Le champ des activités médiatisées, dans lequel nous nous inscrivons, considère que l'usage d'un dispositif n'est pas un but en soi et s'intéresse à la manière dont la signification de l'usage est déterminée par un contexte d'activité humaine plus large, signifiant pour le sujet, et indépendamment du dispositif en tant que tel (Folcher & Rabardel, 2004; Rabardel, 1995). Ce type d'approche va se centrer sur les rapports aux objets de l'activité qui se construisent progressivement. Les dispositifs techniques sont alors étudiés comme des ressources pour l'activité du sujet (Bourmaud, 2006). Ainsi, en s'adossant à cette approche de l'activité médiatisée, nous posons que le sujet et l'artefact ne sont pas deux composants symétriques d'un même système. D. A. Norman

(1993) propose une dialectique *personal view* versus *system view* afin d'éclairer l'asymétrie entre artefact et humain. Dans cette même veine, l'hypothèse de l'énaction, basée elle-même sur le concept d'autopoïèse, repose sur l'idée que l'humain, comme tout autre système vivant, produit sa propre organisation et est autonome (Pouponneau, 2015). Ainsi, l'activité d'un acteur est construite à tout instant par lui comme une interaction avec sa situation. Cette interaction est asymétrique car l'acteur n'interagit qu'avec les éléments de cet environnement qui lui sont pertinents pour répondre aux contingences de la situation (Maturana & Varela, 1990; Pouponneau, 2015; Theureau, 2006).

3.3. La notion d'aide

La notion d'aide vient replacer l'humain au centre du système et accorde aux dispositifs techniques le rôle de ressources (Bourmaud, 2006). Les concepteurs peuvent alors aborder la conception des « machines » comme la construction d'une aide aux activités de l'utilisateur (Norman & Draper, 1986) et non pas en tant que « prothèses cognitives » (Theureau, 2006). Dans cette perspective, l'humain est considéré comme l'élément central de la réalisation de l'activité (Falzon, 1989; Hutchins & Holland, 1986; Theureau & Jeffroy, 1994; Valot, 1988), lui garantissant la sauvegarde de ses pouvoirs de décisions, de ses capacités d'agir et de ses pouvoirs d'agir (Rabardel, 1995).

3.4. Articulation du cours d'action et de l'approche instrumentale

A. Bationo-Tillon (2006) souligne que l'approche par cours d'action et l'approche instrumentale ont en commun de s'appuyer sur le primat de l'intrinsèque. Ainsi, elles accordent une place prépondérante au point de vue du sujet, qu'elles considèrent comme capable et acteur de sa situation. Toutes deux issues de la perspective socio-historico-sociale vygotkienne mais aussi de l'anthropologie cognitive, ces approches adoptent un regard holistique sur le matériel social et historique au sein duquel se tissent les situations. Néanmoins, elles présentent des différences –ce qui les rend complémentaires– puisque « le cours d'action se constitue en analyse sémiologique lorsque l'approche instrumentale propose une analyse structuro-fonctionnelle de l'activité », (Bationo-Tillon, 2006, p. 102). Les apports de ces approches présentés succinctement ici seront éprouvés et étayés au fil des recueils et analyses de l'activité.

4. POINT D'ENTREE DE L'ETAT DE L'ART

Plusieurs pistes d'exploration de la littérature sont en cours. Nous proposons ici de faire succinctement le tour (et de manière non exhaustive) afin de donner à voir les principaux axes qui attirent aujourd'hui notre attention.

4.1. Définition, délimitation et profondeur historique de l'IA.

Le champ de définition de l'IA est vaste et traite à la fois des composantes technologiques, des différents degrés d'intelligence ou encore des fonctionnalités promises par les dispositifs à base d'IA. La littérature s'entend aujourd'hui sur cinq niveaux de l'IA (manuel, assisté, semi-automatisé, fortement automatisé, complètement automatisé) (Moussaoui, 2018). Les possibles usages des dispositifs à base d'IA ne sont d'ailleurs pas décorrés de ces niveaux et donc du type de technologie que ces derniers abritent. Nous souhaitons être en mesure de définir et de délimiter les IA que nous évoquons. D'autre part, un travail sur la profondeur historique de ce domaine doit être mené, notamment car l'IA recouvrait à ses débuts des questionnements qui sont aujourd'hui renouvelés par les nouvelles techniques d'apprentissage.

4.2. Typologie et caractérisation des formes d'assistance à base d'IA existantes.

Quelles formes ? De nombreux dispositifs à base d'IA, visant à soutenir les activités humaines, sont aujourd'hui déployés sous la forme d'assistants virtuels, notamment sous la forme de chatbots ou d'assistants vocaux. Plus récemment, les robots ont vu le jour. Pour (Gurman, 2018), ils ne constituent ni plus ni moins que des assistants vocaux augmentés. Par ailleurs, d'autres formes

d'assistance intelligente existent sans être incarnées par des supports tangibles (la maison intelligente,...). Nous nous questionnons ici sur l'association des plateformes physiques aux technologies de l'IA existantes et sur l'impact de ces formes sur les services (plus précisément sur ce qu'offrent les spécificités de ces formes pour soutenir l'activité humaine).

Quelle autonomie ? L'autonomie d'un système IA correspond à sa capacité à fonctionner seul durant une période prolongée dans un environnement complexe et dynamique (ALLISTENE, 2014; COMEST, 2017). Cette question est aujourd'hui au cœur des réflexions du domaine Facteurs Humains dans le développement des dispositifs à base d'IA. L'autonomie des dispositifs pose en effet des questions de l'ordre de la reprise en main ou encore du type d'inférences que doivent faire les dispositifs à base d'IA pour produire des services adaptés.

Quels services ? Quels usagers ? Les technologies de l'IA vise à optimiser les ressources, le temps, les espaces, les décisions et les activités (Moussaoui, 2018). Il convient alors d'identifier les services portés aujourd'hui par l'IA, tant dans les sphères professionnelles (anticiper les besoins, appuyer des décisions, assister voire prendre en charge des actions, cibler,...) que dans les sphères de la vie privée (accompagner socialement, véhiculer, mémoriser,...). Ici, nous pensons qu'il peut être pertinent de reformuler notre approche des dispositifs à base d'IA en se concentrant sur les formes d'assistance à base d'IA, et plus directement sur les assistants intelligents.

4.3. Les attentes et l'imaginaire dans la boucle de conception.

L'IA subit un emballement médiatique qui façonne l'imaginaire collectif et le champ des possibles, depuis les mythes culturels (mythe d'Icare²², mythe de Babel²³,...) au cinéma (usine sans ouvrier dans « Matrix », amour sans humain dans « Her »,...)(Plantard, 2015; Scardigli, 1989; Tisseron, 2015). Le sociologue V. Scardigli (1989) accorde justement une place à part entière à l'imaginaire dans l'insertion sociale des techniques. Cet imaginaire a pour conséquence une attente des usagers pouvant se solder par une satisfaction de l'innovation ou un désenchantement (Plantard, 2015; Tricot, 2017; Zamora, 2017) et doit, à ce titre, être documenté.

4.4. L'activité réelle instrumentée par les assistants intelligents existants.

De récents travaux mettent en exergue l'écart existant entre de nouveaux dispositifs à base d'IA et l'attente des personnes les utilisant (Tricot, 2017) ou encore la manière dont les personnes doivent s'adapter à ces dispositifs ou les accompagner (Lahoual & Fréjus, 2018; Velkovska & Zouinar, 2018). D'autres dispositifs à base d'IA ont été l'objet de déception de la part des usagers, comme le robot Pepper à côté duquel les utilisateurs ont dû laisser le mode d'emploi (Tricot, 2017). Dans cette même veine, des travaux investiguent les usages réels qui sont faits des premiers dispositifs à base d'IA déployés aujourd'hui sur le marché.

4.5. La dimension multi-faces des services à base d'IA.

Nous avons vu que les personnes ont des attentes fortes et qu'elles se retrouvent parfois à s'adapter aux dispositifs à base d'IA (Velkovska & Zouinar, 2018). Si les usagers assistent ici délibérément leurs propres assistants intelligents, d'autres travaux mettent en avant la manière dont les usagers travaillent, sans le savoir, pour entraîner les IA en participant, par exemple, à la massification de données. D'autres auteurs vont encore plus loin en dénonçant le *digital labor* selon lequel des « tâcherons du clic » se multiplient à travers le monde pour prendre la place des robots en attendant que les technologies de l'IA soient assez performantes pour remplir les services qu'elles promettent (Casilli, 2019). D'autre part, certains assistants virtuels destinés à accompagner des professionnels nécessitent aujourd'hui d'être alimentés par ces mêmes professionnels, reproduisant les écueils des systèmes experts (De Terssac, Soubie, & Neveu, 1988). Ce point de vue macroscopique sur les services à base d'IA laisse envisager une pluralité d'usagers qu'il est nécessaire d'identifier.

²² Voler dans les airs, se téléporter.

²³ Consulter des bibliothèques universelles, communiquer avec le monde.

5. PROBLEMATIQUE SOULEVEE ET QUESTIONS DE RECHERCHE PRELIMINAIRES

L'IA invite donc à repenser les rapports entre les dispositifs techniques et les humains, mais aussi les modèles de l'activité pour la conception. Nous considérons que la plus-value de l'IA est son caractère évolutif. Aussi, nous pensons qu'il est pertinent de reformuler la question de la conception de dispositifs à base d'IA comme la conception de services durables. Dans cette visée, une série de questions semble se dégager :

- Tout d'abord, nous considérons que les assistants intelligents doivent être conçus non pas à partir des possibilités technologiques mais bien à partir des préoccupations de l'Homme dans son activité réelle. Cet aspect nécessite donc d'identifier les besoins mais aussi d'appréhender l'évolution de ces besoins. Cette question peut être reformulée sous l'angle des médiations instrumentales possibles qu'offrent les assistants intelligents. Quelles médiations spécifiques peuvent soutenir ces assistants intelligents ? Et quelles orientations doivent prendre ces médiations ? De l'humain aux objets de son activité ? De l'humain aux humains ? De l'humain à lui-même ?

- Ces premières réflexions sur les médiations offertes par les assistants intelligents (et donc sur leur pertinence pour soutenir les activités humaines) invitent nécessairement à se retourner sur le « comment ? ». Sur ce point, il y a d'abord des questions relatives aux modalités de l'interaction : en effet, comment seront accompagnées les formes de médiations offertes par les assistants intelligents ? Doivent-elles être multiples pour épouser les activités et leurs contextes ou encore la singularité des sujets ou des collectifs ? Doivent-elles être implicites, afin d'être invisibles à l'usage, ou au contraire directes et intentionnelles pour faciliter la reprise en main du dispositif ?

- Nous le voyons, cet aspect découle naturellement vers des questions d'un autre niveau : le rôle, et notamment le degré d'autonomie, des assistants intelligents. Nous avons mentionné à plusieurs reprises la nécessité de concevoir des dispositifs comme des sources d'aide et non comme des prothèses cognitives. Cette volonté implique de questionner ce que le dispositif donne à voir de ses prises de décision (ou de non-décision) mais plus encore de la genèse de ces prises de décision, de leurs sources ou encore de la complétude et de la fiabilité de la réponse apportée.

- Par ailleurs, la caractéristique « multi-face » nous semble un point d'entrée pertinent. Avec un point de vue systémique et davantage macroscopique que les questions posées jusqu'à présent, nous nous interrogeons sur l'impact des différents « usages » d'un même service sur le service en question. Cela nous amène à interroger le rôle de l'ergonome-concepteur dans la prise en compte de cette activité collective.

- Enfin, concevoir des dispositifs à base d'IA aidants nécessite de s'interroger sur les critères et les modèles de conception, notamment parce que ces dispositifs apprenants seront évolutifs, contextuels et autonomes.

6. CHOIX METHODOLOGIQUES

6.1. Des activités diversifiées instrumentées par des formes d'assistance

Afin de nourrir nos questions, nous avons sélectionné des terrains composés d'activités instrumentées par des formes d'assistance :

- Les activités de recherche d'informations instrumentées par des chatbots²⁴.
- Les activités domestiques instrumentées par des dispositifs techniques variés (assistants vocaux, électroménagers autonomes, domotique).
- Les activités de recherche dans les RGE²⁵ instrumentées par des aides documentaires techniques.

²⁴ Robot conversationnel

6.2. Recueil de l'activité réelle

Les activités instrumentées par des chatbots. La première situation est appréhendée à partir d'entretiens semi-directifs sur le lieu de travail, d'observations in situ et de verbalisations provoquées in situ. Elle est réalisée auprès de 21 sujets ayant la possibilité depuis plusieurs mois d'utiliser des chatbots dans leurs activités de travail. Ce recueil se déroule actuellement et devrait se terminer en juin 2019.

Les activités domestiques instrumentées par des dispositifs techniques. La seconde situation est appréhendée à partir d'entretiens semi-directifs dans des foyers, de recueils vidéo des activités domestiques sans la présence de l'ergonome²⁶, d'entretiens d'auto-confrontation sur la base de ces vidéos et, dans quatre cas, de verbalisations provoquées in situ. Elle est réalisée auprès de 8 familles. Ce recueil s'est déroulé de février à juin 2019.

Les activités de recherche dans les RGE instrumentées par des aides documentaires techniques. Les observations de la troisième situation se sont déroulées sur le centre nucléaire de Flamanville auprès de 9 opérateurs. L'EPR de Flamanville n'ayant pas démarré, les observations se sont déroulées lors de mises en situations réalistes de recherche d'information dans les RGE.

6.3. La BD comme support d'auto-confrontation pour recueillir l'activité en développement

Comme vu plus haut, nous faisons l'hypothèse que le caractère apprenant des dispositifs à base d'IA peut entraîner une transformation des rapports entre humains et dispositifs techniques, notamment parce que ces dispositifs seront évolutifs, contextuels et autonomes. Cette évolutivité ouvre la voie à des réflexions sur la durabilité et la « contextabilité » des services possibles. Pour identifier la nature de ce type de services, nous pensons que l'activité doit être recueillie sur un empan temporel large. Nous faisons l'hypothèse que la bande dessinée (BD) est justement un outil innovant pour attraper des moments de vie plus large que les temps de l'observation. La BD, réalisée par l'ergonome, permet d'abord de tracer des récits de situations marquantes vécues par les sujets difficilement traçables²⁷. Nos premières observations nous laissent entrevoir que ces événements sont à l'origine d'un changement de pratiques, d'une réactualisation des routines. Nous pensons, dans la même veine que J. S. Bruner (1990), que des formes de développement émergent quand il y a rupture par rapport à l'ordinaire. Ces situations de rupture peuvent être tracées par la BD puis réinscrites, à partir d'une auto-confrontation sur ce support, dans une histoire plus large.

D'autre part, nous pensons que la bande dessinée est un support d'auto-confrontation puissant pour capter le point de vue du sujet-lecteur. La bande dessinée est en effet un support malléable, partageable, extensible permettant au sujet de faire des allers-retours entre le général et le spécifique, le local et le global, l'individuel et le collectif. Les événements, délimités par le découpage des cases de BD, se succèdent et laissent au sujet une possibilité de lecture des situations non permises par la vidéo : une vision globale (la page) ou une vision fragmentée (les cases). Nous faisons l'hypothèse, à l'instar de théoriciens de la BD comme S. McCloud et ou W. Eisner, que le sujet-lecteur va combler les ellipses (formalisées par le caniveau²⁸ entre les cases) et ainsi redéfinir les contours des situations, à partir de son expérience vécue, en jetant des ponts entre les cases (Eisner, 1985; McCloud, 1993).

Le sujet-lecteur devient alors un sujet-auteur. C'est selon nous un premier essai de co-construction de dessin entre l'observatrice-ergonome-illustratrice et les acteurs de l'environnement : le co-dessin. Les commentaires faits sur ce type de supports doivent donner lieu à de nouveaux supports dessinés plus en phase avec le point de vue des sujets. Le co-dessin s'inscrit alors dans une

²⁵ Règles générales d'exploitation

²⁶ 2 à 4 caméras sont laissées dans les foyers. Les moments de recueil sont définis en amont avec les familles. Nous comptons 15 à 30 heures de vidéo par famille, comprenant des temps de la semaine et des temps du week-end.

²⁷ (Passées ou intimes dans le cas des situations domestiques par exemple)

²⁸ Caniveau : nom donné à l'espace entre chaque case.

tradition en ergonomie visant à impliquer les sujets dans les processus de conception (Barcellini, Van Belleghem, & Daniellou, 2013; Rabardel & Pastré, 2005).

Ici, nous pensons que la bande dessinée, à condition qu'elle soit discutée, déconstruite et reconstruite avec les sujets, offre à l'ergonome un outil pour appréhender la construction de l'expérience, le développement des sujets. Elle apporte un outil nouveau pour comprendre les genèses de différents niveaux : les genèses instrumentales mais aussi les genèses identitaires (Rabardel & Pastré, 2005). La bande dessinée est en fait aussi et surtout une amorce pour ouvrir une histoire, beaucoup plus large et beaucoup plus riche que celle pouvant être observée sur le terrain.

7. CONCLUSION

Objet d'un rapport du gouvernement en 2018²⁹, fer de lance de nombreux projets industriels, matière médiatique, l'IA est au centre des attentions et génère des attentes fortes. Elle est envisagée et traitée comme un ensemble de technologies à part entière et abordée comme un but en soi. Nous pensons qu'il est important au contraire d'aborder les dispositifs à base d'IA comme des dispositifs médiateurs qui nous permettront demain de réaliser nos activités avec davantage de facilité, de plaisir, de connaissances... Bref, des dispositifs aidants qui nous accompagneront au quotidien.

Concevoir des dispositifs à base d'IA aidants nécessite de s'interroger sur les critères et les modèles de conception, notamment parce que ces dispositifs apprenants seront évolutifs, contextuels et autonomes. Pour y répondre, l'activité doit être abordée comme une activité non figée mais bien émergente au gré des situations par des sujets en développement. Ce dernier point invite à repenser les méthodes de recueil pour attraper des moments de vie plus long que les temps de l'observation. Ma participation aux Doctoriales EPIQUES vise justement à confronter mes hypothèses de travail (la reconstitution du temps long avec un support BD notamment) mais aussi à nourrir de nouvelles pistes d'exploration de la littérature pour, finalement, resserrer peu à peu ma recherche.

8. BIBLIOGRAPHIE

- ALLISTENE. (2014). Alliance des Sciences et Technologies du Numérique – ALLISTENE (2014). Éthique de la recherche en robotique. Rapport n°1 de la CERNA, Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistene.
- Barcellini, F., Van Belleghem, L., & Daniellou, F. (2013). Les projets de conception comme opportunité de développement des activités. In P. Falzon, *Ergonomie constructive* (p. 191-206). <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0191>
- Bationo-Tillon, A. (2006). Pratique des activités narratives instrumentées: une analyse diachronique et structuro-fonctionnelle en amont de la conception. (Doctoral dissertation, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis).
- Bourmaud, G. (2006). Les systèmes d'instruments: méthodes d'analyse et perspectives de conception. (Doctoral dissertation, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis).
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of meaning* (Harvard University Press, Vol. 3).
- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & George, A. (1956). *A study of thinking*. New-York: John Wiley & Sons.
- Casilli, A. (2019). *En attendant les robots-Enquête sur le travail du clic* (Le Seuil).

²⁹ Villani, C., Bonnet, Y., Berthet, C., Levin, F., Schoenauer, M., Cornut, A. C., & Rondepierre, B. (2018). *Donner un sens à l'intelligence artificielle: pour une stratégie nationale et européenne*. Conseil national du numérique.

- COMEST. (2017). Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies – Rapport de la COMEST sur l'éthique de la robotique. Septembre 2017.
- De Terssac, G., Soubie, J.-L., & Neveu, J. P. (1988). Systèmes experts et transferts d'expertise. In *Sociologie du travail* (p. 461-477).
- Decortis, F., Bationo-Tillon, A., & Cuvelier, L. (2016). Penser et concevoir pour le développement du sujet tout au long de la vie : de l'enfant dans sa vie quotidienne à l'adulte en situation de travail. *Activites*, 13(2). <https://doi.org/10.4000/activites.2909>
- Eisner, W. (1985). La bande dessinée, art séquentiel (Vertige Graphic).
- Falzon, P. (1989). Analyser l'activité pour l'assister. Actes du XXVème Congrès de la SELF, 167-175.
- Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). 15. Hommes, artefacts, activités : perspective instrumentale. In P. Falzon, *Ergonomie* (1^{er} éd., p. 251). <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0251>
- Gurman, M. (2018, juillet 24). BIG TECH IS THROWING MONEY AND TALENT AT HOME ROBOTS [Site IT].
- Hutchins, E., & Holland, J. (1986). Direct manipulation interfaces. In *User Centered Systems Design*. Hillsdale, New Jersey : LEA: Donald A. Norman et Stephen w. Draper.
- Lahoual, D., & Fréjus, M. (2018). When Users Assist the Voice Assistants: From Supervision to Failure Resolution. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Présenté à CHI'2019, Glasgow.
- Maturana, R., & Varela, F. J. (1990). El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano. Editorial Universitaria.
- McCloud, S. (1993). L'art invisible. Etats-Unis: Vertige Graphic.
- Moussaoui, I. (2018). Emergence des machines intelligentes. Vers un nouveau vivre ensemble ? [Rapport interne EDF R&D].
- Norman, D. A. (1993). Les artefacts cognitifs. In *Raisons pratiques* (p. 15-34.).
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. (CRC Press).
- Plantard, P. (2015). Les imaginaires numériques en éducation (Editions Manucius). Pierre Musso.
- Pouponneau, C. (2015). Analyse de l'activité de glaciéristes dans une perspective de conception de matériel de progression pour l'escalade et la montagne : contribution à l'élaboration d'un programme de recherche technologique en ergonomie du sport. 235.
- Rabardel, P. (1995). Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains (Armand Colin).
- Rabardel, P., & Pastré, P. (2005). Modèles du sujet pour la conception : Dialectiques activités développement (Octarès). Toulouse.
- Scardigli, V. (1989). Nouvelles technologies : l'imaginaire du progrès. In *L'imaginaire des techniques de pointe. Au doigt et à l'œil* (p. 97-114).
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication* (Cambridge university press).
- Theureau, J. (2006). *Le cours d'action: Méthode développée*. Octarès.
- Theureau, J., & Jeffroy, F. (1994). *Ergonomie des situations informatisées*.
- Tisseron, S. (2015). *Le jour où mon robot m'aimera: Vers l'empathie artificielle* (Albin Michel).

Tricot, C. (2017, décembre). Les chatbots sont-ils stupides ? Les échos.

Valot, C. (1988). Paradoxes de la confiance dans les systèmes d'aide. Actes du colloque ERGO-IA, 88.

Velkovska, J., & Zouinar, M. (2018). The illusion of natural conversation : interacting with smart assistants in home settings. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'18).

Zamora, J. (2017). Rise of the chatbots: Finding a place for artificial intelligence in India and US. Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent User Interfaces Companion,

109-112. ACM.

La confiance dans l'interaction humain-robot : le cas du véhicule autonome et des autres usagers de la route

Flavie Bonneviot

Institut VEDECOM. 23bis allée des marronniers, 78000 Versailles
flavie.bonneviot@vedecom.fr

Stéphanie Coeugnet

Institut VEDECOM. 23bis allée des marronniers, 78000 Versailles
Stephanie.coeugnet-chevrier@vedecom.fr

Eric Brangier

PERSEUs, Université de Lorraine. Ile du Saulcy, 54074 Metz
eric.brangier@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ

L'introduction des véhicules totalement automatisés fait émerger de nouvelles contraintes, notamment au regard de la relation avec les usagers qui partagent l'environnement routier. Il devient primordial que l'homme et la machine soient dans une interaction efficace et efficiente pour atteindre un très haut niveau de sécurité et de satisfaction. Or, dans un véhicule autonome, la communication visuelle et gestuelle qui existe naturellement entre le piéton et le conducteur disparaît. Plusieurs recherches montrent l'importance de la faire évoluer vers de nouveaux systèmes de communication intégrés aux véhicules autonomes. Des prototypes existent, mais il est rare que ces derniers aient été conçus en prenant en compte la performance de la communication et une certaine garantie de confiance entre le piéton et le véhicule. A cette fin, cette recherche, vise à définir un cadre méthodologique pour l'évaluation de la confiance du piéton à l'égard du véhicule totalement automatisé équipé ou non d'une IHM externe de communication.

MOTS-CLES

Confiance ; Emotions ; Piétons ; Véhicule Autonome ; IHM externes de communication

1. INTRODUCTION

Grâce aux récentes avancées technologiques, la recherche sur les Véhicules Autonomes (VA) connaît un essor spectaculaire depuis ces deux dernières décennies. Un véhicule est dit totalement automatisé lorsqu'il est capable de réaliser toutes ses actions de conduite sans l'intervention d'un humain. Toutefois, de nombreuses difficultés liées à l'environnement routier urbain doivent encore être surmontées. La complexité de ce milieu réside dans la multiplicité et la diversité des usagers qui le partagent. Dans la circulation actuelle, certaines situations ambiguës peuvent être désamorçées par une communication non-verbale (i.e., gestes et échanges de regard) entre le conducteur et le piéton lorsque les règles de priorité ne suffisent pas (Kitazaki & Myrhe, 2015). Cette communication non verbale augmente la confiance dans l'autre usager ainsi que le sentiment de sécurité et facilite la prise de décision (Cœugnet, Kraiem & Cahour, 2017). Les premiers travaux de recherche sur les interactions de demain avec les VA s'accordent sur l'importance de substituer cette communication non-verbale des intentions par des systèmes de communication intégrés (e.g., H2020 Citymobil2,

InterACT). Cependant, peu d'études se sont focalisées sur l'évaluation de telles interfaces par les autres usagers de la route. On peut toutefois citer l'étude de Lagström et Lundgren (2015) qui a montré que les piétons étaient plus disposés à traverser la route avant l'arrêt complet du véhicule lorsque celui-ci communiquait, ce qui permettait aux piétons d'anticiper plus en amont leur traversée. En revanche, dans une étude similaire réalisée par Clamann, Aubert & Cummings (2017), aucun changement comportemental des piétons n'a été observé. En l'état actuel, la communication entre usagers de la route et les VA est rarement conçue dans une démarche centrée utilisateurs (Florentine et al., 2015 ; Clamann et al., 2017), l'objet « véhicule autonome » n'étant pas encore présent et le besoin relevant plutôt d'une approche prospective.

Ce travail de thèse³⁰ se propose ainsi d'étudier la notion de confiance et de la prendre en compte dans la conception des interactions futures entre les VA et les usagers vulnérables de la route. L'enjeu fondamental pour la conception de systèmes utiles et acceptables s'inscrit bien dans la confiance qu'accorde l'humain au robot. La confiance est une condition primordiale dans la relation entre partenaires, qu'elle soit humaine ou artificielle. C'est un processus dynamique au sein duquel chaque acteur « considère l'autre comme une ressource capable de préserver ses intérêts dans le cadre d'une situation donnée » (Barcellini, Grosse & Karsenty, 2013). Muir (1994) conclut que la confiance dans la machine influencerait la décision de l'individu à utiliser ou non un contrôle automatisé. Pour Lee & Moray (1994), ce serait plutôt la confiance en soi. En outre, les émotions seraient les déterminants primaires de sa construction (Lee & See, 2004). Le concept de confiance renvoie également aux aspects de sécurité puisqu'elle est indissociable du risque (Brower, Schoorman & Tan, 2000).

Hoff et Bashir (2015) ont proposé un modèle de confiance en l'automatisation utilisé dans différents domaines (ex. aviation, Lyons et al., 2016). Celui-ci se base sur les trois niveaux de confiance identifiés par Marsh et Dibben (2003) : la confiance dispositionnelle, la confiance situationnelle et la confiance acquise. La confiance dispositionnelle correspond à la tendance à avoir confiance dans l'automatisation. Plus spécifiquement, cette confiance fait référence aux variations liées à la culture, à l'âge, au genre et aux traits de personnalité. La confiance situationnelle, en revanche, dépend du contexte spécifique de l'interaction. En effet, si l'environnement exerce une forte influence sur la confiance situationnelle, l'état mental de l'individu peut à son tour affecter la confiance dans la situation. Enfin, la confiance acquise est basée sur des expériences antérieures avec le système. Ainsi, la confiance dans la situation et la confiance acquise sont étroitement liées (Marsh & Dibben, 2003). La distinction entre ces deux formes de confiance dépend de la pertinence du vécu de l'expérience avec le système. L'expérience est au centre de nombreux modèles cognitifs liés au risque, notamment aux deux premiers niveaux de la double échelle de Rasmussen (1983). Les activités de prise de risque associées aux niveaux de confiance lors des premières traversées de route constituent la base de connaissance (i.e., 1er niveau « fondé sur les savoir-faire » ; Skill-based behaviour) sur laquelle s'appuie le développement d'habitude de traversée (i.e., 2ème niveau « fondé sur les règles » ; Rule-based behaviour). En somme, ces trois niveaux de confiance, dispositionnelle, situationnelle et acquise sont interdépendants et influencés par l'environnement mais aussi par la perception de l'individu sur son expérience vécue avec le système automatisé. Cependant, ce modèle pourrait être amélioré pour rendre compte des spécificités des environnements dynamiques. Selon Hoc (1996, p50), « ce qui caractérise une situation dynamique c'est sa possibilité de changement hors de toute action de l'opérateur ». Ainsi dans le cas d'une interaction en environnement routier, la confiance serait un processus dynamique lié au contexte spécifique et dynamique de l'interaction, aux caractéristiques du système automatisé, aux caractéristiques individuelles et aux connaissances initiales de l'individu.

³⁰ Bonneviot, F. (2018-2021). La confiance dans l'interaction homme-robot : le cas de l'interaction entre le véhicule autonome et les autres usagers de la route.

Sur la base des différentes dimensions de la confiance proposées par Hoff et Bashir (2015), une première étude a utilisé une méthode de recueil de données en réalité virtuelle se focalisant sur l'évolution de la confiance et des ressentis émotionnels du piéton confronté à une interaction avec un véhicule ordinaire, un VA avec ou sans communication externe. En utilisant une procédure de triangulation des méthodes, cette étude visait à mettre en évidence la dynamique de la confiance liée à (1) le contexte de l'interaction (i.e., types d'infrastructure), (2) les caractéristiques du système (i.e., ordinaire, automatisé avec ou sans communication), (3) les caractéristiques individuelles (ex. tendance générale à faire confiance, perception du risque) et les connaissances initiales de l'individu sur le VA. Par ailleurs, la relation confiance/émotions a été mise en avant. Nous faisons l'hypothèse que les niveaux de confiance et les ressentis positifs associés seront améliorés après plusieurs interactions avec les VA. Par ailleurs, bien qu'augmentant la confiance, les systèmes de communication ne seraient toutefois pas suffisants pour l'améliorer totalement étant donné qu'ils n'impactent qu'une seule dimension de confiance (i.e., la confiance acquise).

2. METHODE

2.1. Participants

49 participants, titulaires du permis B depuis au moins deux ans ont participé à l'étude. Ils étaient répartis en deux groupes, respectant la parité, de 20-35 ans ($M=29,21$; $SD= 3,95$) et 45-60 ans ($M= 52,12$; $SD= 4,10$).

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel

Le participant était assis face à un ordinateur placé à 2,5 fois la taille de l'écran et se déplaçait dans l'environnement virtuel grâce à un joystick de manette Xbox.

2.2.2. Environnement virtuel

Pendant l'étude, le participant était immergé dans une ville virtuelle modélisée en 3D via Unity avec des véhicules classiques ou autonomes (Figure 1). Elle était composée de quatre croisements et de cinq bâtiments d'intérêt dans lesquels il pouvait entrer pour répondre à des questionnaires projetés sur l'un des murs du hall d'entrée.



Figure 1. Exemple de scène virtuelle de traversée de route devant un VA.

2.3. Conditions expérimentales

2.3.1. Véhicules ordinaires, véhicules autonomes non-communicants et communicants

De manière contrebalancée, chaque participant a dû faire un exercice d'interaction virtuelle qui l'a amené à traverser devant 5 véhicules différents : un véhicule ordinaire avec conducteur, un VA

sans système de communication et trois VAs avec un système de communication (par bandeaux de LED, par pictogrammes ou par filet de LED diffus). Ces trois systèmes de communication ont été issus d'une étude préliminaire ayant combiné des approches par entretiens, focus groups, questionnaires, benchmark et ateliers de co-conception (Bonnieviot, Souliman & Coeugnet, *en préparation*). Chacun de ces trois véhicules communicants transmettaient 4 types de message signifiant : « je démarre », « je circule », « je ralentis pour m'arrêter » et « je suis à l'arrêt et patiente ».

2.3.2. Type de configuration de traversée et véhicules testés

Le participant était confronté de manière contrebalancée à différents niveaux de configuration de traversée : passage piéton avec feux, passage piéton sans feux et sans passage piétons. L'interaction du piéton face à une navette (25 participants) et celle face à un véhicule personnel (24 autres participants) a été testée.

2.4. Recueil de données

Les participants ont répondu à plusieurs questionnaires tout au long de l'étude qui se terminait par un entretien individuel.

Questionnaire de confiance générale dans l'automatisation et dans les conducteurs [Q1] - Dans la première phase, les participants ont répondu à un questionnaire portant sur leur confiance dans l'automatisation et dans les conducteurs (respectivement, Trust in Automation Scale, Jian et al., 2000, et une version adaptée pour la confiance dans les conducteurs).

Données comportementales, le « GoNoGo » en RV – Le nombre de traversée devant ou après le véhicule a été comptabilisé afin d'évaluer la confiance (devant) ou la méfiance (après) dans le véhicule pendant la traversée.

Questionnaire après chaque traversée en RV [Q2] - les participants ont répondu oralement à un questionnaire portant sur leur perception du véhicule rencontré avant la traversée (ex. identification du type de véhicules, compréhension des messages le cas échéant, sécurité perçue), sur leurs ressentis en termes de confiance, d'émotions suivant les trois échelles valence/activation/contrôle issues du *Self-Assessment Manikin* (Bradley & Lang, 1994). Les modalités de réponses aux questions sur le sentiment de confiance, de sécurité perçue et ressenti émotionnel reposaient sur des échelles visuelles analogiques.

Echelle d'acceptabilité [Q3] (Acceptance Scale, Van der Laan, Heino & De Waard, 1997) - après chaque bloc expérimental, ils ont rempli l'échelle d'acceptabilité permettant d'évaluer en 9 items la satisfaction et l'utilité de l'interface de communication testé dans le bloc.

Questionnaire de lieu de contrôle [Q4] - Dans la première phase les participants ont répondu à une première version courte du Rotter I-E (Rotter, 1966 ; Paquet, Lavigne & Vallerand, 2014) puis une seconde fois juste après les trois sessions dans une version adaptée pour la traversée face à un VA communicant. Ces deux questionnaires ont permis d'évaluer une éventuelle modification du lieu de contrôle après plusieurs interactions avec un VA.

Questionnaire de présence [Q5] (Witmer & Singer, 1998) – a été rempli à la fin de la session en réalité virtuelle, ce questionnaire a permis de mesurer le niveau de présence dans la réalité virtuelle du participant.

Questionnaire de préférence [Q6] – les participants ont exprimé leur préférence générale parmi les trois systèmes, puis en fonction de chacun des 4 messages.

Entretien individuel – L'entretien semi-guidé a permis de recueillir les verbatims des participants sur les différents systèmes de communication ainsi que leurs idées d'amélioration en termes de confiance, leurs connaissances antérieures sur le VA (ex. fonctionnement, comportement et leurs expériences antérieurs avec des fonctionnalités autonomes), leurs stratégies de traversée (ex. « En générale, comment faites-vous pour traverser la route ? Et aujourd'hui c'était comment

? »), leurs définitions propres de traverser « en toute sécurité » et « en toute confiance » ou encore leurs ressentis face aux différents véhicules rencontrés.

Questionnaires différés [Q7] – Différents questionnaires ont été administrés 3 semaines après l'étude. Ces questionnaires visaient à mesurer la confiance acquise dans le VA (Jian et al., 2000), la propension générale à faire confiance et à être confiant, la perception générale du risque (Siegrist, 2005), la prise de risques (version courte de Meertens & Lion, 2008) et enfin un questionnaire portant sur les habitudes de mobilité suivi d'une échelle de comportement piéton (validation française, Granié et al., 2012).

2.5. Procédure

Après s'être familiarisé avec la manette pendant quelques minutes, les participants ont réalisé trois sessions d'environ 25 minutes. Chaque session avait pour but de tester un système de communication (bandeau de LED, pictogrammes, filet de LED) dont la signification a été préalablement apprise. Ils traversaient 5 fois par session, intercalée d'une pause. La figure 2 présente la procédure complète.

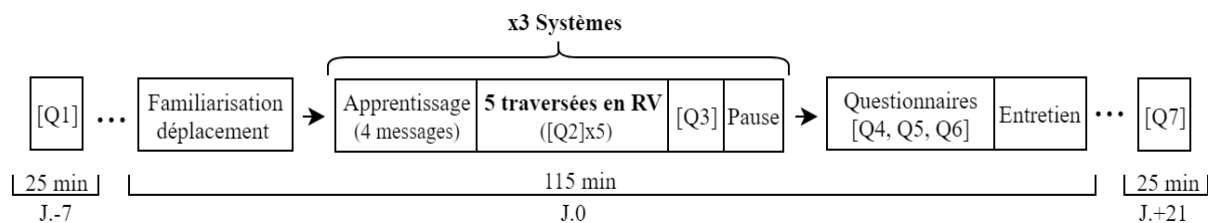


Figure 2. Déroulement de l'expérimentation en trois phases.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les données sont en cours d'analyse. La triangulation des méthodes (questionnaires, mises en situation en réalité virtuelle et entretiens) utilisée a permis d'investiguer les différents niveaux de confiance du modèle de Hoff et Bashir (2015) dans le contexte d'un environnement dynamique. Les questionnaires avant/après ont permis d'évaluer l'évolution de la confiance en lien avec les caractéristiques individuelles et les connaissances initiales (i.e., confiance dispositionnelle, initiale et acquise). Les évaluations subjectives pendant la réalité virtuelle ont permis d'évaluer la confiance situationnelle spécifique de l'interaction vécue (i.e., contexte et des caractéristiques du VA) et la confiance dynamique acquise au fur et à mesure des interactions avec le VA (i.e., nombre d'essais). Enfin, une analyse combinée des données issues de cette triangulation des méthodes permettra de construire la dynamique de la confiance. Les résultats obtenus sur la confiance en réalité virtuelle sont à interpréter avec prudence en raison de l'écart entre simulation et situation naturelle. Bien que, selon les données au questionnaire de Présence, le niveau d'immersion était très bon, la réalité virtuelle peut limiter la perception des risques qui un des principaux modulateurs de la confiance (Siegrist, 2005). De manière générale, il a été observé que lorsque le piéton est au bord de la route et qu'il perçoit une situation à risque élevé (ex. sans passage piéton ni feux) et supérieur aux risques qu'il est prêt généralement à prendre (homéostasie du risque, Wilde, 1994), un processus de supervision métacognitif se mettrait en place afin de contrôler momentanément ses capacités disponibles pour ajuster son comportement (P : « je suis passée derrière, je n'ai pas pris de risque »). Les entretiens ont en effet fait émerger certains verbatims mettant en évidence une relation forte avec la métacognition lorsqu'il s'agissait de définir une « traversée en toute confiance » (P : « J'ai besoin de savoir que j'ai toutes mes capacités mentales et physiques pour pouvoir gérer la situation et courir s'il le faut »). Rajaonah (2006) souligne également la métacognition de la confiance dans la gestion des risques. Également, un certain nombre de participants ne faisait pas de différence entre « traverser en toute sécurité » et « traverser en toute confiance ». Généralement, la confiance était

atteinte si la sécurité était garantie au préalable et non l'inverse. Selon eux, l'absence de risque (ex. absence de véhicules sur la voie) leur permettraient d'être au maximum de la confiance possible (P : « On n'a jamais vraiment une confiance absolue »). Tout comme le risque, il existerait une homéostasie de la confiance régie par des processus métacognitifs. La confiance serait donc dynamique et évaluée à chaque instant. Les prochaines études permettront de tester ces hypothèses. De même, elles s'attacheront à révéler l'évolution des aspects conscients et inconscients métacognitifs impliqués dans la traversée de rue face à un véhicule conventionnel et un VA.

Au total, ce travail de thèse visera, in fine, à faire évoluer le modèle de Hoff et Bashir (2015) vers un modèle intégrant la métacognition (e.g., Hoc et Amalberti, 2007) et la notion d'homéostasie (e.g., Wilde, 1994) pour mieux s'adapter à un contexte d'environnement dynamique et mettant à jour d'éventuelles différences en fonction du caractère autonome ou non des véhicules. Une seconde étude basée sur des entretiens d'explicitation et des focus groups visera à mettre en évidence ce qu'est l'activité du piéton en interaction avec des véhicules et quels sont les éléments qui leur apportent de la confiance dans cette interaction au regard des différentes dimensions. Il est supposé que l'analyse de nouveaux besoins spécifiques au VA ne soit pas entièrement focalisée sur l'intégration d'un élément sur le VA mais que ces recommandations soient aussi portées sur une diversification des interfaces (e.g., infrastructure ou objets connectés). A l'issue de ces recherches, une solution sera conçue et testée selon une approche ergonomique.

4. BIBLIOGRAPHIE

- Barcellini, F., Grosse, C., & Karsenty, L. (2013). Quelle démarche d'accompagnement pour favoriser la construction de relations de confiance dans un projet de conception. In L. Karsenty, *La confiance au travail* (pp. 187-207). Toulouse : Octarès Editions.
- Bonneviot, F., Souliman, N. & Coeugnet, S. (en préparation). Towards external communication systems of automated vehicles: a user-centered approach.
- Bradley, M.M., Lang, P.J., 1994. Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 25, 49–59.
- Brower, H. H., Schoorman, F. D., & Tan, H. H. (2000). A model of relational leadership: The integration of trust and leader–member exchange. *The Leadership Quarterly*, 11, 227-250
- Cœugnet, S., Kraiem, S., Cahour, B. (2017). *Prise de décision des piétons en traversée de rue : revue de questions et perspectives de recherche*. EPIQUE, Dijon, France.
- Clamann, M., Aubert, M., & Cummings, M. L. (2017). *Evaluation of vehicle-to-pedestrian communication displays for autonomous vehicles* (No. 17-02119).
- Florentine, E., Ang, M. A., Pendleton, S. D., Andersen, H., & Ang Jr, M. H. (2016, October). Pedestrian Notification Methods in Autonomous Vehicles for Multi-Class Mobility-on-Demand Service. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction* (pp. 387-392). ACM.
- Granié, M. A., Pannetier, M., Guéhi, L. (2012). Validation Française d'une Echelle de Comportements Piétons. In *Qualité et sécurité du déplacement piéton : facteurs, enjeux et 26 nouvelles actions. Actes du 3ème colloque francophone international COPIE 2011* (Vol. 28, pp. 289-298). Les collections de l'IFSTTAR, Paris.
- Hoc, J. M. (1996). *Supervision et contrôle de processus : la cognition en situation dynamique*. Presses universitaires de Grenoble.
- Hoc, J. M., & Amalberti, R. (2007). Cognitive control dynamics for reaching a satisficing performance in complex dynamic situations. *Journal of cognitive engineering and decision making*, 1, 22-55.

- Hoff, K. A., & Bashir, M. (2015). Trust in automation: Integrating empirical evidence on factors that influence trust. *Human Factors*, *57*, 407-434.
- Jian, J. Y., Bisantz, A. M., & Drury, C. G. (2000). Foundations for an empirically determined scale of trust in automated systems. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, *4*, 53-71.
- Kitazaki, S, & Myhre, N J (2015) Effects of Non-Verbal Communication Cues on Decisions and Confidence of Drivers at an Uncontrolled Intersection. In: Public Policy Center (ed) Proceedings of the 8th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design.
- Lagstrom, T., & Lundgren, V. (2015). AVIP-Autonomous vehicles interaction with pedestrians. Retrieved from <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/238401/238401.pdf>
- Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human Factors*, *46*, 50–80.
- Lee, J., & Ra, N. (1994). Trust, self-confidence, and operators' adaptation to automation. *International Journal of Human-Computer Studies*, *40*, 153-184.
- Lyons, J. B., Ho, N. T., Koltai, K. S., Masequesmay, G., Skoog, M., Cacanindin, A., & Johnson, W. W. (2016). Trust-based analysis of an Air Force collision avoidance system. *ergonomics in design*, *24*, 9-12.
- Marsh, S., & Dibben, M. R. (2003). The role of trust in information science and technology. *Annual Review of Information Science and Technology*, *37*, 465–498.
- Meertens, R. M., & Lion, R. (2008). Measuring an Individual's Tendency to Take Risks: The Risk Propensity Scale 1. *Journal of Applied Social Psychology*, *38*, 1506-1520.
- Muir, B. M. (1994). Trust in automation: Part I. Theoretical issues in the study of trust and human intervention in automated systems. *Ergonomics*, *37*, 1905-1922.
- Paquet, Y., Lavigne, G. L., & Vallerand, R. J. (2014). Validation d'une échelle courte et multidimensionnelle de locus de contrôle spécifique au travail (MLCST). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, *46*, 60.
- Rajaonah, B. (2006). *Rôle de la confiance de l'opérateur dans son interaction avec une machine autonome sur la coopération humain-machine*, thèse de Doctorat, Université Paris 8, France.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, *3*, 257-266.
- Rotter, J. B. (1966). Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychological monographs: General and applied*, *80*, 1.
- Siegrist, M., Gutscher, H., & Earle, T. C. (2005). Perception of risk: the influence of general trust, and general confidence. *Journal of risk research*, *8*, 145-156.
- Van der Laan, J.D., Heino, A., & De Waard, D. (1997). A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research - Part C: Emerging Technologies*, *5*, 1-10.
- Wilde, G. J. (1982). The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. *Risk analysis*, *2*, 209-225.
- Witmer, B.G. & Singer, M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *7*, 225-240.

Apport de la neuro-ergonomie à la définition des modalités de reprise en main d'un véhicule à délégation de conduite

Marie Jaussein

Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports (LESCOT)
IFSTTAR, 25 avenue François Mitterrand, 69500 BRON
marie.jaussein@ifsttar.fr

Catherine Gabaude

Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports (LESCOT)
IFSTTAR, 25 avenue François Mitterrand, 69500 BRON
catherine.gabaude@ifsttar.fr

Jordan Navarro

Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs - EA 3082
Université Lumières Lyon 2, 69676 Bron (France)
jordan.navarro@univ-lyon2.fr

RÉSUMÉ

Ce document a pour objectif de présenter les travaux de la thèse intitulée « Apport de la neuro-ergonomie à la définition des modalités de reprise en main d'un véhicule à délégation de conduite ». La thèse se déroule à l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) et a débuté le 1er octobre 2018. Le contexte scientifique autour des travaux envisagés, les enjeux et les aspects innovants sont exposés. Une dernière section comprendra une description des objectifs de recherche et une brève introduction des expérimentations envisagées et des hypothèses définies.

MOTS-CLES

Automatisation ; Transitions ; Performance de conduite ; Non-driving related task (NDRT) ; fNIRS

1. CONTEXTE

L'automatisation des systèmes de transport, déjà très présente dans notre quotidien à travers l'aéronautique ou le ferroviaire depuis une quarantaine d'années³¹, suscite depuis quelque temps un fort engouement car elle touche à un objet du quotidien : la voiture. Le développement d'un véhicule robot doué d'intelligence artificielle qui saura reconnaître son environnement, agir en conséquence et aussi tirer bénéfice de son expérience afin de perfectionner ses comportements interroge. Aujourd'hui, lorsque le grand public se demande ce que fera la voiture autonome quand elle rencontrera une situation à choix multiples et complexes, l'industriel, lui, s'inquiète de la performance de son système et des modifications de l'usage qui vont être engendrées. Malgré l'émergence de nombreux questionnements autour de cette nouvelle technologie, le véhicule

³¹ « L'automatisation », Encyclopédie Universalis, <https://www.universalis.fr/encyclopedie/automatisation/>

autonome s'insère déjà progressivement dans notre quotidien. Aujourd'hui nous parlons de véhicule hautement automatisé (VHA) qui correspond à un véhicule équipé d'une fonction de conduite autonome utilisable dans certaines situations, demandant parfois la supervision du conducteur et comportant des phases de transition de conduite automatisées et manuelles.

Il existe dans la littérature scientifique un socle de connaissances déjà important au sujet de l'automatisation et de son impact sur l'opérateur, particulièrement dans son interaction avec la machine (Parasuraman & Riley, 1997). Une des problématiques majeures perdurant est la préservation de l'expertise et de l'efficacité d'un opérateur tout en diminuant son intervention manuelle. Dans le cas du véhicule particulier hautement automatisé, c'est un conducteur non professionnel, usager plus ou moins fidèle, plus ou moins aguerri, qui est au centre des nouveaux enjeux de ce domaine. Parmi ces enjeux, la tâche de reprise en main (REM), qui sera l'objet central de notre étude. Ce moment décisif de la conduite qui s'avérera probablement de plus en plus courant est étudié par des chercheurs venant de multiples horizons. Nous tenterons pour notre part de mieux comprendre cette activité en l'abordant à travers le prisme de la neuro-ergonomie, mêlant des informations cérébrales et comportementales à des indices de performance. Notre objectif principal sera de définir et d'expliquer les différences de performance engendrées par la variabilité des situations de REM.

2. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Le sujet de cette thèse aborde la problématique de la REM d'un véhicule autonome au travers du champ complexe qu'est l'étude des interactions homme-machine. Les travaux proposés comme socle de réflexion (Lu, Happee, Cabrall, Kyriakidis, & de Winter, 2016 ; Navarro, 2018) introduisent une classification des transitions possibles entre véhicule autonome et conducteur, et dressent un état des connaissances sur les VHA.

La classification proposée par Lu et collègues a été réalisée sous une forme arborescente comprenant trois dimensions clés : qui a initié la transition (conducteur ou système), qui a repris le contrôle du véhicule après cette transition (conducteur ou système) et quelle est la raison de la transition (obligatoire ou optionnelle) qui sous-entend un niveau de criticité. Dans le cadre de nos travaux de recherche, nous nous intéresserons particulièrement aux différents cas dans lesquels le conducteur se retrouvera aux commandes du véhicule, qu'il soit lui-même à l'initiative de la transition ou que celle-ci provienne de l'automate. Le type de transition est donc un des paramètres variables de la situation de REM et dont nous étudierons particulièrement l'effet sur la performance dans nos travaux de recherche. Mais il en existe également d'autres pouvant influencer la performance de REM.

De récentes études sur le domaine se sont donc aussi intéressées à l'impact de l'activité précédant la REM : observe-t-on des différences de comportements, de performance en fonction de la « Non-Driving Related Task (NDRT) » réalisée (Naujoks, Purucker, Wiedemann, & Marberger, 2019) ? Que se passe-t-il si le conducteur était en train de faire autre chose que de regarder la route (Gold, Damböck, Lorenz, & Bengler, 2013) ? En effet, lors d'une étude réalisée sur simulateur, il a été observé que la qualité de la REM et le temps de réaction variaient en fonction de la tâche : un sujet sera moins efficace pour reprendre en main un véhicule lorsqu'il sera en train de regarder une vidéo plutôt que lorsqu'il sera en train de lire un email (Zeeb, Buchner, & Schrauf, 2016). Observant ces variations de comportements et de performance, Zeeb et al. ont proposé un modèle de la tâche de REM qui souligne une différence entre la réaction cognitive et la réaction motrice du conducteur. Ils avancent que les processus cognitifs déterminent le réel temps de prise de contrôle, davantage que les réactions motrices.

Les facteurs qui impactent la performance de REM sont donc multiples. Un certain nombre d'entre eux proviennent du contexte de conduite (Lu et al., 2016, p. 201) : la criticité de la situation, la complexité de l'environnement visuel, la planification ou non de la REM (Melcher, Rauh,

Diederichs, Widloither, & Bauer, 2015), etc. Les dispositions dans lesquelles se trouvera le conducteur au moment de reprendre le contrôle peuvent également s'avérer déterminantes comme nous l'avons souligné précédemment. Ainsi, le concept de « driver availability » comme mesure quantitative, prenant en compte l'état du conducteur mais aussi tous les facteurs contextuels pouvant avoir une influence sur son comportement a été récemment défini (Marberger et al., 2018). La prise en compte aussi bien de l'état cognitif du conducteur que de l'ensemble du contexte de conduite pour mesurer et plus tard éventuellement concevoir les bons outils d'aide à la conduite semble primordiale.

En effet, la conduite automobile est en général une activité coûteuse en ressources attentionnelles requérant un contrôle cognitif continu. A chaque instant, le conducteur doit être capable de prélever et de traiter des informations pertinentes pour adopter une conduite efficace et sécurisée. La conduite exige donc une attention soutenue et sélective de la part du conducteur et une gestion constante de l'allocation des ressources en adoptant différents compromis cognitifs.

L'attention serait un réservoir de ressources à capacité limitée où chaque tâche effectuée puise dans un réservoir (Wickens, 1991). Pourtant, il a été noté que l'usage de systèmes d'assistances, en diminuant les tâches réalisées par le conducteur, peut entraîner une fatigue passive (Saxby, Matthews, Warm, Hitchcock, & Neubauer, 2013) ou une sous activation pouvant aussi gêner la mobilisation des ressources attentionnelles (Young & Stanton, 2002a). Ces effets peuvent s'avérer fatales sur la gestion de l'attention, notamment en favorisant les pensées distrayantes, et de facto sur les étapes de REM du véhicule. Ces modifications de l'état interne du conducteur (non détectables par les variables comportementales usuelles) peuvent avoir une incidence néfaste sur la capacité à percevoir, identifier et gérer correctement son environnement (Smallwood & Schooler, 2015; Wickens, 1991).

La variation des ressources attentionnelles disponibles et l'effort mental sont étudiés depuis plusieurs années dans le cadre de l'automatisation de la conduite afin de comprendre notamment leur implication dans la performance de REM (Young & Stanton, 2002a). Il a été démontré que l'automatisation diminuait la charge mentale de l'usager (Ma & Kaber, 2005) mais à quel point est-ce délétère ? Young et Stanton (2002a) soulignent que la sous-charge cognitive causée par l'automatisation « est au moins un problème aussi grave que la surcharge » (p. 179). Dans la théorie des ressources malléables de l'attention (MART) (Young & Stanton, 2002b), ils suggèrent que la capacité des ressources attentionnelles s'adapte aux exigences de la tâche, l'automatisation conduisant ainsi à une réduction temporaire des ressources attentionnelles accessibles. Face à un problème en phase d'automatisation, la capacité maximale limitée de l'opérateur ne permettrait pas de gérer correctement la situation, ce qui entraînerait une dégradation des performances.

Des études abordant la tâche de conduite sous l'angle de la neurophysiologie se sont intéressées aux liens entre difficulté de la tâche secondaire et performance de conduite (Unni, Ihme, Jipp, & Rieger, 2017). Ils ont utilisé une mesure optique de l'activité neuronale, l'imagerie spectroscopique proche infrarouge fonctionnelle (fNIRS). Elle leur a permis de s'intéresser aux variations de charge mentale en fonction des ressources attentionnelles disponibles (Young & Stanton, 2002a). La fNIRS utilise la lumière infrarouge, introduite au niveau du cuir chevelu, pour mesurer les variations d'oxygénation du sang lorsque l'oxy-hémoglobine se convertit en désoxyhémoglobine au cours de l'activité neurale, c'est-à-dire la réponse hémodynamique. Bien que sa résolution temporelle soit limitée à celle de la réponse hémodynamique, la fNIRS offre une meilleure résolution spatiale que l'EEG. D'autres chercheurs se sont intéressés à la variation de la charge mentale et de son impact sur les performances de pilotes de ligne en utilisant également des données neurophysiologiques grâce à la fNIRS (Durantin, Gagnon, Tremblay, & Dehais, 2014). Ils ont pu notamment démontrer des corrélations entre l'activité pré-frontale et les variations du niveau d'effort cognitif qu'impliquait la tâche à réaliser.

Un aspect novateur de nos travaux serait apporté par l'utilisation de la fNIRS lors de l'activité de délégation de conduite puis de REM pour explorer l'activité cérébrale et tenter de comprendre le fonctionnement des processus attentionnels impliqués lors de cette tâche. Cette interrogation sera étendue aux différents types de transition dans le but de rechercher des corrélations entre les indices obtenus (comportementaux, de performance et neurophysiologiques) et d'observer l'impact du contexte sur la qualité de la REM. En nous appuyant sur le modèle du MART, nous tenterons d'apporter un éclairage sur les processus cognitifs à l'œuvre non seulement lors des phases de conduite et de délégation de conduite mais aussi durant les transitions.

Nous faisons donc l'hypothèse que la performance de REM d'un véhicule à délégation de conduite va être influencée non seulement par le contexte dans lequel elle serait réalisée (qui est à l'initiative de la REM, la situation est-elle critique) mais également par l'état attentionnel (en fonction des NDRT) dans lequel se trouvera le conducteur au moment de l'action. Nous faisons également l'hypothèse qu'il existe des corrélations entre l'activation de zones cérébrales pré-frontales et fronto-temporales, les indices comportementaux et la performance de REM permettant de définir les processus cognitifs en jeu.

3. OBJECTIFS EXPERIMENTAUX

En s'appuyant sur la première phase de revue de littérature réalisée, deux premières expérimentations sont en cours de conception.

La première expérimentation aura pour objectif principal de définir des NDRT dissociables par leur impact sur la mobilisation des ressources attentionnelles qu'elles suscitent. Ceci permettra d'étudier dans une seconde expérimentation, l'impact à la fois du contexte externe (type de REM, définis par Lu, 2016) et interne (état attentionnel du sujet) sur la performance de REM. En effet, il nous est nécessaire de définir au préalable au moins deux états attentionnels différents induit par la réalisation d'une NDRT avant la REM. Ainsi, pour une première transition, nous chercherons à observer quelles différences neurophysiologiques et comportementales induit la variation de NDRT (une possibilité serait d'induire des niveaux de charge mentale en faisant jouer les participants au « tetris » à différents niveaux de difficulté) et quels impacts ces NDRT auront sur la performance de REM. Cette question sera ensuite étendue à l'ensemble des transitions qui nous intéressent dans ce travail.

La première expérimentation s'appuiera sur le modèle du MART pour étudier la variation de la mobilisation des ressources attentionnelles et aura pour objectif de poursuivre les interrogations récemment posées par Naujocks et collègues (2019) au sujet de l'impact des NDRT sur la performance de REM. Nous faisons les hypothèses suivantes :

- Des différences d'activation pré-frontales et fronto-temporales seront observées entre les différents types de NDRT qui statueront de la différence de mobilisation des ressources attentionnelles des participants ;
- La performance de REM varie en fonction de la NDRT la précédant ;
- Il existe des corrélats entre la variation des indices physiologiques et celle des indices de performance.

S'appuyant sur les résultats obtenus lors de la première, la seconde expérimentation aura pour objectif d'étudier les variations de l'activation cérébrale dans le cadre de la tâche de REM et explorer l'existence de particularité en fonction des modalités de REM. Nous nous intéresserons à l'état attentionnel du conducteur en nous appuyant ici aussi sur le modèle du MART. Nous prévoyons de reproduire en partie les conditions expérimentales de la première expérimentation en explorant cette fois-ci l'ensemble des modalités de REM qui nous intéressent. Dans le but de contrôler l'activité du conducteur précédant la tâche de REM, nous nous appuierons donc sur les résultats de notre

première expérimentation qui nous aura permis de définir quelles NDRT utiliser pour provoquer des états attentionnels sensiblement différents chez les participants.

Pour cette seconde expérimentation, nous ferons donc les hypothèses suivantes :

- Il existe des différences d'activation cérébrale et de performance de REM entre les différents types de transition étudiés ;

- La performance de REM varie en fonction de l'activité qui la précède et des modalités ;

- Des corrélations seront observées entre modalités de REM, état attentionnel du conducteur et indices de performance.

Les scénarios de conduite sont à construire pour le moment. Il est envisagé de créer des situations de REM sur autoroute en simulant un événement nécessitant un changement de voie avec les mêmes caractéristiques temporelles et spatiales (même temps pour reprendre en main, même largeur de route...) tout en faisant varier le contexte (travaux, véhicule à l'arrêt).

4. REFERENCES

- Durantin, G., Gagnon, J.-F., Tremblay, S., & Dehais, F. (2014). Using near infrared spectroscopy and heart rate variability to detect mental overload. *Behavioural Brain Research*, 259, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.10.042>
- Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L., & Bengler, K. (2013). "Take over!" How long does it take to get the driver back into the loop? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 57(1), 1938-1942. <https://doi.org/10.1177/1541931213571433>
- Lu, Z., Hannes, R., Cabral, C. D., Kyriakidis, M., & de Winter, J. C. F. (2016). Human factors of transitions in automated driving: A general framework and literature survey. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 43, 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.10.007>
- Ma, R., & Kaber, D. B. (2005). Situation awareness and workload in driving while using adaptive cruise control and a cell phone. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(10), 939-953. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.002>
- Marberger, C., Mielenz, H., Naujoks, F., Radlmayr, J., Bengler, K., & Wandtner, B. (2018). Understanding and Applying the Concept of "Driver Availability" in Automated Driving. In N. A. Stanton (Éd.), *Advances in Human Aspects of Transportation* (Vol. 597, p. 595-605). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_58
- Melcher, V., Rauh, S., Diederichs, F., Widloither, H., & Bauer, W. (2015). Take-Over Requests for Automated Driving. *Procedia Manufacturing*, 3, 2867-2873. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.788>
- Naujoks, F., Purucker, C., Wiedemann, K., & Marberger, C. (2019). Noncritical State Transitions During Conditionally Automated Driving on German Freeways: Effects of Non-Driving Related Tasks on Takeover Time and Takeover Quality. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 001872081882400. <https://doi.org/10.1177/0018720818824002>
- Navarro, J. (2018). A state of science on highly automated driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1-31.
- Parasuraman, R., & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human factors*, 39(2), 230-253.

- Saxby, D. J., Matthews, G., Warm, J. S., Hitchcock, E. M., & Neubauer, C. (2013). Active and passive fatigue in simulated driving: Discriminating styles of workload regulation and their safety impacts. *Journal of experimental psychology: applied*, *19*(4), 287.
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2015). The Science of Mind Wandering: Empirically Navigating the Stream of Consciousness. *Annual Review of Psychology*, *66*(1), 487-518. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015331>
- Unni, A., Ihme, K., Jipp, M., & Rieger, J. W. (2017). Assessing the Driver's Current Level of Working Memory Load with High Density Functional Near-infrared Spectroscopy: A Realistic Driving Simulator Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00167>
- Wickens, C. D. (1991). Processing resources and attention. *Multiple-task performance*, 3-34.
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002a). Attention and automation: New perspectives on mental underload and performance. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *3*(2), 178-194. <https://doi.org/10.1080/14639220210123789>
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2002b). Malleable Attentional Resources Theory: A New Explanation for the Effects of Mental Underload on Performance. *Human Factors*, *44*(3), 365-375. <https://doi.org/10.1518/0018720024497709>
- Zeeb, K., Buchner, A., & Schrauf, M. (2015). What determines the take-over time? An integrated model approach of driver take-over after automated driving. *Accident Analysis & Prevention*, *78*, 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.02.023>
- Zeeb, K., Buchner, A., & Schrauf, M. (2016). Is take-over time all that matters? The impact of visual-cognitive load on driver take-over quality after conditionally automated driving. *Accident Analysis & Prevention*, *92*, 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.04.002>

Accéder au réel du travail de maintenance sur hélicoptère

Camille Murie

CRTD, CNAM Paris, 41 rue Gay Lussac 75005 Paris
C3U-Paragraphe, Université Paris 8, 2 rue de la Liberté 93526 Saint-Denis
Airbus Helicopters, Aéroport International Marseille Provence, 13700 Marignane
camille.murie@lecnam.net

Willy Buchmann

CRTD, CNAM Paris, 41 rue Gay Lussac 75005 Paris
willy.buchmann@lecnam.net

Lucie Cuvelier

C3U-Paragraphe, Université Paris 8, 2 rue de la Liberté 93526 Saint-Denis
lucie.cuvelier@univ-paris8.fr

Flore Barcellini

CRTD, CNAM Paris, 41 rue Gay Lussac 75005 Paris
flore.barcellini@lecnam.net

Fabien Bernard

Airbus Helicopters, Aéroport International Marseille Provence, 13700 Marignane
fabien.bernard@airbus.com

Raphaël Paquin

Airbus Helicopters, Aéroport International Marseille Provence, 13700 Marignane
raphael.paquin@airbus.com

RÉSUMÉ

Confronté à de récents accidents liés à des défaillances dans la maintenance des hélicoptères, l'industrie aéronautique s'intéresse de plus en plus à la sécurité de ses appareils. Le concept d'erreur humaine peut être alors convoqué bien qu'il présente certaines limites. Dans ce cadre un premier objectif de notre travail de thèse est de comprendre l'activité de maintenance des hélicoptères dans différents contextes. Cet objectif renvoie à un enjeu scientifique : produire un modèle de l'activité de maintenance d'hélicoptère- et pragmatique : soutenir le développement d'outils prédictifs mobilisables par des ingénieurs en maintenabilité ³² . N'ayant pour le moment pas accès physiquement aux situations réelles de maintenance, la méthode d'entretien des incidents critiques est utilisée pour nous permettre d'approcher cette activité. Les premiers résultats mettent en avant quatre dimensions de l'activité de maintenance : La planification de l'action, la construction d'un diagnostic, les arbitrages pour l'action et les éléments de contexte influençant ces trois premières dimensions.

³² La maintenabilité définit la capacité d'un produit à être maintenu ou réparé facilement lors des opérations de maintenance pour qu'il retrouve les fonctions pour lequel il a été conçu (Bernard, 2017)

MOTS-CLES

Sécurité ; Maintenance ; Incidents critiques ; Aéronautique.

1. INTRODUCTION

Notre recherche se déroule dans le cadre d'un contrat de thèse CIFRE débuté au 1^{er} mars 2019 réunissant un fabricant d'hélicoptère, l'équipe d'ergonomie du CRTD (Centre de Recherche sur le Travail et le Développement) du CNAM Paris et le laboratoire Paragraphe de l'Université Paris 8. Un premier objectif de notre travail de thèse est de comprendre l'activité de maintenance des hélicoptères dans différents contextes. Dans ce document nous exposerons notre état d'avancement en présentant le contexte de la thèse à travers ses enjeux. Afin de mieux connaître l'activité de maintenance des hélicoptères nous proposerons une première analyse basée sur des entretiens de type « incident critique » auprès de différents acteurs de la maintenance aéronautique d'hélicoptères. Nous détaillerons ainsi la méthodologie déployée et les résultats associés. Pour finir nous présenterons notre vision de la poursuite de la thèse.

2. ENJEUX DE LA THESE

Conformément aux directives de l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale), la maintenance des hélicoptères est prise en charge en partie par le constructeur mais également par les clients. Au sein d'un bureau d'études, le département maintenabilité du constructeur a pour objectif de concevoir les activités de maintenance en influençant l'architecture produit et le développement d'outillages et de consignes dédiées aux clients pour la réalisation des tâches de maintenance, et ceci que l'hélicoptère soit en développement ou qu'il soit déjà déployé.

Anticiper l'activité de maintenance est porteur d'enjeux essentiels pour l'entreprise et ses clients :

- Des enjeux de sûreté de fonctionnement et de fiabilité. Un récent accident d'hélicoptère lié à une défaillance dans le processus de maintenance a contribué à renforcer les besoins d'analyse des causes d'accidents et d'incidents liés à des questions de maintenance et ce afin d'anticiper cette activité dès les phases de développement de l'hélicoptère et d'améliorer l'intégration de la maintenabilité au cours de la vie du produit.

- Des enjeux commerciaux et marketing puisqu'une partie de la maintenance est réalisée par les clients eux-mêmes. La satisfaction client est liée à la capacité du constructeur de prendre en compte ses ressources et ses contraintes pour fournir un système de maintenance sûr et simplifié.

Une première thèse (Bernard, 2019) au sein de l'entreprise a permis de développer une démarche d'analyse permettant de mieux intégrer l'ergonomie en maintenabilité par des non spécialistes. Plus particulièrement cette première recherche s'est focalisée sur l'anticipation de l'activité de maintenance en phase préliminaire de conception voire de reconception d'un produit ou d'une pièce. Bernard (2017) indique qu'il y a bien une volonté d'intégrer l'ergonomie au processus de conception en maintenabilité en général, mais qu'elle se limite bien souvent à l'ergonomie physique et aux aspects normatifs associés. La demande de l'entreprise est que la thèse présentée ici se positionne en complémentarité de cette première thèse afin de mieux comprendre l'activité de maintenance chez le client. Ceci permettra de rendre visible l'activité de maintenance auprès du département de maintenabilité et de contribuer à la conception d'une démarche soutenant l'activité des acteurs de la maintenabilité, notamment du point de vue de l'amélioration de la sécurité et de la fiabilité humaine et des processus de conception des situations de travail.

Aujourd'hui l'entreprise cherche à améliorer la fiabilité humaine en maintenance en identifiant et en éliminant les risques d'erreur. L'erreur fait référence à une situation (Daniellou, Simard, &

Boissières, 2010) dans laquelle une séquence planifiée d'actions échoue à atteindre leurs buts attendus (Reason et al., 1990) au-delà de l'influence d'évènements aléatoires (Latorella & Prabhu, 2000). L'erreur est involontaire (Reason et al., 1990) et traduit l'impossibilité d'un opérateur à faire face à une situation anormale (Faye, 2007). Hollnagel (1993) dissocie deux aspects trop souvent confondus dans cette notion d'erreur : (1) L'erreur comme cause d'un évènement (le phénotype de l'erreur) et (2) l'erreur comme une classe spéciale d'actions. L'erreur est alors définie par les mécanismes psychologiques ou cognitifs expliquant l'action (le génotype de l'erreur). Il propose alors la notion « d'action erronée » pour définir une action ne produisant pas le résultat prévu et pouvant aboutir à des effets indésirables.

Conscient que les erreurs ne peuvent être imputables qu'au seul opérateur de maintenance, le service maintenabilité de l'entreprise est aujourd'hui impliqué dans l'analyse des accidents et des incidents. Cependant la majorité des erreurs étant sans conséquence (Daniellou, Simard, & Boissières, 2010), l'analyse des accidents et des incidents remontés par les clients ne peut être suffisante à la compréhension de l'activité. Le service maintenabilité a alors développé, en parallèle de la première thèse, une méthode d'identification et d'évaluation du risque d'erreur lors des opérations de maintenance. Cette méthode est basée sur l'analyse de l'activité et de simulations de situations de maintenance. Cette analyse est ensuite utilisée pour agir sur les situations de travail via la mise en place de différentes barrières (documentaire, outillage, procédure, formation, conception de l'hélicoptère).

3. OBJECTIFS ET STRATEGIE DE RECHERCHE

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail de thèse renvoie à un enjeu scientifique : produire un modèle de l'activité de maintenance d'hélicoptère et de son rôle dans la sécurité des vols - et à un enjeu pragmatique : soutenir le développement d'outils prédictifs mobilisables par des ingénieurs en maintenabilité.

L'objectif de l'étude présentée ici est de produire un premier modèle compréhensif de ce qu'est l'activité de maintenance sur hélicoptère mais aussi d'éprouver la méthode des incidents critiques utilisée. Ce travail s'inscrivant dans l'épistémologie de l'ergonomie de l'activité (Leplat, 1985), nous chercherons à caractériser le système d'activité des mécaniciens de maintenance à travers plusieurs dimensions de l'activité.

Les entretiens réalisés ont ciblé un mécanicien pour recueillir des informations au plus proche des opérations de maintenance mais également un pilote en tant qu'utilisateur final de l'hélicoptère. Nous avons fait l'hypothèse que la maintenance a une influence sur leurs métiers et que l'activité des pilotes est une composante du système d'activité des mécaniciens de maintenance

4. METHODOLOGIE

Certaines opérations de maintenance sont réalisées par les clients du constructeur, situés dans le monde entier. Les contraintes industrielles rendent difficile pour l'ergonome l'accès physique aux situations de travail des mécaniciens de maintenance. Notre premier défi a alors été d'accéder aux informations du terrain, sans terrain. Nous avons donc choisi de mobiliser la méthode des incidents critiques. L'entretien des incidents critiques a pour objectif de déterminer les exigences critiques d'une tâche précise (Bisseret, Sebilotte, & Falzon, 1999) via la subjectivité et l'expérience des opérateurs. Certains auteurs mettent en avant que l'incident n'a pas besoin d'être exceptionnel pour être critique mais doit être marquant pour le sujet et le collectif de manière positive ou négative (Deslauriers et al., 2017; Leclerc et al., 2010).

Le concept d'incident critique est remplacé par celui d'incident significatif par certains chercheurs afin d'éviter un phénomène de résistance des personnes interviewées (Butterfield et al., 2005). Au cours des entretiens nous n'avons pas utilisé le terme d'incident mais de situation car le

mot « incident » a déjà une signification dans le domaine de l'aéronautique. Un incident est un événement associé à une opération sur l'appareil qui affecte ou peut affecter la sécurité de l'opération (définition du constructeur). Au cours des entretiens nous parlerons donc de situation significative considérée comme étant un événement passé, exceptionnel ou non, vécu par un sujet comme étant marquant dans son activité individuelle et celle du collectif et ayant eu un impact positif ou négatif sur son activité.

Un premier entretien exploratoire semi directif nous a permis de nous familiariser avec le métier des participants (pilote et mécanicien) et de créer le lien de confiance nécessaire au deuxième entretien. Un second entretien consistait en la méthode des incidents critiques à proprement parlé.

Les quatre entretiens ont été intégralement retranscrits (de 461 à 599 lignes) pour permettre une première analyse. Nous avons regroupé les éléments du discours autour de dimensions communes qui nous semblaient ressortir des entretiens. Le codage manuel a permis d'identifier 4 dimensions : la planification de la maintenance, la construction d'un diagnostic de la situation, les arbitrages pour l'action et les éléments influençant l'action. Chaque dimension a été détaillée sur 5 niveaux, du plus détaillé au plus global.

5. RESULTATS

Les entretiens des incidents critiques nous ont permis d'identifier 4 situations :

- Une situation rapportée par le mécanicien : la perte d'une partie de l'outil de prélèvement d'huile dans la Boite de Transmission Principale ;

- Trois situations rapportées par le pilote ; (1) un impact d'oiseau nécessitant une intervention du pilote, (2) une défaillance de batterie nécessitant l'intervention d'urgence d'un mécanicien et (3) une dégradation d'une pale nécessitant l'intervention de deux mécaniciens et l'aide du pilote.

La figure 1 ci-dessous représente les 3 premiers niveaux de codage de ces 4 situations significatives et des deux entretiens exploratoires :

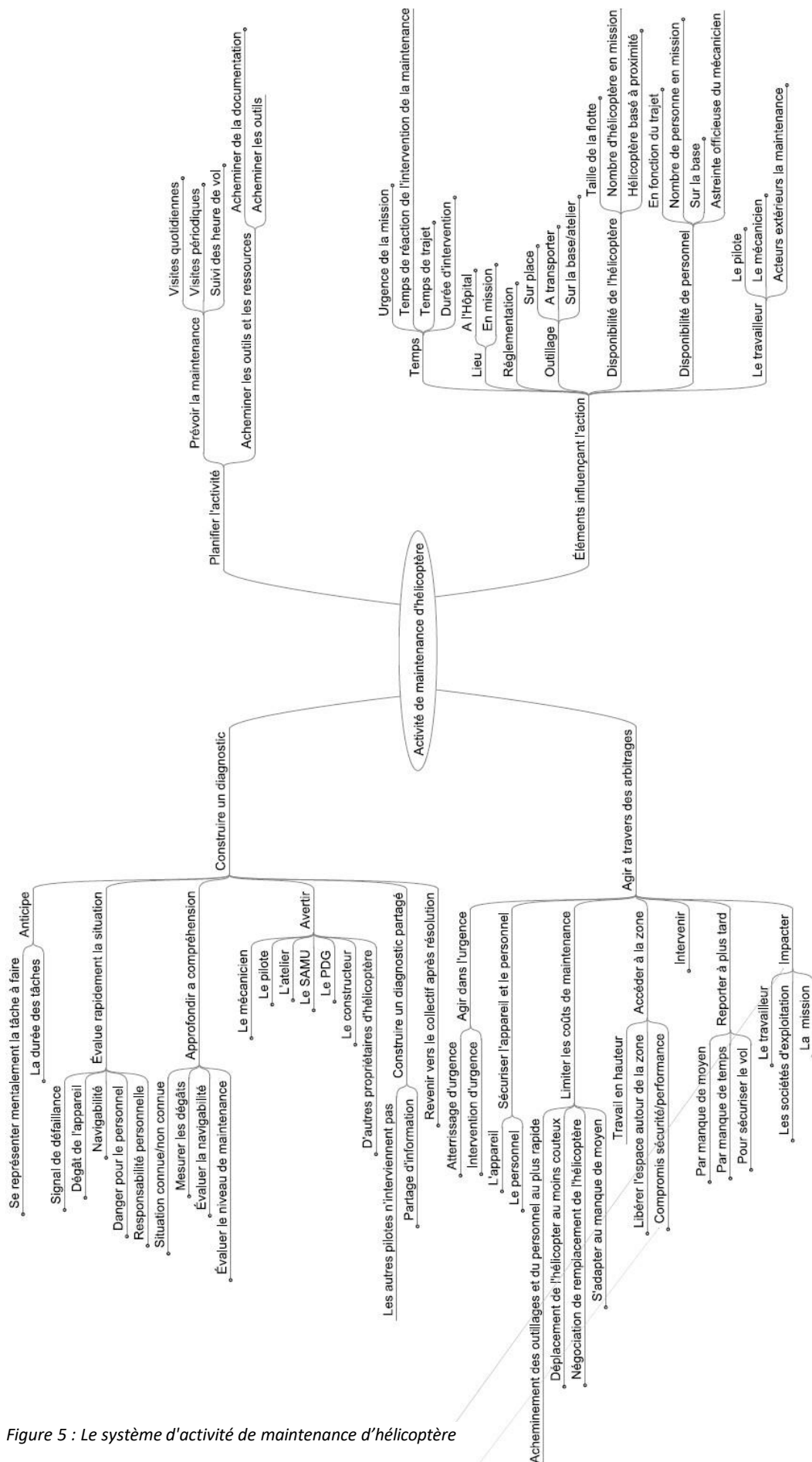


Figure 5 : Le système d'activité de maintenance d'hélicoptère

5. 1 Comprendre pour agir ou agir pour comprendre ?

La première catégorisation ci-dessus distingue 3 dimensions : la planification, les processus de compréhension de l'activité et les processus de l'action. Les éléments influençant l'action sont regroupés dans une quatrième dimension qui agit sur les trois autres et définit le contexte de la situation. Nous avons dissocié la dimension « construire un diagnostic » de la dimension « Agir à travers des arbitrages » alors que l'analyse de ces entretiens fait apparaître un aller-retour constant entre ces deux dimensions (Cuvelier, 2016). Cette séparation ne rend pas compte du fait que l'action aide à la compréhension (Amalberti, 2001). La situation de surchauffe de la batterie illustre le fait que les opérateurs préfèrent agir sur une situation imparfaitement comprise plutôt que de se construire une représentation la plus fidèle possible de la réalité, au risque d'agir trop tard (Amalberti, 2001, Cuvelier, 2016). En effet, le mécanicien ne sait pas pourquoi de la fumée s'échappe d'un capot de l'hélicoptère en vol. Une première représentation de la situation l'amène à considérer cette situation comme une situation d'urgence qui nécessite un atterrissage immédiat. Une fois au sol il décide d'ouvrir le capot et voit la batterie gonflée. Ces informations suffisent pour le décider à extraire la batterie et à la poser à l'écart de l'hélicoptère et des personnes présentes, craignant une explosion de la batterie et davantage de dommage pour l'appareil. Ici, on peut faire l'hypothèse que les représentations de la situation mobilisées par le mécanicien ne sont pas exactes mais opérationnelles (Amalberti, 2001).

5.2. L'action fondée sur une série d'arbitrages

Les actions du mécanicien et du pilote semblent être le fruit d'une série d'arbitrages. S'il a le choix, le mécanicien choisira les modes opératoires qui demandent le moins de ressources, tant humaines que matérielles et qui permettent une reprise rapide de service de l'hélicoptère. Par exemple, suite à la perte d'un tuyau (une partie de l'outil de prélèvement d'huile) dans la Boîte de Transmission Principale (BTP) au SAMU³³, le mécanicien essaie d'abord de le récupérer avec un outil disponible immédiatement (un fil de fer), puis recherche divers outils dans différents services de l'hôpital (miroir de dentiste, pince multiprise) qui l'aideront à régler le problème seul. Le mécanicien avait alors conscience qu'une autre solution plus coûteuse existait, envoyer la Boîte de Transmission au constructeur. Le mécanicien sait que choisir cette solution implique un coût de maintenance de la BTP très élevé pour la société d'exploitation mais surtout immobilise l'hélicoptère pour une longue période. Contrairement au secteur militaire qui dispose d'une flotte importante d'hélicoptères de remplacement, l'immobilisation d'un hélicoptère dans le secteur privé et particulièrement au SAMU est lourde de conséquences.

D'un autre côté, le mécanicien est garant de la sécurité de l'appareil et de ses occupants. Le mécanicien est donc amené à arbitrer entre le besoin de limiter les coûts de maintenance et d'immobilisation de l'hélicoptère avec la sécurité des passagers de l'appareil. Une fois avoir inspecté et mesuré les dégâts sur l'hélicoptère avec la batterie gonflée, le mécanicien ne parvient pas à établir avec certitude la cause de défaillance de la batterie. Il pose un diagnostic qu'il sait approximatif. Il évalue alors le risque de reprise de vol³ pour rapatrier au plus vite l'hélicoptère et décide de faire voler l'appareil sans mettre en route les schémas électriques, soupçonnés d'être la source de la défaillance. Le pilote rentre alors seul sans les outils de navigation du cockpit, action qu'il considère comme relativement simple à effectuer et requérant des compétences de base de pilotage.

Dans ces exemples le mécanicien semble évaluer au moins partiellement les impacts potentiels en termes de sécurité et de performance pour chaque arbitrage réalisé (Di Cioccio, 2012).

5.3. La gestion collective de la sécurité

La recherche de compréhension des situations et les arbitrages réalisés par le mécanicien et le pilote ne se font pas seul. Dans toutes les situations significatives, les mécaniciens et pilotes

³³ Service d'Aide Médicale Urgente

échantent autour de ce qu'ils savent de la situation, de son évolution et des conséquences des différentes décisions possibles avec différents acteurs. L'incident relatif à un impact de pale sur le bord de l'autoroute, un dimanche, lors d'une mission pour le SAMU, montre une grande coopération des acteurs. Après qu'une pale de son hélicoptère ait été percutée par une camionnette, le pilote prend contact avec le PDG de la société d'exploitation. Le pilote a d'abord partagé avec le PDG les informations issues de l'inspection visuelle de la pale. Le PDG a ensuite informé le mécanicien de garde de l'atelier de la société ainsi que le mécanicien posté à l'hôpital de rattachement de l'hélicoptère. Nous rapprochons ce partage d'information à une synchronisation cognitive du collectif avec une synchronisation opératoire (Cuvelier, 2016) organisée par le PDG qui avait pour but de coordonner les actions du pilote, des mécaniciens mais aussi d'entamer avec le SAMU la négociation de mise en place d'un détachement d'hélicoptère de remplacement pour reprendre les missions d'urgence.

6. CONCLUSION

La nécessité de se rapprocher au plus près du travail réel de maintenance sans pour autant avoir accès directement au terrain nous a poussés à envisager une approche indirecte via une série d'entretiens par la méthode des incidents critiques. A travers cette première étude nous cherchions à comprendre l'activité de maintenance des hélicoptères dans différents contextes. L'analyse des entretiens des incidents critiques nous a apporté un premier niveau de compréhension en mettant en avant 4 dimensions de l'activité de maintenance : la planification de l'activité, la construction d'un diagnostic, la réalisation d'arbitrages pour l'action et les éléments qui influencent ces 3 premières dimensions. Par la suite nous envisageons de poursuivre ces entretiens avec des clients de nationalités différentes, d'autres pilotes et mécaniciens dans divers contextes en interne et à l'extérieur de l'entreprise. Parallèlement nous cherchons à comprendre les méthodes et outils utilisés par les ingénieurs en maintenabilité pour penser la sécurité en maintenance. La confrontation de l'activité de maintenance dans ces différents contextes et des enjeux auxquels sont confrontés les ingénieurs en maintenabilité doivent nous permettre de répondre à certains enjeux de cette thèse.

7. BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R. (2001). La maîtrise des situations dynamiques. *Psychologie Française*, 46(2), 105–117.
- Bernard, F., Bazzaro, F., Sagot, J.-C., & Paquin, R. (2017). Consideration of human factor in aeronautical maintainability. In *2017 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)* (pp. 1–7). Orlando, FL, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/RAM.2017.7889653>
- Bernard, F., Zare, M., Sagot, J.-C., & Paquin, R. (2019). Virtual Reality Simulation and Ergonomics Assessment in Aviation Maintainability. In S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander, & Y. Fujita (Eds.), *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)* (Vol. 822, pp. 141–154). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96077-7_15
- Bisseret, A., Sebillotte, S., & Falzon, P. (1999). La technique des incidents critiques. A. Bisseret, S. Sebillotte, & P. Falzon, *Techniques Pratiques Pour l'étude Des Activités Expertes*, 123–132.
- Butterfield, L. D., Borgen, W. A., Amundson, N. E., & Maglio, A. S. T. (2005). Fifty years of the critical incident technique: 1954-2004 and beyond. *Qualitative research*, 5(4), 475-497.
- Cuvelier, L. (2016). Agir face aux risques, regard de l'ergonomie. *Les Regards sur la sécurité industrielle*, (2016–01), 68.
- Daniellou, F., Simard, M. et Boissières, I. (2010). Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle : un état de l'art. Numéro 2010-02 des *Cahiers de la Sécurité Industrielle*, Fondation pour une Culture de Sécurité Industrielle, Toulouse, France (ISSN 2100-3874).

- Deslauriers, J.-M., Deslauriers, J.-P., & LaFerrière-Simard, M. (2017). La méthode de l'incident critique et la recherche sur les pratiques des intervenants sociaux. *Recherches Qualitatives*, 36, 19.
- Dicioccio, A. (2012). *Articuler sécurité et performance: les décisions d'arbitrage dans le risque en aéronautique* (thèse de doctorat), Conservatoire national des arts et métiers, Paris. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01674153v2>
- Hollnagel, E. (1993). The phenotype of erroneous actions. *International Journal of Man-Machine Studies*, 39(1), 1–32. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1051>
- Latorella, K. A., & Prabhu, P. V. (2000). A review of human error in aviation maintenance and inspection. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29.
- Leclerc, C., Bourassa, B., & Filteau, O. (2010). Utilisation de la méthode des incidents critiques dans une perspective d'explicitation, d'analyse critique et de transformation des pratiques professionnelles. *Éducation et Francophonie*, 38(1), 11. <https://doi.org/10.7202/039977ar>
- Leplat, J. (1985). *Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail*. A. Colin.
- Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction? *Ergonomics*, 33(10–11), 1315–1332. <https://doi.org/10.1080/00140139008925335>

Conception ergonomique d'une formation utilisant les outils de l'industrie du futur

Raphaël Pablo

2LPN EA7489- Université de Lorraine CLSH, 23 rue Albert 1er, BP13397, F-54000 Nancy
raphael.pablo@univ-lorraine.fr

Antonietta Specogna

2LPN EA7489- Université de Lorraine CLSH, 23 rue Albert 1er, BP13397, F-54000 Nancy
antonietta.specogna@univ-lorraine.fr

Valérie Saint-Dizier de Almeida

2LPN EA7489- Université de Lorraine CLSH, 23 rue Albert 1er, BP13397, F-54000 Nancy
valerie.saint-dizier@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ

TINA-M2P (2018-2021) est un projet dans lequel s'inscrit la thèse. Il implique différentes structures : l'Université de Lorraine (2LPN, LEM3, DITEX, ESPE), l'Académie des Technologies et Dassault Systèmes et l'IRT M2P. La thèse vise la conception et le développement de formations innovantes autour des thématiques de l'industrie du futur comme la conception, les matériaux, la mécanique, l'ingénierie des systèmes et la fabrication. La formation repose sur l'utilisation/exploitation d'une plateforme intégrant un espace collaboratif proposant des outils de modélisation 3D, de management de projets et de communication en temps réel. Cette suite de logiciels de Dassault Systèmes permet de réaliser l'intégralité des phases du cycle de vie d'un produit, de l'analyse du cahier des charges jusqu'à la fabrication. La formation s'adresse aux étudiants des filières BAC+2 à BAC+5 : DUT, Licences, Master ainsi que des écoles d'ingénieurs. Dans le cadre de cette étude, la thèse va axer son intervention sur les dimensions pédagogique et didactique de la plateforme. Des parcours de formation seront développés en axant sur une approche ergonomique participative impliquant les parties prenantes.

MOTS-CLES

Psychologie ; Ergonomie ; Objet intermédiaire ; Modélisation de l'activité ; Industrie du futur

1. INTRODUCTION

Face au couplage entre la production industrielle et les nouvelles technologies de l'information et de la communication qui a lieu en ce moment dans le monde entier, l'industrie doit se montrer plus réactive que jamais. Ce besoin de réactivité se traduit dans le domaine industriel par l'arrivée d'usines du futur qui peuvent ajuster leur production très rapidement afin de répondre à la demande. Au niveau de la formation, ce besoin de réactivité se traduit par un besoin de formation au plus proche de l'activité réelle afin que les ingénieurs fraîchement diplômés soient aptes à répondre aux exigences de l'industrie du futur et à utiliser ses outils, ce le plus rapidement possible. C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet TINA-M2P.

Le projet TINA-M2P a pour ambition de développer des modules de formation et des parcours pédagogiques au plus proche de l'activité réelle le tout via une plateforme numérique (la 3Dexperience) permettant la conception partielle ou totale d'un objet complexe (un drone en l'occurrence via une imprimante 3D). La plateforme est destinée aux étudiants et aux enseignants en ingénierie mécanique, électronique et mécatronique. Les modules auront pour but de permettre aux étudiants de maîtriser les outils de l'industrie du futur. Le projet se déroule en 4 étapes : fabrication du drone avec les outils de l'industrie du futur par des étudiants stagiaires en fin de cursus formés à l'utilisation de ces outils, conception des modules de formation et de parcours, test en conditions réelles de ces parcours exploitant les modules de formation et le déploiement de ces formations. C'est dans le cadre de ce projet que s'inscrit ce travail de thèse.

Dans le cadre du projet TINA-M2P, il n'existe au préalable pas de tâche prescrite explicite (uniquement l'état final : un drone, et des outils, ressources ...). L'objectif de la thèse est de montrer l'apport de l'ergonome dans le processus de développement des dimensions didactique et pédagogique de la plateforme. Le concept d'objet intermédiaire sera mobilisé. Il s'agira de montrer dans le cadre d'un processus ergonomique participatif, l'apport de l'ergonome notamment dans la constitution d'objets intermédiaires, objets qui constituent des supports aux interactions entre les différents acteurs du projet, et qui sont susceptibles d'optimiser l'activité du collectif et d'enrichir le projet dès la phase de conception des formations.

2. CADRE THEORIQUE

2.1. Les projets de conception

L'ergonomie de l'activité a développé une démarche d'accompagnement des projets de conception articulant analyse ergonomique du travail, démarche participative et simulation du travail et accompagnement (Barcellini, Van Belleghem & Daniellou, 2013).

L'analyse de projet nécessite l'identification des enjeux et l'identification de la population concernée par les futures situations de travail. Elle permet de poser un diagnostic de projet orienté vers les décideurs et de redéfinir les objectifs du projet quand nécessaire (Barcellini, Van Belleghem & Daniellou, 2013). L'analyse ergonomique du travail permet, quant à elle, de produire des connaissances liées à la tâche. Ces connaissances sont utiles à tous les acteurs du projet et ont de ce fait un impact sur plusieurs aspects du projet. Elles permettent aux décideurs de faire évoluer les objectifs du projet en fonction des constats réalisés. Sur la base de ces connaissances, les concepteurs peuvent formaliser des repères qui éclaireront l'élaboration de premières solutions de conception (Daniellou, 2004). Enfin elles permettront à l'ergonome de construire des bibliothèques de situations d'actions caractéristiques (Daniellou, 1987 ; Garrigou et al., 1995) qui rendront possible l'élaboration des scénarios pour les simulations.

Vient ensuite la simulation qui peut se dérouler de deux manières (Daniellou, 2007) : soit sur un support de simulation réduit, soit grandeur nature. Les opérateurs et opératrices peuvent alors éprouver de manière concrète les améliorations apportées par la nouvelle solution. Ceci leur permet de comprendre que des améliorations sont possibles (Nahon & Arnaud, 1999). La simulation enrichit le dialogue entre opérateurs et prescripteurs, elle favorise l'émergence de solutions de conception négociées (Détienne, 2006 ; Béguin, 2007) et de compromis pouvant être sources d'innovation.

Enfin vient l'accompagnement. Afin que les scénarios de prescription soient effectivement déployés, les résultats des simulations doivent être traduits sous formes d'exigences ayant un sens pour les concepteurs. Ces exigences formalisées permettent aux concepteurs de progresser dans la conception du futur système et sa réalisation concrète (Van Belleghem & Barcellini, 2011).

Cette démarche a été appliquée à de nombreuses reprises depuis sa formalisation (Petit & al., 2011) et des formes de développement de l'activité ont pu être observées. Ces développements se

créent dans la rencontre des « mondes » (Béguin, 2007) proposée par la démarche et permettent des apprentissages mutuels entre ces acteurs (Barcellini, Van Belleghem, & Daniellou, 2013).

Dans le projet TINA-M2P la phase d'analyse du travail s'est effectuée lors de la primo-conception du drone par des ingénieurs stagiaires. Ces derniers ont été assistés durant tout leur stage par des experts dans l'utilisation de la 3Dexperience, en ingénierie système, en mécanique, en électronique, en mécatronique et en CAO. Les stagiaires en fin de cursus ont donc appliqué avec la 3Dexperience des méthodes de travail de professionnels expérimentés. C'est pourquoi il nous a semblé pertinent de nous baser sur leur activité (filmée et transcrite) et de mobiliser les travaux sur les objets intermédiaires et les modèles de la tâche pour élaborer un objet, qui constituera un support lors de focus groupes ; ce support (amorce dans le façonnement d'un objet intermédiaire) devrait optimiser l'activité du collectif dès la phase de conception des formations.

2.2. Objet Intermédiaire et modèle de la tâche

2.2.1. L'objet intermédiaire

En matière de conception notamment en ingénierie concourante, des travaux ont montré l'intérêt de recourir à la notion d'objet intermédiaire (OI) (Vinck, 2009), notamment dans le cadre d'études ayant pour objet les bureaux d'étude (Mer & al., 1995 ; Vinck & al., 1996 ; Vinck & Laureillard, 1996; Grégori & al., 1998 ; Vinck, 1999)

La notion d'Objet Intermédiaire s'inscrit dans une tradition de recherche en sociologie des sciences, l'interactionnisme symbolique et la théorie de l'acteur-réseau. Vinck (1999a) définit l'Objet Intermédiaire comme toute entité, physique, graphique ou textuelle, se trouvant entre plusieurs acteurs d'un réseau ou comme production entre plusieurs étapes dans un cours d'action. Gregori et al. (1998) précisent que les objets sont des marqueurs de l'activité, à la fois produits et instruments qui permettent d'entrer dans l'activité. La présence des objets réduit la complexité sociale en limitant la prolifération des interactions simultanées de tous avec tous, rendant possible des interactions locales cadrées (Latour, 1994).

Vinck et Laureillard (1996) montrent que les OI portent et condensent provisoirement et partiellement une multiplicité de processus. Les OI somment l'ensemble des représentations de ceux qui les ont façonnés. Les OI véhiculent les intentions de leurs auteurs. Les OI tendent à imposer des choix et des décisions à leurs utilisateurs. Les OI permettent que les compromis se construisent, mais aussi que des ajustements locaux s'opèrent là où la prescription n'est pas contraignante. Enfin, les OI trahissent et transforment les intentions de ces mêmes auteurs. Vinck (2009) théoriserait l'OI en tant que médiateur dans le sens où il participe à la construction de compromis et de savoirs partagés entre les acteurs.

Ainsi les objets intermédiaires permettent de représenter et de modéliser collectivement, à la fois les intentions des acteurs en présence, et l'objet en construction. Ils portent et soutiennent, en quelque sorte, les représentations de ceux qui les conçoivent et de leur propre devenir (Judon 2017). Il semble donc possible que la création d'un objet intermédiaire approprié puisse permettre d'une part l'enrichissement du projet TINA-M2P et d'autre part l'optimisation du travail du collectif dans le cadre de ce projet de conception complexe. Il reste alors à déterminer quel objet intermédiaire serait le plus adapté à ce type de travail et comment l'ergonome peut concourir, aider à la constitution de tels objets.

2.2.2. Modèle de tâche

Comme nous l'avons dit plus haut, le projet TINA-M2P a pour objectif l'élaboration de modules pédagogiques basés sur la conception partielle ou totale, par l'étudiant, d'un objet complexe en utilisant les outils de l'industrie du futur. C'est pourquoi en début de projet, une première conception de cet objet par des étudiants en stage de fin d'étude a été réalisée. Cette primo conception avait pour objectif principal de connaître les contraintes techniques imposées par les outils utilisés. Etant

donné les ambitions du projet nous avons proposé d'élaborer un objet qui servira de support à l'équipe pédagogique en charge de la conception du contenu des modules pédagogiques. Afin que cet objet traduise la temporalité du processus de conception (Barcellini, Détienne & Burkhardt, 2005), nous avons fait le choix du formalisme utilisé pour la modélisation des tâches.

Les modèles de tâches ont été utilisés très tôt dans le domaine de la formation (Annett & Duncan, 1967 ; Annett, 2004). Les modélisations produites par l'analyse de l'activité d'opérateurs expérimentés étaient utilisées afin de concevoir des formations pour les élèves. C'est dans ce cadre que Annett et Duncan (1967) ont développé l'analyse hiérarchique des tâches (HTA, Hierarchical Task Analysis), une méthode orientée tâches qui propose de décomposer hiérarchiquement une tâche en sous-tâches.

La formalisation de ce genre de décomposition aboutit généralement à des arborescences hiérarchiques de tâches et de sous-tâches. Les tâches décomposables sont dites abstraites, les tâches de plus bas niveau sont quant à elles qualifiées de tâches élémentaires, de tâches unitaires ou encore d'actions, tout dépend du formalisme utilisé (Couix, 2007).

En conclusion à cette partie, il a été décidé, dans le cadre du projet TINA-M2P de créer un objet qui sera enrichi à chaque étape du projet. Cet objet sera une formalisation du modèle des tâches effectuées lors de la primo-conception du drone. In fine, la modélisation constituera une description des tâches que les étudiants devront réaliser lors des formations conçues dans le cadre de TINA-M2P. Cet objet permettra de connaître les compétences nécessaires pour participer à un module et les compétences et connaissances que ce dernier permet d'acquérir. Enfin il constituera également une boîte à outils exploitée par les enseignants pour aiguiller les apprenants en situation d'utilisation de la plateforme.

3. CADRE METHODOLOGIQUE

3.1. Terrain d'étude

TINA-M2P est un projet dont l'objectif est de définir et de tester un parcours de formation répondant aux attendus dans le domaine de l'« industrie du futur ». Ce parcours s'appuie sur un produit complexe (un drone) à réaliser depuis l'analyse de la demande jusqu'à sa fabrication. Dans le cas présent, l'ambition est d'y inclure l'utilisation de la Plateforme 3D EXPERIENCE

Dans un premier temps le drone sera conçu par des stagiaires en ingénierie (de la création du cahier des charges à la fabrication du drone) en utilisant la 3Dexperience de Dassault Système. La 3Dexperience est une plateforme collaborative proposant entre autres des outils de modélisation 3D (CATIA, Solid Work), de management de projet (ENOVIA) et de communication en temps réel.

Sur la base des données récoltées lors de cette primo conception des groupes de travail composés d'enseignants chercheurs en mécanique et en électronique seront organisés afin de définir des modules de formation se basant sur la conception partielle ou totale du drone, de déterminer les savoirs nécessaires afin de participer à ces modules et de déterminer les compétences visées par ces modules.

Sur la base de ces groupes de travail des supports pédagogiques seront élaborés. Ces supports devront permettre aux étudiants d'acquérir les savoirs et savoir-faire nécessaires à la conception du drone ou de la partie de drone qui est au centre du module pédagogique. Enfin la formation sera testée auprès d'étudiants de l'Université de Lorraine afin d'évaluer et d'améliorer les formations qui ont été créées.

Une fois validée, la formation a pour vocation d'être déployée auprès d'étudiants et intégrée à la « peer learning experience », une plateforme qui fournit des ressources pédagogiques variées mises en ligne par des professeurs et experts du monde entier.

3.2. La méthodologie pour la formalisation des tâches

Afin de créer un objet intermédiaire qui soit la formalisation du modèle hiérarchique des tâches effectuées lors de la primo conception du drone par les ingénieurs stagiaires. Pour se faire une observation participante ainsi que des entretiens en « pourquoi ? » « comment ? » ont été réalisés auprès des ingénieurs stagiaires.

L'entretien en « pourquoi ? », « comment ? » utilisé en psychologie ergonomique par Sebillotte pour instruire des modèles de tâche (Sebillotte 1991). Cette technique est adaptée lorsque l'on souhaite renseigner un modèle hiérarchique de la tâche, même auprès d'opérateurs novices (Bisseret et al. 1999). Ils permettent également d'obtenir une dénomination possible des tâches et sous-tâches, les objectifs explicites ou implicites en rapport avec la tâche, les événements procéduraux nécessaires à la réalisation de la tâche ainsi que des aspects pertinents pour la description de la tâche (problèmes rencontrés, fréquence des tâches et Enumération d'informations) (Sebillotte 1991)

Ces entretiens étaient réalisés après chaque étape de la conception : la modélisation du châssis du drone, la finalisation des exigences, la modélisation d'un bras optimisé, l'impression physique de ce bras, etc. Cette étape a été réalisée à l'aide d'un logiciel libre permettant de représenter l'arborescence des tâches et d'associer à chaque tâche et sous-tâche une fiche où était inscrit une description de la tâche ainsi que les logiciels utilisés afin de la réaliser.

Etant donné que cette modélisation devait servir de support à l'animation de groupes de discussion focalisés composés d'enseignants chercheurs et d'un ingénieur de recherche, il a été décidé que l'arborescence des tâches et sous-tâches nécessaires à la création du drone serait organisée en fonction de la méthodologie RFLP (fréquemment utilisée dans l'industrie mais également enseignée dans les universités). RFLP (Requirements Functions Logic Physic) « *est une méthode itérative de conception basée sur les principes de l'ingénierie système* » (Retho, 2015, p.21).

Le résultat de cette première étape est donc une bibliothèque de fichiers dont les entrées sont organisées en une arborescence, arborescence qui est une formalisation du modèle des tâches effectives de la primo-conception du drone. Les fichiers contiennent des informations pratiques relatives à chacune des tâches

3.3. Vers la conception du support de formation

La seconde étape du projet TINA-M2P est l'animation de groupes de discussion focalisée dont l'objectif est de définir les contours des modules de formation et leurs contenus. Cette méthode met un groupe de personnes dans une situation de conversation centrée sur un sujet défini qui les rejoint. Elle permet la collecte de données qualitatives (Leclerc, Bourassa, Picard, et Courcy, 2011).

Ce sont les interactions au sein du groupe qui influencent la qualité des données recueillies (Agan, Koch et Rumrill, 2008). Patton (2002) mentionne que la caractéristique du groupe de discussion focalisée est que les participants poursuivent la construction de leurs opinions à partir des points de vue exprimés par les autres. Les commentaires ainsi obtenus vont au-delà des points de vue des participants (Julien-Gauthier Héroux, Ruel et Moreau, 2013).

Ces groupes sont composés de deux enseignants chercheurs donnant des cours en rapport avec le module (par exemple optimisation topologique ; choix des matériaux etc.), d'un ingénieur de recherche spécialisé dans l'utilisation de la 3DExperience et d'un psychologue en charge de l'animation. Leurs objectifs sont : dégager les tâches pouvant constituer la partie pratique d'un module portant sur un sujet (par exemple l'optimisation topologique et la conception d'un des bras du drone). , associer à chacune de ces tâches les savoirs et savoir-faire nécessaire à leur accomplissement, déterminer les Informations dont les étudiants ont besoin afin de pouvoir travailler (objectifs, contraintes client/système/procédés contenus dans le cahier des charges ou non, etc.), et enfin, déterminer les compétences attendues à la fin du module de formation.

Les informations recueillies auprès de ces groupes de travail permettent l'élaboration de supports didactiques. Ce premier enrichissement de la modélisation permettra l'élaboration de supports didactiques et le développement de parcours pédagogiques permettant l'acquisition de compétences et la mobilisation de connaissances théoriques et techniques requises par la conception du drone. Ces informations permettent également de compléter les fichiers associés à chaque tâche avec des informations utiles pour l'évaluation des formations.

4. TRAVAUX EN COURS

Les travaux qui sont actuellement en cours sont de nature pratique car nous appliquons la méthode décrite plus haut. En effet, il a été décidé par le groupe de pilotage du projet TINA-M2P que le drone pouvait faire l'objet d'un total de sept modules de formation. Ces derniers auront pour sujet l'optimisation topologique, l'ingénierie système, la conception assistée par ordinateur, la mécatronique, le choix des matériaux, le knowledge management et la fabrication additive. Ainsi, la création de chacun de ces modules donnera lieu à l'animation de groupes de discussion focalisée et à l'enrichissement de l'objet intermédiaire.

Un positionnement théorique et méthodologique doit encore être réalisé afin de pouvoir démontrer si l'utilisation de l'Objet intermédiaire a eu un impact ou non sur les aspects collaboratifs du travail des différents acteurs du projet TINA-M2P. Ce positionnement se fera à l'aune des données recueillies lors des différents groupes de discussion focalisée qui sont organisés à l'heure où ces lignes sont écrites.

5. BIBLIOGRAPHIE

- Agan, J., Koch, L. J., Rumrill Jr, P. D. (2008). The use of focus groups in rehabilitation research. *Work*, 31, 259-269.
- Annett, J. (2004). Hierarchical Task Analysis. In: D. Diaper & N. Stanton (Eds.), *Handbook of Task Analysis for Human Computer Interaction* (pp. 67-83). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Annett, J., Duncan, K. D. (1967). Task analysis and training design. *Occupational Psychology*, 41, 211-227.
- Barcellini, F., Détienne, F., Burkhardt, J.M. (2005). Les discussions en ligne dans la conception de logiciels libres : dynamique et temporalité de l'activité. In : E. Raufaste et A. Tricot (Eds), *3èmes journées d'études en psychologie ergonomique - Epique'05*. (pp. 1-12). Toulouse, France : Université de Toulouse Le Mirail.
- Barcellini, F., Van Belleghem, L., Daniellou, F. (2013). Les projets de conception comme opportunité de développements des activités. In: P. Falzon (dir.), *Ergonomie constructive* (pp. 191-206). Paris : PUF.
- Beguïn, P. (2007) Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs : une approche développementale. *Le Travail Humain*, 70(4), 369-390.
- Bisseret, A., Sebillotte, S., Falzon, P. (1999). *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse : OCTARÈS-Éditions.
- Couix, S. (2007). Usages et construction des modèles de tâches dans la pratique de l'ergonomie : une étude exploratoire. (Mémoire de master *Sciences de l'information et de la communication*).
- Daniellou, F., (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon (dir.), *Ergonomie* (pp. 359-373). Paris : PUF

- Daniellou, F., (2006), Entre expérimentation réglée et expérience vécue, les dimensions subjectives de l'activité de l'ergonome en intervention, *Activités*, 3(1), 5-18
- Detienne, F. (2006). Collaborative design: Managing task interdependencies and multiple perspective. *Interacting with Computers*, 18(1), 1-20.
- Garrigou, A, Daniellou, F., Carballeda, G. et Ruaud, S. (1995). Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15, 311-327.
- Gregori, N., Blanco, E., Brassac, C., Garro, O. (1998). Analyse de la distribution en conception par la dynamique des objets intermédiaires. In Trousse B., Zreik K. (Eds). *Les objets dans la conception* (pp. 135-154), Paris : Europa.
- Judon, N. (2017). *Rendre possible un espace intermédiaire de dialogue pour coconstruire de nouvelles solutions de prévention dans un contexte d'incertitude : cas des travaux de revêtements routiers* (thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux). En ligne : <https://www.theses.fr/224600362>
- Latour, B. (1994). Une sociologie sans objet ? Remarques sur l'interobjectivité. *Sociologie du Travail*, 4(36), 587-607.
- Leclerc, C., Bourassa, B., Picard, F., Courcy, F. (2011). Du groupe focalisé à la recherche collaborative ; avantages, défis et stratégies. *Recherches Qualitatives*, 29(3), 145-167.
- Mer, S., Jeantet, A., Tichkiewitch, S. (1995). Les objets intermédiaires de la conception, in Caelen, J., Zreik, K. (éds). *Le communicationnel pour concevoir* (pp. 21-41.). Paris : Europa.
- Nahon, P., Arnaud, S. (1999). Sortir de la boucle infernale : essai de maîtrise dans trois abattoirs de porcs. *Actes du 34^e congrès de la SELF, Caen, 15-17 Septembre 1999*, 147-153.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Techniques* (3 ed.). Thousand Oaks : Sage Publications.
- Petit, J., Dugué, B. et Daniellou, F. (2011). L'intervention ergonomique sur les risques psychosociaux dans les organisations : enjeux théoriques et méthodologiques. *Le Travail Humain*, 74(4), 391-409.
- Retho, F. (2015). *Méthodologie collaborative d'aide à la construction de produits virtuels pour la conception d'aéronefs à propulsion électrique*. (Thèse de doctorat, Centrale Supélec, Paris). En ligne : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01323018/document>
- Sebillotte, S. (1991). Décrire des tâches selon les objectifs des opérateurs. De l'interview à la formalisation. *Le Travail humain*, 54(3), pp.193-223.
- Vinck, D., Jeantet, A., Laureillard P. (1996). Objects and Other Intermediaries in the Sociotechnical Process of Product Design: an exploratory approach. In: J. Perrin, D. Vinck. (eds.). *The role of design in the shaping of technology, vol. 5*, (pp. 297-320). Bruxelles: EC Directorate General Science R&D.
- Vinck, D., laureillard, P. (1996). Coordination par les objets dans les processus de conception, pp. 289-295 in *Représenter, Attribuer, Coordonner*. Paris : CSI, Écoles des Mines.
- Vinck, D. (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans les dynamiques sociales, *Revue Française de Sociologie*. 11, 385-414.
- Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 51-72.

Van Belleghem, L. & Barcellini, F. (2011). *Cours ergonomie et conception: modèles et outils pour l'action*. Cnam, Paris.