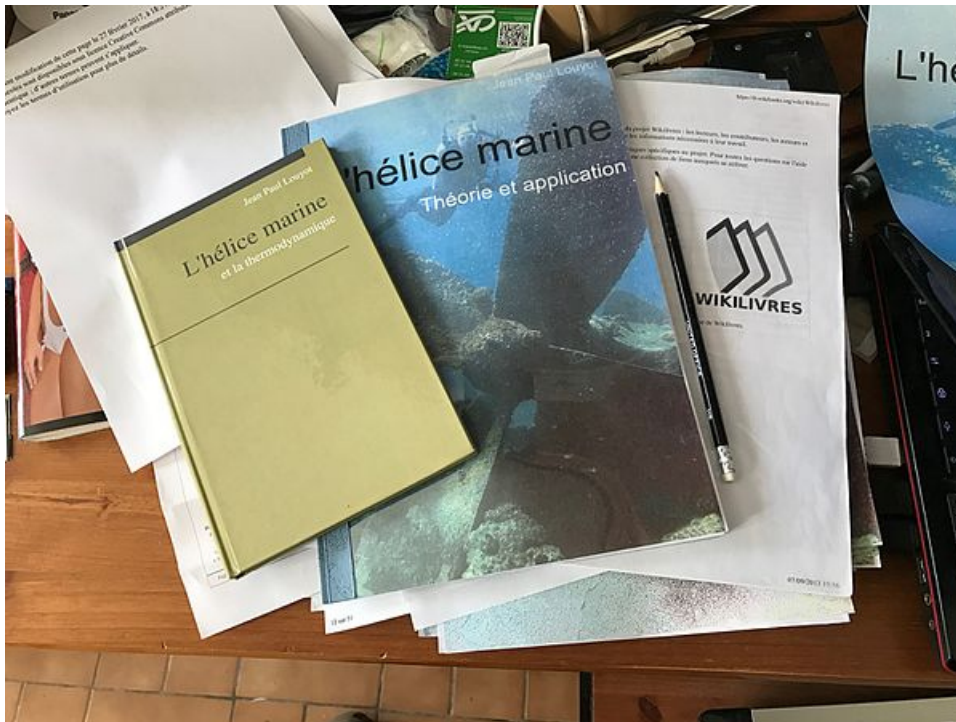


Goélette Cardabela

# Hélice marine

## Théorie physique



**Collection des livrets techniques de la goélette Cardabela**





# **Goélette Cardabela**

## **Hélice marine (Théorie physique)**

**Éditeur : Goelette Cardabela**



Titre : Hélice marine

Sous-titre : Théorie physique

Éditeur : wikipédien *Goelette Cardabela*

Créé le : 2019/12/5 15:59

Produit par : Cardabela

Le contenu de ce livre a été généré collaborativement par des volontaires. Les particularités des sources, licences et contributeurs des articles et des images sont listés dans la section « Annexe ».

Licence : Creative Commons Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International

Ce livre a été créé avec wikilivres sous le titre : Hélice marine. Version : PDF en A4 80gr/m<sup>2</sup>, livret A5 fermé

Couverture : Papier photo une face 135gr/m<sup>2</sup>, imprimante jet d'encre Brother DCP-J725DW



## Sommaire

Caractéristiques des hélices marines,	3
Théorie élémentaire avec l'eau pour fluide,	4
Conservation de la matière,	4
Application du principe fondamental de la dynamique,	5
Puissance fournie par l'hélice,	5
Recherche du meilleur rendement d'hélice,	6
Résumé détaillé,	7
Puissance à fournir à l'hélice par le moteur,	7
Puissance utile à l'avancement du navire,	8
Force propulsive,	8
Dépression et cavitation,	8
La pression sur l'hélice et sa limite,	9
Rendement,	9
Conclusion,	9
Résumé sous forme de tableau,	9
Voir aussi,	10
Annexe,	11
Notes et références,	11
Liens externes,	11
Sources licences et contributeurs,	12, 13, 14,
Index,	15, 16, 17.



*Ce livre doit être rangé sur l'étagère Wikilivres Science Appliquée Technologie Généralités sur les sciences appliquées et les techniques, section CDU/6/60*

Une théorie de l'hélice propulsive a été développée dès l'apparition des machines à vapeur grâce aux travaux de Bernoulli développés par Euler puis par Morosi et Bidone <sup>[1]</sup> qui démontrent que la force du jet est le résultat d'une percussion dont la force est comme 1,84 est à 1. Cependant la théorie a longtemps piétiné, les formules obtenues par approximations successives sont complexes. Dès la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle avec les théories mathématiques de la physique d'Isaac Newton il eût été possible d'établir des formules de calculs d'hélice ; cependant le concept n'était pas encore au rendez-vous. Ce n'est qu'après le développement des théories de la mécanique des fluides et de la thermodynamique, que l'on a mieux compris le phénomène et que l'on a su formuler des expressions mathématiques simples.

En 1905, Albert Einstein publie trois articles dont l'un reconnaît l'existence des atomes, des molécules, caractérisés par un mouvement brownien. On comprend ensuite que l'intuition statistique de Ludwig Boltzmann est applicable et que l'aspiration du fluide (l'eau de mer) est le résultat statistique de chocs entre molécules. Ce n'est pas l'hélice qui aspire l'eau ; c'est l'agitation des molécules d'eau qui pousse statistiquement vers une zone de collision moins forte en accumulant l'énergie acquise au cours des collisions. L'hélice a de ce fait deux fonctions : évacuer des molécules d'eau qui arrivent et donner une impulsion aux molécules d'eau pour transmettre la force propulsive au bateau. Pour ce faire, il faut au moins disposer de l'énergie acquise lors de l'aspiration à laquelle il faut ajouter l'énergie d'évacuation en plus de l'énergie transmise au support (le bateau, si celui-ci se déplace. *Rappel : l'énergie est le produit d'une force par un déplacement*).

Nos sens sont trompeurs. L'hélice marine n'est ni une vis, ni un tire-bouchon. La forme hélicoïdale n'a qu'un intérêt, c'est de répartir l'effort de percussion uniformément, sur toute sa surface.



Les hélices marines peuvent être de simples pales, comme les hélices d'avions, elles peuvent même être recouvertes d'un léger duvet végétal sans que cela affecte trop l'impact nécessaire à la propulsion. En effet, il n'y a pas de glissement d'eau important le long de la pale, susceptible de faire perdre de l'énergie.



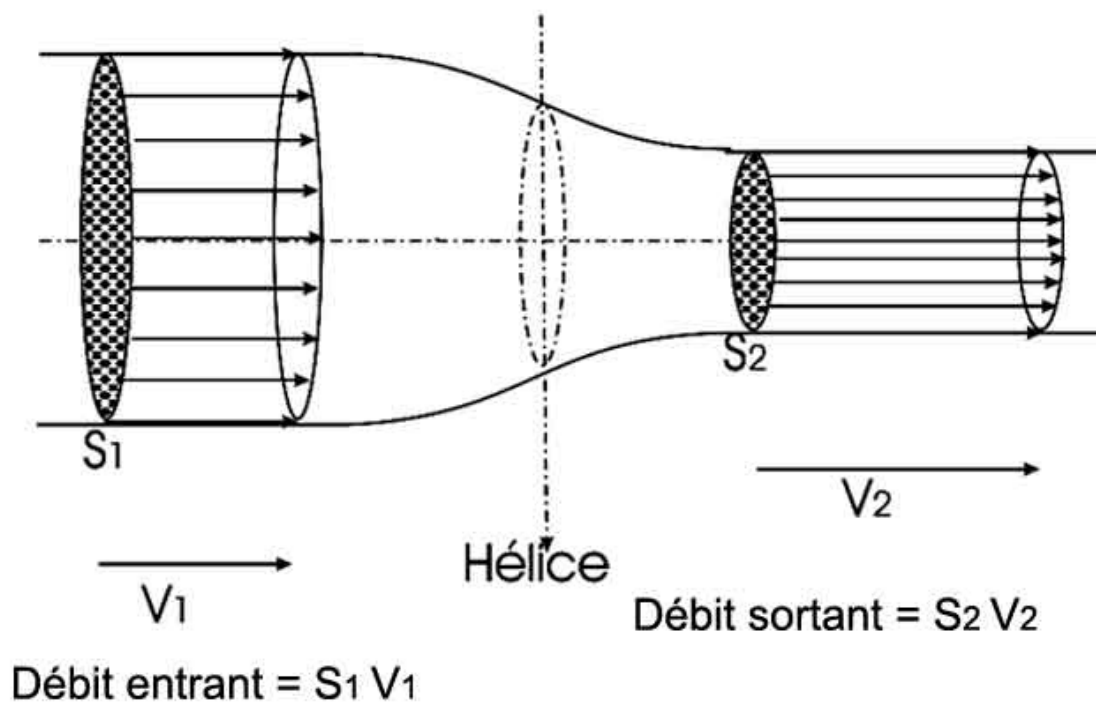
# Caractéristiques des hélices marines

---

## Définitions :

- **Le diamètre**, donné en « *pouces* » par le fabricant. *Il faut l'exprimer en « mètres » pour les calculs.*
- **Le pas de construction** est une caractéristique géométrique de l'hélice. C'est la longueur d'avance théorique pour un tour, sans glissement (recul = 0). Le pas de l'hélice pourrait ainsi être comparé au pas d'une vis à métaux, mais ceci conduirait à des erreurs d'interprétation sur le fonctionnement de l'hélice. Le pas est exprimé en *pouces* ou en *mètres*, il peut être à gauche ou à droite.
- **Le coefficient de remplissage** (0,xx ou xx %) : ce coefficient caractérise la surface relative des pales par rapport à la surface d'un disque de même diamètre, il est important pour estimer la limite de l'effort d'aspiration applicable sur la surface des pales afin d'éviter la cavitation. *Ce coefficient n'intervient pas dans nos calculs ci-après.*
- **Le calage** est l'angle que fait la corde d'un profil de pale avec le plan de rotation de l'hélice.
- **Le recul** : d'un point de vue thermodynamique, le recul correspond à une perte d'énergie dans le passage de l'eau au travers de l'hélice<sup>[2]</sup>. On parle d'entropie ou d'augmentation du désordre. La vitesse de propulsion de l'eau est inférieure d'un certain pourcentage à celle attendue. Ce pourcentage est communément appelé le recul. Ainsi, pour résoudre les problèmes de calcul on pourrait dire que **le pas effectif** de l'hélice est inférieur au **pas de construction**. On définit la notion de recul par la relation suivante :  
**recul = 1 - (pas effectif / pas de construction)** dans des conditions de vitesse d'avancement du navire et de rotation de l'hélice.  
Le coefficient de recul s'exprime souvent en pourcentage, par exemple 28 % au lieu de 0,28 dans telles conditions d'avancement et de rotation.  
Le recul est important à faible vitesse et forte poussée, il augmente avec la force de poussée sur l'hélice : *avec le débit et la vitesse de rotation.*
- **La cavitation**. La dépression à l'extrados du profil de pale dépend de la vitesse de rotation de l'hélice, de son pas et du profil. La dépression est limitée par la pression atmosphérique ; elle ne peut pas descendre en dessous d'environ 1 bar en surface (la vitesse ne doit pas dépasser 14 m/s) ; au-delà de cette valeur l'eau se transforme en vapeur (phénomène de cavitation). À un mètre de profondeur cette vitesse limite serait d'environ 14,7 mètres/seconde.  
Cette notion est très importante pour les navires rapides mais intervient rarement pour un voilier monocoque où l'on s'arrange pour que la vitesse d'aspiration de l'eau soit largement inférieure à 14 mètres/seconde, *les héliciers choisissent toujours le plus grand diamètre compatible avec la cage d'hélice.*  
Depuis quelques années sont apparues les hélices de surface qui permettent de diminuer les risques de cavitation ; le passage des pales en surface nettoie l'hélice des bulles de vapeur d'eau.

## Débit par seconde



### **Théorie élémentaire avec l'eau pour fluide**

La propulsion est due à la différence de quantité de mouvement entre la masse d'eau entrante et sortante de l'hélice.

#### **Conservation de la matière**

**La masse d'eau aspirée par unité de temps est égale à la masse d'eau propulsée**

la masse d'eau aspirée par l'hélice pendant une seconde correspond à un cylindre de surface  $S_1$  et de longueur  $V_1$ .

#### **Définitions**

$m = \rho S_1 V_1 = \rho S_2 V_2$  où  $\rho$  est la masse volumique de l'eau en kg par mètre cube et  $m$  est la masse de l'eau qui traverse l'hélice pendant une seconde.

$S_1, S_2$  en  $m^2$  et  $V_1, V_2$  en mètres par seconde.

Posons  $m = \rho S V_p$  pour faire abstraction de la surface de l'hélice.

- $V_p$  est la vitesse de l'eau qui traverse l'hélice.
- $V_1$  est la vitesse d'écoulement du fluide devant l'hélice :

*C'est la vitesse d'un cours d'eau dans un référentiel fixe ou la vitesse de déplacement d'un bateau pour un référentiel mobile.*

- $V_2$  est la vitesse de la masse d'eau propulsée derrière l'hélice.

*Cette vitesse dépend du référentiel fixe ou mobile.*

### **Application du principe fondamental de la dynamique**

La force propulsive dépend de la différence de vitesse entre la masse d'eau aspirée et la masse d'eau propulsée :

(action = réaction ; la force qui permet l'accélération de la masse d'eau trouve son appui sur l'hélice !)

Selon le Principe fondamental de la dynamique:  $\vec{f} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$  où  $\vec{f}$  est le vecteur de la force induite par l'accélération  $\vec{a}$  de la masse  $m$ .

Équation aux dimensions :  $[F] = M \cdot \frac{L}{T^2} = M \cdot L \cdot T^{-2}$  que l'on peut aussi noter

$$[F] = \frac{M \cdot [V]}{T}.$$

$$F = m \frac{(V_2 - V_1)}{\Delta t} \text{ Abstraction faite des vecteurs, puisqu'ils sont colinéaires.}$$

Dans notre système métrique,  $F$  est l'expression d'une grandeur physique qui s'exprime en newtons (un kilogramme-force = 9,81 N),  $m$  est la masse d'eau traversant l'hélice en kg (kilogramme masse) par seconde,  $V_2$  et  $V_1$  s'expriment en mètres par seconde.

### **Puissance fournie par l'hélice**

La puissance est le produit de la force de propulsion  $F$  définie dans le chapitre *Application du principe fondamental de la dynamique* par la vitesse  $V_p$  de la masse d'eau définie dans le chapitre *Conservation de la matière*

$$P = F \cdot V_p = m (V_2 - V_1) \cdot V_p$$

- La puissance  $P$  s'exprime en watts.

Cette puissance est aussi égale à la puissance de la masse d'eau propulsée par l'hélice, moins la puissance de la masse d'eau entrante :

$$P = m \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2} = m \frac{(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}{2}$$

Il y a décrochage pour  $V_2 = V_1$  (pas de force propulsive), ce qui semble évident !

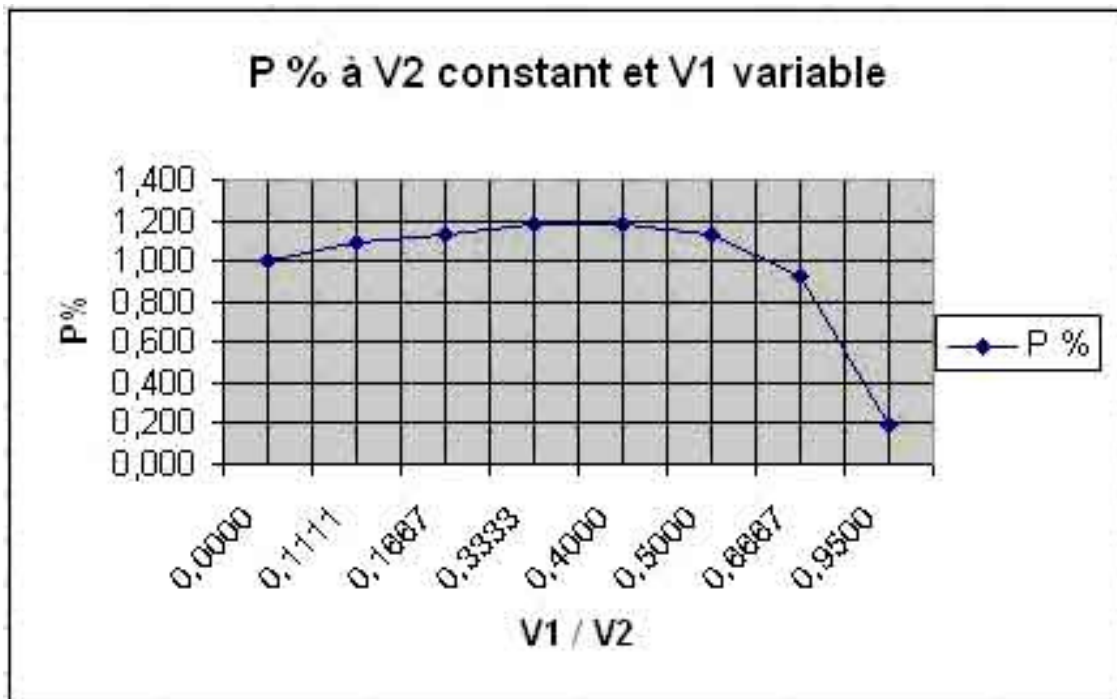
On en déduit  $V_p$  et  $V_2$  :

$$V_p = \frac{(V_2 + V_1)}{2} \text{ et } V_2 = 2V_p - V_1$$

### Recherche du meilleur rendement d'hélice

Variation (dérivée) de la puissance fournie par l'hélice en fonction de  $V_1$ , pour une propulsion  $V_2$  constante

$\frac{dP}{dV_1} = \left(\frac{\rho S}{4}\right) (V_2 - 3V_1)(V_2 + V_1) = \rho S V_p (V_p - 2V_1)$  La variation de la puissance est nulle pour  $V_2 = 3V_1$ , ou  $V_p = 2V_1$  la puissance de l'hélice atteint alors sa valeur optimale.



On choisit cette valeur de  $V_p = 2V_1$  pour avoir un maximum de puissance d'hélice au moment où on en a le plus besoin, lorsque le moteur est poussé au voisinage de sa plus forte puissance.

$$V_1 = \frac{V_2}{3} = \frac{V_p}{2}$$

$V_s = \frac{V_p}{2}$  définit la *vitesse de surface*  $V_s$  optimale du navire pour la puissance optimale de l'hélice et la plus forte puissance du moteur.

$$V_p = V_{\text{hélice}} \cdot (1 - \text{recul}) = n * \text{pas de construction} * (1 - \text{recul})$$

- n est le nombre de tours de l'hélice en une seconde
- **Attention** : Le recul est une grandeur variable en fonction des contraintes subies par l'hélice.
- Pour avoir une idée des ces valeurs on peut se reporter au chapitre Application aux navires à déplacement, résultats à des vitesses caractéristiques :

**Estimation des efforts à 6,42 nœuds** *Imaginez-vous au détroit de Messine avec un courant contraire de 5 nœuds, avec un vent debout qui refuse la progression à 400 kgf. Votre progression sera péniblement de 1,5 nœuds sans oublier la « mer de vent » : les vagues qui tapent, l'eau qui éclabousse et balaie le pont... 6,42 nœuds est ici la vitesse de surface optimale estimée du navire, pour la puissance maximale du moteur avec le meilleur rendement de l'hélice.*

Moteur : 2 600 tours par minute

Hélice : 1 145,3 tours par minute

$V_{\text{hélice}}$  : 16,02 nœuds

Recul : 0,21

$V_p$  : 12,58 nœuds *Notez que la valeur de  $V_p = 2V_1 = 12,84$  Nds pourrait être atteinte pour Moteur : entre 2 600 et 2 700.*

Effort : 7984 Nw  $\approx 800\text{kgf}$

Puissance : 48,64 kW

Rendement  $\eta$  de l'hélice : 0,51

*Rappelez-vous que ce ne sont que des estimations, assez proches de la réalité.*

## Résumé détaillé

### Puissance à fournir à l'hélice par le moteur

En nous affranchissant de  $V_2$   $P_{\text{moteur}} = \vec{F} \cdot \vec{V}_p = m(V_2 - V_1) \cdot V_p = \rho S V_p (V_2 - V_1) \cdot V_p$

#### Rappels

- $V_2 = 2V_p - V_1$  ;  $V_p = (V_1 + V_2)/2$
- $\rho S V_p$  est une masse.
- $\rho S V_p (V_2 - V_1)$  est une force.

$$P_{\text{moteur}} = 2\rho S V_p (V_p - V_1) \cdot V_p$$

### Puissance utile à l'avancement du navire

$$P_{\text{utile}} = \vec{F} \cdot \vec{V}_1 = m(V_2 - V_1)V_1 = \rho S V_p (V_2 - V_1) \cdot V_1$$

$$P_{\text{utile}} = 2\rho S V_p (V_p - V_1) \cdot V_1$$

### Force propulsive

$$F = m(V_2 - V_1) = \rho S V_p (V_2 - V_1)$$

$F = m(V_p - V_1)$  est la force d'aspiration, en newtons, due à la dépression devant l'hélice

$F = m(V_2 - V_p)$  est la force de pression, derrière l'hélice

avec  $V_2 = 2V_p - V_1$  :

$$F_{\text{propulsive}} = 2\rho S V_p (V_p - V_1)$$

$F_{\text{aspiration}} = \rho S V_p (V_p - V_1)$  est la force d'aspiration due à la dépression devant l'hélice, elle est égale à la moitié de la force de propulsion, l'autre moitié est fournie par la force de pression.

### Dépression et cavitation

$\rho V_p (V_p - V_1)$  est la valeur de la dépression, en pascals, devant l'hélice, c'est également la valeur de la pression du côté refoulement de l'hélice. **La valeur de la dépression doit être inférieure à la pression locale** qui vaut  $\rho \cdot g \cdot h + 101500$  où  $g = 9,81$ ,  $h$  est la hauteur d'eau en mètres et 101 500 est la pression atmosphérique moyenne : 1 015 hPa.

### La pression sur l'hélice et sa limite

**La pression  $2\rho V_p (V_p - V_1)$  ne doit pas dépasser une valeur précisée par le constructeur de l'hélice.**

La pression ne doit pas dépasser 1,2 kgf/cm<sup>2</sup> (117 680 P) pour l'hélice 3 pales RADICE E13 soit, pour une surface de pales 100 cm<sup>2</sup> (1 dm<sup>2</sup>), une poussée maximale de 120 kgf (1 200 kgf pour une surface des pales de 1 000 cm<sup>2</sup>)

### Exemple Pour une hélice de 19"

$D = 0,483$  m,  $S = 0,1833$  m<sup>2</sup>,  $Sh/S = 0,515$ , Surface des pales :  $(0,1833 * 0,515 = 0,0946$  m<sup>2</sup>) 946 cm<sup>2</sup>,

**Effort maximal pour cette hélice :  $(946 * 1,2 =) 1132$  kgf**

### Rendement

Rendement = Puissance utile / Puissance fournie par le moteur

## **Feuilles volantes grands formats**



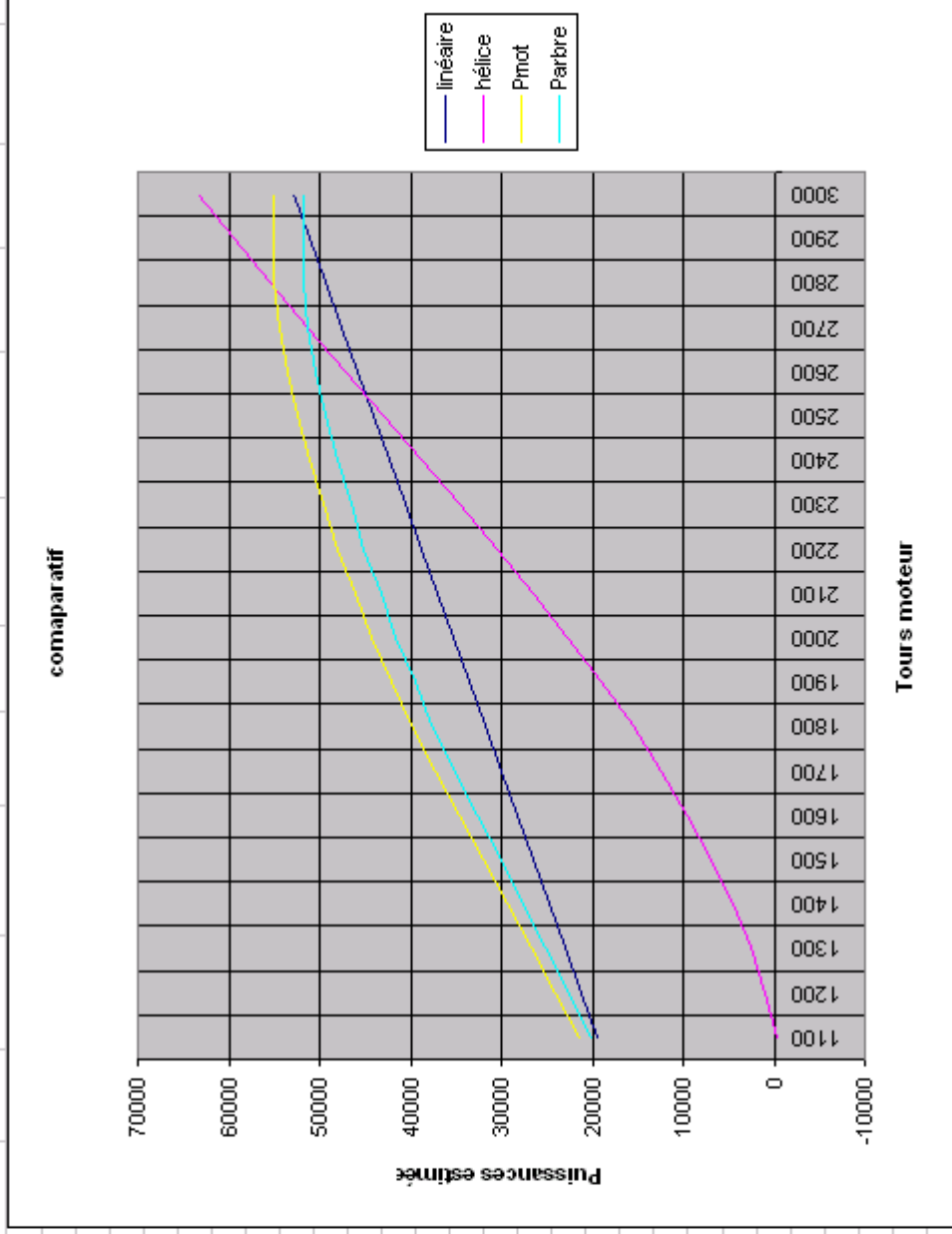


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Estimation du pas et du diamètre d'hélice pour un voilier à déplacement.</b>								
2	Cette estimation ne tient pas compte de tous les paramètres, consultez un hélicier pour plus d'information								
3	Cette estimation suppose que l'avant et l'arrière de l'hélice sont bien dégagés.								
4	Pour plus d'informations consultez le site : <a href="http://tramontane34.free.fr/ConstrNavAm/telecharger-calcul-helices.php">http://tramontane34.free.fr/ConstrNavAm/telecharger-calcul-helices.php</a>								
5	<b>Remplir uniquement les cases noires</b>								
6	Longueur à la flottaison en mètres = 13,00			Coefficient de finesse du navire = 0,28					
7	Largeur à la flottaison en mètres = 3,60			<b>Degré de vitesse R = 1,167</b>					
8				$R \text{ (m/sec)} = V / \text{RACINE}(L_f) \text{ --- Foudre} = R / 3,132$					
9	Puissance sur l'arbre en CV = 72,00			Pour calcul VETUS R = 1,275 (m/s)					
10	Puissance sur l'arbre en KW =			Puissance retenue en KW = 52,92					
11	Poids en charge, en tonnes = 15,00			Puissance en CV par tonne = 4,80					
12	<b>Forcer la vitesse maximale estimée : 8,03</b>			<b>Vitesse maximale du voilier à 5CV/tonne à R = 1,33 : 9,15</b>					
13				<b>Vitesse maximale retenue en nœuds = 8,03</b>					Calcul VETUS: 8,76
14				<b>Vitesse optimale estimée en nœuds = 6,42</b>					
15				Vitesse de propulsion estimée de l'hélice en mètres/seconde = 6,61					pas de problème de cavitation
16	Rapport de réduction = 0,4405			<b>Diamètre optimal estimé en mètre = 0,483</b>					<b>19,02 pouces</b>
17	Nombre de tours moteurs à la puissance maximale = 3000,00			<b>Pas optimal estimé en mètre = 0,41</b>					<b>16,18 pouces ok</b>
18	** Recul réel estimé à P optimale * = 0,270	ok		<b>Pas réel en mètre = 0,43</b>					<b>17,00 pouces ok</b>
19	** Ajuster le recul pour adapter au pas réel = 0,305	ok		<b>Coeff. Q<sup>1</sup> inverse optimal de la qualité de l'hélice à la propulsion = 2,53</b>					
20	* La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale								
21	Hauteur de la cage d'hélice = 0,54	21,3		<b>Hauteur minimale de dégagement de la cage (recommandation) : 0,58</b>					<b>22,8 pouces Cage trop petite ?</b>
22	** La correction est automatique dans les estimations pour le cas où le pas de l'hélice trouvée est différent du pas calculé !								
23	** Il eût été préférable d'installer une hélice de 19x16,41 pouces avec recul 0,28, l'hélice la plus approchant trouvée est 19x17 pouces								
24	** Le recul estimé expérimental semble être plus proche de 0,27 d'après les premiers essais.								
25	<b>Ce calcul permet de conserver 1/3 de la puissance pour résister aux vents contraires à la vitesse optimale</b>								
26	<b>Le résultat de ces calculs est perceptible sur la feuille "Estimation des efforts"</b>								
27									Réducteurs
28									RH 2,27 0,4405
29									LH 2,10 0,4762
30									

## Feuille de calculs

Vd en nœuds = 7,00

Ph / Pm % =	Tr moteur/rmn	P mot	P vilebr	P lin
1100	21333	20266	19404	
1200	24000	22800	21168	
1300	26666	25333	22932	
1400	29333	27866	24696	
1500	32000	30400	26460	
1600	34666	32933	28224	
1700	37333	35466	29988	
1800	40000	38000	31752	
1900	42000	39900	33516	
2000	44200	41990	35280	
2100	46000	43700	37044	
2200	48000	45600	38808	
2300	49500	47025	40572	
2400	51000	48450	42336	
2500	52500	49875	44100	
2600	53600	50920	45864	
2700	54500	51775	47628	
2800	55000	52250	49392	
2900	55000	52250	51156	
3000	55000	52250	52920	



### Puissance sur l'hélice à 7 nœuds

Helice Estimation des efforts											
Pinot retenue = 52,92											
Pas = 0,43											
Purshmin à Pmax = 3000											
Coeff. Q' = 2,24											
p >= (kg) = 1000											
Diamètre = 0,483											
S (m²) = 0,1833											
Recul = 0,27											
p°SIZ = 91,64											
Réduc 2 = 0,441											
ShfS = 0,515											
Profondeur de l'hélice (m) = 0,50											
Pour "désactiver" toutes les cellules : tout sélectionner puis cliquer sur le cadre lignes ou colonnes avec le bouton droit de la souris puis sur "afficher"											
VOUS POUVEZ EVALUER FORCE, PUISSANCE, ET RENDEMENT, EN MODIFIANT LA VALEUR DE Vd											
Evaluation en dynamique											
Vd en nœuds = 7,00											
Tr moteur/min	P arbre fr hélice/mtr	Vh (m/sec)	Vh(Nœuds)	Recul Vp(Nœuds)	F (Newton)	P (Watt)	η	Dep + Pres (Pascal)	Charge hélice (kg/cm²)	Conso l/mh	Conso l/min
1100	20053	484,55	3,4871	6,78	-0,00	6,81	1,028	-678,02	-0,01	-0,17	-0,02
1200	22560	528,60	3,8041	7,39	0,01	7,33	0,966	1277,22	0,03	0,35	0,05
1300	25066	572,65	4,1211	8,01	0,02	7,83	0,894	3437,65	0,07	1,02	0,15
1400	27573	616,70	4,4381	8,63	0,04	8,31	0,842	5776,26	0,11	1,81	0,26
1500	30080	660,75	4,7551	9,24	0,05	8,78	0,797	8266,97	0,16	2,74	0,39
1600	32586	704,80	5,0721	9,86	0,06	9,23	0,759	10884,60	0,22	3,79	0,54
1700	35093	748,85	5,3891	10,48	0,08	9,66	0,726	13604,90	0,27	4,96	0,71
1800	37600	792,90	5,7061	11,09	0,09	10,08	0,696	16404,53	0,32	6,24	0,89
1900	39480	836,95	6,0231	11,71	0,11	10,47	0,668	19261,07	0,38	7,61	1,09
2000	41548	881,00	6,3401	12,32	0,12	10,86	0,645	22153,02	0,44	9,07	1,30
2100	43240	925,05	6,6571	12,94	0,13	11,22	0,624	25059,80	0,50	10,61	1,52
2200	45120	969,10	6,9741	13,56	0,15	11,57	0,606	27961,73	0,55	12,20	1,74
2300	46530	1013,15	7,2911	14,17	0,16	11,90	0,588	30840,08	0,61	13,84	1,98
2400	47940	1057,20	7,6082	14,79	0,17	12,21	0,573	33677,01	0,67	15,51	2,22
2500	49350	1101,25	7,9252	15,41	0,19	12,51	0,560	36455,61	0,72	17,20	2,46
2600	50364	1145,30	8,2422	16,02	0,20	12,79	0,547	39159,88	0,78	18,89	2,70
2700	51230	1189,35	8,5592	16,64	0,22	13,05	0,536	41774,74	0,83	P > puissance	2,94
2800	51700	1233,40	8,8762	17,25	0,23	13,29	0,527	44286,04	0,88	P > puissance	3,17
2900	51700	1277,45	9,1932	17,87	0,24	13,52	0,518	46680,53	0,92	P > puissance	3,40
3000	51700	1321,50	9,5102	18,49	0,26	13,73	0,510	48945,89	0,97	P > puissance	3,62

### Estimation des efforts à 7 nœuds

## Helice Estimation des efforts

D = 19,02 Pas = 17,00

Pmot retenue = 52,92

Pas = 0,43 ours/min à Pmax = 3000

Coef.  $\sigma^1 = 2,24$   $\rho > = (\text{kg}) = 1000$

Diamètre = 0,483 S (m<sup>2</sup>) = 0,1833

Récul = 0,27  $\rho^*S/2 = 91,64$

Réduc = 0,441 Sh/S = 0,515

Profondeur de l'hélice (m) = 0,50

NE MODIFIEZ PAS LES CHIFFRES EN VERT  
MODIFIEZ LES VALEURS DANS LA PAGE "Estimation PAS & DIAMETRE"

V2 = (2\*Vp)-Vd

Vd = vitesse du navire

Pour "démasquer" toutes les cellules : tout sélectionner puis cliquer sur le cadre lignes ou colonnes avec le bouton droit de la souris puis sur "afficher"

### Evaluation en dynamique

Vd optimale en nœuds = 6,42 R = 0,93

Tr moteur/mn	P dispo	r hélice/mr	Vh (m/sec)	Vd optimale en nœuds = 6,42			R = 0,93			Dépression		
				Recul	Vp(Nœuds)	F(Newton)	P (Watt)	$\eta$	(Pascal)	Conso l/h	Conso l/mr	
1100	20053	484,55	3,4876	6,78	0,01	6,73	197	680	0,96	536	0,15	0,02
1200	22560	528,60	3,8046	7,40	0,02	7,23	569	2118	0,89	1552	0,45	0,07
1300	25066	572,65	4,1217	8,01	0,04	7,73	977	3883	0,83	2665	0,83	0,13
1400	27573	616,70	4,4387	8,63	0,05	8,20	1415	5972	0,78	3861	1,28	0,20
1500	30080	660,75	4,7558	9,24	0,06	8,66	1879	8374	0,74	5128	1,80	0,28
1600	32586	704,80	5,0728	9,86	0,08	9,10	2365	11075	0,71	6452	2,38	0,37
1700	35093	748,85	5,3899	10,48	0,09	9,53	2867	14054	0,67	7823	3,02	0,47
1800	37600	792,90	5,7069	11,09	0,10	9,93	3383	17288	0,65	9229	3,71	0,58
1900	39480	836,95	6,0240	11,71	0,12	10,32	3907	20750	0,62	10658	4,45	0,69
2000	41548	881,00	6,3410	12,33	0,13	10,70	4435	24411	0,60	12101	5,24	0,82
2100	43240	925,05	6,6581	12,94	0,15	11,05	4965	28238	0,58	13547	6,06	0,94
2200	45120	969,10	6,9751	13,56	0,16	11,39	5493	32197	0,56	14986	6,91	1,08
2300	46530	1013,15	7,2922	14,17	0,17	11,72	6015	36253	0,55	16410	7,78	1,21
2400	47940	1057,20	7,6092	14,79	0,19	12,02	6528	40371	0,53	17809	8,66	1,35
2500	49350	1101,25	7,9263	15,41	0,20	12,31	7029	44512	0,52	19176	9,55	1,49
2600	50384	1145,30	8,2434	16,02	0,21	12,58	7515	48640	0,51	20502	10,44	1,62
2700	51230	1189,35	8,5604	16,64	0,23	12,84	7984	52719	0,50	21781	11,31	1,76
2800	51700	1233,40	8,8775	17,26	0,24	13,07	8432	56712	0,49	23005	12,17	1,89
2900	51700	1277,45	9,1945	17,87	0,26	13,29	8859	60584	0,48	24168	13,00	2,02
3000	51700	1321,50	9,5116	18,49	0,27	13,50	9261	64301	0,48	25265	13,80	2,15

Plage à éviter (turbo)

Plage d'utilisation permanente

Plage d'utilisation exceptionnelle

Dépasse  
Dépasse  
Dépasse  
Dépasse

V = 6,42 Nds, vitesse optimale d'hélice. Notez le rendement de l'hélice à la puissance maximale (autour de 50%) alors que le rendement se situe entre 0,62 et 0,66 en navigation par tempes calme.

## Estimation des efforts à 6,42 nœuds



---

Récupérée de « <https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Hélice/volantes&oldid=624945> »

**La dernière modification de cette page a été faite le 5 décembre 2019 à 18:13.**

Les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution partage à l'identique ; d'autres termes peuvent s'appliquer. Voyez les termes d'utilisation pour plus de détails.

$$\eta = \frac{V_1}{V_p}$$

La consommation de carburant sera d'autant plus faible que la vitesse de propulsion s'approchera de la vitesse de déplacement  $V_1$  du navire c'est-à-dire  $V_p$  s'approchant de  $V_1$  ( $V_p > V_1$ ) !

### **Conclusion**

Le calcul du pas de l'hélice dépend de la vitesse d'avancement du navire estimée à la puissance optimale ; elle doit être calculée de telle sorte que la vitesse de propulsion  $V_p$  se situe autour de 2 fois cette vitesse d'avancement, le rendement (puissance utile / puissance fournie) est alors de 50 % à la puissance maximale.

Lorsque cette condition est remplie, il faut vérifier que le moteur produit encore une force satisfaisante en statique et en dynamique !

## Résumé sous forme de tableau

Tableau

Groupe d'expressions	Grandeur physique	Expression mathématique	Commentaire
<b>Force propulsive puissances et rendement</b>	$F_{\text{propulsive}}$	$2\rho S V_p (V_p - V_1)$	Unité de force : le newton
	$P_{\text{utile}}$	$2\rho S V_p (V_p - V_1) V_1$	Unité de puissance : le watt
	$P_{\text{moteur}}$	$2\rho S V_p^2 (V_p - V_1)$	
	Rendement $\eta$	$\frac{V_1}{V_p}$	$\frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{moteur}}}$
<b>Système métrique utilisé</b>	$\rho$	$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Une tonne par mètre cube d'eau douce
	$S$	$\pi \frac{D^2}{4}$	Unité de surface : le mètre carré (m <sup>2</sup> )
	$V_1$	Vitesse de l'eau entrant dans l'hélice	Vitesse de surface du navire ou du débit fluvial (m/s)
	$V_p$	$V_h (1 - \text{Recul})$	Vitesse de propulsion dans l'hélice, en mètres par seconde, où $V_h = \text{Pas (en mètres)} \times \text{tours/seconde de l'hélice}$ , avec <i>recul</i> variable selon les conditions de navigation.

## Voir aussi

- Application aux navires à déplacement<sup>[3]</sup>
- Notez le rendement d'hélice à la puissance maximale (autour de 50%) alors que le rendement se situe entre 0,62 et 0,66 en navigation par temps calme pour une vitesse de croisière à 6,42 nœuds.<sup>[4]</sup>



# Annexe

## Notes et références

---

1. « *Les expériences De Morosi et Bidone ont prouvé par les faits matériels les doctrines d'Euler et de Bernoulli.* »  
Bidone a fait des études très poussées sur les jets. Ces expériences sont décrites en français dans *Memorie della Reale accademia delle scienze di Torino*  
. Pour plus de détails : Hélice marine (*Wikipedia*)
2. Discussion Hélice marine
3. L'application de cette théorie avec un moteur de 75 Ch turbo sur une goélette de 15 tonnes a donné lieu à publication : Inverseurs et hélices ([http://appgm.asso.free.fr/wiki/index.php/Inverseurs\\_et\\_Hélices](http://appgm.asso.free.fr/wiki/index.php/Inverseurs_et_Hélices))
4. [https://fr.wikibooks.org/wiki/Hélices\\_de\\_navires\\_à\\_déplacement/Résultats\\_à\\_des\\_vitesses\\_caractéristiques](https://fr.wikibooks.org/wiki/Hélices_de_navires_à_déplacement/Résultats_à_des_vitesses_caractéristiques)
5. **Feuille volante** : <https://fr.wikibooks.org/wiki/Fichier:Th-helice-application1.gif>
6. **Feuille volante** : <https://fr.wikibooks.org/wiki/Fichier:Th-helice-application2.gif>
7. **Feuille volante** : <https://fr.wikibooks.org/wiki/Fichier:Th-helice-application3.gif>

## Liens externes

Memorie della Reale accademia delle scienze di Torino : Morosi et Bidone ([http://books.google.com/books?id=ZtUAAAAAYAAJ&pg=RA3-PA33&lpg=RA3-PA33&dq=Morosi+Bidone&source=bl&ots=yFVM2l2isC&sig=JNZuce2VlB7drXiheb\\_hyIrWtI&hl=fr&ei=dwEkSuLnBtOZjAedv-zKBg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2](http://books.google.com/books?id=ZtUAAAAAYAAJ&pg=RA3-PA33&lpg=RA3-PA33&dq=Morosi+Bidone&source=bl&ots=yFVM2l2isC&sig=JNZuce2VlB7drXiheb_hyIrWtI&hl=fr&ei=dwEkSuLnBtOZjAedv-zKBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2)) Pages 1 à 191 notamment §4 (Page 134)

# Sources et contributeurs de l'article

---

*Source de cette édition* : <https://fr.wikibooks.org/wiki/Hélice/selti>

**Article** : Hélice

*Source* : <https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Hélice&oldid=624398>, *Licence* : Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0, *Contributeurs* : Goelette Cardabela, The RedBurn, Jean-Jacques MILAN, JackPotte, Tavernierbot, 178.16.163.242, 88.173.65.222, DavidL, Boehm, Zetud, *Page* :

# Source des images, licences et contributeurs

---

## **Article : Hélice**

**Image 1 : Screw-Konpira.jpg**, *Source* : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Screw-Konpira.jpg>, *Licence* : [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], *Contributeurs* : Toto-tarou, *Page* :

**Image 2 : Th-helice.jpg**, *Source* : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Th-helice.jpg>, *Licence* : [CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], *Contributeurs* : Jean-Paul Louyot, alias Goelette Cardabela, *Page* :

**Image 3 : Th-helice-W.jpg**, *Source* : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Th-helice-W.jpg> *Licence* : [CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], *Contributeurs* : Goelette Cardabela, *Page* :

**Image 4 : Th-helice-application1.gif**, *Source* : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Th-helice-application1.gif>, *Licence* : [CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], *Contributeurs* : Goelette Cardabela, *Page* :

**Image 5 : Th-helice-application2.gif**, *Source* : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Th-helice-application2.gif>, *Licence* : [CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], *Contributeurs* : Goelette Cardabela, *Page* :

**Image 6 : Th-helice-application3.gif**, *Source* : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Th-helice-application3.gif>, *Licence* : [CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], *Contributeurs* : Goelette Cardabela, *Page* :

**Image 7 : Th-helice-application3.gif**, *Source* : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Th-helice-application3.gif>, *Licence* : [CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)], *Contributeurs* : Goelette Cardabela, *Page* :

# Licence

---

**Article : Hélice**

*Source* : <https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Hélice&oldid=624398>, *Licence* :  
Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0.

# Index

Source : <https://fr.wikibooks.org/wiki/Hélice/Sommaire>

## Sommaire du chapitre Hélice

Caractéristiques des hélices marines, 3  
  Théorie élémentaire avec l'eau pour fluide, 4  
    Conservation de la matière, 4  
    Application du principe fondamental de la dynamique, 5  
    Puissance fournie par l'hélice, 5  
    Recherche du meilleur rendement d'hélice, 6  
    Résumé détaillé, 7  
      Puissance à fournir à l'hélice par le moteur, 7  
      Puissance utile à l'avancement du navire, 8  
      Force propulsive, 8  
      Dépression et cavitation, 8  
      La pression sur l'hélice et sa limite, 9  
      Rendement, 9  
      Conclusion, 9  
    Résumé sous forme de tableau, 9  
  Voir aussi, 10  
Annexe, 11  
  Notes et références, 11  
  Liens externes, 11  
  Sources licences et contributeurs, 12, 13, 14,  
Index, 15, 16, 17.

# Index des sections

---

- 1 Caractéristiques des hélices marines
  - 1.1 Théorie élémentaire avec l'eau pour fluide
    - 1.1.1 Conservation de la matière
    - 1.1.2 Application du principe fondamental de la dynamique
    - 1.1.3 Puissance fournie par l'hélice
    - 1.1.4 Recherche du meilleur rendement d'hélice
    - 1.1.5 Résumé détaillé
    - 1.1.6 Puissance à fournir à l'hélice par le moteur
      - 1.1.6.1 Puissance utile à l'avancement du navire
      - 1.1.6.2 Force propulsive
      - 1.1.6.3 Dépression et cavitation
      - 1.1.6.4 La pression sur l'hélice et sa limite
      - 1.1.6.5 Rendement
      - 1.1.6.6 Conclusion
    - 1.1.7 Résumé sous forme de tableau
  - 1.2 Voir aussi
    - 1.2.1 Feuilles volantes grands formats
- 2 Notes et références
- 3 Liens externes
- 4 Voir aussi sur Wikibooks
- 5 Références
- 6 Sources et contributeurs de l'article
- 7 Source des images, licences et contributeurs
- 8 Licence
- 9 Index
  - 9.1 Index des sections
  - 9.2 Index lexical

# Index lexical

---

Albert Einstein .....	1
Application aux navires à déplacement.....	10
Bernoulli.....	1
Morosi et Bidone.....	1
Caractéristiques des hélices marines.....	3
Conservation de la matière.....	4
Dépression et cavitation.....	8
Discussion Hélice marine .....	12
entropie.....	3
Feuille volante .....	12
Force propulsive.....	8
Force propulsive puissances et rendement.....	9
grandeur physique.....	5
Inverseurs et hélices.....	12
La cavitation.....	3
La pression sur l'hélice et sa limit.....	8
Le calage.....	3
Le coefficient de remplissage.....	3
Le diamètre.....	3
Le pas de construction.....	3
le pas effectif.....	3
Le recul.....	3
Ludwig Boltzmann.....	1





# Collection de livrets techniques

## Livres et livrets au format *PDF*

---

### Informations

Vous pouvez les lire les modifier et les imprimer. Ils sont convertibles dans d'autres formats (Ils sont sans protection DRM).

Wikipedia : *La spécificité du PDF est de préserver la mise en forme d'un document – polices de caractères, images, objets graphiques, etc. telle qu'elle a été définie par son auteur, et cela quels que soient les logiciels, le système d'exploitation et l'ordinateur utilisés pour l'imprimer ou le visualiser.*

### Lien

[https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette\\_Cardabela/Livres\\_en\\_versions\\_PDF](https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette_Cardabela/Livres_en_versions_PDF)

## Livres et livrets en *Version imprimable*

---

### Informations

Vous devez vous charger de l'impression et de l'assemblage des pages.

### Lien

[https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette\\_Cardabela/Livres\\_en\\_versions\\_imprimables](https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette_Cardabela/Livres_en_versions_imprimables)

## Compilations

---

### Informations

Personnalisez votre livre en fichier *PDF* et/ou commandez votre création à PediaPress.

Wikipedia : *PediaPress est une société allemande offrant et développant des logiciels libres de publication sur papier. Située à Mayence en Allemagne, elle offre également un service de publication en ligne permettant aux internautes de créer des ouvrages personnalisés à partir des articles d'un wiki, tel que Wikipédia.*

### Liens

#### **Livres et livrets de l'utilisateur Goelette Cardabela**

[https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette\\_Cardabela/Compilations](https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette_Cardabela/Compilations)

#### **Livres compilés sur wikibooks**

<https://fr.wikibooks.org/wiki/Compilations>

---

Récupérée de « [https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette\\_Cardabela/Hélice\\_marine\\_\(Théorie\\_physique\)&oldid=624675](https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Hélice_marine_(Théorie_physique)&oldid=624675) »

**La dernière modification de cette page a été faite le 30 novembre 2019 à 17:47.**

Les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution partage à l'identique ; d'autres termes peuvent s'appliquer.  
Voyez les termes d'utilisation pour plus de détails.



# Hélice marine

## Théorie physique

La pression atmosphérique comprime l'eau dans laquelle nous naviguons. L'hélice marine aspire l'eau par son avant et crée une dépression. L'eau environnante se précipite vers l'hélice qui est violemment frappée vers l'arrière.

Le vide créé par l'aspiration de l'eau ne peut pas être plus important que la pression atmosphérique. Lorsque l'aspiration est trop forte l'eau bout et des bulles éclatent sur l'hélice qui se dégrade. Au refoulement l'eau comprimée se réduit à un cylindre de diamètre plus petit que le diamètre de l'hélice.

Ce n'est pas tout ... L'aspiration fait baisser la température de l'eau aspirée. Ensuite, le passage dans l'hélice fait fortement remonter sa température. La théorie thermodynamique devait être l'objet de cet article ... Cela ne s'est pas fait, pas encore ...

Le rendement de l'hélice dépend de ce cycle entropique. Pour avoir un très bon rendement d'hélice on a tout intérêt à faire tourner lentement une hélice de grand diamètre. Les très long cargos de plusieurs centaines de mètres gagent en rendement grâce à ces très grandes hélices et à la longueur de leurs navires qui atteignent des vitesses de l'ordre de 20 nœud. Le déplacement latéral de l'eau ne se fait qu'à l'avant du navire et le reste suit dans cette *baignoire* initiée par l'étrave du bateau. Ces bateaux sont difficiles à arrêter et à dévier. La route doit être connue sur de longues distances. les radars, même puissants ne voient pas assez loin d'où la création des routes maritimes et le développement des iAIS<sup>[1]</sup> qui permettent de tout connaître sur les navires environnants.

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Association\\_of\\_Insurance\\_Supervisors](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Association_of_Insurance_Supervisors)

---

Image de couverture : [https://commons.wikimedia.org/wiki/Livres\\_concernant\\_l'hélice\\_marine.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Livres_concernant_l'hélice_marine.jpg)

Par Jean-Paul Louyot, alias Goelette Cardabela [CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>)], de Wikimedia Commons

---

---

Récupérée de « [https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette\\_Cardabela/Hélice\\_marine\\_\(Théorie\\_physique\)/Couverture&oldid=606578](https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Hélice_marine_(Théorie_physique)/Couverture&oldid=606578) »

La dernière modification de cette page a été faite le 1 novembre 2018 à 02:01.

Les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution partage à l'identique ; d'autres termes peuvent s'appliquer.

Voyez les termes d'utilisation pour plus de détails.