

# LIVRE BLEU DES THÈSES

promo **2018**

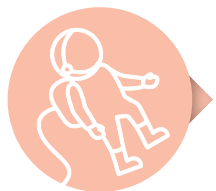
**Giordano Bruno**



# Thématiques



Sciences  
Humaines  
et Sociales



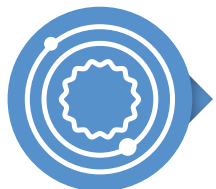
Sciences  
Microgravité



Sciences  
Terre



Sciences  
Univers



Technologies  
Systèmes  
Orbitaux



Technologies  
Transport  
Spatial

« Avec la parution de la première édition de son **Livre Bleu des Thèses Promotion 2018 Giordano BRUNO**, le CNES franchit une étape importante dans le rayonnement scientifique de ses jeunes chercheurs. Une des ambitions premières du CNES avec son programme de thèses et post-docs est de susciter des vocations chez les jeunes générations en leur présentant les enjeux et les applications du domaine spatial tout en leur proposant une formation spécifique. Nous sommes fiers de partager avec vous ce Livre Bleu qui est le reflet du travail collectif réalisé par nos étudiants, leurs responsables du CNES et les encadrants académiques ou industriels. »

**Philippe Baptiste,**  
Président Directeur Général du CNES

## Introduction

Cette première édition du **Livre Bleu des Thèses Promotion 2018 Giordano BRUNO (\*)** contribue au rayonnement scientifique des jeunes chercheurs du CNES et de l'ensemble de ses partenaires institutionnels et industriels. À travers son programme d'allocations de recherches doctorales et post-doctorales, le CNES remplit sa fonction de formation des futurs acteurs de la recherche et de l'innovation au meilleur niveau scientifique et technologique. Les doctorants bénéficient d'un environnement d'apprentissage d'excellence et contribuent ainsi aux avancées scientifiques de la France dans le domaine spatial.

En 2018, 71 étudiants ont été sélectionnés pour travailler sur un sujet de recherche prometteur ou une technologie innovante liés au domaine du spatial afin de soutenir une thèse de doctorat. Les domaines couverts par les thèses concernent aussi bien les systèmes orbitaux, les systèmes de transport spatial, les sciences utilisatrices des moyens spatiaux (sciences de la Terre, de l'Univers et exploration), que les sciences humaines et sociales. Ces jeunes chercheurs débutent leur parcours professionnel au CNES dans le cadre de recherche académique et industrielle, tout en bénéficiant d'un encadrement de qualité dans un environnement scientifique et technique d'excellence. Malgré le contexte sanitaire lié à la pandémie de COVID 19, 65 thèses de doctorat ont été soutenues en 2021. Pour pallier les conséquences de la pandémie sur les activités de recherche, le CNES et ses partenaires ont décidé de prolonger les contrats doctoraux initiés en 2018 pour permettre aux étudiants de finaliser leurs travaux de thèse.

*(\*) Ce livre bleu des thèses synthétise de façon non-exhaustive les projets de recherche et de développement pendant la période 2018-2021. Il illustre la diversité des applications dans le domaine spatial ainsi que la forte capacité d'innovation du CNES.*

Enfin, ce Livre Bleu reflète le dynamisme et la créativité des jeunes doctorants et leurs précieuses contributions au rayonnement du CNES. Cette première édition du recueil des thèses est aussi l'occasion de reconnaître le fort degré d'implication des chercheurs et ingénieurs référents du CNES en charge de suivre les doctorants avec les divers partenaires académiques et industriels. Ainsi, l'accompagnement de nombreuses thèses de qualité permet de renforcer et de perpétuer l'excellence scientifique au sein du CNES. La Direction Générale et la Direction de la Stratégie reconnaissent et encouragent le développement de ce savoir-faire. En vue de renforcer le partage des connaissances scientifiques, le CNES organise chaque année des journées d'accueil des Jeunes Chercheurs pour les premières et deuxièmes années (JC1 et JC2). Ces journées constituent un évènement fédérateur dans leur parcours, qui leur permet de se rencontrer et d'échanger avec les référents CNES sur l'avancement et les perspectives de leurs travaux de recherche.

Un contact CNES est référencé pour chaque thèse présentée dans ce Livre Bleu afin que le lecteur puisse solliciter toute demande d'information complémentaire voire initier une collaboration, dans le but de continuer à alimenter cette dynamique scientifique fructueuse.

**Pascale Ultré-Guérard, Directrice Adjointe des Programmes  
& Mioara Manda, Sous-directrice Coordination scientifique**

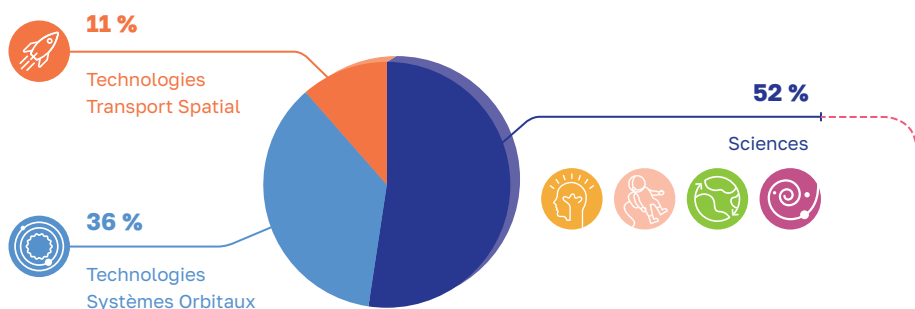
## Bilan de campagne 2018

Allocations de recherche doctorale **105**

Doctorats **71**

Postdoctorats **34**

### Répartition des allocations de recherches doctorale et postdoctorale en 2018



DOMAINE	DOCTORATS		POSTDOCTORATS		TOTAL
Sciences	27	38 %	28	82%	55 <b>52%</b>
Technologies Systèmes Orbitaux	37	52%	1	3%	38 <b>36%</b>
Technologies Transport Spatial	7	10%	5	15%	12 <b>11%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>71</b>	<b>100%</b>	<b>34</b>		

DÉTAILS DES SCIENCES	DOCTORATS		POSTDOCTORATS		TOTAL
Sciences 2018	27	38%	28	82%	55 <b>52%</b>
Sciences Terre	13	18%	13	38%	26 <b>24,8%</b>
Sciences Univers	10	14%	13	38%	23 <b>21,9%</b>
Sciences Microgravité	3	4%	2	6%	5 <b>4,8%</b>
Sciences Humaines et Sociales	1	1%	0	0%	1 <b>1,0%</b>

## Remerciements

### Aux partenaires

Le CNES souhaite remercier sincèrement l'ensemble de ses partenaires institutionnels, académiques et industriels. Grâce à leur soutien et engagement, le CNES est en mesure de réaliser sa mission de formation par la recherche des jeunes chercheurs et chercheuses qui deviendront la force vive de la politique scientifique et industrielle du futur.

### Aux directeurs de thèses & aux équipes CNES

Cette première édition du Livre Bleu des thèses basée sur le travail des doctorants a été possible grâce à la participation active des directeurs de thèses, des référents CNES de la Promotion Giordano BRUNO et en interne CNES à Caroline Bailly, Patricia Berthelé, Michèle Dupire, Valérie Frede, Mioara Manda, Valérie Meunier et Cécile Vignolles.

# Sommaire

## SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES



- 12 KENZA BOUSEDRA**  
Accompagner les mutations des secteurs commerciaux exploitant les infrastructures spatiales : analyse économique

## SCIENCES TERRE

- 16 MATTHIS AUGER**  
Variabilité et changements de l'hydrographie et de la circulation de l'océan Austral subpolaire
- 17 ANTHONY BERNUS**  
Modélisation du bilan d'énergie des lacs dans le modèle de surface continentale ORCHIDEE
- 18 ANATOL GARIOUD**  
Suivi de la dynamique des prairies permanentes par analyse des séries temporelles multi-modales
- 19 SIMONNE GUILBERT**  
Comparaisons des flux ondes courtes POLDER/PARASOL et CERES/AQUA : amélioration des flux ondes courtes POLDER/PARASOL
- 20 LAËTITIA LEMRABET**  
Mesures InSAR à l'échelle continentale : étude des déformations du plateau tibétain oriental
- 21 MOUNIR MAHDADE**  
Vers une représentation parcimonieuse de la variabilité hydraulique longitudinale en rivière, adaptée au problème inverse hauteur-débit

## SCIENCES MICROGRAVITE



- 13 MARIE BARBIERO**  
Amélioration des performances en gravité altérée
- 14 EL HADJ BOUBACAR BARRY**  
Modélisation de la convection thermoélectrique dans une cavité rectangulaire
- 15 LOÏC CHOMIENNE**  
Flexibilité motrice en environnements gravito-inertiels modifiés : Réponses aux perturbations imprévues appliquées sur le geste en cours d'exécution
- 22 GWENDAL MARECHAL**  
Variabilités des hauteurs significatives des vagues et propriétés des courants de méso- et sous-mésoéchelle
- 23 YANN PAGEOT**  
Apport des données satellitaires Sentinel-1 et Sentinel-2 pour la détection des surfaces irriguées et l'estimation des besoins et des consommations en eau des cultures d'été dans les zones tempérées
- 24 MIGUEL PERPINA**  
Observer, détecter et comprendre les rétroactions climatiques des nuages : apport des mesures lidar spatiales
- 25 LÉO PUJOL**  
Synergie optimale de données multi-sources et de modèles hydraulique-hydrologiques pour la modélisation cartographique d'hydrosystèmes complexes
- 26 ANA SANCHEZ**  
Étude géodésique multi-techniques de l'évolution de la calotte du Groenland et déformations de la Terre associées : quelles incertitudes sur les bilans de masse de glace ?
- 27 YOANN TELLIER**  
Apport du sondeur infrarouge IASI à la détermination des flux radiatifs et du taux de chauffage vertical à grande longueur d'onde



## SCIENCES UNIVERS

- 28 Ralph ABI RIZK**  
Reconstruction hyperspectrale haute résolution par inversion. Application au spectromètre infrarouge MIRI-MRS du télescope spatial James webb
- 29 Naila CHAOUCHE**  
De l'étude de l'évolution de la matière organique dans un environnement martien simulé à sa recherche in situ par l'instrument MOMA lors de la mission spatiale Exomars 2022
- 30 Barnabé CHERVILLE**  
Optimisation de développements de spectrométrie de masse Orbitrap TM pour l'analyse de la matière simulant celle de mondes océans
- 31 Océane DHUICQUE**  
Détermination de la sensibilité thermique de l'expérience MICROSCOPE pour le test du principe d'équivalence

## TECHNOLOGIES SYSTEMES ORBITAUX

- 37 Vinícius ALVES-DE OLIVEIRA**  
Apprentissage profond pour la compression embarquée d'images d'observation de la Terre
- 38 Md Samsul AREFIN**  
Contrôleur robuste d'un vibreur pour la qualification mécanique des satellites
- 39 Romain ARGUEL**  
Interféromètre à ondes de matière ultra-froides pour le test du principe d'équivalence faible en micropesanteur
- 40 Marine AUBRY**  
Modélisation et prédiction du comportement sous irradiation d'architectures complexes de sources ou amplificateurs optiques
- 41 Marie BALLERE**  
Apport des données Sentinel-1 pour le suivi continu de la forêt tropicale : cas de la Guyane
- 42 Ines BETTOUMI**  
Étude de Commutateurs à base de matériaux PCM (Phase Change Materials)

- 32 Alice JACOB**  
Étude des sources sismiques détectées par la mission InSight dans la province d'Elysium Planitia, Mars
- 33 Andrea LAROSA**  
Contraintes sur les mécanismes de génération des switchbacks et signature magnétique de modes extraordinaires lents : observations de Parker Solar Probe
- 34 Vincent PICOUET**  
CLAUDS, FIREBall : a UV driven approach to understand what is darkening the shiny destiny of galaxies
- 35 Bruno RÉGALDO-SAINTE BLANCARD**  
Modélisation statistique de l'émission polarisée de la poussière interstellaire
- 36 Antoine RIMBOUD**  
Modélisation de la diffusion de la lumière des éclairs par les nuages et applications aux observations photométriques

**49 Fabien EVEILLARD**  
Synthèse de cathodes multimétalliques fluorées pour batteries Lithium métal

**50 Marin FOUCHIER**  
Lumière diffusée par les filtres interférentiels complexes : développement d'un banc de métrologie hautes performances et d'outils de synthèse par intelligence artificielle

**51 Nicolas GASNIER**  
Exploitation de données multi-temporelles et multi-capteurs pour l'extraction de surfaces d'eau continentales dans le contexte de la mission SWOT

**52 Julien LAHYANI**  
Lidar 2µm à source hybride fibré/solide pour la télédétection du CO2 atmosphérique

**53 François LAMOTHE**  
Le problème de flot insécable : application à la gestion des communications d'une constellation de satellites

**54 Maxime LEVILLAYER**  
Développement de cellules solaires InGaAsN et caractérisation de leur dégradation en environnement radiatif spatial

**55 Xavier MAETZ**  
Développement et caractérisation expérimentale en microgravité de structures auto-déployables de réflecteurs paraboliques pour applications spatiales

**56 Nicolas MEZIERES**  
Contributions à la mesure rapide et robuste d'antennes

**57 Oualid OURYA**  
Développement de procédures de réglage génériques et automatisées pour modules hyperfréquences intégrant des filtres

**58 Nicolas PERRON**  
Modélisation de la dégradation thermo-structurale des débris spatiaux durant la rentrée atmosphérique

**59 Alohotsy RAFALIMANANA**  
Prédiction de la turbulence atmosphérique pour l'optimisation des liens optiques en télémétrie par laser et en télécommunications en espace libre

**60 Bastien RAGE**  
Particules core-shell à base de silicium comme matériaux d'anode pour batteries Li-ion

**61 Lucas RINALDI**  
Compensation des effets de la turbulence atmosphérique sur les liens optiques par optique intégrée

**62 Cécily SUNDAY**  
Atterrissage, enfoncement et roulage sur la surface de petits corps du système solaire

**63 Thomas VERHEYDE**  
Positionnement précis coopératif de mobiles low-cost en milieu urbain

**64 Alejandro VITAL JUAREZ**  
Vers une quantification de l'énergie d'adhésion par Acoustique Picoseconde Colorée

## TECHNOLOGIES TRANSPORTS SPATIAUX

**65 Naima DEMNI**  
Étude expérimentale d'un décolllement supersonique ouvert

**66 Emma GAMBY**  
Composés énergétiques polyazotés : stratégies de synthèse et réactivité par photochimie

**67 Jolan REYNAUD**  
Étude de méthodes de prévision des interactions de jet pour les arrière-corps de lanceurs spatiaux

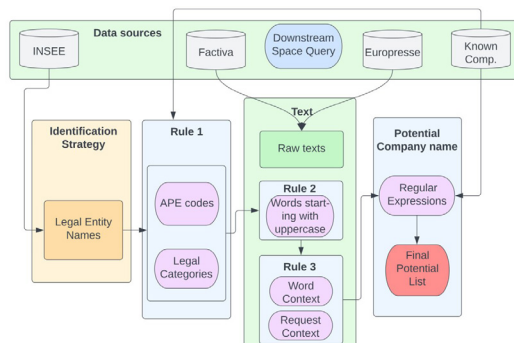
**68 Florent SAVINE**  
Développement d'une stratégie d'optimisation pour les structures raidies composites



## Accompagner les mutations des secteurs commerciaux exploitant les infrastructures spatiales : analyse économique

**Kenza BOUSEDRA**

Cette thèse a pour objectif le développement d'une méthodologie de mesure du secteur d'activités dit « spatial aval ». La première partie expose les enjeux qui motivent la recherche : le contexte particulier du New Space, qui rend compte de mutations structurelles du secteur spatial propices au développement des activités aval, et les limites des outils méthodologiques existants pour évaluer ce segment. La seconde partie de la thèse décrit la démarche d'identification des acteurs aval adoptée à partir de bases de données de presse française puis présente les résultats du premier test de détection des entreprises spatiales aval en France ainsi que les indicateurs de mesure associés. Enfin, la dernière partie du travail de recherche lie la démarche empirique à une réflexion davantage conceptuelle en analysant la dynamique de création de valeur dans le secteur spatial à la lumière de l'évolution des propriétés de l'information comme bien économique à l'ère du numérique.



Identification of downstream space companies : a rule-based strategy

## Amélioration des performances en gravité altérée

**Marie BARBIERO**

**ÉCOLE DOCTORALE**

ED 554 - Environnements - Santé (E-S)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**

01.10.2018 - 21.01.2022

**DATE DE SOUTENANCE**

07.03.2022

**LABORATOIRE**

CAPS

**DIRECTEUR DE THÈSE**

Olivier WHITE

**COFINANCEUR**

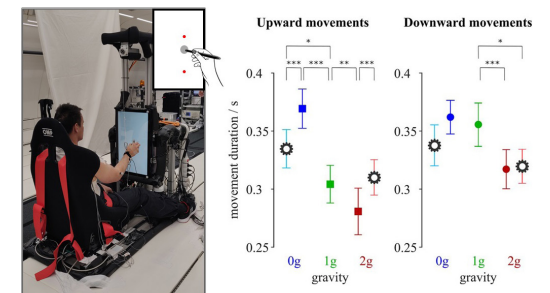
UNIVERSITE DE DIJON BOURGOGNE

**RÉFÉRENT**

Guillemette GAUQUELIN-KOCH

L'adaptation motrice humaine est cruciale pour rester efficace en cas d'exposition à des environnements inconnus. La motricité dans l'espace nécessite de ce fait l'apprentissage de nouvelles actions coordonnées. Ce travail doctoral vise à mieux comprendre l'adaptation motrice de base tout en fournissant des informations utiles pour optimiser les actions de l'individu lorsque celui-ci est soumis à un contexte contraignant. Pour cela, nous avons caractérisé l'intégration de la gravité au sein du système nerveux central et testé l'impact d'une compensation en gravité locale alors que le reste du corps est immergé dans un environnement extrême, induit en vol parabolique (0 et 1.8g). Pour ce faire, nous avons conçu un système motorisé qui recrée localement des informations sensorielles terrestres au niveau du membre engagé dans une tâche simple de pointage. Nos résultats suggèrent que l'ajout d'informations connues aide à améliorer la performance motrice dans des contextes inhabituels.

Photo du dispositif expérimental de pointage en vols paraboliques (droite). Durées des mouvements moyens vers le haut (Upwards) et vers le bas (Downward). Les symboles bleu, vert et rouge correspondent aux mouvements effectués en 0g, 1g et 1.8g, respectivement. Les conditions avec gravité locale reconstituée correspondent aux symboles engrenages. Les barres d'erreur sont les erreurs standard (\*p < 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001)







### Modélisation de la convection thermoélectrique dans une cavité rectangulaire

**El Hadj Boubacar BARRY**

La thèse a étudié un liquide diélectrique dans une cavité rectangulaire soumise à une différence de température et à un potentiel électrique de haute fréquence qui induit une force diélectrophorétique (DEP) capable de générer de la convection thermoélectrique sur Terre et en microgravité. L'intensité de la force DEP est mesurée par le nombre de Rayleigh électrique  $L$  dont la valeur critique est indépendante de la nature du fluide. Les régimes supérieurs d'instabilités thermo-électro-convectives dans la cavité horizontale ont été calculés ainsi que le transfert de chaleur mesuré par le nombre de Nusselt ( $Nu$ ). L'effet de la stratification thermique (chauffage par le bas ou par le haut) a été analysé et le transfert de chaleur est quantifié par une courbe universelle  $Nu(L)$  si  $L$  est renormalisé pour inclure cette stratification thermique. La force DEP sur une couche verticale de fluide diélectrique latéralement chauffée a donné lieu à des modes critiques stationnaires électriques sous forme de colonnes dont le seuil est indépendant de la nature du fluide. Des expériences ont été menées lors de campagnes de vol paraboliques (2018-2019-2021). La thèse a donné 3 articles.

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 591 - Physique, Sciences de l'Ingénieur, Matériaux, Énergie (PSIME)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
22.10.2018 - 23.10.2021

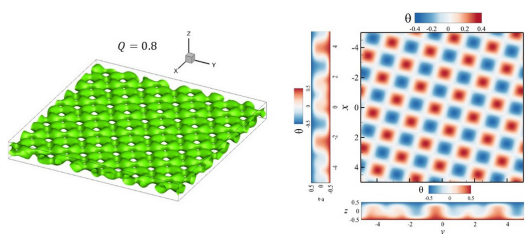
**DATE DE SOUTENANCE**  
29.06.2022

**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Innocent MUTABAZI

**LABORATOIRE**  
LOMC

**COFINANCEUR**  
NORMANDIE UNIVERSITE

**RÉFÉRENT**  
Thierry BRET-DIBAT



Convection thermoélectrique dans une cavité horizontale en microgravité: structures de vorticité et de température ( $L = 9000, Pr = 11$ )



### Flexibilité motrice en environnements gravito-inertiels modifiés : Réponses aux perturbations imprévues appliquées sur le geste en cours d'exécution

**Loïc CHOMIENNE**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 463 - Sciences Mouvement Humain (SMH)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 31.12.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
24.10.2022

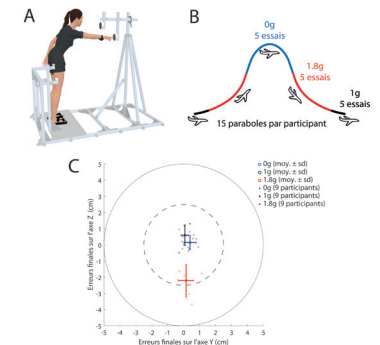
**LABORATOIRE**  
ISM

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Lionel BRINGOUX

**COFINANCEUR**  
REGION PACA

**RÉFÉRENT**  
Guillemette GAUQUELIN-KOCH

Depuis les premières missions spatiales, notre compréhension des processus adaptatifs appliqués au mouvement en champ de forces modifié a considérablement évolué, mais certaines incohérences subsistent vis-à-vis de ce qui relève de l'adaptation itérative des commandes motrices (i.e., contrôle en feedforward) et des processus de régulation du geste en cours d'exécution (i.e., contrôle en feedback). A travers trois études, ce travail de thèse a cherché à questionner simultanément ces modes de contrôle en champ de forces modifié. Les résultats, obtenus dans le cadre d'adaptations sensorimotrices globales (micro- et hypergravité) et locales (force de Coriolis) suggèrent un maintien des capacités de flexibilité motrice quelle que soit la perturbation imprédictible appliquée (visuelle ou mécanique). Nos résultats soutiennent l'hypothèse d'une imbrication forte entre les paramètres de correction motrice rapide du contrôle en feedback et les réorganisations issues du contrôle en feedforward.



Etude de gestes d'atteintes corps entier en contexte micro-, normo- et hypergravitaire. A. Mouvement de pointage en direction de la cible lointaine. B. Protocole de la campagne de vols paraboliques (150 par participants et par vol) C. Erreurs finales des pointages en fonction des environnements

## Variabilité et changements de l'hydrographie et de la circulation de l'océan Austral subpolaire

**Matthis AUGER**

L'océan Austral est une région centrale pour la circulation océanique globale et le climat. Il est cependant également en première ligne du changement climatique, notamment par son absorption importante de chaleur et de carbone anthropique. Par conséquent, l'océan Austral a connu de grands changements dans sa structure hydrographique et sa circulation dans les dernières décennies. C'est également une région très peu observée, en particulier en hiver lorsque celle-ci est couverte par la banquise. Par conséquent, la réponse locale de la circulation et de la structure hydrographique de l'océan Austral subpolaire à des interactions avec l'atmosphère, la cryosphère et la grande échelle est toujours sujette à de nombreuses recherches. Dans cette thèse, je contribue à observer la variabilité et les changements à long terme de l'hydrographie et de la circulation de l'océan Austral subpolaire, et à documenter les mécanismes qui contrôlent leur variabilité.

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 129 - Sciences de l'Environnement d'Ile-de-France (SEIF)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

31.01.2022

### DIRECTEUR DE THÈSE

Jean-Baptiste SALLEE

### LABORATOIRE

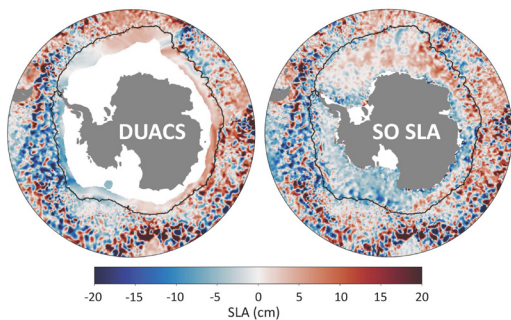
LOCEAN

### COFINANCEUR

ED 129 ; CLS

### RÉFÉRENT

Anne LIFERMANN



Sea level anomaly datasets and eddy detection (a) Sea level anomaly snapshot south of 50°S from a conventional altimetry-based product (DUACS product). (b) Sea level anomaly snapshot produced in this thesis. All snapshots are taken at date 2017/09/01

## Modélisation du bilan d'énergie des lacs dans le modèle de surface continentale ORCHIDEE

**Anthony BERNUS**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 129 - Sciences de l'Environnement d'Ile-de-France (SEIF)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

26.01.2022

### LABORATOIRE

LSCE

### DIRECTEUR DE THÈSE

Catherine OTTLE

### COFINANCEUR

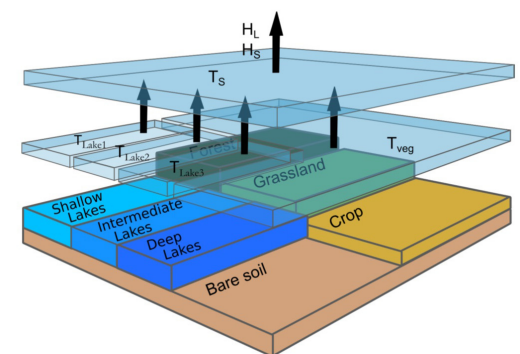
CEA

### RÉFÉRENT

Philippe MAISONGRANDE

Cette thèse vise à représenter la thermique des lacs dans le modèle ORCHIDEE à l'aide du modèle 1D-FLake. Une analyse de sensibilité des paramètres du modèle a permis de montrer que les températures de surface des lacs et les flux de chaleur de surface sont sensibles à la profondeur du lac et que les coefficients d'extinction et d'albédo sont aussi influents. Le couplage ORCHIDEE-FLake a été réalisé en permettant la différenciation de plusieurs types de lacs au sein d'une même maille de calcul. Les observations GloboLakes et Global Lake and River Ice Phenology ont été utilisées pour la validation des températures et des périodes de gel. Les résultats ont montré des erreurs sur les températures simulées entre 2.7 K et 3.2 K. Les périodes de gel sont en général surestimées de 20 à 41 jours selon le forçage utilisé. Des pistes d'amélioration sont proposées comme la prise en compte de la fraction de gel et l'optimisation des profondeurs à l'aide de mesures altimétriques (ex. SWOT).

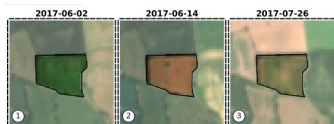
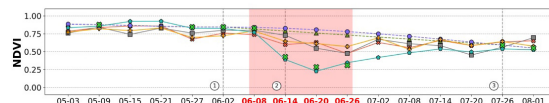
« Représentation des lacs dans la grille du modèle ORCHIDEE selon Bernus & Ottlé (GMD, 2022) » Bernus, A., & Ottlé, C. (2022). Modeling subgrid lake energy balance in ORCHIDEE terrestrial scheme using the FLake lake model. Geoscientific Model Development, 15(10), 4275-4295



## Suivi de la dynamique des prairies permanentes par analyse des séries temporelles multi-modales

**Anatol GARIOUD**

Les vastes surfaces de prairies et la reconnaissance croissante des services écosystémiques qu'elles rendent impliquent d'urgents besoins pour leur conservation et leur gestion durable. En dépit de l'impact avéré des pratiques culturales sur les prairies, l'observation de la fréquence et de la nature de l'exploitation des prairies demeure restreinte. La télédétection par satellite est un outil approprié pour un suivi efficace des prairies, permettant une analyse synoptique et régulière. Cette thèse vise à développer des méthodes de détection de l'exploitation des prairies à partir de séries temporelles complémentaires multivariées optiques et radars. Les progrès permis par l'apprentissage profond sont utilisés pour régresser des séries temporelles radars multi[1]variées et des connaissances contextuelles vers le NDVI optique. Les séries temporelles sans données manquantes qui en résultent sont utilisées pour explorer différentes méthodes permettant de détecter l'exploitation hétérogène des prairies.



**ÉCOLE DOCTORALE**  
 ED 217 - Mathématiques, Sciences et Technologies de l'Information informatique (MSTIC)  
 -  
**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
 01.10.2018 - 30.09.2021  
 -  
**DATE DE SOUTENANCE**  
 20.05.2022  
 -  
**DIRECTEUR DE THÈSE**  
 Clément MALLET  
 -  
**LABORATOIRE**  
 LaSTIG  
 -  
**COFINANCEUR**  
 ADEME  
 -  
**RÉFÉRENT**  
 Philippe MAISONGRANDE

Estimation de la variable NDVI tous les 6 jours par diverses méthodes. Notre solution SenRVM est celle qui permet de mieux restituer des variations de NDVI même en présence de nuages et donc de détecter des actes techniques sur des prairies

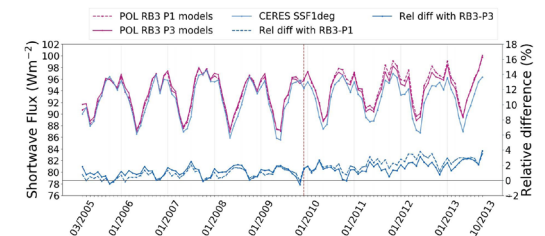
## Comparaisons des flux ondes courtes POLDER/ PARASOL et CERES/AQUA : amélioration des flux ondes courtes POLDER/PARASOL

**Simonne GUILBERT**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
 ED 104 - Sciences de la matière, du rayonnement et de l'environnement (SMRE)  
 -  
**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
 01.12.2018 - 30.11.2021  
 -  
**DATE DE SOUTENANCE**  
 18.07.2022  
 -  
**DIRECTEURS DE THÈSE**  
 Frédéric PAROL  
 Céline CORNET  
 -  
**LABORATOIRE**  
 LOA  
 -  
**COFINANCEUR**  
 REGION HAUTS-DE-FRANCE  
 -  
**RÉFÉRENT**  
 Adrien DESCHAMPS

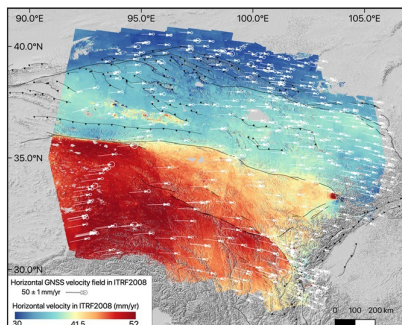
L'objectif est d'évaluer les flux radiatifs ondes-courtes obtenus à partir du radiomètre POLDER sur le satellite PARASOL du CNES. Les flux radiatifs actuels sont comparés aux flux de référence issus des radiomètres CERES. Sur la période de mesures coincidentes (2005-2009) les flux POLDER et CERES sont très proches (différences relatives inférieures à 2%). Durant la période de dérive de PARASOL (2010-2013) les différences augmentent. Ces résultats ont conduit à revoir les modèles d'« extrapolation diurne » appliqués aux mesures de POLDER. Les modèles initiaux sont issus de 4 mois d'observations POLDER-1 et nous avons mis à profit les données obtenues durant la mission PARASOL pour les améliorer. Les flux obtenus ainsi présentent moins de dépendance à la dérive du satellite et plusieurs pistes d'amélioration sont proposées. Ces travaux seront réutilisables pour le futur radiomètre 3MI, de l'ESA et d'EUMETSAT, embarqué sur les prochaines missions spatiales EPS-SG à partir de 2024.

Comparaisons entre les moyennes mensuelles de flux ondes-courtes dérivées de POLDER et les moyennes mensuelles de flux dérivées de CERES (produit SSF1 deg). P1 représentent l'utilisation des anciens modèles dérivés de 4 mois de données POLDER/ADEOS1 et P3 représentent l'utilisation des modèles améliorés obtenus en exploitant la dérive du satellite PARASOL



## Mesures InSAR à l'échelle continentale : étude des déformations du plateau tibétain oriental

Nous analysons les séries temporelles InSAR produites par le service FLATSIM (Thollard et al., 2021) à partir de l'archive Sentinel-1 couvrant l'est du plateau tibétain (2014-2020, 1700000 km<sup>2</sup>). Nous proposons une nouvelle méthodologie de référencement pseudo-absolu des vitesses InSAR afin de caractériser les déformations à une échelle continentale. Nous décomposons les séries temporelles en un terme linéaire (dont nous inversons les composantes horizontales et verticales) et un terme saisonnier. Ce dernier est dominé par les mouvements d'origine hydrologique et les déformations associées aux cycles de gel-dégel du permafrost. La composante horizontale du terme linéaire est dominée par la déformation tectonique en bordure et à l'intérieur des grands blocs tectoniques reconnus (des premiers modèles de vitesse et couplage intersismiques sont proposés par inversion conjointe InSAR/GNSS). La composante verticale est dominée par les déformations non tectoniques (dégradation du permafrost).



### Laëtitia LEMRABET

#### ÉCOLE DOCTORALE

ED 52 - Physique et  
astrophysique de Lyon  
(PHAST)

#### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.11.2018 - 31.10.2021

#### DATE DE SOUTENANCE

13.12.2022

#### DIRECTEURS DE THÈSE

Cécile LASSERRE  
Marie-Pierre DOIN

#### LABORATOIRE

LGLTPE

#### COFINANCEUR

ESA

#### RÉFÉRENT

Mioara MANDEA

Carte de vitesses horizontales sur la partie Est du plateau Tibétain, tirée de l'analyse en série temporelle de données InSAR Sentinel 1 sur la période 2014-2020, dans la direction azimutale locale des vitesses GNSS (issues de Wang et al., 2020). Résolution spatiale : 120 m. Principales failles actives indiquées en noir, d'après Tapponnier et al. (1977)

## Vers une représentation parcimonieuse de la variabilité hydraulique longitudinale en rivière, adaptée au problème inverse hauteur-débit

### Mounir MAHDADE

#### ÉCOLE DOCTORALE

ED 398 - Géosciences,  
Ressources Naturelles et  
Environnement (GRNE)

#### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.12.2018 - 30.11.2021

#### DATE DE SOUTENANCE

08.07.2022

#### DIRECTEURS DE THÈSE

Pierre RIBSTEIN  
Nicolas LE MOINE

#### LABORATOIRE

METIS

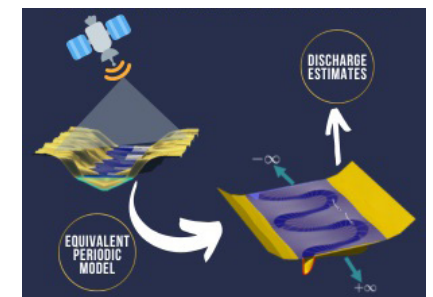
#### COFINANCEUR

SORBONNE UNIVERSITE

#### RÉFÉRENT

Philippe MAISONGRANDE

L'estimation des débits par des méthodes de télé-détection a émergé et s'accompagne d'un changement d'échelle de la mesure de hauteur, conduisant à la notion de courbe de tarage au tronçon sous les mêmes hypothèses qu'une courbe de tarage à la section. Une étude hydromorphologique montre que la variabilité géométrique des rivières peut être représentée sous forme d'un modèle périodique 2D dont la forme est basée sur une courbe de Kinoshita. Une simulation de référence 2D est faite sur un tronçon de la Garonne. La surface libre simulée peut être considérée comme un jeu de «pseudo-observations» similaires à celles qui seront produites par la mission SWOT. Le modèle hydraulique direct se base sur une simplification géométrique non-uniforme (modèle périodique) et un solveur des équations de Saint-Venant. Une inversion stochastique par algorithme génétique permet d'estimer la courbe de tarage au tronçon dans un régime stationnaire en testant les paramètres géométriques et de frottements qui reconstituent au mieux les signatures observées.

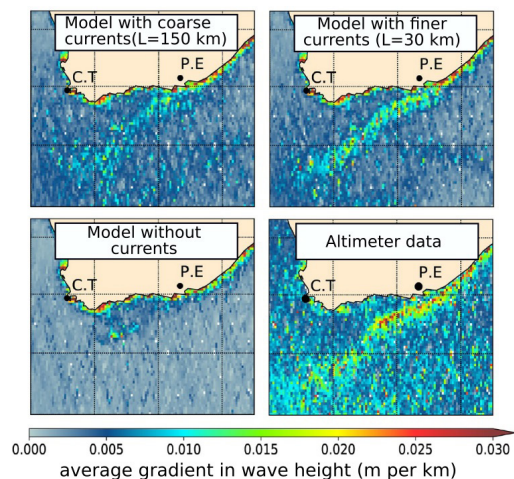


Discharge estimates

## Variabilités des hauteurs significatives des vagues et propriétés des courants de méso- et sous-mésoéchelle

**Gwendal MARECHAL**

Cette thèse étudie comment les gradients de hauteurs significatives ( $H_s$ ) sont aux gradients de courant, dans un cadre numérique idéalisé ou réaliste. Un filtrage de l'altimétrie nadir permet d'accéder à des forts courants à des échelles inférieures à 50 km dans le courant des Aiguilles. Le gradient de  $H_s$  est généralement proportionnel aux gradients d'énergie cinétique des courants, sur toute la gamme de la mésoéchelle, mais cet effet n'est pas local. Les mesures directionnelles du capteur SWIM fournissent des données complémentaires sur les directions et longueurs d'ondes des vagues qui permettent de confirmer que la réfraction est le processus dominant dans l'effet des courants sur la hauteur des vagues.



### ÉCOLE DOCTORALE

ED 598 - Sciences de la Mer et du Littoral (SML)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.01.2019 - 31.01.2022

### DATE DE SOUTENANCE

17.01.2022

### DIRECTEUR DE THÈSE

Fabrice ARDHUIN

### LABORATOIRE

LOPS

### COFINANCEUR

REGION BRETAGNE

### RÉFÉRENT

Annick SYLVESTRE-BARON

Simulations de hauteurs de vagues comparée à des mesures de hauteurs de vagues par altimétrie dans la région du courant des Aiguilles (Afrique du Sud). Les simulations montrent qu'une prise en compte des courants à petite échelle est nécessaire pour reproduire la variabilité des vagues observées. Aujourd'hui aucune mission spatiale n'est capable de mesurer les courants avec un niveau de détail suffisant pour la prévision des vagues en mer

## Apport des données satellitaires Sentinel-1 et Sentinel-2 pour la détection des surfaces irriguées et l'estimation des besoins et des consommations en eau des cultures d'été dans les zones tempérées

**Yann PAGEOT**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 173 - Sciences de l'univers, de l'environnement et de l'espace (SDU2E)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 31.12.2021

### DATE DE SOUTENANCE

13.12.2021

### DIRECTEUR DE THÈSE

Valérie DEMAREZ

### LABORATOIRE

CESBIO

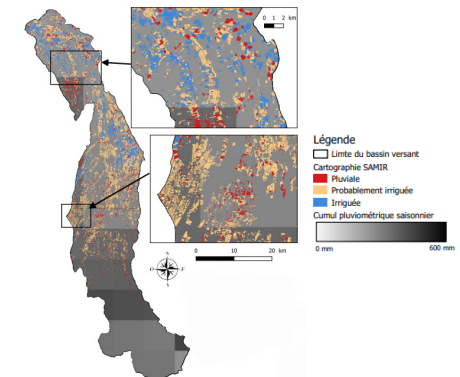
### COFINANCEUR

Financement intégral par le CNES

### RÉFÉRENT

Philippe MAISONGRANDE

L'eau, une ressource naturelle essentielle au cycle de la vie, est mise en danger par le changement climatique et les activités humaines. Pour sa préservation, il faut comprendre les surfaces irriguées et les besoins en eau des cultures, un défi dû à la variabilité spatiale des sols, du climat et des pratiques agricoles. La télédétection, notamment par les données Sentinel, est cruciale. Cette thèse propose des outils diagnostiques pour gérer efficacement l'eau à l'échelle des bassins versants, via une cartographie des surfaces irriguées avec des images Sentinel-1 & 2. Le modèle agro-météorologique SAMIR, utilisant des images d'indice de végétation, a permis de modéliser les besoins et consommations en eau du maïs irrigué. Les résultats suggèrent une performance satisfaisante du modèle et soulignent l'importance d'estimer précisément la réserve utile pour déterminer correctement les irrigations saisonnières et les volumes.



Classification du maïs irrigué issue du modèle SAMIR, avec l'application d'un seuil sur le bassin versant d'Adour Amont en 2017

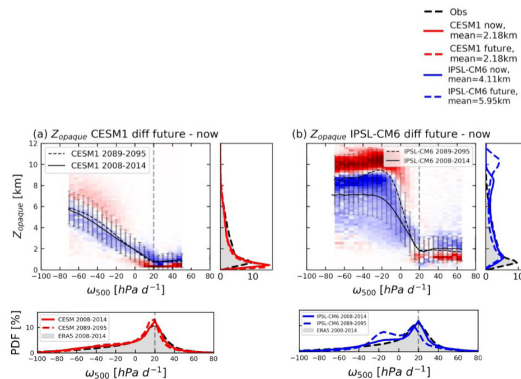
## Observer, détecter et comprendre les rétroactions climatiques des nuages : apport des mesures lidar spatiales

**Miguel PERPINA**

La principale incertitude sur les prédictions climatiques vient de la mauvaise compréhension de comment les nuages réagiront à un climat plus chaud. L'enregistrement long des détections de nuages par des capteurs actifs (lidars) permettra de mesurer la distribution verticale des nuages, l'une des propriétés les plus sensibles au réchauffement climatique. Ici, nous explorons les interactions dans les tropiques entre les propriétés des nuages opaques, a priori sensibles au changement climatique dérivées d'observations de lidar spatial (CALIPSO-GOCCP), et les propriétés de l'atmosphère issues de réanalyses (ERA5) et de 2 modèles de climat. IPSL-CM6 met les nuages hauts opaques trop haut (+2km). CESM1 surestime la couverture nuageuse opaque intermédiaire et sous-estime les petites et grandes couvertures nuageuses opaques. Les 2 modèles prévoient que les nuages se comportent différemment à une vitesse du vent supérieure ou inférieure à +20hPa/jour.

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 173 - Sciences de l'univers,  
de l'environnement et de  
l'espace (SDU2E)  
-  
**DEBUT / FIN**  
**DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021  
-  
**DATE DE SOUTENANCE**  
14.12.2021  
-  
**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Vincent NOEL  
-  
**LABORATOIRE**  
LAERO  
-  
**COFINANCEUR**  
AIRBUS DEFENCE & SPACE  
-  
**RÉFÉRENT**  
Adrien DESCHAMPS

Différences entre les histogrammes normalisés futurs et actuels de Zopaque pour (a) CESM1 et (b) IPSL-CM6. Les  $\omega_{500}$  à moins de 3000 occurrences sont masqués. Dans les PDF, les ombres grises représentent les distributions selon les observations GOCCP (propriétés nuageuses) et les réanalyses ERA5 ( $\omega_{500}$ ) sur la période 2008-2014. Les traits pleins représentent la période 2008-2014 et les pointillés la période 2089-2095. La résolution des données est de  $2^\circ \times 2^\circ \times 1$  mois

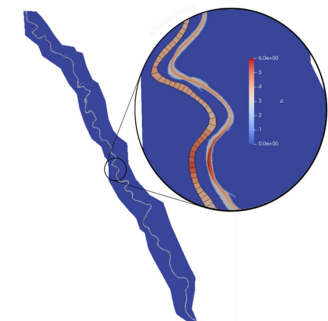


## Synergie optimale de données multi-sources et de modèles hydraulique-hydrologiques pour la modélisation cartographique d'hydrosystèmes complexes

**Léo PUJOL**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 269 - Mathématiques,  
sciences de l'information et  
de l'ingénieur (MSII)  
-  
**DEBUT / FIN**  
**DE CONTRATS**  
01.01.2019 - 31.12.2021  
-  
**DATE DE SOUTENANCE**  
02.05.2022  
-  
**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Robert MOSE  
Jérôme MONNIER  
Pierre-André GARAMBOIS  
-  
**LABORATOIRE**  
ICUBE  
-  
**COFINANCEUR**  
ICUBE  
-  
**RÉFÉRENT**  
Philippe MAISONGRANDE

Cette thèse présente des approches de modélisation hydrauliques-hydrologiques des réseaux hydrographiques permettant d'exploiter des données multi-sources par assimilation variationnelle. Une mise en cohérence est recherchée entre la complexité des modélisations numériques des grandeurs physiques et leur observabilité hétérogène. Une des difficultés des problèmes inverses étudiés vient de l'effet corrélé des paramètres sur les signatures hydrodynamiques et de leur observabilité éparse et hétérogène en espace, temps et nature. L'inférence de paramètres inconnus ou incertains (friction, bathymétrie, hydrogrammes latéraux) dans des modèles hydrauliques complets 1D et 2D appliqués à large échelle spatiale, à partir d'observations altimétriques et optiques est étudiée. Une nouvelle méthode multi-échelle pour la modélisation et assimilation hydraulique-hydrologique sur de réseaux hydrographiques est présentée. Des inférences précises sont obtenues quand la quantité d'information contenue dans les observables et les informations a priori est suffisante au regard des inconnues estimées.

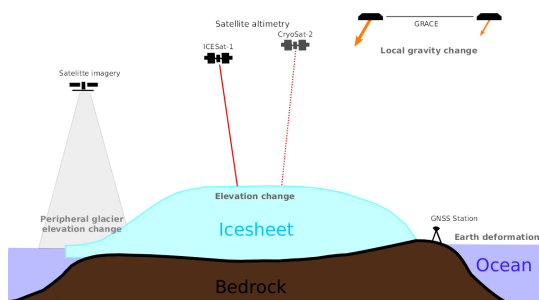


Etendue et profondeur (en mètres) simulées d'un tronçon de la Garonne à partir d'une modélisation hydraulique bidimensionnelle

## Étude géodésique multi-techniques de l'évolution de la calotte du Groenland et déformations de la Terre associées : quelles incertitudes sur les bilans de masse de glace ?

Ana SANCHEZ

L'évolution de la calotte polaire du Groenland est un indicateur important des changements climatiques et contribue de façon importante à la montée du niveau moyen des mers. Générer un bilan de masse glaciaire de la calotte polaire du Groenland précis et sans erreur reste un véritable défi. Nous proposons de combiner différents types de mesures géodésiques pour améliorer notre connaissance de l'évolution spatiale et temporelle de la calotte polaire du Groenland. En particulier, nous visons à réconcilier les variations de volume de glace observées par altimétrie satellitaire avec les estimations régionales des vitesses de station GNSS et les mesures de gravimétrie spatiale variables dans le temps sur les périodes 2003-2009 et 2011-2015. Nous concluons que les différents types de données ne sont pas directement comparables au Groenland et qu'elles doivent être combinées avec précaution, en raison des différentes corrections appliquées et des différentes résolutions de temps et d'espace.



**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 560 - Sciences de la Terre, de l'Environnement et Physique de l'Univers (STEP'UP)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
22.06.2022

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Laurent MÉTIVIER  
Marianne GREFF LEFFTZ

**LABORATOIRE**  
LAREG

**COFINANCEUR**  
Institut national d'information géographique et forestière (IGN)

**RÉFÉRENT**  
Mioara MANDEA

Techniques satellitaires d'observation des calottes polaires

## Apport du sondeur infrarouge IASI à la détermination des flux radiatifs et du taux de chauffage vertical à grande longueur d'onde

Yoann TELLIER

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 626 - Institut Polytechnique de Paris (EDIPP)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
17.12.2021

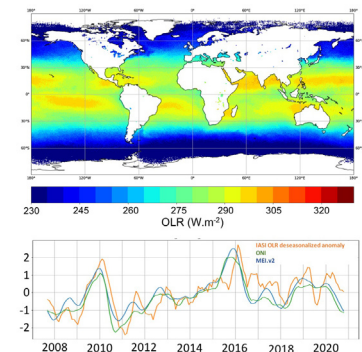
**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Cyril CREVOISIER

**LABORATOIRE**  
LMD

**COFINANCEUR**  
THALES Servives

**RÉFÉRENT**  
Adrien DESCHAMPS

L'évolution des flux radiatifs atmosphériques à grande longueur d'onde en réponse aux émissions de gaz à effet de serre anthropiques est à la source des changements du climat actuellement observés. Cette thèse a démontré la possibilité d'estimer à partir des observations à haute résolution spectrale du sondeur infrarouge IASI, l'évolution du flux radiatif sortant à grande longueur d'onde (ou Outgoing Longwave Radiation OLR) mais aussi, pour la première fois, du taux de chauffage associé. OLR et taux de chauffage sont deux des principales grandeurs radiatives utilisées pour étudier le bilan radiatif terrestre. Ces travaux se sont appuyés sur le développement du module 4A-Flux, désormais intégré au code de transfert radiatif 4A/OP, qui a été validé dans le cadre de l'exercice international d'intercomparaison RFMIP. L'OLR estimé à partir de IASI a été validé grâce aux mesures réalisées par des radiomètres larges bandes (CERES, SCARAB) et ont été reliés aux principaux signaux climatiques.

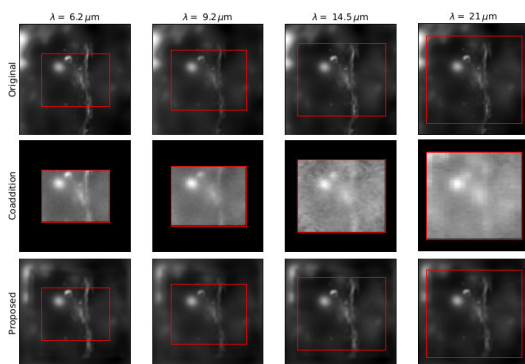


(Haut) Flux radiatif sortant aux grandes longueurs d'ondes au sommet de l'atmosphère (OLR) mesuré par IASI/ Metop-A en 2019. (Bas) Evolution de l'OLR de 2007 à 2021 (orange) et de 2 indices climatiques : Oceanic Niño Index (vert) et Multivariate El Niño/Southern Oscillation (bleu)

## Reconstruction hyperspectrale haute résolution par inversion. Application au spectromètre infrarouge MIRI-MRS du télescope spatial James webb

Ralph ABI RIZK

Cette thèse traite de la reconstruction d'images 3D spatio-spectrales à partir de mesures infrarouges 2D fournies par l'instrument MIRI/IRS du télescope spatial James Webb. La reconstruction est complexe en raison des composantes de l'instrument qui dégradent et modifient les mesures, ainsi que de l'échantillonnage spatial insuffisant. Pour résoudre ce problème, un algorithme de reconstruction a été proposé, qui traite conjointement les informations spatiales et spectrales des mesures 2D. L'algorithme comprend une étape de fusion des mesures, une étape de super-résolution et une étape de déconvolution. De plus, un modèle direct pour le même instrument a été développé en supposant que l'image  $2D+\lambda$  vit dans un sous-espace de faible dimension. La reconstruction proposée a été testée sur plusieurs images synthétiques et a montré une amélioration significative des résolutions spatiales et spectrales par rapport aux algorithmes de l'état de l'art.



Reconstruction de la barre d'Orion sur simulation

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 580 - Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
08.11.2021

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
François ORIEUX  
Alain ABERGEL

**LABORATOIRE**  
L2S

**COFINANCEUR**  
ED STIC de Paris-Saclay

**RÉFÉRENT**  
Philippe LAUDET

## De l'étude de l'évolution de la matière organique dans un environnement martien simulé à sa recherche in situ par l'instrument MOMA lors de la mission spatiale Exomars 2022

Naila CHAUCHE

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 531 - Sciences, Ingénierie et Environnement (SIE)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
09.12.2021

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Hervé COTTIN  
Fabien STALPORT

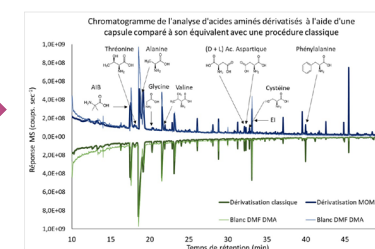
**LABORATOIRE**  
LISA

**COFINANCEUR**  
UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL

**RÉFÉRENT**  
Christian MUSTIN

Un nombre restreint de molécules organiques ont, à ce jour, été détectées à la surface de Mars alors qu'à minima, une grande diversité chimique est apportée par le milieu interplanétaire (météorites, micrométéorites...). Deux hypothèses principales expliquent les différences observées entre les molécules détectées et les molécules supposées présentes : i) les biais directement liés à l'instrumentation utilisée in situ pour l'analyse des échantillons, ii) l'impact de l'environnement martien sur l'évolution de la matière organique. L'objectif de cette thèse est d'apporter des éléments de réponses sur la problématique de la détection de matière organique sur Mars, notamment dans le contexte de la future mission spatiale Exomars. Le premier résultat avec l'instrument MOMA montre qu'il est capable d'analyser des molécules organiques tels que les acides aminés. Le second résultat indique que l'environnement martien (UV, perchlorates) dégrade la matière organique telle que les bases azotées.

Dérivatisation d'acides aminés avec un protocole MOMA



Détection de tous les composés initialement injectés

Séparation chromatographique similaire pour une procédure avec ou sans capsule MOMA

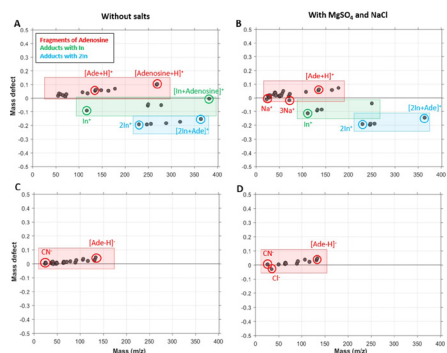
Dérivatisation d'acides aminés avec un protocole MOMA



## Optimisation de développements de spectrométrie de masse Orbitrap TM pour l'analyse de la matière simulant celle de mondes océans

**Barnabé CHERVILLE**

La potentielle habitabilité des mondes océans en fait des cibles prioritaires pour les agences spatiales. L'intégration d'instruments de spectrométrie de masse à haute résolution aux missions à venir accroîtra le retour scientifique. Ces travaux s'articulent autour de ce besoin en décrivant les études et développements menés sur deux instruments de haute résolution en masse utilisant la technologie Orbitrap™: i) les performances analytiques du LAb-CosmOrbitrap instrument de qualification du CosmOrbitrap suite aux modifications de la cellule et l'implémentation du mode négatif ; ii) OLYMPIA, construit avec des modules commerciaux conçu pour être couplé à l'expérience allemande LILBID, qui permet de simuler des impacts hypervéloces de grains de glace obtenus dans les spectromètres de masse spatiaux de type collecteurs de poussière. L'objectif est de contribuer à la bibliothèque de spectres de masse aidant à l'interprétation des futures données de l'instrument SUDA/Europa Clipper.



**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 552 - Énergie - Matériaux  
- Sciences de la Terre et de  
l'Univers (EMSTU)

**DEBUT / FIN  
DE CONTRATS**  
01.11.2018 - 31.12.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
30.08.2022

**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Christelle BRIOIS

**LABORATOIRE**  
LPC2E

**COFINANCEUR**  
REGION CENTRE-  
VAL-DE-LOIRE

**RÉFÉRENT**  
Francis ROCARD

Mass defect of detected peaks  
versus m/z in Adenosine and  
Adenosine+MgSO<sub>4</sub>+NaCl samples from  
738 ms-long signals using the TRL5 HV  
power supply and pre-amplifier

## Détermination de la sensibilité thermique de l'expérience MICROSCOPE pour le test du principe d'équivalence

**Océane DHUICQUE**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 127 - Astronomie  
et Astrophysique Ile de  
France (AAIF)

**DEBUT / FIN  
DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 31.10.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
13.12.2021

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Gilles MÉTRIS  
Manuel RODRIGUES

**LABORATOIRE**  
DPHY

**COFINANCEUR**  
ONERA

**RÉFÉRENT**  
Thierry BRET-DIBAT

La mission MICROSCOPE vise le test du principe d'équivalence, ou universalité de la chute libre, avec une précision inégalée de 1E-15. Le satellite MICROSCOPE lancé en 2016 embarque l'instrument développé par l'ONERA. L'instrument est constitué d'une paire de double accéléromètres concentriques dont les masses d'épreuve sont comparées dans leurs chutes libres. Les données de vol collectées ont été traitées pour améliorer les modèles instrumentaux. L'évaluation des perturbations thermiques a permis de réduire les erreurs systématiques. A cet effet, de nombreuses sessions ont réalisées et ont permis de recalibrer le modèle thermique de l'instrument. Les méthodes employées consistent à analyser la corrélation des signaux dans les domaines temporel et fréquentiel par rapport aux différents stimuli thermiques introduits en orbite. Les résultats de cette thèse ont été pris en compte dans la publication finale des résultats de MICROSCOPE en 2022.

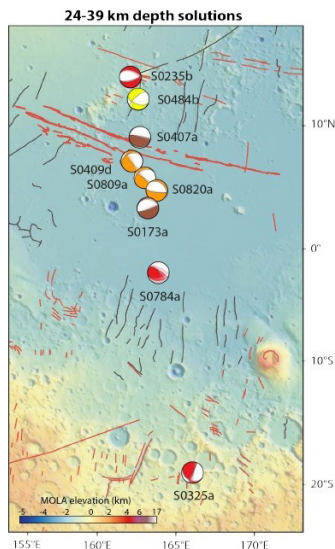


Modèle de vol T-SAGE (Crédit  
ONERA) pour la mission  
MICROSCOPE du CNES

## Étude des sources sismiques détectées par la mission InSight dans la province d'Elysium Planitia, Mars

**Alice JACOB**

La mission InSight s'est posée dans la province d'Elysium Planitia sur Mars le 26 novembre 2018. Depuis 2019, grâce au déploiement du sismomètre SEIS à la surface de la planète, plus d'un millier d'événements sismiques, les «marsquakes», ont été enregistrés, prouvant que Mars est active sismiquement. L'analyse de ces séismes a alors permis de sonder pour la première fois la structure interne de Mars, de la croûte au noyau. Les catalogues d'événements ont permis d'étudier la sismicité de la planète, et de répertorier les séismes en fonction de leurs caractéristiques. Ainsi, les marsquakes sont divisés en plusieurs catégories, dont deux, qualifiées de basses fréquences (low-frequency, LF) et à large bande (broadband, BB), qui nous intéressent particulièrement dans cette thèse.



Cartes topographiques de Mars (élévation MOLA) avec les principales caractéristiques tectoniques et centrées sur les solutions de tenseur des moments sélectionnées pour les neuf séismes martiens inversés

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 560 - Sciences de la Terre, de l'Environnement et Physique de l'Univers (STEP'UP)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 31.12.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
26.04.2022

**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Philippe LOGNONNE

**LABORATOIRE**  
IPGP

**COFINANCEUR**  
IPGP

**RÉFÉRENT**  
Francis ROCARD

## Contraintes sur les mécanismes de génération des switchbacks et signature magnétique de modes extraordinaires lents : observations de Parker Solar Probe

**Andrea LAROSA**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 552 - Énergie - Matériaux - Sciences de la Terre et de l'Univers (EMSTU)

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.11.2018 - 04.11.2021

**DATE DE SOUTENANCE**  
22.12.2021

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Thierry DUDOK DE WIT  
François BOULANGER

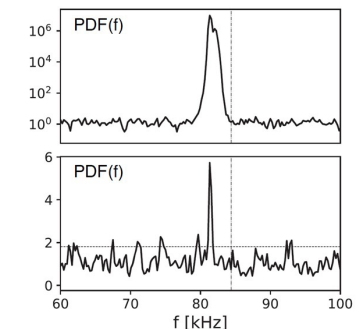
**LABORATOIRE**  
LPC2E

**COFINANCEUR**  
REGION CENTRE-VAL-DE-LOIRE

**RÉFÉRENT**  
Kader AMSIF

La mission Parker Solar Probe, lancée en 2018, est la première sonde à pénétrer profondément dans la couronne solaire, ouvrant de nouvelles perspectives pour étudier in situ le vent solaire jusqu'à 9.85 rayons solaires. Parmi les principales découvertes de la mission figure l'omniprésence de brusques inversions du champ magnétique appelées switchbacks. Dans cette thèse, nous présentons et étudions deux nouveaux résultats. Premièrement, nous montrons que ces structures se comportent comme des fluctuations de type mode lent et rapide. Un deuxième résultat est la première observation de la signature magnétique des modes extraordinaires lents associés aux sursauts radio solaires de type III. Nous fournissons un cadre théorique qui révèle une proportionnalité inverse entre l'intensité du champ magnétique et l'indice de réfraction du plasma et nous démontrons que la signature magnétique des ondes devient observable parce que les inhomogénéités de densité font chuter l'indice de réfraction.

Densité de puissance spectrale du champ électrique (haut) et du champ magnétique (bas), mettant en évidence la présence d'une onde de type extraordinaire lent, avec sa signature magnétique qui est faible mais significative



## CLAUDS, FIREBall : a UV driven approach to understand what is darkening the shiny destiny of galaxies

**Vincent PICOUET**

L'évolution des galaxies est un sujet vivement débattu mettant en jeu des mécanismes physiques complexes intervenant à de multiples échelles. Toutefois quelques consensus ont émergé ces dernières décennies. Parmi eux, le fait que l'univers ait atteint son pic d'activité de formation d'étoiles il y a 10 milliards d'années et que son activité stellaire ne cesse de décliner depuis. Les observations multi-longueur d'ondes de l'ultra violet (UV) à l'infrarouge lointain convergent vers une diminution d'un facteur dix depuis  $z \sim 2$ . Le but de cette thèse est d'exploiter le relevé UV CLAUDS pour analyser cette période de déclin de la formation stellaire. En proposant une calibration réaliste de l'atténuation de l'UV par la poussière, nous accédons aux plus profondes fonctions de taux de formation d'étoile corrigées de l'extinction jusqu'à  $z \sim 2$ . Malheureusement les phénomènes de gaz régulant la formation d'étoile (accrétion, outflows) étant invisibles pour ce type de relevés, l'observation de ces phénomènes nécessite des instruments de nouvelle génération. La deuxième partie de cette thèse portera sur l'étude, via l'instrument UV FIREBall, de l'environnement des galaxies (milieu circum galactique), considéré comme le lieu de prédilection pour les échanges gazeux et énergétiques entre les galaxies et le MIG. Le spectrographe multi-objets FIREBall, a pour but d'imager l'émission Lyman alpha autour des galaxies, et d'ouvrir la voie pour de nouveaux instruments spatiaux UV. Je présenterai donc ma participation au développement de cet instrument (calibration, évaluation des performances) ainsi que l'analyse des résultats du dernier vol effectué en septembre 2018.

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 352 - Physique et Science de la matière

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.12.2018 - 31.05.2020

### DATE DE SOUTENANCE

17.12.2021

### DIRECTEUR DE THÈSE

Stephane ARNOUITS

### LABORATOIRE

LAM

### COFINANCEUR

AMU

### RÉFÉRENT

Philippe LAUDET

## Modélisation statistique de l'émission polarisée de la poussière interstellaire

**Bruno RÉGALDO-SAINT BLANCARD**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 127 - Astronomie et Astrophysique Ile de France (AAIF)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

02.11.2021

### DIRECTEUR DE THÈSE

François LEVRIER

### LABORATOIRE

LPENS

### COFINANCEUR

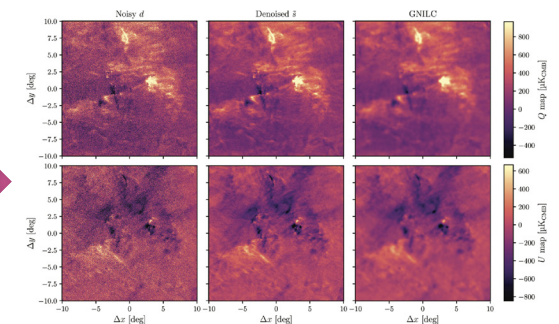
ED 127

### RÉFÉRENT

Philippe LAUDET

L'émission thermique de la poussière interstellaire est un avant-plan majeur de la polarisation du fond diffus cosmologique. La quête de modes B dans le FDC, associés aux ondes gravitationnelles primordiales, est étroitement liée à la physique complexe du milieu interstellaire (MIS). Cette thèse vise à définir un modèle statistique de cette émission d'avant-plan, quantifiant les couplages entre échelles, au travers des outils WST et WPH. La dépendance angulaire des WST peut être modélisée avec la RWST, introduite précédemment pour des cartes en intensité totale. La description statistique obtenue quantifie les propriétés multi-échelles des cartes en termes interprétables géométriquement et potentiellement physiquement. (R)WST et WPH permettent de définir des modèles statistiques génératifs. En présence de bruit, j'introduis une méthode de débruitage statistique fondée sur les statistiques WPH, visant à retrouver les propriétés statistiques non Gaussiennes de l'émission non-bruitée.

Cartes en polarisation (paramètres de Stokes Q - rang supérieur - et U - rang inférieur) de la région de Chamaeleon-Musca observées par Planck à 353 GHz. La colonne de droite montre les données de la mission, qui sont bruitées, et la colonne du milieu montre le résultat du débruitage statistique mis en avant dans ce travail. La colonne de droite montre un débruitage (GNILC) correspondant à l'état de l'art avant ce travail.



## Modélisation de la diffusion de la lumière des éclairs par les nuages et applications aux observations photométriques

**Antoine RIMBOUD**

Depuis 2016, les satellites géostationnaires américains GOES sont équipés d'imageurs d'éclair, comme l'est le satellite MTG, lancé fin 2022. Parallèlement à cela, la mission ASIM effectuée depuis l'ISS des images et des mesures photométriques d'éclairs. Depuis l'espace, seule la lumière des éclairs est diffusée par le nuage. La compréhension de cette diffusion par les nuages est donc fondamentale pour la bonne interprétation des observations spatiales. La thèse avait pour objectif de comprendre les effets des propriétés du nuage sur la propagation du signal lumineux émis par les éclairs. Pour modéliser ce processus, on utilise le code de transfert radiatif 3DMCPOL, développé au Laboratoire d'Optique Atmosphérique, qui permet de caractériser, par la méthode de Monte-Carlo, les effets radiatifs de nuages hétérogènes en trois dimensions. La variabilité des signaux photométriques calculés a été analysée en fonction des caractéristiques de l'éclair et de différents types d'hydrométéores.

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 104 - Sciences de la matière, du rayonnement et de l'environnement (SMRE)

### DEBUT / FIN

#### DE CONTRATS

05.11.2018 - 04.04.2022

### DATE DE SOUTENANCE

13.04.2022

### DIRECTEUR DE THÈSE

Philippe DUBUISSON

### LABORATOIRE

LOA

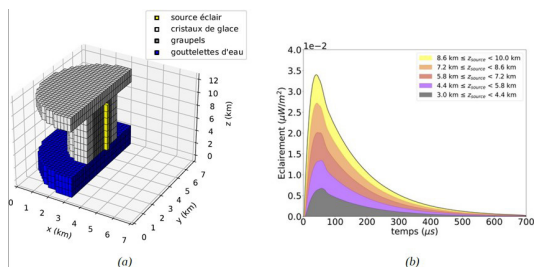
### COFINANCEUR

CEA

### RÉFÉRENT

Kader AMSIF

(a): Exemple d'un nuage orange simulé avec 3DMCPOL.  
 (b): Forme d'onde simulée correspondant à cette configuration (courbe noire). Les contributions en éclaircissement de chacune des parties de la source verticale sont indiquées dans la forme d'onde



## Apprentissage profond pour la compression embarquée d'images d'observation de la Terre

**Vinicius ALVES-DE OLIVEIRA**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 475 - Mathématiques, Informatique, Télécommunications de Toulouse (MITT)

### DEBUT / FIN

#### DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

21.10.2022

### LABORATOIRE

TéSA

### DIRECTEURS DE THÈSE

Marie CHABERT

Charly POUILLIAT

Thomas OBERLIN

### COFINANCEUR

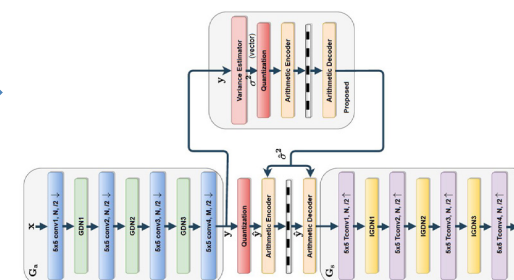
THALES ALENIA SPACE

### RÉFÉRENT

Mickael BRUNO

Les nouvelles générations de satellites permettent l'acquisition d'images avec des résolutions de plus en plus élevées, générant une quantité de données croissante. La compression embarquée d'images devient donc cruciale pour préserver la bande passante du canal de transmission et réduire le temps de transmission. Récemment, les réseaux de neurones convolutifs avec les architectures de type autoencodeur ont montré des résultats exceptionnels pour la compression avec perte par rapport aux schémas de compression traditionnels, mais au prix d'une complexité élevée. Pour envisager une utilisation à bord de ces méthodes un compromis performances et complexité doit être établi. L'objectif principal de cette thèse est d'adapter ces architectures de compression à la compression embarquée, de les simplifier et de les entraîner avec des images spatiales. Ensuite nous verrons comment de telles architectures peuvent être améliorées en agrégeant d'autres fonctionnalités telles que le débruitage.

Reduced-Complexity End-to-End Variational Autoencoder for on Board Satellite Image Compression - Proposed architecture and performance assessment



## Contrôleur robuste d'un vibreur pour la qualification mécanique des satellites

**Md Samsul AREFIN**

L'objectif de cette thèse est d'éliminer le phénomène de battement du système d'essais vibratoires lors de la qualification mécanique de satellite. En effet, la structure de commande utilisée pour cette qualification est souvent non satisfaisante en termes de performances de suivi de référence au voisinage des modes structuraux et des modes réservoir du satellite, pouvant induire des interruptions lors des tests. Une stratégie de commande robuste est proposée, évitant les instabilités du modèle composite actionneur, interface et satellite, avec une reformulation permettant la désensibilisation de la commande face à des variations des paramètres modaux. Une architecture de type Model In the Loop du système d'essai de vibration valide les travaux via des simulations dans les domaines temporel et fréquentiel. Une formulation de la commande développée adaptée au cadre de l'architecture matérielle industrielle permet son implémentation avec des composants matériels et logiciels existants.

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 580 - Sciences et Technologies de l'information et de la communication (STIC)

—

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.02.2019 - 30.03.2022

—

**DATE DE SOUTENANCE**  
24.06.2022

—

**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Didier DUMUR

—

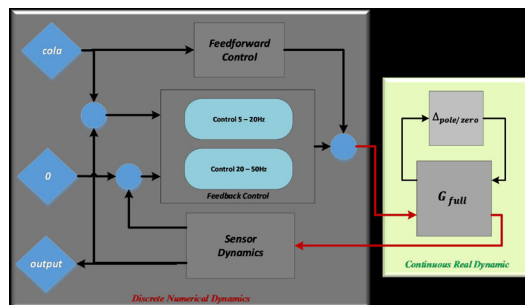
**LABORATOIRE**  
L2S

—

**COFINANCEUR**  
THALES ALENIA SPACE

—

**RÉFÉRENT**  
Aurélien HOT



MIL architecture of the virtual shaker

## Interféromètre à ondes de matière ultra-froides pour le test du principe d'équivalence faible en micropesanteur

**Romain ARGUEL**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 37 - Sciences physiques pour l'ingénieur et microtechniques (SPIM)

—

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 31.12.2021

—

**DATE DE SOUTENANCE**  
07.01.2022

—

**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Philippe BOUYER

—

**LABORATOIRE**  
LP2N

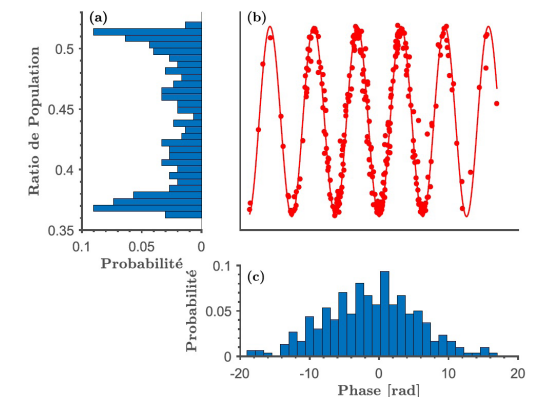
—

**COFINANCEUR**  
INSTITUT D'OPTIQUE

—

**RÉFÉRENT**  
Thomas LEVEQUE

Ces travaux de thèses se sont déroulés dans le cadre du projet ICE, qui a pour but de développer un accéléromètre à ondes de matière bi-espèce (Rubidium-Potassium), appliqué au test du principe d'équivalence faible (PEF). Afin de s'affranchir des limitations liées à la chute libre des atomes, l'instrument a été conçu pour opérer dans un environnement de micropesanteur, ce qui en fait un démonstrateur technologique de choix pour de futures applications spatiales. Le régime d'impe- santeur est concrètement atteint par le biais de deux plateformes complémentaires : l'avion OG de Novespace, et un « ascenseur d'Einstein » installé au laboratoire. La réalisation d'interféromètres à longs temps d'interrogation ( $2T=200$  ms) ainsi que les progrès réalisés sur l'expérience en terme de cohérence de la source atomique laissent entrevoir, à moyen terme, un test de haute sensibilité du PEF avec des ondes de matières ultra-froides en micropesanteur.



Franges d'interférences atomiques obtenues en micropesanteur

## Modélisation et prédiction du comportement sous irradiation d'architectures complexes de sources ou amplificateurs optiques

**Marine AUBRY**

Dans cette thèse sont étudiés les effets couplés des radiations et de la température sur les fibres optiques (FO) dopées Erbium et Erbium-Ytterbium et sur les EDFAs et EYDFAs. Un état de l'art est établi sur les amplificateurs à FO, l'environnement spatial dans lequel évoluent ces appareils, les effets des radiations sur les FO et particulièrement sur celles qui composent les amplificateurs. Un code de simulation a été utilisé pour comparer et implémenter des effets physiques étudiés. L'algorithme est détaillé dans le manuscrit ainsi que ses données d'entrée et de sortie. Les amplificateurs ont été testés sous rayons X à différentes températures permettant de mettre en valeur leurs effets couplés sur le gain des amplificateurs. Nous avons étudié les effets combinés des radiations et de la température au niveau spectral à travers des mesures de RIA et nous avons comparé nos résultats expérimentaux avec ceux simulés.

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 488 - Sciences Informatique et Santé (SIS)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

08.10.2018 - 24.10.2021

### DATE DE SOUTENANCE

18.03.2022

### DIRECTEURS DE THÈSE

Sylvain GIRARD  
Emmanuel MARIN  
Luciano MESCIA

### LABORATOIRE

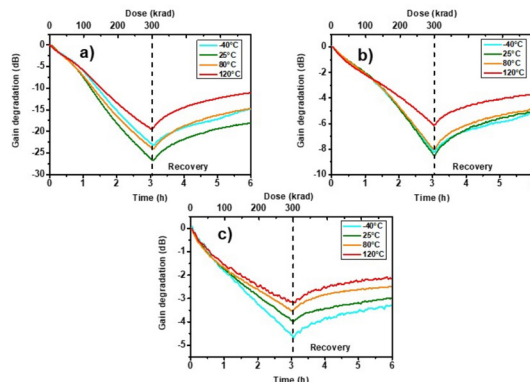
IPHC StEtienne

### COFINANCEUR

iXBLUE Photonics

### RÉFÉRENT

Julien MEKKI



Gain degradation as a function of time, irradiation temperature (from -40°C to 120°C) and the dose (up to 300 krad) for a) Amp4, b) Amp5 and c) Amp6 respectively based on ErYb1 ErYb2 and ErYb3

## Apport des données Sentinel-1 pour le suivi continu de la forêt tropicale : cas de la Guyane

**Marie BALLERE**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 532 - Mathématiques et Sciences et Technologie de l'Information et de la Communication (MSTIC)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

22.11.2021

### DIRECTEUR DE THÈSE

Pierre-Louis FRISON

### LABORATOIRE

LASTIG

### COFINANCEUR

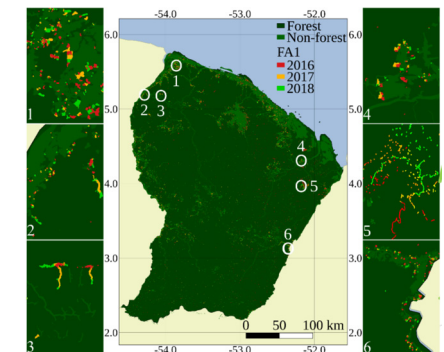
WWF France

### RÉFÉRENT

Thierry KOLECK

Les forêts tropicales abritent la biodiversité la plus riche de notre planète et jouent un rôle particulièrement important dans le stockage du carbone et le cycle de l'eau. Le suivi de la dégradation de ce milieu est un défi d'actualité car il représente un danger immédiat pour l'environnement et la biodiversité. Depuis 2014, les satellites Sentinel du programme européen Copernicus fournissent des images radar et optiques à une résolution décimétrique et une répétitivité allant de 5 à 12 jours selon la région du monde. Cette thèse a consisté à développer une méthode de détection du déboisement en quasi temps réel dans les forêts tropicales. Basée sur les données radar Sentinel-1, cette méthode de détection a été évaluée sur la Guyane française. En complément, une étude a été réalisée pour caractériser les causes du déboisement (orpaillage, agriculture, l'exploitation, urbanisation et autres) en utilisant une méthode d'apprentissage permettant de produire un modèle prédictif simple, fiable, automatique et utilisable à l'échelle de la Guyane en temps-réel.

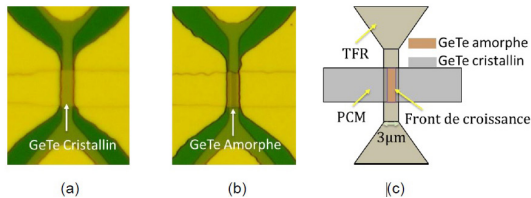
Carte produite : perturbations forestières sur la Guyane, entre 2016 et 2018 à une résolution de 10 m, et sur des zones de 8 x 12 km mettant en évidence les différentes tailles, formes et distributions des zones déforestées. Disponible sur [cesbiomass.net](http://cesbiomass.net)



## Étude de Commutateurs à base de matériaux PCM (Phase Change Materials)

**Ines BETTOUMI**

L'objet de ce travail consiste à développer une matrice de commutation pour le contrôle des signaux radiofréquences de la chaîne d'émission-réception dans la charge utile des satellites. Les relais électromécaniques sont actuellement utilisés à cet effet, avec des performances (pertes et l'isolation) supérieures à celles proposées par les composants semi-conducteurs et un effet de bistabilité important. Les PCM, connus à l'origine dans les applications mémoire non-volatile, permettent non seulement d'apporter cette bistabilité, mais également de résoudre le problème d'encombrement connu par les relais électromagnétiques. Après un état de l'art sur les commutateurs RF PCM, cette thèse présente les phénomènes liés au changement de phase du matériau GeTe sous l'action d'un chauffage externe. Sont ensuite présentées la conception (Simulation Élément Finis) et l'optimisation des différents commutateurs SPST et une matrice SPDT en montrant les étapes de fabrication et de mesure.



### ÉCOLE DOCTORALE

ED 610 - Sciences et Ingénierie des Systèmes, Mathématiques, Informatique Informatique (SISMI)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

29.03.2022

### DIRECTEUR DE THÈSE

Pierre BLONDY

### LABORATOIRE

XLIM

### COFINANCEUR

THALES ALENIA SPACE

### RÉFÉRENT

Kateryna KIRYKHINA

Image microscopique d'un commutateur à base de PCM fabriqué à XLIM à l'état ; (a) ON et (b) OFF et (c) Reproduction explicatif du commutateur à l'état OFF

## Modélisation et optimisation d'un oscillateur optoélectronique couplé pour la synthèse de fréquence micro-onde

**Alexis BOUGAUD**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 323 - Génie électrique, électronique, télécommunications et santé (GEETS)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 31.08.2021

### DATE DE SOUTENANCE

25.01.2023

### DIRECTEURS DE THÈSE

Olivier LLOPIS  
Arnaud FERNANDEZ

### LABORATOIRE

LAAS

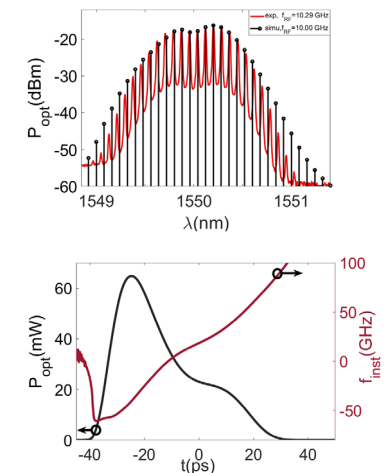
### COFINANCEUR

REGION OCCITANIE

### RÉFÉRENT

François-Xavier ESNAULT

L'oscillateur optoélectronique couplé (COEO) est une solution pour obtenir d'excellentes performances en bruit de phase (stabilité de fréquence court terme) dans le domaine micro-onde. Toutefois, il s'agit d'un système complexe avec de très nombreux paramètres de réglage. Une étude détaillée de la cavité optique d'un COEO suivant la dispersion chromatique intra et extra-cavité, couplée aux conditions de synchronisation du COEO, est menée en vue d'une optimisation en bruit de phase d'un tel dispositif. Une étude expérimentale et théorique du COEO à modulateur d'amplitude suivant la dispersion chromatique et le désaccord de phase entre les oscillateurs est présentée. Des architectures alternatives à cette configuration sont également proposées dans l'objectif de combiner performance en bruit et compacité.

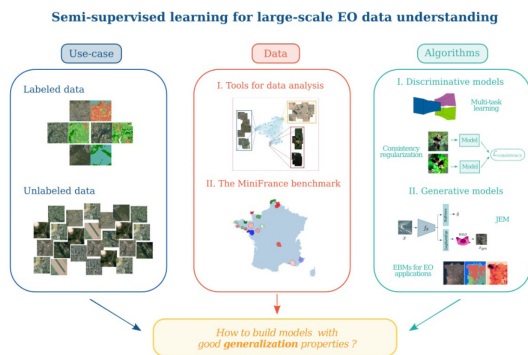


Spectre optique d'un oscillateur optoélectronique couplé à 10 GHz (en haut, simulation et expérience) et forme de l'impulsion optique associée (en bas, simulation)

## Apprentissage semi-supervisé pour la compréhension des données d'observation de la Terre à large-échelle

**Javiera CASTILLO-NAVARRO**

L'observation de la Terre (OT) joue un rôle important dans la compréhension de notre planète. Aujourd'hui, les données sont facilement accessibles, mais leur volume est tel qu'elles ne peuvent être traitées par des humains. Ainsi, l'intelligence artificielle émerge comme une solution pour le traitement automatique des images d'OT. Cependant, la plupart des données restent sous-exploitées par manque d'annotation sémantique. Par conséquent, l'apprentissage supervisé ne suffit plus pour exploiter pleinement l'information. Cette thèse étudie des méthodes semi-supervisées (SSL) pour la classification et la segmentation, afin de parvenir à une compréhension des données d'OT à grande échelle.



### ÉCOLE DOCTORALE

ED 601 - Mathématiques et sciences et technologies de l'information et de la communication (MathSTIC)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

02.01.2019 - 28.02.2022

### DATE DE SOUTENANCE

23.03.2022

### DIRECTEURS DE THÈSE

Sébastien LEFEVRE  
Bertrand LE SAUX  
Alexandre BOULCH

### LABORATOIRE

ONERA/DTIS + IRISA/OBELIX

### COFINANCEUR

ONERA

### RÉFÉRENT

Stéphane MAY

Semi-supervised learning for large-scale EO data understanding

## Conception de circuit intégré synchrone hybride CMOS/MRAM sur technologie avancée robuste aux radiations spatiales

**Odilia COI**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 166 - Information, structures et systèmes (IS)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

14.10.2021

### DIRECTEUR DE THÈSE

Lionel TORRES

### LABORATOIRE

SPINTEC

### COFINANCEUR

CEA

### RÉFÉRENT

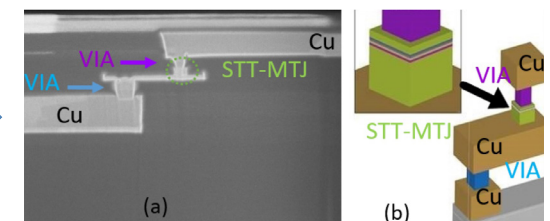
David DANGLA

L'électronique traditionnelle étant basée sur le stockage de charges, elle est susceptible d'expérimenter de nombreux effets néfastes dans l'espace. C'est pour cette raison que des dispositifs non basés sur la charge - comme les dispositifs spintroniques de dernière génération - sont étudiés dans le cadre de cette thèse.

Le travail est organisé comme suit :

1. Aperçu des différentes familles de mémoires non-volatiles émergentes.
2. Description de l'environnement spatial, ses sources de radiations et les effets qu'elles ont sur les systèmes de communication et l'électronique associée.
3. Exploration de l'utilisation des dispositifs spintroniques au niveau de la conception des circuits pour améliorer la tolérance aux rayonnements.
4. Étude détaillée de l'effet des ions lourds sur les dispositifs à couplage de transfert de spin, tant d'un point de vue théorique qu'expérimental.
5. Irradiation de ces dispositifs sous protons.

Légende : (a) image au microscope électronique à balayage (SEM) d'un dispositif MRAM (PMA-STT MTJ) (b) modélisation correspondante créée dans l'environnement de simulation radiations TRADCARE PMA : Perpendicular Magnetic Anisotropy ; STT : Spin Transfer Torque ; MTJ : Magnetic Tunnel Junction Cu : Copper metal ; VIA : Metallized hole which makes an electrical connection between two metal layers

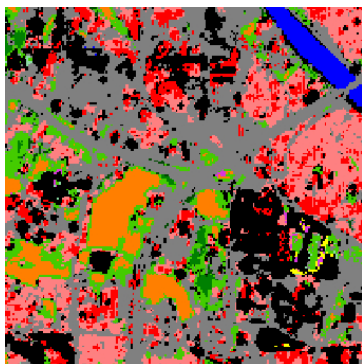




## Analyse de séries temporelles massives d'images satellitaires : Applications à la cartographie des écosystèmes

**Alexandre CONSTANTIN**

Cette thèse se concentre sur la classification des séries temporelles d'images satellite (SITS) issues de la mission Sentinel-2. La quantité sans précédent de données nécessite à la mise en œuvre de classificateurs capables de passer à l'échelle et l'utilisation de techniques d'optimisation de code. De plus, le bruit d'acquisition combiné à l'aspect temporel des données résulte en un échantillonnage irrégulier. Nous introduisons une nouvelle approche statistique ayant la capacité de classer des séries temporelles avec un échantillonnage irrégulier basée sur un mélange de processus gaussiens multivariés en considérant conjointement les informations spectrales et temporelles des SITS. Ces modèles permettent de surcroît une reconstruction de données à des instants non observés ou bruités. Les deux modèles sont évalués numériquement sur les SITS issues de Sentinel-2 et sont comparés aux approches conventionnelles, illustrant le bénéfice de disposer de modèles paramétriques interprétables.



Exemple de classification obtenue

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 217 - Mathématiques,  
Sciences et Technologies de  
l'Information, Informatique  
(MSTII)  
-  
**DÉBUT / FIN  
DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021  
-  
**DATE DE SOUTENANCE**  
13.12.2021  
-  
**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Stéphane GIRARD  
Mathieu FAUVEL  
-  
**LABORATOIRE**  
DYNAFOR  
-  
**COFINANCEUR**  
IDEX UGA  
-  
**RÉFÉRENT**  
Yannick TANGUY

## Méthodes de conception de réseaux réflecteurs bifréquences exploitant la cellule Phoenix - Validation expérimentale en bande K/Ka

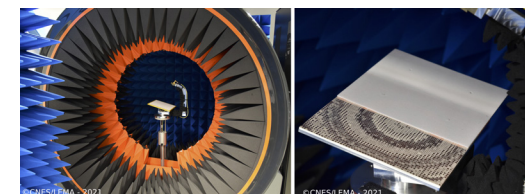
**Guillaume COURTIN**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 601 - Mathématiques et  
Sciences et Technologies  
de l'Information et de la  
communication MATISSE  
(anciennement MathSTIC)  
-  
**DÉBUT / FIN  
DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 31.12.2021  
-  
**DATE DE SOUTENANCE**  
15.03.2022  
-  
**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Raphaël GILLARD  
-  
**LABORATOIRE**  
IETR  
-  
**COFINANCEUR**  
THALES ALENIA SPACE  
-  
**RÉFÉRENT**  
Priscillia DAQUIN

Cette thèse s'intéresse au développement de la technologie des antennes à réseau réflecteur (RA) passif pour les communications bibandes par satellite. Le principe des RA consiste à renvoyer les ondes d'une source primaire vers une direction choisie grâce à une combinaison de motifs métalliques imprimés. En raison des contraintes spatiales, on privilégie les solutions constituées d'une seule couche de métallisation, ce qui rend la conception très contrainte.

Les cellules Phoenix (CP) sont exploitées pour contrôler le rayonnement en bande K/Ka (à 19 et 29 GHz). Après avoir démontré les potentialités de la CP pour ce type d'application, et mené une étude théorique pour interpréter les résonances parasites observées dans des réseaux périodiques, différentes stratégies de synthèses sont proposées et évaluées. Une méthodologie de synthèse robuste est établie puis deux RA en bande K/Ka sont conçus, fabriqués et mesurés. Ils démontrent le potentiel des CP pour les RA bibandes.

Prototype de réseau réflecteur  
bibande (19 et 29GHz).  
A gauche : prototype complet dans  
la base de mesure d'antennes  
du CNES. A droite : zoom sur  
une partie des motifs imprimés  
sur le réseau réflecteur



## Élaboration de peintures zéolithiques pour la décontamination moléculaire en orbite

La contamination moléculaire en orbite est l'une des problématiques majeures de l'industrie spatiale. Parmi les matériaux poreux testés pour le piégeage de contaminants, les zéolithes se sont avérées être les plus efficaces grâce à leur capacité à piéger ces molécules présentes à de très faibles concentrations. La synthèse des zéolithes conduisant à des poudres, une mise en forme de ces zéolithes est nécessaire pour éviter toute contamination particulière. C'est pourquoi le développement de peintures zéolithiques a été envisagé car ces dernières présentent l'avantage de pouvoir être directement appliquées sur la surface interne des satellites. L'objectif de cette thèse est d'élaborer des peintures zéolithiques qui adhèrent sur les éléments de surface des satellites, qui soient stables mécaniquement et qui puissent piéger les polluants. Différentes quantités de pigment noir ont également été ajoutées à certaines peintures dans le but d'éviter tout phénomène de lumière parasite.

### Mathieu DIBOUNE

#### ÉCOLE DOCTORALE

ED 182 - Physique et Chimie  
Physique (PCP)

#### DEBUT / FIN

DE CONTRATS  
01.10.2018 - 30.09.2021

#### DATE DE SOUTENANCE

28.09.2021

#### DIRECTEUR DE THÈSE

Jean DAOU

#### LABORATOIRE

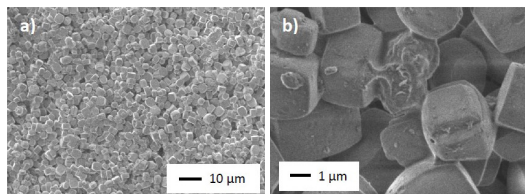
IS2M

#### COFINANCEUR

ZEPHIR ALSACE

#### RÉFÉRENT

Guillaume RIOLAND



Clichés MEB obtenus pour les peintures zéolithiques MFI-HK46 (a et b)

## Synthèse de cathodes multimétalliques fluorées pour batteries Lithium métal

### Fabien EVEILLARD

#### ÉCOLE DOCTORALE

ED 178 - Sciences  
Fondamentales de l'Université  
Clermont Auvergne (SF)

#### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

#### DATE DE SOUTENANCE

03.12.2021

#### DIRECTEURS DE THÈSE

Katia GUERIN  
Diane DELBEGUE

#### LABORATOIRE

ICCF

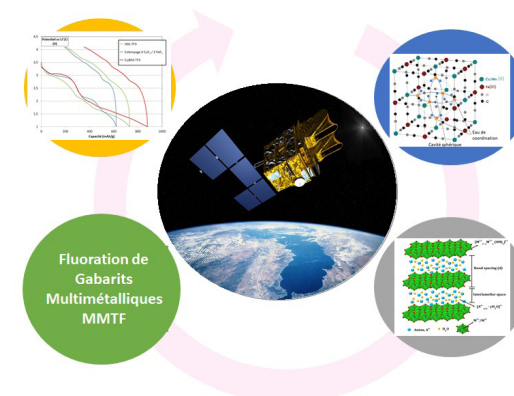
#### COFINANCEUR

UCA

#### RÉFÉRENT

Diane DELBEGUE

Les batteries lithium ion sont largement répandues dans le domaine spatial afin d'assurer l'autonomie énergétique des satellites. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à l'opportunité de développement des batteries lithium dites tout solide à base de lithium métallique en anode et de métaux fluorés comme cathode. Nous avons considéré en cathode un mix énergétique à base de  $\text{CuF}_2$  pour son haut potentiel redox et  $\text{FeF}_3$  pour sa forte capacité théorique. Nous avons élaboré une technique innovante de préparation de matériaux multimétalliques fluorés par la fluoration gaz solide de gabarits tels que les Hydroxydes Doubles Lamellaires et les Bleus de Prusse et Analogues. Cette méthode, procédant par une étude structurale et thermique préliminaire à une adaptation de la méthodologie de fluoration permet d'obtenir des matériaux de cathode fluorés pouvant maintenir le gabarit initial ou mixant intimement les fluorures. Les propriétés électrochimiques en sont alors améliorées.



Cathodes fluorées pour batteries à ion lithium

## Lumière diffusée par les filtres interférentiels complexes : développement d'un banc de métrologie hautes performances et d'outils de synthèse par intelligence artificielle

**Marin FOUCHIER**

Le développement des filtres interférentiels pour les imageurs multispectraux a mis en évidence de nouvelles problématiques de diffusion lumineuse qui peuvent perturber leur utilisation. Trois outils ont été développés : la modélisation, la métrologie et la synthèse. Un modèle électromagnétique de la diffusion intégrant les caractéristiques structurales de l'empilement et la rugosité de chaque interface a été mis au point. La métrologie repose sur le développement de SALSA, un diffusiomètre visible dont le fonctionnement a été étendu jusqu'à 1700 nm. SALSA mesure jusqu'à  $10^{-8}$  sr<sup>-1</sup> en diffusion et 13 densités optiques en spéculaire, environ 6 ordres de grandeur de mieux que l'état de l'art. La comparaison des résultats expérimentaux avec le modèle est excellente. Le modèle électromagnétique ouvre la voie à la synthèse de composants sous contrôle des propriétés de diffusion par résolution du problème inverse avec de premiers résultats de réduction la diffusion d'une décade sur un composant complexe.

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 352 - Physique et Sciences de la Matière

–

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

–

**DATE DE SOUTENANCE**  
06.10.2021

–

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Myriam ZERRAD  
Michel LEQUINE

–

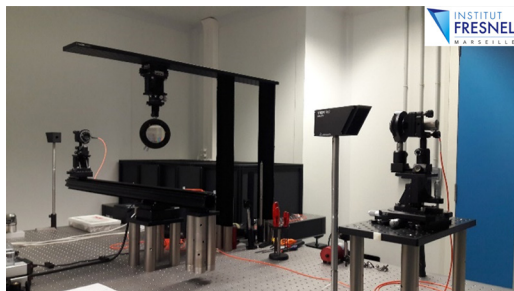
**LABORATOIRE**  
Institut Fresnel

–

**COFINANCEUR**  
CILAS ArianeGroup

–

**RÉFÉRENT**  
Karine MATHIEU



Diffusiomètre SALSA (Spectral and Angular Light Scattering characterization Apparatus) - Institut Fresnel

## Exploitation de données multi-temporelles et multi-capteurs pour l'extraction de surfaces d'eau continentales dans le contexte de la mission SWOT

**Nicolas GASNIER**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 626 - Institut polytechnique de Paris (IP Paris)

–

**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

–

**DATE DE SOUTENANCE**  
11.01.2022

–

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Florence TUPIN  
Loïc DENIS

–

**LABORATOIRE**  
LTCI

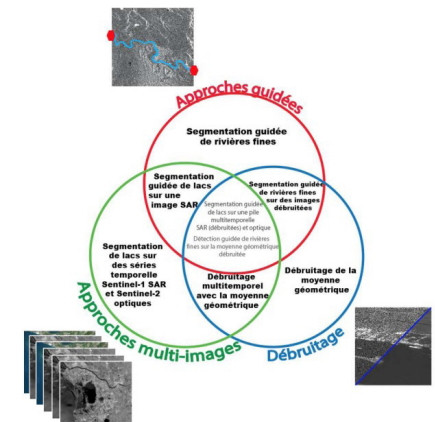
–

**COFINANCEUR**  
CS Goup France

–

**RÉFÉRENT**  
Roger FJORTOFT

La télédétection spatiale fournit aux hydrologues et aux décideurs des données indispensables à la compréhension du cycle de l'eau et à la gestion des ressources et risques associés. Le satellite SWOT complètera les capteurs existants, comme les constellations SAR, optique et nadir Sentinel-1, 2 et 3, et les relevés in situ. SWOT représente une rupture technologique car il est le premier satellite qui embarque un altimètre de fauchée quasi-nadir. La détection d'eau dans ces images est donc une étape essentielle du traitement des données SWOT, mais peut être difficile, en particulier avec un faible rapport signal sur bruit ou en présence de radiométries inhabituelles. Dans cette thèse, nous avons cherché à développer de nouvelles méthodes pour rendre la détection d'eau plus robustes. Pour cela, nous nous sommes intéressés à l'utilisation de données exogènes pour guider la détection, à la combinaison de données multi-temporelles et multi-capteurs et à des approches de débruitage.

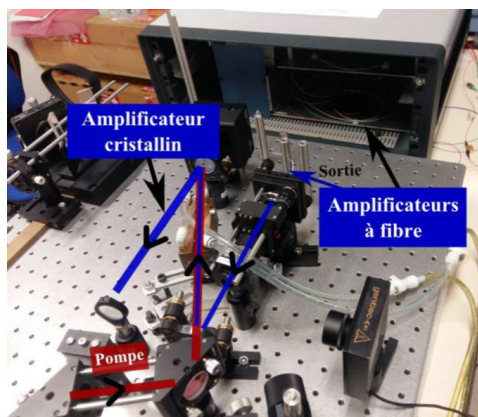


Synthèse des approches proposées au cours de la thèse pour améliorer la détection d'eau dans les images SAR

## Lidar 2 $\mu$ m à source hybride fibré/solide pour la télédétection du CO2 atmosphérique

**Julien LAHYANI**

Dans le contexte du réchauffement global, il est essentiel de mieux comprendre les cycles des gaz à effet de serre et notamment du CO2. L'observation du CO2 depuis l'espace est classiquement réalisée par sondage passif. L'emploi d'un Lidar permettrait une couverture spatio-temporelle accrue. Cette thèse s'intéresse au développement d'un laser à 2.05 $\mu$ m, compatible avec la mesure du CO2 par absorption différentielle (DIAL), en vue d'une future mission spatiale Lidar. Nous proposons une approche «hybride», associant un laser fibré et un amplificateur cristallin. La partie fibrée est intrinsèquement compacte, robuste et exempte d'alignement optique, mais l'énergie extractible par impulsion est limitée par des effets non-linéaires dans les fibres. L'amplification consiste en un simple passage dans un cristal Ho:YLF. Ainsi, la source laser conserve une grande robustesse tout en atteignant de fortes énergies. A une cadence de 1kHz, la source laser fournit des impulsions de 9mJ/187ns.



**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 626 - Institut polytechnique de Paris (IP Paris)  
-  
**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 31.12.2021  
-  
**DATE DE SOUTENANCE**  
10.12.2021  
-  
**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Jean-Michel HARTMANN  
-  
**LABORATOIRE**  
ONERA/DOTA  
-  
**COFINANCEUR**  
ONERA  
-  
**RÉFÉRENT**  
Benoît FAURE

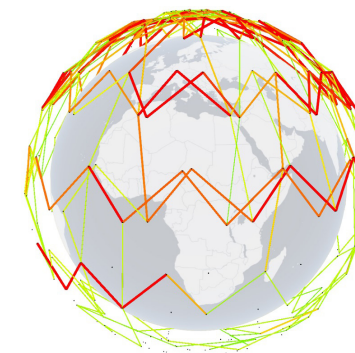
Vue de la source laser hybride @ 2.05 $\mu$ m développée sur banc optique

## Le problème de flot insécable : application à la gestion des communications d'une constellation de satellites

**François LAMOTHE**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 475 - Mathématiques, Informatique, Télécommunications de Toulouse (MITT)  
-  
**DEBUT / FIN DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021  
-  
**DATE DE SOUTENANCE**  
29.11.2021  
-  
**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Alain HAIT  
Emmanuel RACHELSON  
-  
**LABORATOIRES**  
ISAE-SUPAERO & TéSA  
-  
**COFINANCEUR**  
THALES ALENIA SPACE  
-  
**RÉFÉRENT**  
Jean-Baptiste DUPE

La thèse porte sur la représentation de problèmes de transmission de ressources indivisibles dans les réseaux transport. Le but est d'optimiser la répartition des communications dans une constellation de satellites. Nous proposons des méthodes de résolution efficaces de ce problème, dit de «flots insécables», permettant de résoudre des instances de réseaux à plusieurs centaines de nœuds. La dynamique de la constellation apporte une dimension nouvelle au problème, pour laquelle nous avons adapté et testé expérimentalement nos algorithmes. Enfin, nous avons étudié des méthodes de décomposition pour améliorer le temps de résolution. Après avoir implémenté deux méthodes de la littérature, nous proposons une nouvelle méthode de décomposition associant les deux méthodes précédentes. Une étude empirique montre que la nouvelle méthode proposée possède un avantage compétitif important pour les grandes instances du problème de flots insécables.

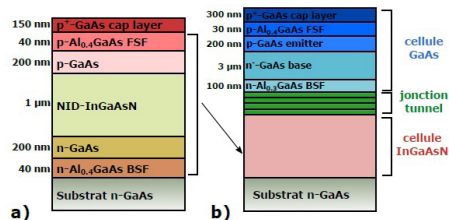
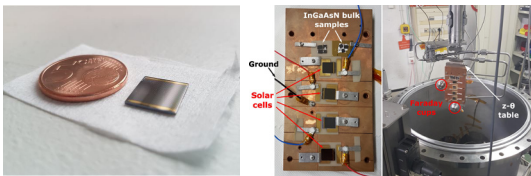


Répartition des communications dans une constellation, basée sur les algorithmes de flots insécables [Gislain et al., hal-03739313]

## Développement de cellules solaires InGaAsN et caractérisation de leur dégradation en environnement radiatif spatial

**Maxime LEVILLAYER**

La structure standard des cellules photovoltaïques majoritairement utilisées en spatial est la tri-jonction GaInP/(In)GaAs/Ge. Pour augmenter leur rendement, il est nécessaire de mieux exploiter le proche infrarouge en remplaçant la sous-cellule de germanium ou en introduisant une 4e sous-cellule dont l'énergie de bande interdite est égale à 1 eV. Cette cellule doit être capable de générer environ 15 mA/cm<sup>2</sup> en condition d'intégration et doit être résistante aux radiations spatiales pour garantir de bonnes performances en fin de vie. Afin de répondre à ces exigences, le quaternaire InGaAsN a été étudié. Des structures ont été réalisées par épitaxie par jets moléculaires (EJM). Elles ont été caractérisées, ce qui a permis d'optimiser le procédé de fabrication. Des essais d'irradiation sous électrons et protons 1 MeV ont été réalisés et les mécanismes de dégradation étudiés. Globalement, les cellules InGaAsN apparaissent plus résistantes aux irradiations que les cellules GaAs.



### ÉCOLE DOCTORALE

ED 323 - Génie électrique, électronique, télécommunications et santé (GEETS)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.11.2021

### DATE DE SOUTENANCE

26.11.2021

### DIRECTEURS DE THÈSE

Guilhem ALMUNEAU  
Laurent ARTOLA

### LABORATOIRE

LAAS

### COFINANCEUR

ONERA

### RÉFÉRENT

Corinne AICARDI

Irradiation par faisceau d'ions de cellules photovoltaïques en alliage InGaAsN

## Développement et caractérisation expérimentale en microgravité de structures auto-déployables de réflecteurs paraboliques pour applications spatiales

**Xavier MAETZ**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 166 - Information, structures et systèmes (i2s)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

28.04.2022

### DIRECTEURS DE THÈSE

Jérôme QUIRANT  
Julien AVERSENG

### LABORATOIRE

LMGC

### COFINANCEUR

CNRS

### RÉFÉRENT

Mehdi SODKI

Un concept d'antenne parabolique autodéployable pour cubesat a été développé à partir d'une structure annulaire polygonale stockant l'énergie élastique nécessaire au déploiement en position gerbée.

Des prototypes ont été conçus et fabriqués, intégrant deux types de solutions permettant de porter la membrane réfléchissante de l'antenne.

Des essais de déploiement ont été réalisés au sol, mais aussi au travers d'une campagne de vols 0g afin de s'approcher des conditions réelles de déploiement.

Des mesures ont pu être effectuées tant le plan statique, dynamique ou de la géométrie, validant le concept et ouvrant des perspectives de développement à des échelles différentes. Des pistes d'extensions sont également possibles pour d'autres applications, comme les voiles solaires, de désorbitation ou d'ombrage.

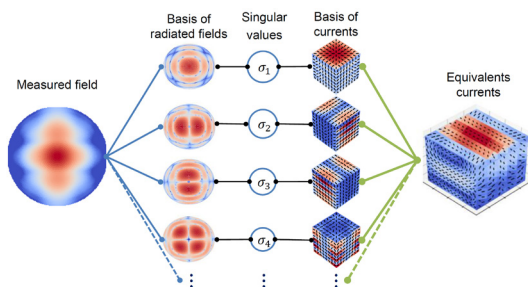


Essai de prototypes lors de vols 0g

## Contributions à la mesure rapide et robuste d'antennes

**Nicolas MEZIERES**

Cette thèse traite de la caractérisation du diagramme de rayonnement des antennes afin d'améliorer l'utilisation des systèmes de mesure. Deux approches sont proposées en vue d'accélérer la mesure du diagramme des antennes en diminuant le nombre d'échantillons requis. La première exploite la décomposition parcimonieuse du champ rayonné dans la base des ondes sphériques et nécessite seulement la connaissance de la dimension électrique maximale de l'antenne. La seconde utilise les dimensions externes de l'antenne et la surface de mesure afin de construire numériquement une base adaptée au problème de mesure d'antenne. Pour ces deux techniques, le nombre minimal d'échantillons du champ requis et une estimation du gain en temps de mesure sont donnés. En complément, une stratégie permettant d'optimiser le positionnement de l'antenne en post-traitement a été proposée. Toutes les procédures de mesure et traitements associés ont été validés sur des données numériques et expérimentales variées.



### ÉCOLE DOCTORALE

ED 601 - Mathématiques et Sciences et Technologies de l'Information et de la communication MATISSE (anciennement MathSTIC)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

25.08.2021

### DIRECTEUR DE THÈSE

Benjamin FUCHS

### LABORATOIRE

IETR

### COFINANCEUR

LNE

### RÉFÉRENT

Gwenn LE FUR

La décomposition en valeur singulière de la matrice de rayonnement d'une surface permet la représentation compacte des champs électromagnétiques rayonnés par un ensemble arbitraire de sources contenues dans celle-ci. En particulier, cela permet une caractérisation du champ rayonné par une antenne à partir d'un nombre restreint de points relativement aux méthodes standards

## Développement de procédures de réglage génériques et automatisées pour modules hyperfréquences intégrant des filtres

**Oualid OURYA**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 610 - Sciences et Ingénierie de l'Information, Mathématiques (SISMI)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

04.07.2022

### DIRECTEUR DE THÈSE

Serge VERDEYME  
Olivier TANTOT

### LABORATOIRE

XLIM

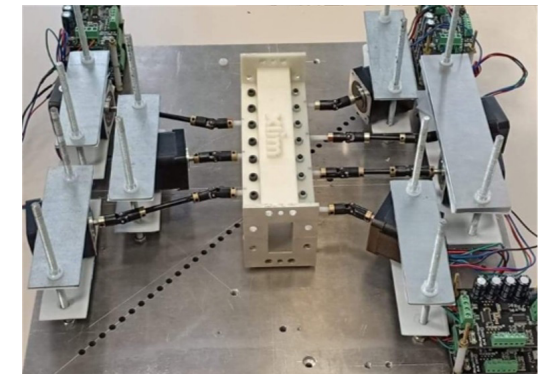
### COFINANCEUR

REGION NOUVELLE  
AQUITAINE

### RÉFÉRENT

Ludovic CARPENTIER

De nouveaux besoins dans le domaine de l'internet par satellite à l'échelle globale ont conduit les industriels du secteur à se pencher sur la fabrication de milliers de satellites en mettant en place des chaînes de conception et de calibration automatiques. Le réglage post-fabrication de filtres microondes assisté par ordinateur intervient dans ce processus afin d'adapter et d'améliorer leurs performances fréquentielles avant leur intégration dans les charges utiles des satellites. Cette thèse est centrée sur le développement de procédures de réglage génériques et automatisées pour des filtres hyperfréquences fabriqués par différentes technologies (fabrication additive, filtres en cavités, filtres planaires) et s'intéresse plus particulièrement à la création des procédures et modèles standardisés accompagnant l'optimisation et le réglage de filtres accordables.

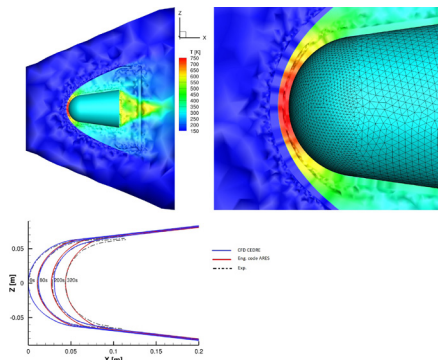


Banc de réglage automatique d'un filtre à cavités du 4ème ordre

## Modélisation de la dégradation thermo-structurale des débris spatiaux durant la rentrée atmosphérique

**Nicolas PERRON**

L'objectif de cette thèse est de comprendre et modéliser les processus physiques induits lors de la dégradation thermo-chimique des matériaux composites. Pour cela, un modèle de déplacement de maillage 3D des matériaux avec forte déformation a été développé et intégré dans le code MoDeTheC de l'ONERA. Dans le même temps, le matériau composite carbone/époxy M55J/M18 fabriqué par Thales Alenia Space a été caractérisé. Un modèle multi-constituants, permettant de rendre compte de l'évolution des propriétés du matériau en fonction de la température et de son niveau de dégradation, a été défini. L'utilisation de ces propriétés dans MoDeTheC, au sein du code de rentrée atmosphérique ARES de l'ONERA, a permis de simuler la dégradation de réservoirs sphériques sur une trajectoire. Enfin, pour quelques points de vol de ces trajectoires, les influences du soufflage et des réactions des gaz de pyrolyse sur le flux de chaleur ont été étudiées avec le code Navier-Stokes CEDRE de l'ONERA.



### ÉCOLE DOCTORALE

ED 467 - Aéronautique-Astronautique (AA)

### DEBUT / FIN

#### DE CONTRATS

01.10.2018 - 31.01.2022

### DATE DE SOUTENANCE

14.04.2022

### DIRECTEURS DE THÈSE

Marianne BALAT-PICHELIN  
Ysolde PRÉVEREAUD

### LABORATOIRE

ONERA/DMPE

### COFINANCEUR

ONERA

### RÉFÉRENT

Julien ANNALORO

Comparaison de l'évolution temporelle de l'ablation d'un sphère-cône en camphre obtenue expérimentalement par Baker avec les résultats issus des simulations CEDRE-MoDeTheC (CFD) et ARES (code ingénieur)

## Prédiction de la turbulence atmosphérique pour l'optimisation des liens optiques en télémétrie par laser et en télécommunications en espace libre

**Alohotsy RAFALIMANANA**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 364 - Sciences fondamentales et appliquées (SFA)

### DEBUT / FIN

01.10.2018 - 31.03.2022

### DATE DE SOUTENANCE

12.05.2022

### DIRECTEURS DE THÈSE

Aziz ZIAD  
Eric ARISTIDI

### LABORATOIRE

LAGRANGE

### COFINANCEUR

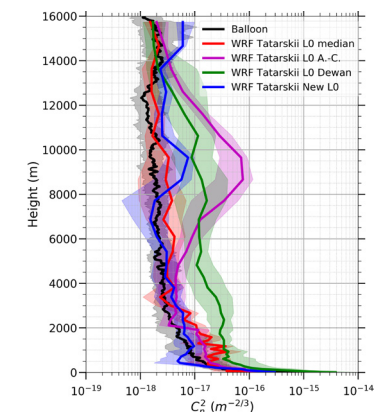
OCA

### RÉFÉRENT

Bouchra BENAMMAR

Profil médians verticaux du  $C_n^2$ . Profil par radiosondage en noir et ceux prédits par le modèle WRF combinés au modèle de turbulence optique de Tatarskii utilisant des modèles différents de l'échelle externe de la turbulence  $L_0$ : en rouge, WRF\_Tatarskii\_LO\_median; en violet, WRF\_Tatarskii\_LO\_Coulman; en vert, WRF\_Tatarskii\_LO\_Dewan; et en bleu, WRF\_Tatarskii\_LO\_New\_L0. Les surfaces colorées indiquent l'intervalle entre le premier et le troisième quartile

La prédiction des conditions atmosphériques et de turbulence présente un grand intérêt pour la communauté astronomique et les télécommunications optique en espace libre (FSO). La connaissance a priori des conditions atmosphériques plusieurs heures avant les observations permet d'optimiser la programmation des observations astronomiques appelée flexible scheduling. Dans le domaine des FSO, elle peut aider à identifier la station optique au sol la moins impactée par la turbulence et à identifier à quelle période, la qualité optique de l'atmosphère est favorable à la transmission/réception. Dans cette thèse, une approche basée sur le modèle Weather Research and Forecasting (WRF) couplé à différents modèles de turbulence optique a été utilisée. Des travaux d'optimisation de la prédiction par une méthode de site learning, ont été réalisés. Des études de sensibilité aux différentes options du modèle ont été développées pour obtenir une configuration optimale de WRF.



## Particules core-shell à base de silicium comme matériaux d'anode pour batteries Li-ion

**Bastien RAGE**

L'arrivée de nouveaux acteurs dans le domaine de l'aérospatial a entraîné un regain d'engouement et d'activité autour de l'Espace. Alors, pour relever les nouveaux défis qui s'annoncent, l'avancement des technologies actuelles est nécessaire. Pour le stockage de l'énergie, les batteries Li-ion dominent fortement le secteur, mais ont peu évolué ces dernières années. Cette thèse, co-financée par le CNES et la région Occitanie, a dans l'optique de développer un matériau pouvant augmenter nettement la capacité spécifique du système Li-ion. Le silicium est étudié depuis plusieurs décennies comme remplacement du carbone à l'anode des batteries Li-ion. Son bas potentiel et surtout sa capacité spécifique exceptionnelle, plus de dix fois celle du carbone, font du silicium le matériau le plus prometteur. Cependant l'expansion volumique qui accompagne la réaction d'alliage avec le lithium et les problèmes qui en découlent limitent encore son utilisation en haute proportion dans une électrode commerciale.

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 459 - Sciences Chimiques  
Montpellier

—

**DEBUT / FIN  
DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

—

**DATE DE SOUTENANCE**  
09.12.2021

—

**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Pierre-Emmanuel LIPPENS

—

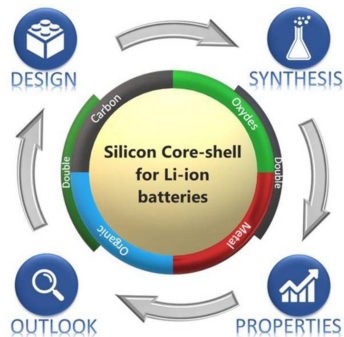
**LABORATOIRE**  
ICGM

—

**COFINANCEUR**  
REGION OCCITANIE

—

**RÉFÉRENT**  
Diane DELBEGUE


 Engineering of Silicon Core-Shell  
Structures for Li-ion Anodes

## Compensation des effets de la turbulence atmosphérique sur les liens optiques par optique intégrée

**Lucas RINALDI**

**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 572 - Ondes et Matières  
(EDOM)

—

**DEBUT / FIN  
DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 04.02.2022

—

**DATE DE SOUTENANCE**  
03.02.2022

—

**DIRECTEURS DE THÈSE**  
Vincent MICHAU  
Guillermo MARTIN

—

**LABORATOIRE**  
ONERA/DOTA/HRA

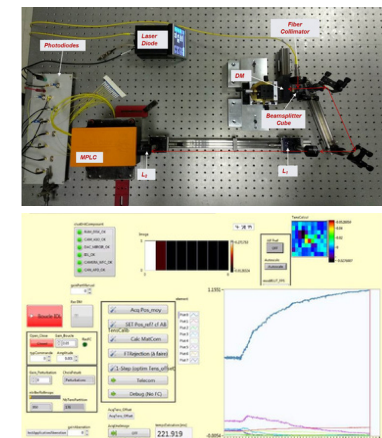
—

**COFINANCEUR**  
ONERA

—

**RÉFÉRENT**  
Mathieu BOUTILLIER

Dans un lien optique à très haut débit, le faisceau reçu est couplé dans une fibre optique monomode. L'optique adaptative est utilisée pour atténuer les effets de la turbulence sur l'efficacité du couplage. Une alternative aux miroirs déformables consiste à décomposer le faisceau avec un multiplexeur spatial, puis à combiner les ondes guidées en sortie du multiplexeur dans un PIC. La thèse a été dédiée à l'étude de ce concept. Une première phase a été dédiée à l'évaluation théorique des performances : une expression analytique de l'efficacité moyenne de couplage a été établie puis le comportement statistique et temporel du canal a été caractérisé par simulation end-to-end. Deux PICs avec des matériaux différents ont été ensuite testés expérimentalement : le SiN et le LiNbO<sub>3</sub>. Dans les deux cas, les pertes des circuits à notre disposition étaient trop élevées. Dans la dernière partie de la thèse, j'ai proposé et validé expérimentalement une méthode pour contrôler un miroir déformable avec un multiplexeur spatial.


 Contrôle d'un miroir déformable  
avec un multiplexeur spatial :  
démonstration expérimentale



## Atterrissage, enfoncement et roulage sur la surface de petits corps du système solaire

**Cécily SUNDAY**

Les petits corps célestes, leur géophysique et leur histoire géologique sont d'un grand intérêt pour la communauté scientifique. Cette thèse, motivée par le rover de la mission Martian Moons eXploration qui roulera sur Phobos pour déterminer les propriétés de son régolithe, examine la dynamique des interactions lentes et granulaires à la surface des petits corps. Un code granulaire à éléments discrets (sphères molles) a été considérablement enrichi puis validé pour permettre de réaliser des simulations fiables de ces comportements. La thèse a démontré tant par la théorie que la simulation que, en absence de cohésion, l'enfoncement statique d'un objet ne dépend pas du niveau de gravité ambiant. En revanche, la thèse montre que le comportement en mouvement (roulement) est principalement dépendant du rapport entre les forces d'inertie et de gravité. Cette découverte offre de nouvelles perspectives sur les modes d'interactions avec la surface pour de futures missions vers les petits corps.

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 173 - Sciences de l'Univers, de l'Environnement et de l'Espace (SDU2E)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

28.04.2022

### DIRECTEURS DE THÈSE

Naomi MURDOCH  
Patrick MICHEL

### LABORATOIRE

ISAE

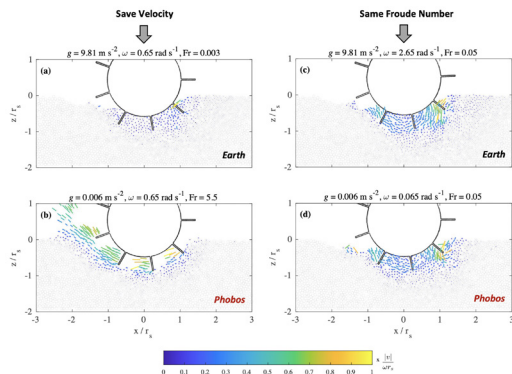
### COFINANCEUR

ISAE

### RÉFÉRENT

Simon TARDIVEL

Visualisation du flux de particules autour de la roue du rover après une rotation de 90 degrés pour les simulations avec différentes vitesses de roue et niveaux de gravité. Les vecteurs de vitesse des particules sont colorés par  $v/(w r)$ , où  $r = 77$  mm,  $v$  est l'amplitude de la vitesse de la particule la plus rapide, et  $w$  est la vitesse de rotation de la roue. A gauche, deux simulations avec la même vitesse de rotation, à droite deux simulations avec le même nombre de Froude



## Positionnement précis coopératif de mobiles low-cost en milieu urbain

**Thomas VERHEYDE**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 475 - MITT  
Mathématiques, informatique, télécommunications de Toulouse

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

10.02.2023

### DIRECTEUR DE THÈSE

Christophe MACABIAU

### LABORATOIRE

TéSA

### COFINANCEUR

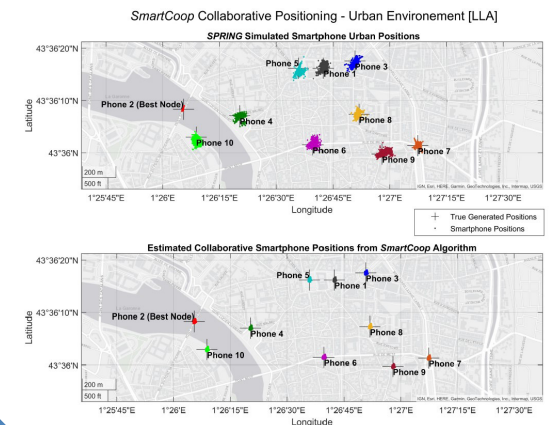
THALES ALENIA SPACE

### RÉFÉRENT

François-Xavier MARMET

La thèse consiste à concevoir et à développer un système de positionnement GNSS collaboratif à partir de récepteurs low-cost en milieu urbain. Le but de ce système est d'améliorer la position de chaque utilisateur du réseau en échangeant des données GNSS brutes. Depuis fin 2016, Android donne un accès direct aux mesures GNSS brutes à tous ses utilisateurs. Les téléphones mobiles sont aujourd'hui les récepteurs low-cost GNSS les plus populaires et peuvent potentiellement constituer le plus grand réseau GNSS au monde. Il s'agit donc de créer un réseau collaboratif d'utilisateurs afin de réduire les erreurs de positionnement liées à l'environnement urbain.

Dispersion de la position calculée par chaque utilisateur sans (en haut) et avec (en bas) l'algorithme développé dans le cadre de la thèse. Les simulations de l'environnement urbain ont en particulier mis à profit le logiciel SPRING développé par le CNES



## Vers une quantification de l'énergie d'adhésion par Acoustique Picoseconde Colorée

**Alejandro VITAL JUAREZ**

Le contrôle de l'adhésion des couches minces est très important et de nombreuses techniques existent pour ce contrôle. Ces techniques ont néanmoins l'inconvénient d'être destructives et peu reproductibles.

L'acoustique picoseconde est une méthode non destructive de génération et détection d'ondes acoustiques. Ces ondes sont très sensibles aux variations de l'adhésion grâce aux réflexions à l'interface qui permettent une quantification de l'adhésion.

L'objectif de cette thèse est de corréler le coefficient de réflexion acoustique avec l'énergie d'adhésion extraite par d'autres méthodes destructives. Pour y parvenir plusieurs séries d'échantillons sont créées avec une variation graduelle de l'adhésion. Ces échantillons ont été étudiés par mesures acoustiques puis par des techniques destructives. Chacune donne des valeurs liées à l'adhésion qui peuvent être associées au coefficient de réflexion. La nano-indentation a permis d'avoir la meilleure corrélation avec l'énergie d'adhésion.

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 632 - Science de l'Ingénierie et des Systèmes (ENGYS)

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 31.12.2021

### DATE DE SOUTENANCE

15.12.2022

### DIRECTEUR DE THÈSE

Arnaud DEVOS

### LABORATOIRE

IEMN

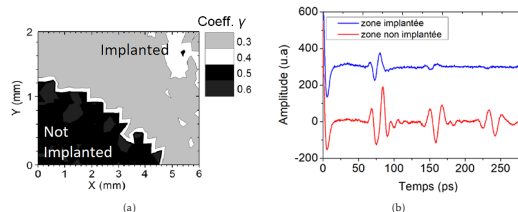
### COFINANCEUR

Région Hauts de France

### RÉFÉRENT

Jean-Michel DESMARRES

Résultats des mesures acoustiques sur deux zones à adhésion différentes. (a) cartographie des valeurs des coefficients extraits sur zone implantée et une zone non implantée. Les fortes valeurs du coefficient de la partie non implantée montrent sa fragilité au niveau de l'adhésion (b) Signaux acoustiques mesurés en un point de chacune des deux zones : implantée et non implantée. La différence d'amplitude des échos est une preuve de la sensibilité de la méthode APIC à la qualité de l'adhérence



## Étude expérimentale d'un décollement supersonique ouvert

**Naima DEMNI**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 353 - Sciences pour l'ingénieur : Mécanique, Physique, Micro et Nanoélectronique

### DEBUT / FIN DE CONTRATS

01.10.2018 - 31.01.2022

### DATE DE SOUTENANCE

11.07.2022

### DIRECTEURS DE THÈSE

Pierre DUPONT  
Sébastien PIPONNIAU

### LABORATOIRE

IUSTI

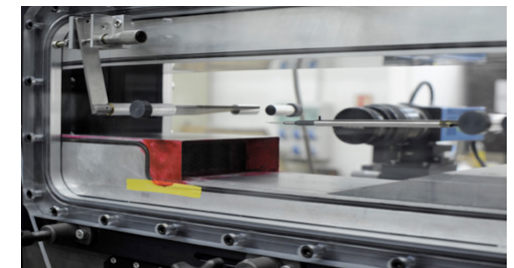
### COFINANCEUR

AMU

### RÉFÉRENT

Julien HERPE

Une interaction entre une onde de choc et une couche limite turbulente supersonique a été expérimentalement étudiée. Quand le gradient de pression adverse que subit la couche limite est assez intense, il entraîne le décollement de celle-ci. Ce phénomène est le siège d'instationnarités à basses fréquences. On s'intéresse au décollement dit «ouvert» où la couche limite se détache de la paroi sans recollement aval. Cette configuration peut être rapprochée de celle observée en tuyères dites surdétendues dans lesquelles l'origine des instationnarités à basses fréquences est mal identifiée. Cette étude a pour but de déterminer les mécanismes physiques responsables des instationnarités observées dans ces interactions. Pour cela, une configuration expérimentale originale a été mise en place. La vélocimétrie par Imagerie de Particules, les mesures de pression statique et totale, ainsi que l'Anémométrie à Fil Chaud ont été utilisées afin de décrire spatio-temporellement le décollement ouvert dans une configuration bidimensionnelle. Différents modèles utilisés dans l'étude des décollements fermés ont été discutés afin de tester leur validité dans le cas ouvert, notamment l'effet des différentes régions de l'écoulement sur les instationnarités du choc en fonction de l'intensité de l'interaction.



Wind Tunnel for free analysis



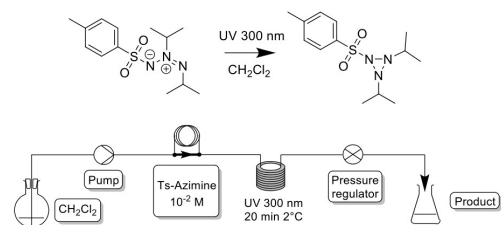
## Composés énergétiques polyazotés : stratégies de synthèse et réactivité par photochimie

**Emma GAMBY**

L'accès à l'espace nécessite un transport spatial compétitif, performant et réutilisable. Les ergols sont au cœur de ces objectifs et font l'objet d'intenses recherches. Les High Energy Density Materials (HEDM) polyazotés notamment permettraient une rupture technologique franche par leurs excellentes performances théoriques. Cette thèse a développé de nouvelles stratégies de synthèse vers ces cibles. Une nouvelle voie vers les tétrazolidinones a été mise au point par oxydation de dérivés de type bis-hydrazines et donne accès à des briques polyazotées d'intérêt. Des preuves structurales de ces enchainements azotés inédits ont été obtenues par diffraction de rayons X. D'autre part, une nouvelle voie de synthèse du squelette azoté a été mise au point, qui repose sur l'obtention d'azimines par photochimie optimisée en flux continu, puis de cycles à 3 azotes protégés par cyclisation des 1,3-dipôles de grand intérêt synthétique puisqu'ils conduisent aux molécules cibles souhaitées.



Figure 1. Représentation du montage réactionnel



### ÉCOLE DOCTORALE

ED 206 - Chimie de Lyon

### DEBUT / FIN

#### DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

08.10.2021

### DIRECTEURS DE THÈSE

Emmanuel LACOTE

### LABORATOIRE

LHCEP

### COFINANCEUR

Université Claude Bernard

Lyon 1

### RÉFÉRENT

Yann GUELOU

Représentation du montage  
réactionnel



## Étude de méthodes de prévision des interactions de jet pour les arrière-corps de lanceurs spatiaux

**Jolan REYNAUD**

### ÉCOLE DOCTORALE

ED 391 - Sciences  
mécaniques, acoustique,  
électronique et robotique de  
Paris (SMAER)

### DEBUT / FIN

#### DE CONTRATS

01.10.2018 - 30.09.2021

### DATE DE SOUTENANCE

25.01.2022

### DIRECTEUR DE THÈSE

Sébastien DECK

### LABORATOIRES

ONERA/DAAA/MSAT

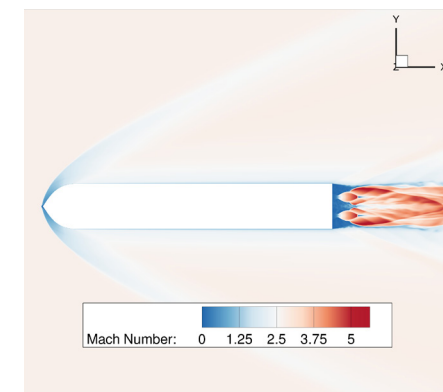
### COFINANCEUR

ONERA

### RÉFÉRENT

Hadrien LAMBARE

Les interactions entre les jets propulsifs et le sillage d'un lanceur spatial génèrent des contraintes thermomécaniques pouvant compromettre le vol. L'étude de ces écoulements instationnaires nécessite des méthodes numériques précises et abordables qui résultent d'un compromis entre la résolution des échelles turbulentes et la modélisation physique des jets. Cette thèse est donc consacrée au développement et à l'évaluation d'une approche numérique permettant de réaliser des simulations ZDES bi-espèces sur des configurations de lanceurs. Ainsi, un schéma hybride permettant une adaptation locale de la dissipation numérique et les versions bi-espèces des modes de la ZDES sont évalués avec succès sur des cas de complexité croissante. L'approche a permis de réaliser le 1er calcul RANS/LES sur un cas multi-tuyères et d'évaluer quantitativement la pression fluctuante ce qui permettra d'accompagner la conception de lanceurs soumis à des écoulements compressibles, turbulents et multi-espèces.



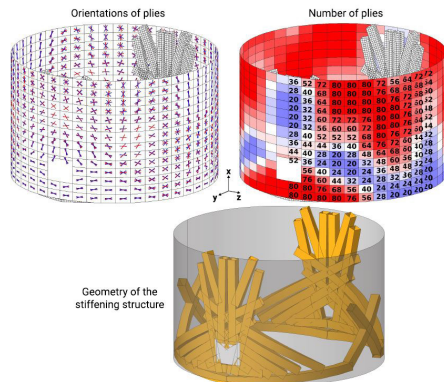
Iso-contours de nombre de Mach  
issus d'une simulation ZDES d'un  
écoulement supersonique bi-espèces  
de lanceur générique doté de 4 tuyères



## Développement d'une stratégie d'optimisation pour les structures raidies composites

**Florent SAVINE**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la conception de structures primaires de lanceurs spatiaux. L'objectif de la thèse est de développer une méthode capable d'optimiser simultanément des empilements composites et des chemins de raidissement innovants. La base de la méthode repose sur l'optimisation bi-niveau des stratifiés composites. Dans l'optimisation structurelle de premier niveau, les propriétés matériau anisotropes locales de la peau de la structure, à épaisseurs et rigidités variables, représentées par les paramètres polaires, sont optimisées simultanément avec la disposition des raidisseurs, via un algorithme à gradient. Au deuxième niveau, les stratifiés vérifiant les propriétés optimisées sont reconstitués. La méthode est développée et validée sur des cas tests académiques ainsi que sur une jupe de lanceur fournie par le CNES. Cette méthode permet d'obtenir des concepts innovants de structures composites raidies plus légers que les structures métalliques de référence.



**ÉCOLE DOCTORALE**  
ED 391 - Sciences  
mécaniques, acoustique,  
électronique et robotique de  
Paris (SMAER)

—

**DEBUT / FIN  
DE CONTRATS**  
01.10.2018 - 30.09.2021

—

**DATE DE SOUTENANCE**  
07.06.2022

—

**DIRECTEUR DE THÈSE**  
Angela VINCENTI

—

**LABORATOIRE**  
ONERA

—

**COFINANCEUR**  
ONERA

—

**RÉFÉRENT**  
Yannick GUERIN

Design final d'une structure composite lanceur sous contrainte de masse avec des empilements double-double (bleu=+/-a, rouge=+/-b), le nombre de plis par zone et le modèle coque conforme des raidisseurs

## Nous contacter

**Pour toutes questions relatives au processus d'attribution des allocations de recherches doctorales et post-doctorales :**

Madame Cécile Vignolles, responsable des doctorants et post-doctorants est disponible à l'adresse email suivante : [PhD@cnes.fr](mailto:PhD@cnes.fr)

Le site [CNES.fr](http://CNES.fr) vous permet également de retrouver de nombreuses informations sur les doctorats et post-doctorants au CNES.



Imprimé par **ATELIER EDITION CNES**



Pour plus d'information sur ces thèses, vous pouvez consulter le site de ABES : [www.theses.fr](http://www.theses.fr)



Conception et réalisation graphique - **Kenza Regy**



cnès

