

Goélette Cardabela

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

Éditeur : Goelette Cardabela



Contenu

- Premier livret Construire la maquette Cardabela.
- Deuxième livret Calcul des espars.
- Troisième livret Théorie de l'hélice marine.
- Quatrième livret Hélices de navires à déplacement
- Cinquième livret Équipements, Protections de la carène.
- Sixième livret Équipements, Propulsions.
- Septième livret Équipements, Installation électrique.
- Huitième livret Équipements, Autres équipements « à bâtons rompus ».
- Neuvième livret Lecture et impression des livres de Wikilivres.
- Annexes des livrets Feuilles volantes, images grands formats.

Maquettes

Construire la maquette de la goélette Cardabela



Goélette Cardabela

Maquettes

Editor : Goelette Cardabela



Sommaire

1 Objectifs

2 Caractéristiques

3 Mise en œuvre

3.1 Photos de la mise en œuvre

3.2 Photos des expositions

4 Plans de découpe des maquettes à l'échelle 1/10

4.1 Feuilles de calcul pour le traçage des couples de la maquette Cardabela

5 Notes et références

Objectifs

Cette maquette expérimentale à l'échelle 1/10 a été conçue pour effectuer des essais qui ne peuvent pas être réalisés sans frais importants sur la goélette habitable :

- Essayer différentes voiles ; double génois léger, voile de misaine légère.
- Étudier des profils de dérives plus élaborés.
- Rechercher un système antiroulis plus performant pour les mouillages.
- Expérimenter un système d'ancrage plus facile à utiliser ; étudier une manœuvre de mouillage aisée sans équipier. (Davier d'étrave basculant. Radiocommande ?).
- Étudier des manœuvres de port sans l'aide d'équipier, grâce à la radio commande ; marche avant/arrière, rotation, comme avec la maquette.

La maquette doit être fonctionnelle et aussi proche que possible de la goélette originale pour satisfaire au mieux la réalisation des essais prévus ci-dessus ... et aussi ceux qui ne sont pas encore imaginés.

Les constructeurs amateurs de bateaux pourront aussi comprendre et essayer la technique de construction par plaques.

Caractéristiques

La maquette est au 1/10 des Plans originaux

- Longueur totale de la maquette, avec beaupré, sans bout dehors : 1,6 mètre
- Longueur au pont : 1,38 mètre.
- Hauteur : 0,30 mètre
- Largeur au maître bau : 0,40 mètre
- Longueur à la flottaison : 1,3 mètre
- Tirant d'eau : de 6 à 8 centimètres sans dérive ; 16 centimètres avec dérives
- Tirant d'air : 1,65 mètre
- Lest plomb : 4 kg
- Poids lège : 12 kg (avec lest de 4kg)
- Poids en charge : 16 kg maximum
- Voilerie : Yankee, trinquette bômée, misaine, grand-voile
Surface de voilure : 0,90 m², 1,30 m² avec génois double.
Si possible ... enrouleur et emmagasineur, ceux-ci n'existent pas sur catalogue et ne sont pas faciles à mettre en œuvre.) :
 - Génois sur enrouleur.
 - Génois double sur emmagasineur
- Moteur Selon les calculs^[1] :

- Moteur Graupner SPEED 600 7,2 V ; 12 A ; rendement = 0,69 18 200 tr/min à vide, (12 000 tr/min à rendement max ?) ou SPEED 600 BB Turbo.
- Réducteur : Universel 2/1 Graupner
- Variateur de marche avant/arrière : Dépend de la tension du moteur 7,2 ou 12 volts - (12 V : Rookie Navy æP Amp)
- Tube étambot : 145 mm Graupner 321, pour arbre de 4 mm
- Hélice : Hélice Raboesch tripale Diamètre 45 mm, pas 40 mm ; référence 162-19 R (rotation à droite, sens des aiguille d'une montre vu de l'arrière) ou 162-20 L (rotation à gauche). (Bien adaptées pour Cardabela avec réducteur 2:1)
- Batterie : Dépend du moteur, 7,2 ou 12 volts
- Propulseur d'étrave : Raboesch Diamètre 22 Ref 108.04
- Radiocommande : Robble Futaba FX 18

Mise en œuvre

Construction de la coque par plaques, en contre plaqué de 3 mm.

Matériaux :

Panneau de contreplaqué de 3 mm 122x250
Panneau de contreplaqué de 5 mm d'épaisseur 122x250
Carrelets de 10x10 mm (Baguettes en bois)
Colle époxy rapide (Araldite ?)
Résine époxy
Épaississants pour la résine.
Micro billes de verre creuses.

Outils :

Crayons, règles, équerres, ciseaux à papier, cutters robustes de 25 mm avec lames de rechange pour découper le contreplaqué de 3 mm. Une scie à chantourner ou une scie sauteuse.

Procédure :

Voir les photos de la mise en œuvre dans les pages suivantes

1. Commencer par préparer un plan de travail; panneau de 1m53 à 1m80 x 0,45m en contreplaqué suffisamment épais pour ne pas se déformer. (Entre 15 et 20 millimètres d'épaisseur.)
2. Tracer l'axe central sur le plan de travail. Tracer la position des gabarits (Gabarits: découpes suivant les plans de couples), espacés de 10 centimètres.
3. Coller des carrelets à l'avant du trait, du gabarit 0 au gabarit 8. Coller des carrelets à l'arrière du trait à partir du gabarit 9.
4. Couper des bandes de 26 centimètres dans du contreplaqué de 5 millimètres d'épaisseur. Décalquer ou coller les plans sur ce contreplaqué (26 x 45 centimètres pour les plus larges.) et découper les gabarits avec une scie à chantourner.
5. Fixer les gabarits sur le plan de travail au niveau des traits. Les plaques prendront ainsi appui sur le bord extérieur des gabarits.
6. Tracer et découper le fond de quille dans du bois ou du contreplaqué de 5 millimètres d'épaisseur.
7. Placer le fond de quille et le stabiliser de 10 en 10 centimètres avec des aiguilles ou des pointes. On peut percer des petits trous pour faciliter la pénétration des aiguilles.
8. Tracer et découper au cutter les plaques latérales de quille dans du contreplaqué de 3 millimètres d'épaisseur.
9. Placer les plaques latérales de quille et les coller de préférence avec une colle époxy rapide. Prendre soin de ne pas coller les plaques avec les gabarits.
10. Tracer et découper les plaques des œuvres vives. (Œuvres vives: en contact

avec l'eau)

11. Placer et coller les œuvres vives à l'époxy, toujours en prenant soin de ne pas coller les plaques avec les gabarits. Des plaques peuvent être incisées selon les cônes de cintrage pour faciliter la mise en place.
12. La liaison entre les plaques des œuvres vives et œuvres mortes est à réaliser avec des lattes de bois. On peut utiliser des lattes de 3x10 millimètres par 1m50 de longueur. On peut aussi les découper dans le contreplaqué de 3 mm.
13. Découper le bord des lattes avant de coller les œuvres mortes.
14. Tracer et découper la plaque des œuvres mortes. Inciser la plaque pour faciliter le cintrage.
15. Placer et coller la plaque des œuvres mortes.
16. Tracer et découper les plaques de pont.
 1. Pont avant : La plaque avant passe sous la plaque arrière (sous le sur-bau) jusqu'à la cloison N°8 (80 cm de l'étrave à la flottaison).
 2. Pont arrière : Tracer et découper les passe avants, de l'avant jusqu'au couple 10 (en conservant l'arrière plein). Ceci permettra de bien positionner la cloison N° 10 et, par conséquent, les autres cloisons.
17. Tracer la forme arrière avec un liens inextensible (fil de cuivre souple)
 1. Fixer l'extrémité du fil en haut de l'étrave.
 2. Positionner le crayon ou le stylo au niveau du pont arrière et tracer d'un bord à l'autre. puis découper le pont arrière suivant le trait.
 3. Découper deux gabarits de forme précédente dans du bois ou contreplaqué de 10mm afin de mettre en forme l'arrière de la maquette
 4. Découper un morceau de contreplaqué de 3 mm destiné à fermer l'arrière de la coque.
 5. Visser les gabarits de forme sur cette plaque et laisser tremper 24 heures dans un seau d'eau.
18. Tracer et découper le bas des cloisons 2, 4, 6, 8, 10, 12, dans le contreplaqué de 3 mm
19. Tracer et découper des lattes de positionnement de 4 cm de haut avec les découpes de positionnement des cloisons.
20. Positionner et coller les cloisons 2 et 6 et 12.
21. Poupe : Après renforcement du cintrage à la main et séchage et à l'air chaud : coller la plaque à l'époxy (de l'extérieur) en maintenant le pont solidement en place.

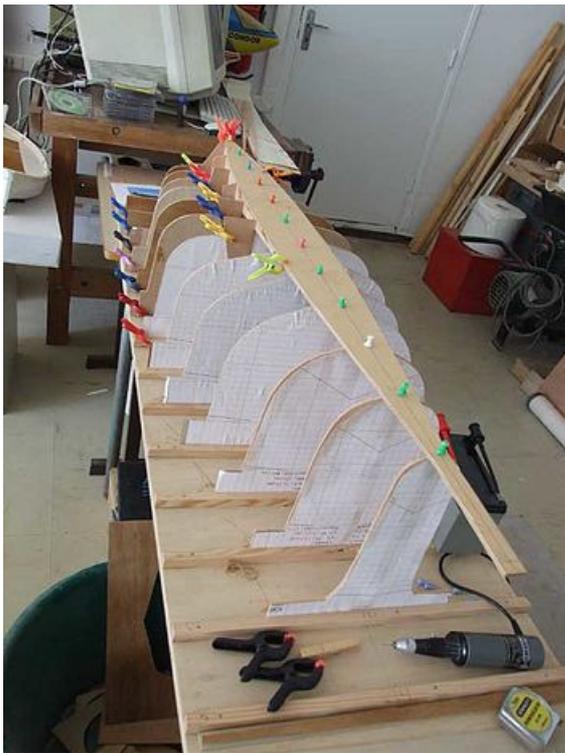
Photos de la mise en œuvre



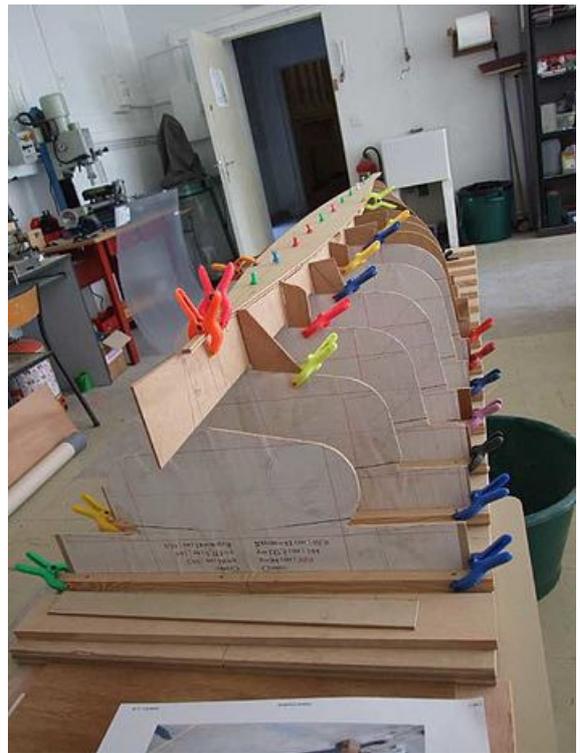
Plan de travail 1m53 x 45cm carrelets de 14x14 tous les 10 cm. Noter la position des carrelets plus large entre les couples 8 et 9



Fixation des gabarits sur le plan de travail au niveau des traits.



Placement du fond de quille et positionnement des gabarits.



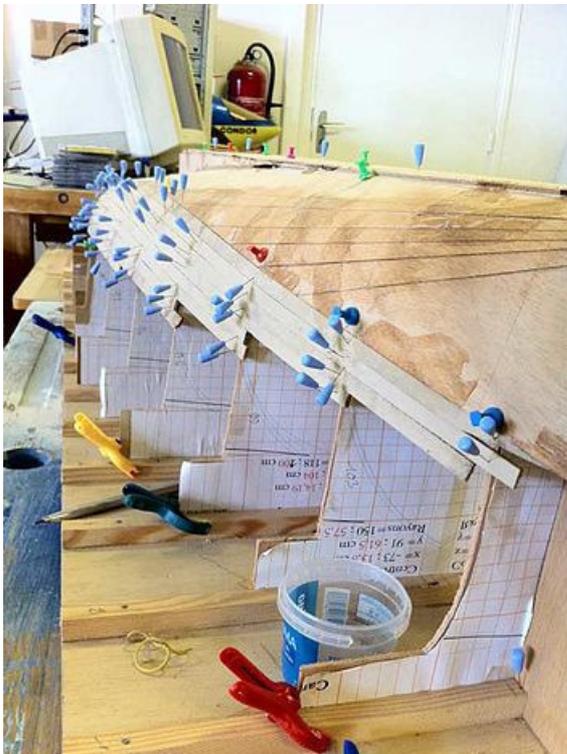
Placement et collage de plaques de quille latérales.



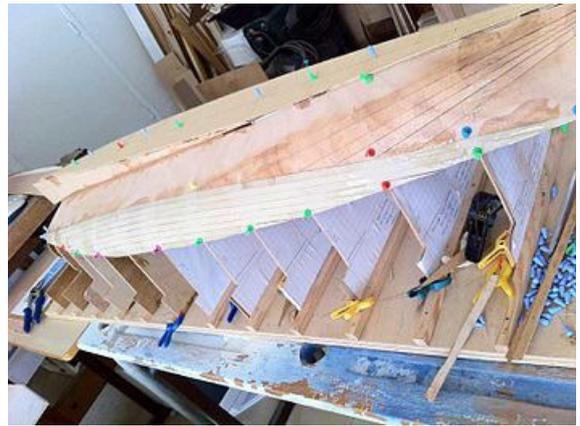
Placement et collage des œuvres vives.



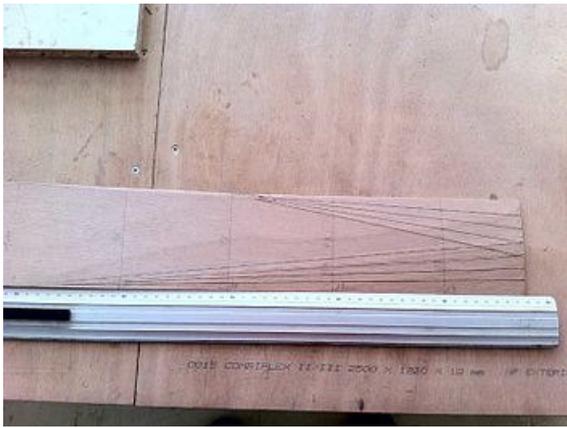
Cintrage de l'avant grâce aux incisions.



Collage des baguettes de bouchains.



Découpe des baguettes pour le collage des œuvres mortes.



Vue des incisions extérieures pour le cintrage arrière.



Vue des incisions intérieures pour le cintrage avant.



Positionnement des cloisons



Collage du cul (poupe)



Pose du guide de safran tribord, avec vue du cockpit amovible



Pose du guide de safran tribord, avec vue des dérives latérales



Pose du guide de safran tribord, vue de la poupe.
L'inclinaison doit être perpendiculaire au plan de la coque



Pose du guide de safran tribord, avec vue du cockpit amovible

Photos des expositions

Exposition des maquettes à Roquebillière (06450) en septembre 2011.



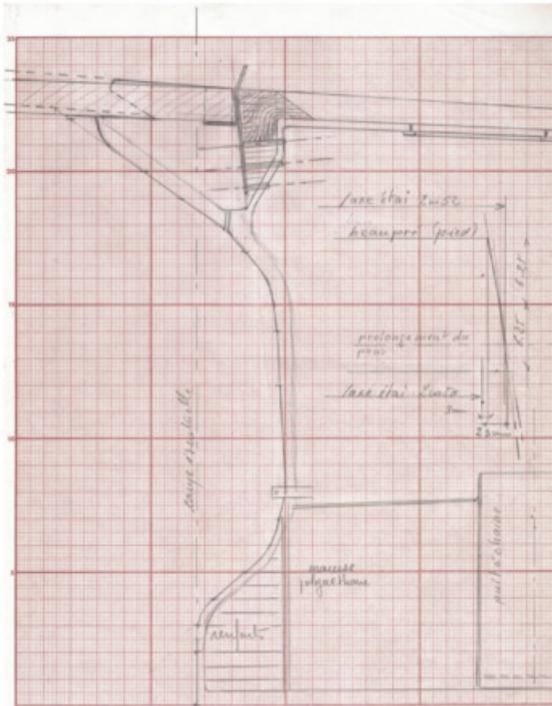
Technique de construction par plaques.



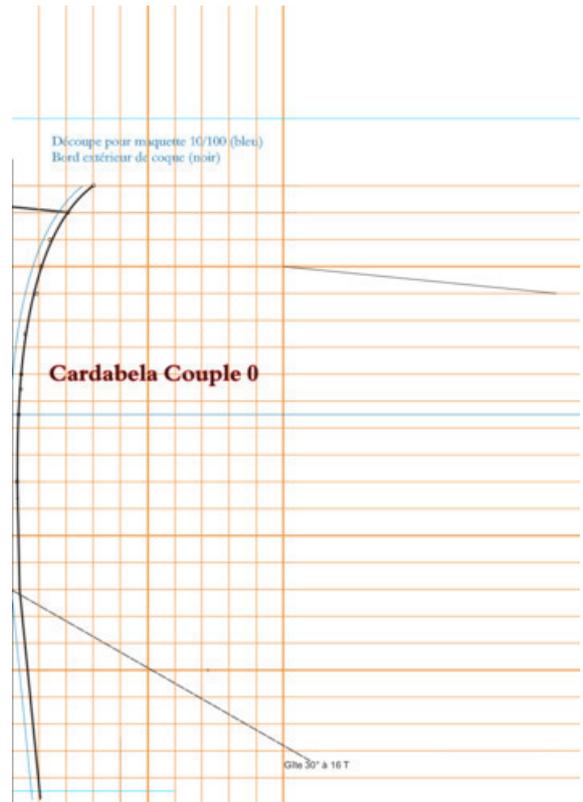
L'Abeille Flandre de JM Bellenguez.

Plans de découpe des maquettes à l'échelle 1/10

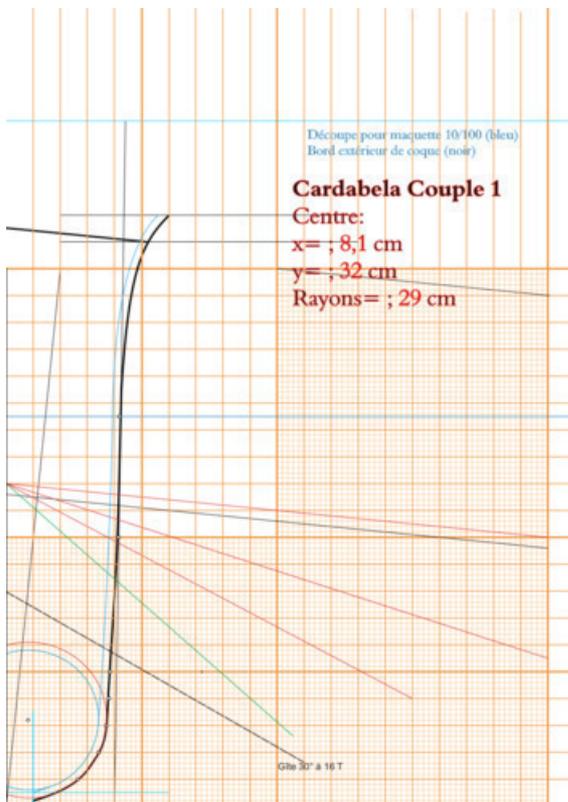
Note : L'épaisseur de la coque est de 3 millimètres en contre-plaqué.
Télécharger l'ensemble des plans au format pdf ou corel-draw-12 sur le site dédié initialement à la construction de la goélette^[2].



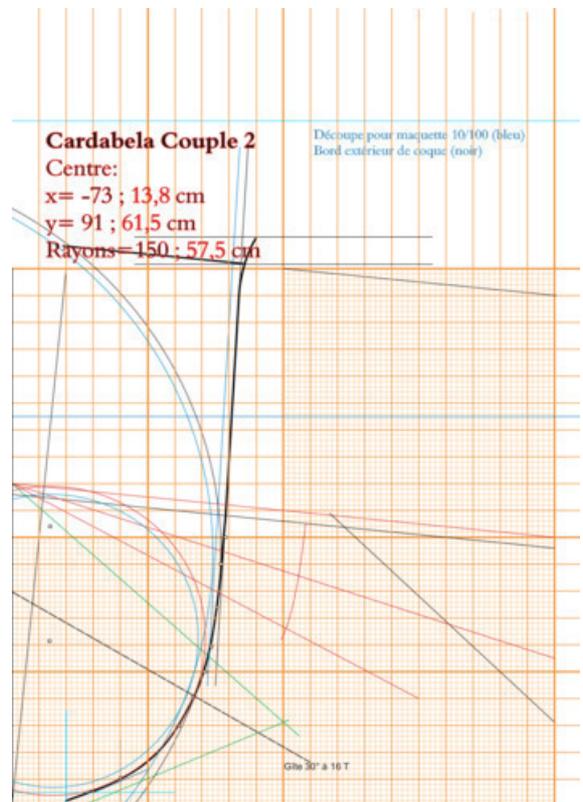
Profil de l'étrave.



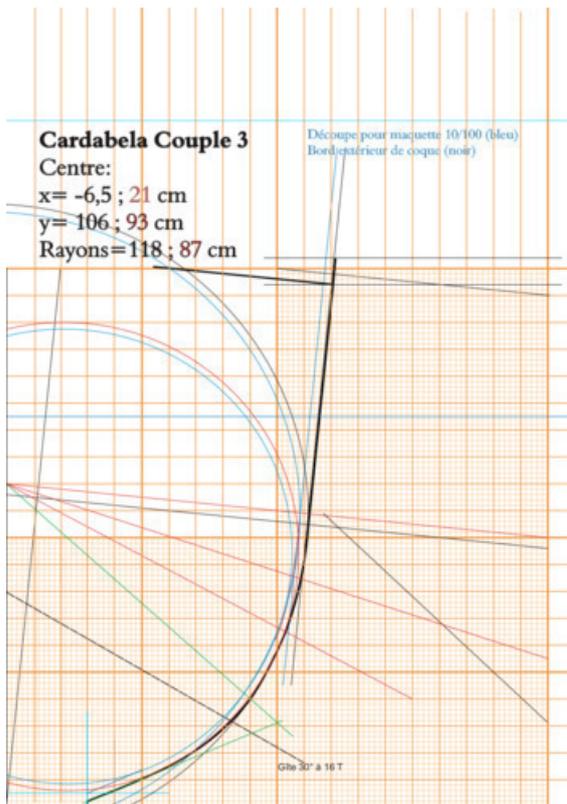
Forme et découpe du couple 0.



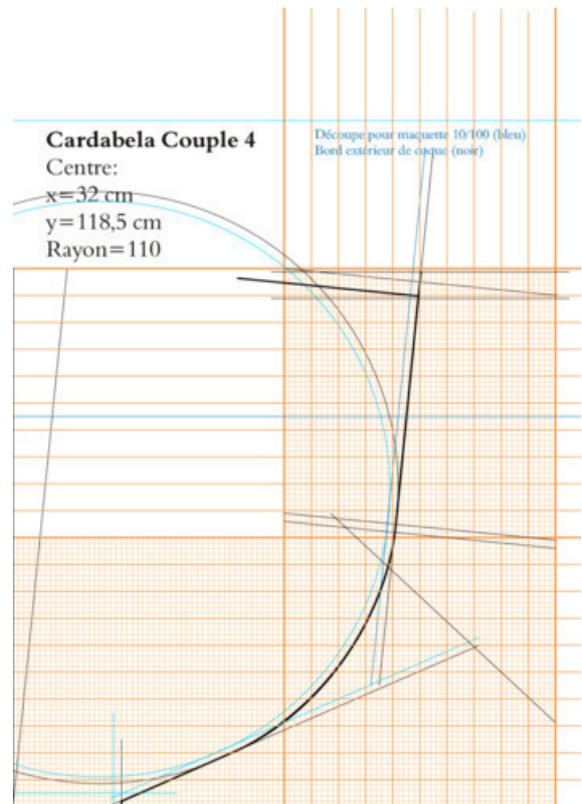
Forme et découpe du couple 1.



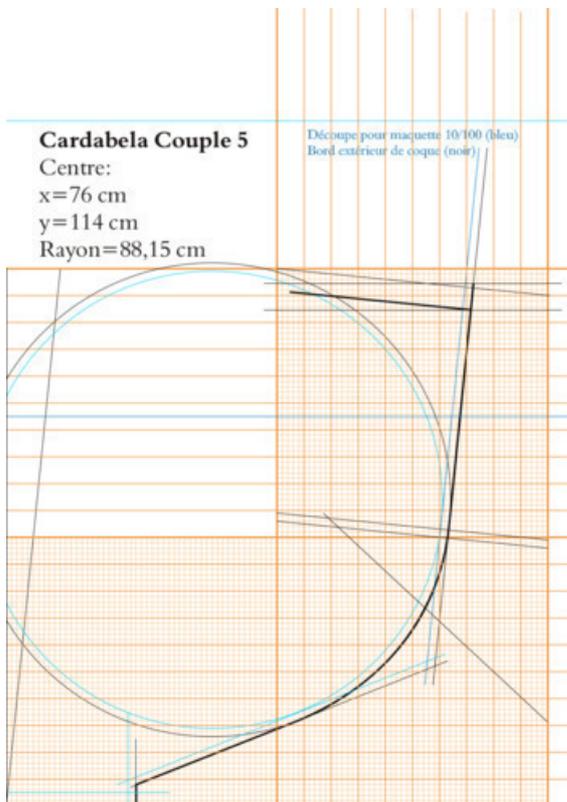
Forme et découpe du couple 2.



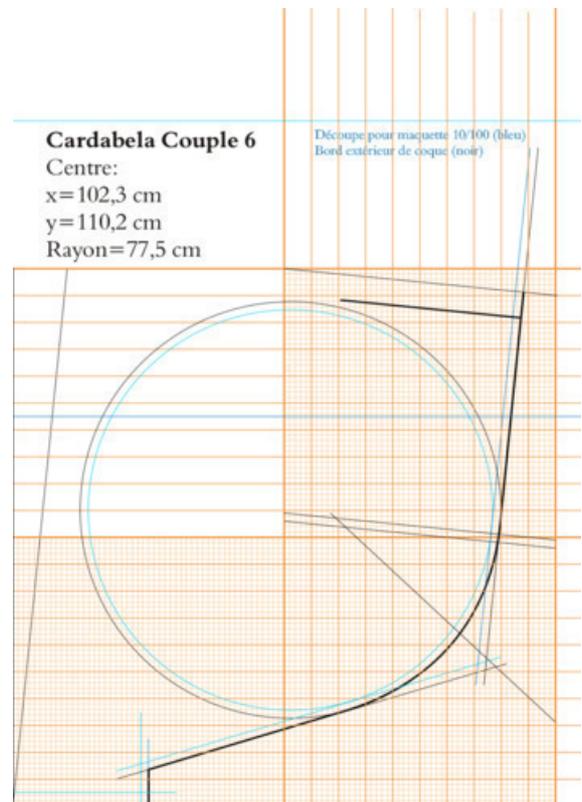
Forme et découpe du couple 3.



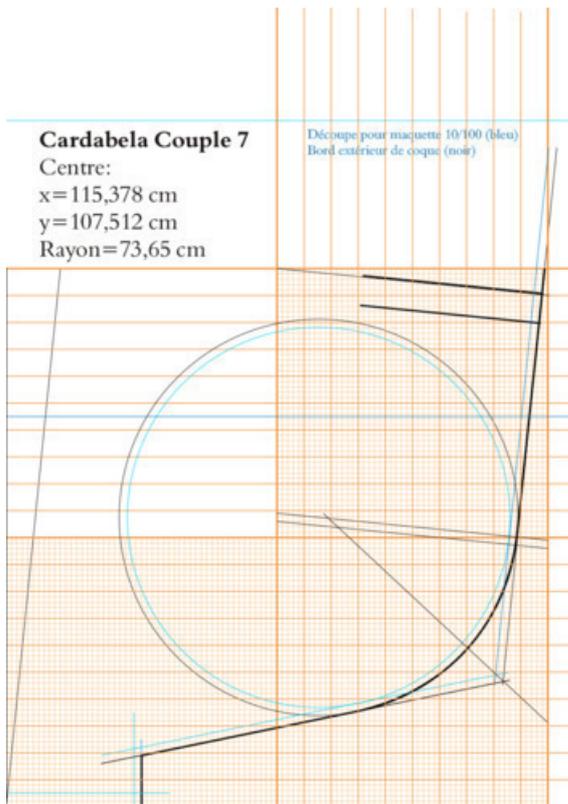
Forme et découpe du couple 4.



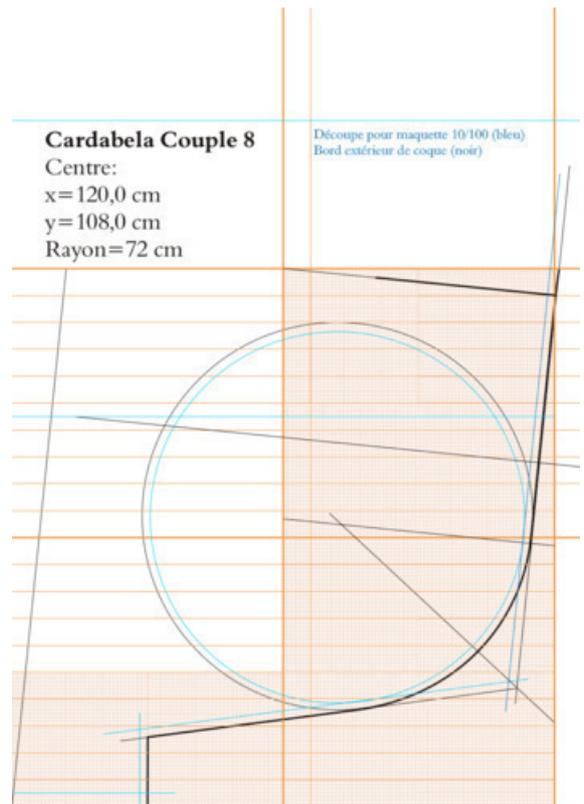
Forme et découpe du couple 5.



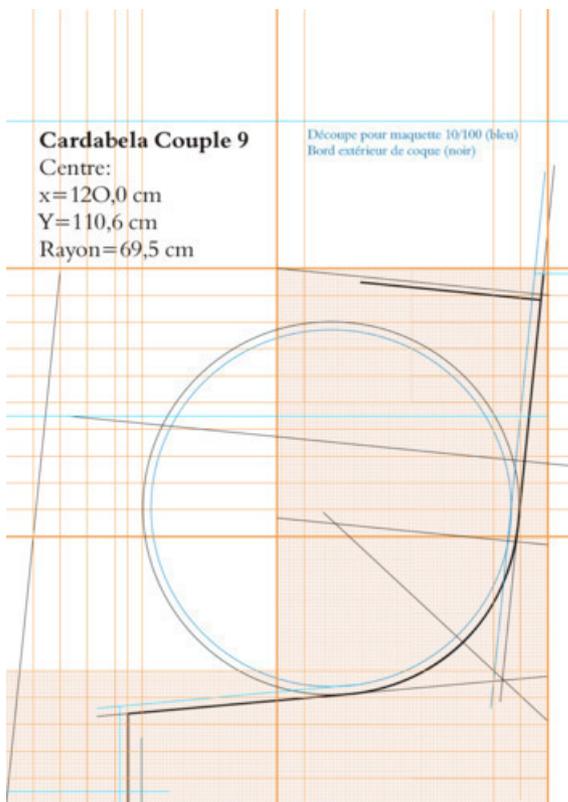
Forme et découpe du couple 6.



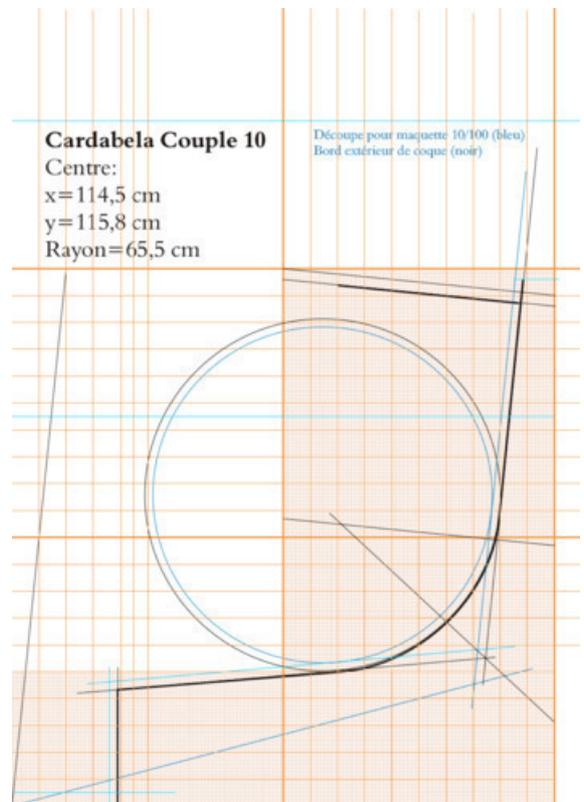
Forme et découpe du couple 7.



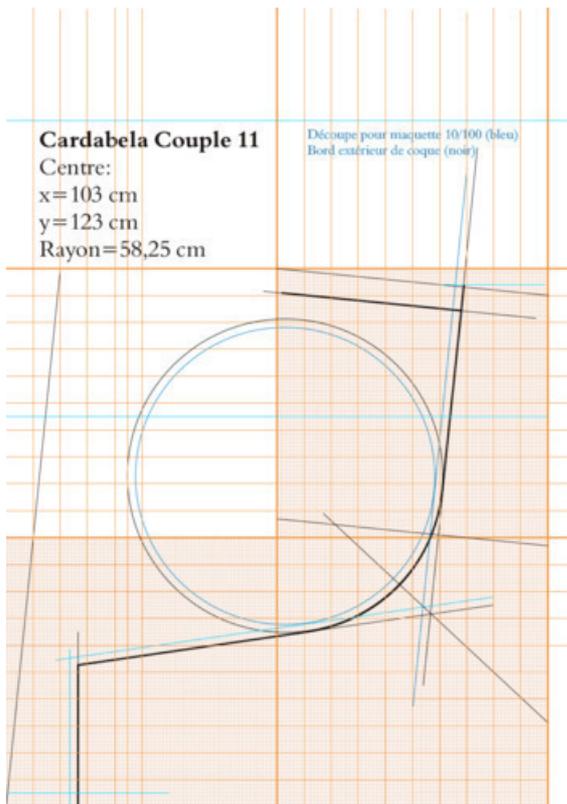
Forme et découpe du couple 8.



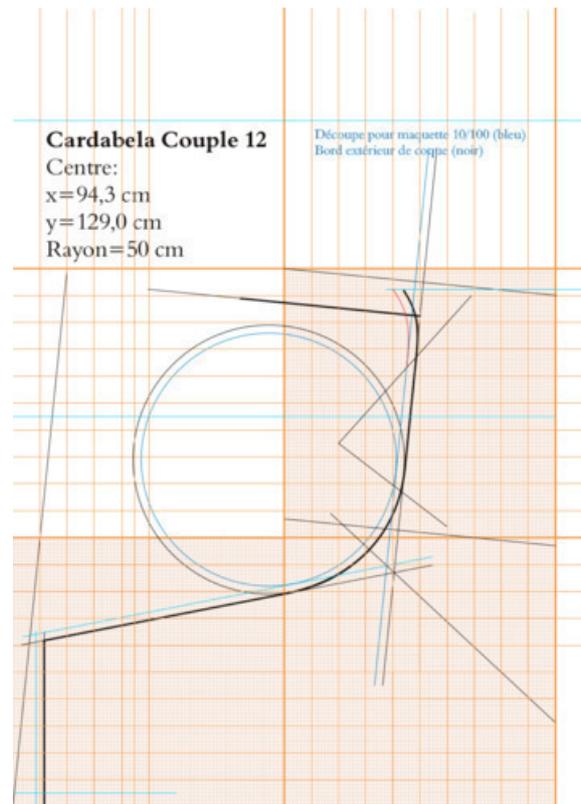
Forme et découpe du couple 9.



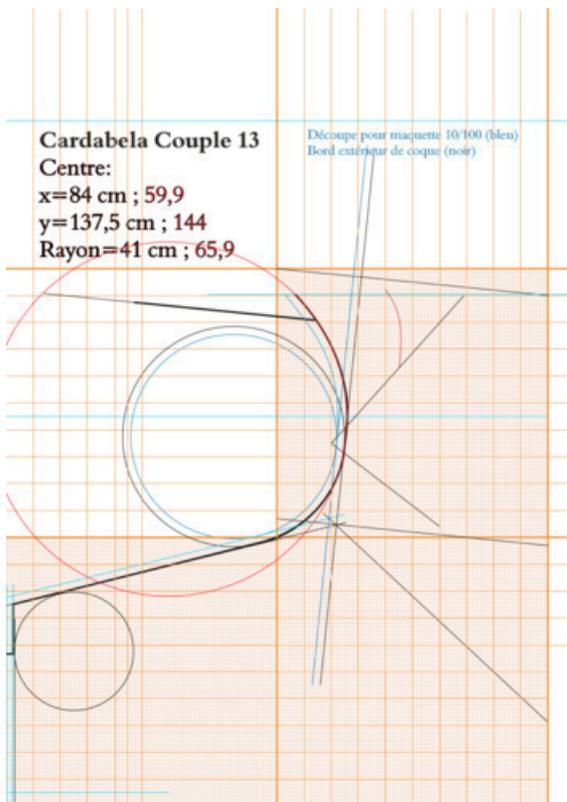
Forme et découpe du couple 10.



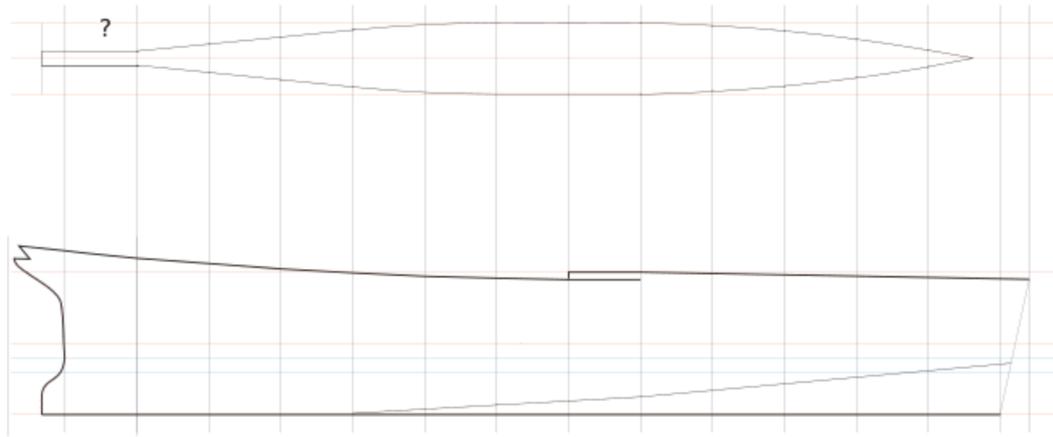
Forme et découpe du couple 11.



Forme et découpe du couple 12.



Forme et découpe du couple 13.



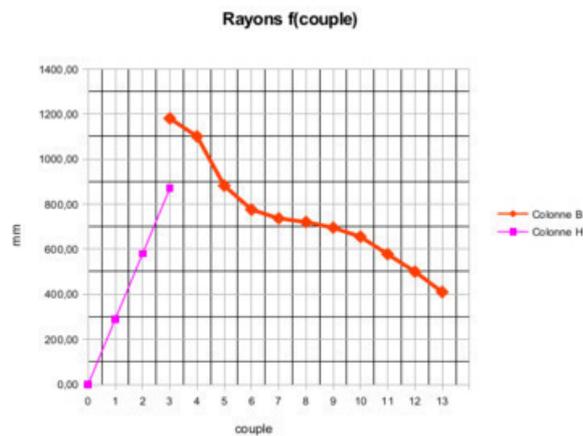
Profil de coque et de quille.

Feuilles de calcul pour le traçage des couples de la maquette Cardabela

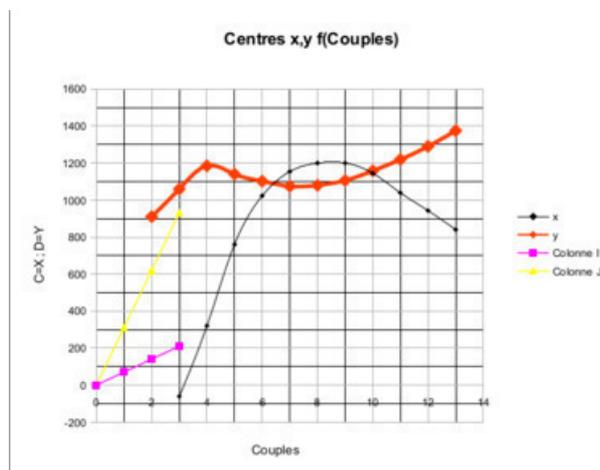
Feuille 1

Couple N°	Rayons	Centre des rayons		Raccordement intermédiaire			Cintrage conique œuvres vives étrave		
	de bouchain	x	y	R (mm)	x (mm)	y (mm)	R (mm)	x (mm)	y (mm)
0							0,00	0,00	0,00
1							290,00	70,0	310,0
2			910	3000,0	-730	910	580,00	140,0	620,0
3	1180,0	-61	1060				870,00	210,0	930,0
4	1100,0	320	1185						
5	881,5	760	1140						
6	775,0	1023	1102						
7	736,5	1154	1075						
8	720,0	1200	1080						
9	695,0	1200	1106						
10	655,0	1145	1158						
11	577,5	1039	1219						
12	500,0	943	1290						
13	410,0	840	1375						

Feuille 1 Rayons de découpe et centre de traçage.



Rayons de découpes.

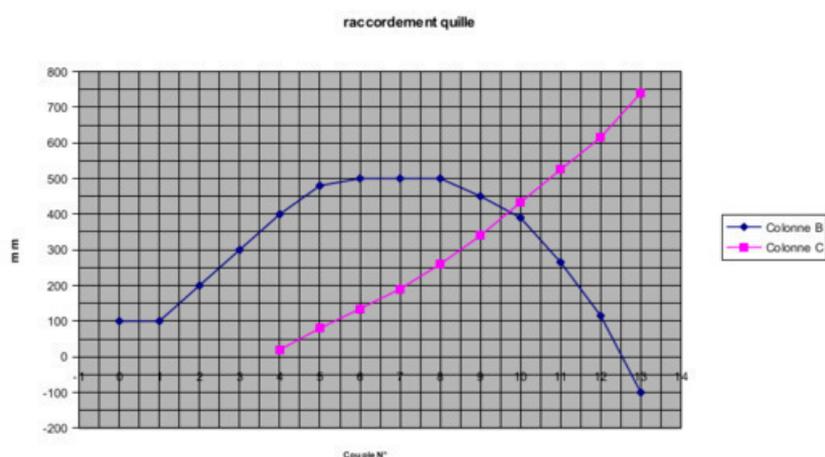


Centres des rayons.

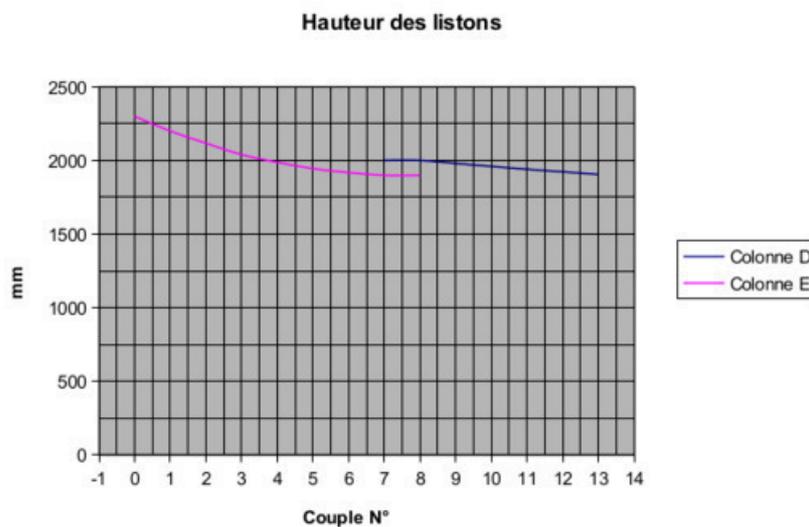
Feuille2

Raccordement de quille			Listons		Obsolète:	Repères	Largeur		Repères	Pour traçage:
Couple N°	Raccord Quille x	Raccord Quille y	Haut Liston ARR	Haut Liston AV2	Haut Liston AV1	initiaux	Demi bord Liston ARR	(pour traçage) Demi bord Liston AVT	initiaux	Bordé à 1450 mm
-1										
0	100			2300	2300			300,0	300	20
1	100			2200	2200			600,0	600	418
2	200			2117	2120			900,0	900	810
3	300			2040	2062			1211,0	1216	1152
4	400	20		1988	2005			1503,8	1510	1450
5	480	80		1945	1970			1725,8	1730	1676
6	500	135		1918	1945			1882,8	1889	1836
7	500	190	2000	1900	1912			1978,0	1980	1933
8	500	260	2000	1900		2000	2020,0	2010,0	2000	1965
9	450	340	1980			1990	1988,0			1935
10	390	433	1960			1888	1887,0			1836
11	265	525	1940			1740	1694,0			1645
12	115	615	1923			1510	1510,3			1463
13	-100	740	1905			1050	1305,5			1260
14										

Feuille 2 Raccordements de quille et hauteur de listons.



Points de raccordements.



Hauteur des listons.

Notes et références

1. Télécharger la feuille de calculs pour le Moteur de la maquette Cardabela
(http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/fichiers_conception/helice/download.php?file=Helice-maquette-CARDABELA.xls)
2. Télécharger l'ensemble des plans au format pdf ou corel-draw-12
(<http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/cardabela/construction/plans/index.php>)

Maquettes – Construire la maquette de la goélette Cardabela

Cette maquette expérimentale à l'échelle 1/10 a été conçue pour effectuer des essais qui ne peuvent pas être réalisés sans frais importants sur la goélette habitable :

- Essayer différentes voiles ; double génois léger, voile de misaine légère.
- Étudier des profils de dérives plus élaborés.
- Rechercher un système antiroulis plus performant pour les mouillages.
- Expérimenter un système d'ancrage plus facile à utiliser ; étudier une manœuvre de mouillage aisée sans équipier. (Davier d'étrave basculant. Radiocommande ?).
- Étudier des manœuvres de port sans l'aide d'équipier, grâce à la radio commande ; marche avant/arrière, rotation, comme avec la maquette.

La maquette doit être fonctionnelle et aussi proche que possible de la goélette originale pour satisfaire au mieux la réalisation des essais prévus ci-dessus ... et aussi ceux qui ne sont pas encore imaginés.

Les constructeurs amateurs de bateaux pourront aussi comprendre et essayer la technique de construction par plaques.

Image de couverture : <https://fr.wikibooks.org/wiki/110924-3-expo-Roquebilliere.jpg>
Attribution : Goelette Cardabela

Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Maquettes/Version_collection&oldid=607855 »

La dernière modification de cette page a été faite le 15 novembre 2018 à 16:12.

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.

Calcul des espars

Dans la construction navale



Construction navale

Le calcul des espars

Éditeur : Goélette Cardabela



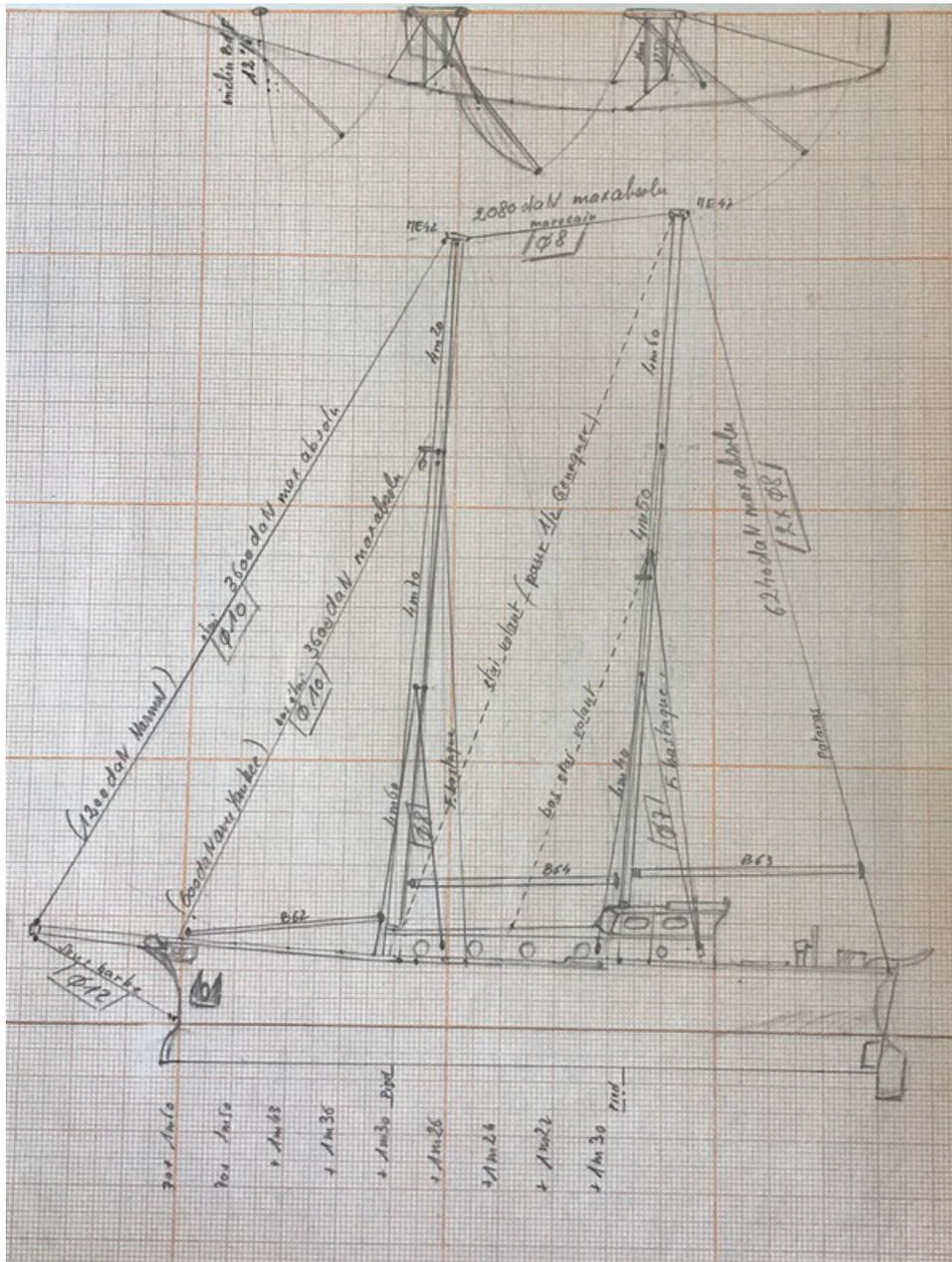
Contenu

- 1 Introduction - Définition de l'« espar »
- 2 Unités de mesure
- 3 Les mâts
 - 3.1 Généralités sur les mâts
 - 3.2 Calcul de résistance des mâts à la compression
 - 3.2.1 Exemple de calcul pour des mâts ronds pleins en mélèze
 - 3.2.1.1 Calcul pour un mât en mélèze de 10 cm de diamètre
 - 3.2.1.2 Corollaire pour un mât en mélèze de 20 cm de diamètre
 - 3.2.2 Exemple pour un mât creux en aluminium
 - 3.2.2.1 Calcul pour un mât de 5,4 kg par mètre
 - 3.2.3 Conclusion
 - 3.3 Calcul de la résistance des mâts au flambage
 - 3.3.1 Formule générale à la rupture
 - 3.3.1.1 Charge critique au flambage
 - 3.3.1.1.1 Charge critique pour les espars guidés aux extrémités (Exemples pour le bois et l'aluminium)
 - 3.3.1.1.2 Charge pratique de résistance au flambage
 - 3.3.1.2 Exemple de calcul pour un mât plein en mélèze
 - 3.3.1.3 Exemple de calcul pour un mât rond creux en aluminium
 - 3.3.1.4 Exemple de calcul pour un mât elliptique creux en aluminium
 - 3.3.1.5 Conclusion
 - 3.3.2 Exemple de calcul pour un mât plein en mélèze
 - 3.3.3 Exemple de calcul pour un mât rond creux en aluminium
 - 3.3.4 Exemple de calcul pour un mât elliptique creux en aluminium
 - 3.3.5 Conclusion
 - 3.4 Notes et références
- 4 Les épontilles
 - 4.1 Calcul des épontilles de sections rectangulaires
- 5 Les beauprés
 - 5.1 Calcul de beauprés de sections rectangulaires
 - 5.2 Comment effectuer ce calcul de compression du beaupré ?
 - 5.3 Exemple pratique
 - 5.3.1 Quelle doit être la section du beaupré en bois ?
 - 5.3.2 Résistance au travail de compression
 - 5.3.3 Charge limite au flambage
 - 5.3.4 Conclusion
 - 5.4 Notes et références
- 6 Liens

Introduction - Définition de l'« espar »

Wikipedia : « Sur un bateau, un **espar** (mot étymologiquement apparenté à l'allemand *Spiere* et à l'anglais *spar*, qui ont la même signification) est un élément de gréement long et rigide, originellement en bois, et ayant un rôle technique à jouer dans la propulsion (à voile) et les manœuvres.

Entrent dans la catégorie des espars les mâts, bômes, vergues, bouts-dehors, queues de malet, livardes, wishbones. On peut aussi y associer les éléments mobiles tels que avirons, barres, tangons, etc. »



$$1 \text{ daN} \approx 1 \text{ kgf}$$

Calcul du gréement de la goélette Cardabela.

Unités de mesure

Remarques concernant l'expression des unités de mesures dans cet article

Nous utilisons le système d'unités CGS ^[1] plus proche de notre perception qu'avec les unités du *Système international SI* .

Nous utilisons cependant l'expression **kg_f** du Kilogramme-force ^[2] qui est une ancienne expression de la force, indépendante du *Système de mesures CGS* et du *Système international d'unités* ^[3]. Le **kg_f** est à la fois une unité de force et de poids : le **kg_p** ou encore le **kg** que tout le monde connaît en faisant ses courses.

On devrait utiliser le **dyne** comme unité de force, mais qui ? a une notion réaliste de cette mesure ?

Les formules mathématiques sont en LaTeX ^[4], le rendu des expressions à l'écran est différent du rendu imprimé. Nous avons essayé de minimiser cette effet.

1. https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_CGS
2. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Kilogramme-force>
3. https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_international_d'unités
4. Livre détaillé : <https://fr.wikibooks.org/wiki/LaTeX>

Généralités sur les mâts

- Les mâts en aluminium sont souvent plus légers que les câbles en acier inoxydable qui les maintiennent.
- Les mâts en bois plein sont très lourds.
- Les mâts en bois peuvent être creux en bois contrecollé ou lamellé-collé de formes variables. Ces mâts restent lourds lorsque l'on veut une résistance importante à la compression et au flambage.
- La section, ou le poids linéaire, des mâts détermine leur **résistance à la compression**^[1]. C'est la contrainte maximale admissible par un matériau soumis à une charge d'écrasement^[2].
- Le profil d'un mât, rond ou elliptique, détermine sa **résistance au flambage**^[3] longitudinal et latéral. Le flambage est également appelé le flambement. Lorsqu'une structure est compressée dans le sens de la longueur, elle a tendance à fléchir perpendiculairement à l'axe de la force appliquée, en raison d'un phénomène d'instabilité élastique.
 - Le petit diamètre, plus sensible au flambage, supporte les barres de flèches latérales.
 - Lorsqu'il est nécessaire de maintenir le mât au flambage dans sa section longitudinale, on adopte parfois un étai de trinquette avec des bastaques largables ou non.
- La longueur du mât : Le mât est approximativement égal ou plus grand que la longueur de coque du voilier. Selon le type de bateau; croisière hauturière, plaisance pour l'été, voilier pour la course, cette longueur va être adaptée. Le mât sera plus long pour chercher le vent en hauteur, donc pour la course, il sera plus court pour faciliter la manipulation des voiles par un équipage très réduit. En ce début de ce XXI^e siècle les mâts à enrouleurs sont devenus plus populaires et facilitent les manœuvres, on va très probablement voir apparaître des mâts plus longs.

Lien intéressant : Méthodes de fabrication des mâts en aluminium et carbone sur le site nauticaltrek.com^[4].

1. https://fr.wikipedia.org/wiki/Essai_de_compression
2. <http://www.instron.fr/fr-fr/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>
3. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Flambage>
4. <https://nauticaltrek.com/trucs-et-astuces/construction/mat-aluminium-carbone/comment-page-1/#comment-12174>

Calcul de résistance des mâts à la compression

Pour un **même matériau**, la résistance à la compression ne dépend que du poids linéaire du mât. En effet le poids linéaire est le produit d'une **section** par une longueur et une densité. Le poids linéaire ne dépend que de la section.

Exemple de calcul pour des mâts ronds pleins en mélèze

Caractéristiques du mélèze :

Poids sec : 600 kg le mètre cube ou **0,6 kg le dm³**
Résistance à la compression : 53 MPa (Méga-Pascal), ou **530 kg_f/cm²**

Calcul pour un mât en mélèze de 10 cm de diamètre

La résistance de travail à la compression pour le bois devrait être égale au cinquième de la résistance à la rupture; **on adopte ici 100 kg_f par cm²** pour tenir compte des défauts, de la fatigue des matériaux^[1], et du coefficient de sécurité^[2].

Surface de compression : $(3,14 \times 10 \times 10) / 4 = 78,5 \text{ cm}^2$
Résistance au travail : $78,5 \times 100 = 7\,850 \text{ kg}_f$
Poids : $(78,5 / 1\,000) \times 0,6 = 4,71 \text{ kg par mètre}$

Remarque : Section * densité / longueur => $78,5 * 0,6 = 47,1$ grammes-poids par cm ou 4,71 kg / mètre

Pourquoi prendre pour exemple un diamètre de 10 cm ?

Il suffit d'élever au carré le rapport des diamètres pour évaluer un autre mât ! Exemple : Pour un mât de 20 cm de diamètre, il suffit d'élever au carré le rapport 20/10, soit quatre fois la valeur des résultats précédents.

Corollaire pour un mât en mélèze de 20 cm de diamètre

Résistance au travail : $7\,850 \times 4 = 31\,400 \text{ kg}_f$
Poids : $4,71 \times 4 = 18,84 \text{ kg par mètre}$

On imagine le poids des premiers mâts du voilier Joshua de Bernard Moitessier : avec *des poteaux télégraphiques comme mâts et des câbles EDF en gréement dormant*^[3]

Avec un tel mât planté au travers du pont, à *vue de nez* il ne sera pas nécessaire de l'étayer avec des barres de flèche et des câbles lourds en acier galvanisé.

Exemple pour un mât creux en aluminium

Caractéristiques de l'aluminium :

Résistance de rupture à la compression de l'aluminium : 60 kg/mm^2 ou $6\,000 \text{ kg/cm}^2$

⇒ Résistance au travail avec un coefficient de sécurité de 3 : $2\,000 \text{ kg/cm}^2$

Poids de l'aluminium pour 1 décimètre-cube (densité) : $2,7 \text{ kg/dm}^3$

Calcul pour un mât de 5,4 kg par mètre

Poids du mât pour 1 dm : $0,54 \text{ kg}$

Surface à la compression d'une section transversale du mât : $0,54/2,7 = 0,2 \text{ dm}^2$ ou 20 cm^2

Résistance au travail à la compression : $20 \times 2\,000 = 40\,000 \text{ kg}_f$

Pour un mât cylindrique de 20 cm de diamètre moyen ou un mât ovale de 22 x 18 cm :

Circonférence du tube : $3,14 \times 20 = 62,8 \text{ cm}$

Épaisseur du tube : $20 / 62,8 = 0,32 \text{ cm}$

Conclusion

Les longs mâts en bois pleins sont très lourds, ils sont à proscrire car ils rendent le voilier instable.

Les mâts en bois creux seront défavorisés par rapport aux mâts en aluminium car la résistance au travail à la compression, qui est déterminant dans les calculs des mats, est de $100 \text{ kg}_f \text{ par cm}^2$ contre $2\,000 \text{ kg}_f \text{ par cm}^2$ pour l'aluminium.

Le poids linéaire du bois est environ trois fois plus léger que l'aluminium. Pour un mât en bois creux : Afin d'obtenir la même résistance à la compression que pour un mât en aluminium il faudrait concevoir un mât d'un poids linéaire d'environ $2\,000/300 = 6,6$ fois plus important. Pour l'équivalent d'un mât en aluminium de $5,4 \text{ kg par mètre}$ il faudrait un mât en bois de $5,4 * 6,66 = 35 \text{ kg par mètre}$.

L'aluminium a bien l'avantage sur le bois !

Calcul de la résistance des mâts au flambage

Ce sont les formes qui offrent une résistance au flambage. Un mât en bois plein est résistant mais il est très lourd. Pour alléger le poids du mât tout en garantissant sa résistance à la compression on utilise des matériaux légers, en général l'aluminium d'un prix acceptable, avec une section elliptique avec un côté large, là où l'on ne peut pas facilement disposer de raidisseur et un côté moins large où l'on peut fixer des raidisseurs (Barres de flèche et haubans)

Plus le matériau est dur plus il résistera au flambage.

Formule générale à la rupture

Selon l'article Flambage^[4] sur Wikipédia : $F = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2}$

où, dans le système international d'unités, E est le module d'Young^[5] du matériau ; 70 GPa (Giga Pascal) pour l'aluminium, entre 10 et 13 GPa pour le bois.

I est le moment quadratique^[6] de la poutre, en m⁴

l_k est la longueur de flambement de la poutre, en mètre.

Cette charge critique est évidemment limitée par la résistance en section de la poutre (à partir d'un certain élancement, la rupture par compression est atteinte avant l'apparition du flambage). Dans le cas réel, la rupture par flambage est atteinte encore plus précocement en raison notamment des imperfections de production et de mise en œuvre (voir ci-dessous).

Charge critique au flambage

Selon le Müller^[7], bible des ingénieurs d'autrefois :

$$Pr = k \frac{\pi^2 EI}{l^2}$$

avec : l en cm, E en kg/cm², I en cm⁴ et Pr en Kg_f

Avec cette formule transposée dans le système CGS, comme on les trouvait avant les dernières directives sur les unités de mesure^[8].

- k = 1 pour les extrémités guidées. (Cas des mâts posés sur le pont)
- k = 0,25 pour une extrémité encastree et l'autre extrémité mobile.
- k = 2 pour une extrémité encastree et l'autre extrémité guidée. (Cas de

Joshua première version)

$k = 4$ pour les deux extrémités encastrées.

Charge critique pour les espars guidés aux extrémités (Exemples pour le bois et l'aluminium)

Rappels :

$k = 1,$

Pour le bois $E = 11$ GPa ou $110\,000$ Kg/cm²

Charge critique au flambage pour les espars en bois (formule bâtarde) :

$P_r = 110 I / L^2$ avec I en cm⁴, L en mètre, $E = 11 \cdot 10^4$ kg/cm².

Charge critique au flambage pour les espars en aluminium (formule bâtarde) :

$P_r = 700 I / L^2$ avec I en cm⁴, L en mètre, $E = 70 \cdot 10^4$ Kg/cm².

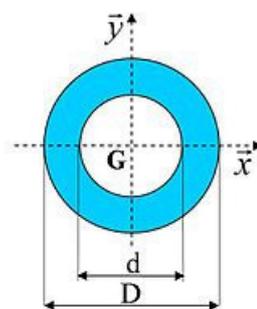
Charge pratique de résistance au flambage

Éléments de calcul des moments quadratiques de la section S pour un espar rond creux :

$$I_x = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \text{ moment quadratique par rapport à l'axe des } x.$$

$$I_y = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} \text{ moment quadratique par rapport à l'axe des } y.$$

$$I_s = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32} \text{ avec } D \text{ et } d \text{ en cm}$$



Section annulaire

Pour évaluer la résistance au flambage d'un mât elliptique on prend $I = 2 \cdot I_x$ ou $I = 2 \cdot I_y$ Dans cette même page :

#Exemple_de_calcul_pour_un_mât_elliptique_creux_en_aluminium

Charge pratique au flambage :

$$P_p = P_r / n$$

n est un coefficient de sécurité.

n = 5 pour les métaux homogènes.

n = 8 pour la fonte.

n = 7 pour le bois.

Résumé, pour les espars en aluminium :

Charge pratique pour les espars en aluminium, mâts, barres de flèches, tangons. (Formule bâtarde)

$$P_p = 140 I / L^2$$

Coefficient de sécurité = 5; P_p en kg_f , I en cm^4 , L en mètre.

Exemple de calcul pour un mât plein en mélèze

Diamètre : 20 cm, longueur : 15 mètres; encastré dans la coque sur 2 mètres.

Rappels :

$k = 2$ pour une extrémité encastrée et l'autre extrémité guidée. (Cas de Joshua première version)

$I = \pi/32 \cdot (D^4 - d^4)$ avec D et d en cm

$I = (3,14 / 32) * 20 * 20 * 20 * 20 \Rightarrow 15\,708\,cm^4$

$P_r = 110 I/L^2$

Charge critique :

$$P_r = 110 * 15\,708 / (13 * 13) = 10\,224\,Kg_f$$

Charge pratique pour un mât rond plein en mélèze de diamètre 20 cm et d'une longueur de 13 mètres

hors encastrement, au dessus du pont, sans barre de flèche

$$P_p = 10\,224 / 7 = 1\,460\,Kg_f$$



Avec un étayage à mi-hauteur on aurait une charge pratique quatre fois plus importante, de l'ordre de 5 842 Kg_f . Ceci est à comparer à la résistance au travail calculé dans la section précédente : 31 400 Kg_f :

#Corollaire pour un mât en mélèze de 20 cm de diamètre

Exemple de calcul pour un mât rond creux en aluminium

On reprend l'exemple pour un mât de 13 mètres en aluminium, posé sur le pont; 5,4 kg par mètre; diamètre 20 cm; épaisseur 3,2 mm. Rappels :

$k = 1$ pour les extrémités guidées.

$I = \pi/32 (D^4 - d^4)$ avec D , diamètre extérieur; et $d = D - 2e$

$I = 3,14 / 32 * (20^4 - 19,36^4) = 1\ 916\ \text{cm}^4$

$P_r = 700 I / L^2$ avec I_0 en cm^4 ; $L = 13\ \text{m}$; $E = 7\ 000\ \text{kg/m}^2$.

$P_r = 700 * 1\ 916 / 169 = 7\ 936\ \text{kg}_f$

Charge pratique pour un mât en aluminium de diamètre 20 cm; d'une épaisseur de 3,2 mm; de longueur 13 mètres; guidé aux extrémités.

$P_p = 7\ 936 / 5 = 1\ 587\ \text{kg}_f$

Avec un étayage à mi-hauteur on aurait une charge pratique quatre fois plus importante, de l'ordre de 6 349 kg_f

Avec deux barres de flèches : 14 286 kg_f



Ceci est à comparer à la Résistance au travail à la compression calculé dans la section précédente ; 40 000 kg_f :

#Calcul pour un mât de 5,4 kg par mètre

Exemple de calcul pour un mât elliptique creux en aluminium

L'inertie quadratique moyenne par rapport à un point extérieur aura la même valeur pour le mât elliptique creux et le mât rond creux. Du fait de son écrasement les valeurs de l'inertie quadratique selon les axes x et y sera différent.

Rappel de la définition sur wikipedia :

w:Moment quadratique#Définition générale :

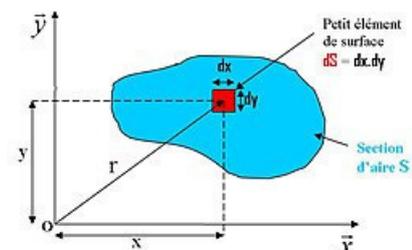
Moment quadratique de la section S par rapport à l'axe $O\vec{x}$:

$$I_x = \int_S y^2 ds = \iint_S y^2 dx dy$$

Moment quadratique de la section S par rapport à l'axe $O\vec{y}$:

$$I_y = \int_S x^2 ds = \iint_S x^2 dx dy$$

Moment quadratique (polaire) de S par rapport au point O :



Schéma

$$I_O = \int_S r^2 ds = \iint_S r^2 dx dy$$

Remarques :

On a $I_G = I_x + I_y$ puisque $r^2 = x^2 + y^2$ (Théorème de Pythagore).

Il découle de ces définitions que plus les éléments de la section sont situés loin de l'axe, plus le moment quadratique sera important.

Définitions :

Avec les mêmes caractéristiques que le mât rond creux mais ovalisé à 22 cm x 18 cm

Grand diamètre $gd = 22$;

Petit diamètre $pd = 18$;

Diamètre moyen $D = \frac{gd + pd}{2}$ est égal au diamètre moyen du mât rond creux

$$I_G = I_{gd} + I_{pd}$$

Inertie quadratique :

Inertie quadratique selon l'axe de grand diamètre :

$$I_{gd} = I_G \cdot \frac{gd}{2 \cdot D}$$

Inertie quadratique selon l'axe de petit diamètre :

$$I_{pd} = I_G \cdot \frac{pd}{2 \cdot D}$$

La partie la plus sensible au flambage est le petit diamètre :

Pour l'évaluation du flambage à la compression on prend $I = 2 \cdot I_{pd}$

Charge limite pour le flambage :

Inertie quadratique avec $D = (gd + pd) / 2$, $gd = 22$ cm, $pd = 18$ cm, $e = 0,32$ cm, $d = D - 2 \cdot e$ en cm

$$I_G = \pi/32 \cdot (D^4 - d^4)$$

$$I_G = 3,14 / 32 * (20^4 - 19,36^4) = 1\ 916$$

$$I = 2 \cdot I_{pd} = 2 \cdot I_G * pd / 2 \cdot D$$

$$I = 2 * 1\ 916 * 18 / (2 * 20) = 1\ 916 * 18 / 20 = 1\ 724 \text{ cm}^4$$

Charge limite avec trois étages guidés à 4 m, 8 m et 13 m

$$Pr = 700 \cdot I / L^2$$

Pour la plus grande longueur guidée de 4 mètres : $L^2 = 16$

$$Pr = 700 * 1\ 724 / 16 = 83\ 825 \text{ Kg}_f$$

Charge pratique pour un mât elliptique en aluminium de 22x18 cm, d'une épaisseur de 3,2 mm, de longueur 13 mètres, guidé par deux barres de flèches à 4 et 8 mètres.

$$P_p = 83\,825 / 5 = 16\,765 \text{ Kg}_f$$

Conclusion

Dans la conclusion du chapitre précédent sur la résistance des mâts à la compression :

... Pour l'équivalent d'un mât en aluminium de 5,4 kg par mètre il faudrait un mât en bois de $5,4 * 6,66 = 35$ kg par mètre.

L'aluminium a bien l'avantage sur le bois !

Pour le flambage : Si le mât creux en bois n'est pas conditionné par une évaluation de sa résistance à la compression comme ci-dessus, **on détermine sa section en fonction de la charge estimée**, sa section peut être rectangulaire ou ronde. On agit sur les dimensions de la section **puis on évalue les risques de flambage selon les longueurs libres guidées ou non par des barres de flèches et les étais**. On corrige les dimensions de la section sans changer sa surface de compression jusqu'à obtenir satisfaction. Il faudra sûrement trouver des compromis !

Le mât en bois n'est pas à proscrire. Sur un *Voilier ancien*, un *Vieux Gréement*, un mât en aluminium n'est pas de mise.

Notes et références

1. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fatigue_\(matériau\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fatigue_(matériau))
2. https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient_de_sécurité
3. https://fr.wikipedia.org/wiki/Bernard_Moitessier#Joshua Mâts en bois plein de Joshua voilier de B Moitessier dans sa première version.
4. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Flambage>
5. https://fr.wikipedia.org/wiki/Module_de_Young
6. https://fr.wikipedia.org/wiki/Moment_quadratique
7. Formulaire technique de mécanique générale de Jacques MÜLLER (ISBN 2853140016)
8. https://fr.wikipedia.org/wiki/Unité_de_mesure#Unités_hors_du_Système_international_d'unités

Les épontilles

Calcul des épontilles de sections rectangulaires

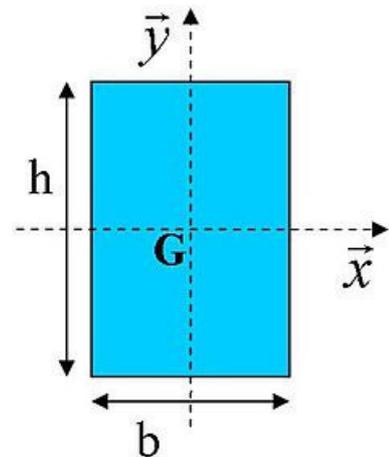
Les épontilles sont des poutres ou des tubes disposés verticalement pour supporter les mâts des bateaux, elles évitent un écrasement du pont.

Compression pour les épontilles en bois de sections rectangulaires

Section $S = b \cdot h$ b et h en cm S en cm^2 Charge pratique à la compression :

$$P_p = 100 * S$$

pour un coefficient de sécurité de 5



Section rectangulaire

Flambage

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$$

$I_G = \frac{b \cdot h}{12} \cdot (b^2 + h^2)$ Pour le calcul des épontilles on utilise généralement $I = 2 \cdot I_y$ en cm^4

Charge limite

$k = 4$ pour deux extrémité pseudo encastées (maintien par le plancher ou par les aménagements)

$$P_r = k \cdot 110 I / L^2 \text{ avec } I_0 \text{ en } \text{cm}^4; \text{ L en mètre, et } E = 110000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (11GPa)}$$

Charge pratique pour le bois $P_p = P_r / 7$

Rappel : $P_r / 5$ pour l'aluminium

Exemple pour une épontille en kotibé de 4 x 20 cm et 2 m de hauteur

$$P_r = 4 \times 110 \times 2 \times 20 \times 4^3 / 12 \times 2^2 = 23\ 466 \text{ kg}$$

$$P_p = 23\ 466 / 7 = 3\ 352 \text{ kg}$$

Les beauprés

Calcul de beauprés de sections rectangulaires

Le mât de beaupré ou beaupré se trouve à la proue d'un navire, fortement incliné vers l'avant.

Il est destiné à avancer le centre de voilure, il supporte les étais avant du mât le plus à l'avant (généralement le mât de misaine), Il est souvent prolongé par un bout-dehors.

La compression du beaupré dépend de l'effort supporté par l'étau de foc. L'effort est repris par la sous-barbe.

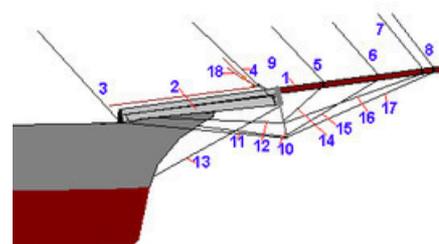
Comment effectuer ce calcul de compression du beaupré ?

On peut l'évaluer en connaissant la résistance du câble de sous-barbe, de l'angle α qu'il fait avec le beaupré, et de l'angle β que fait l'étau de foc avec ce même beaupré. Par exemple avec une sous-barbe en câble d'acier inoxydable de 12 mm et un angle α de 30° , de **charge maximale d'utilisation 1 654 kg_f** et une rupture à 8 270 kg_f

Pour effectuer ce calcul on peut utiliser des vecteurs sur une feuille de papier millimétré ou calculer le couple qui s'exerce sur l'extrémité du beaupré de longueur L :

La force du couple qui tire le beaupré vers le haut est égal au produit de la projection de la force de traction du hauban \vec{F}_h perpendiculairement au beaupré par la longueur du beaupré : $F_h \cdot \sin \beta \cdot L$

La force du couple qui tire le beaupré vers le bas est égal au produit de la projection de la force de traction de la sous barbe F_s perpendiculairement au beaupré par la longueur du beaupré : $F_s \cdot \sin \alpha \cdot L$ où F_s est la résistance du câble de sous-barbe.



- 1 : Bout-dehors ou bâton de foc volant
- 2 : Beauprés
- 3 : Étau de trinquette
- 4 : Étau de foc ou de génois
- 8 : Amure de foc volant
- 13 : Sous-barbe



Goélette Cardabela
Beaupré en bois peint et
bout-dehors en aluminium

On connaît cette force F_s maximale d'utilisation du câble : 1 654 kg_f

La force du couple qui tire vers le haut doit être égale à la force du couple qui tire vers le bas.

La force qui s'exerce sur le beaupré est la somme des projections vectorielles des deux forces \vec{F}_h et \vec{F}_s sur le beaupré :

$$F_h \cdot \sin \beta \cdot L = F_s \cdot \sin \alpha \cdot L$$

$$F_h = F_s \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (\text{pour } \sin \beta \neq 0)$$

Compression sur le beaupré :

$$F_h \cdot \cos \beta + F_s \cdot \cos \alpha$$

$$F_s \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot \cos \beta + F_s \cdot \cos \alpha \Leftrightarrow F_s \cdot (\coth \beta \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$$

$\coth \beta$ n'est autre que le rapport de la distance qui sépare le pied du mât au point d'amure par la hauteur du mât, qui sont les points d'attaches du hauban.

Exemple pratique

Calculer l'effort de compression et la résistance au flambage du beaupré avec un mât de 13,5 m, une distance du point d'amure au pied du mât de 6 m, un angle α de 30°, une sous-babe inox de diamètre 12 : $\sin \alpha = 0,5$ et $\cos \alpha = 0,866$

$$\text{Compression pratique} = 1\,654 * (6/13,5 * 0,5 + 0,866) = 1\,799 \text{ kg}_f$$

Quelle doit être la section du beaupré en bois ?

La charge à adopter est de 100 kg par cm² pour un bois de bonne qualité tel que le Kotibé^[1] droit de fil avec un coefficient de sécurité de 5.

Résistance au travail de compression

$$\text{Résistance au travail de compression : } P_p = 100 * S = 1\,800 \text{ kg}$$

$$\text{Section minimale : } 1\,800 / 100 = 18 \text{ cm}^2$$

Le beaupré est une pièce importante sur un petit voilier, il y a des risques de chocs et de poussées latérales. On préfère utiliser un bois plus adapté à ces risques. En multipliant la section par 10 on doit pouvoir supporter une collision 18 000 kg.

La section adoptée pour la goélette Cardabela a été de 10 x 12 cm pour 12 000 kg_f (60 tonnes à la rupture).

Charge limite au flambage

Comme pour l'épontille au chapitre précédent, on prend $I = 2 I_y$
 $I = 2 * 12 * 10^3 / 12 = 2\ 000\ \text{cm}^4$

$k = 1$ pour les espars en bois guidés aux extrémités.

$P_r = k * 110 I / L^2$ ($L = 2,52\ \text{m}$)
 $P_p = P_r / 7$

$P_r = 110 * 2\ 000 / 2,52^2 = 34\ 643\ \text{kg}_f$
 $P_p = P_r / 7 = 34\ 643 / 7 = 4\ 949\ \text{kg}_f$

Conclusion

Un beaupré de section 10 x 12 cm est très largement suffisant pour assurer sa fonction, et est capable de supporter certains inconvénients comme les collisions et les chocs latéraux.^[2]

Notes et références

1. <https://fr.wiktionary.org/wiki/kotibé>
2. http://appgm.asso.free.fr/wiki/index.php/Abordages/Péripéties_d'un_abordage

Liens

- [Construction navale](#)
- [Goélette Cardabela](#)

Calcul des espars – Dans la construction navale

W : Sur un bateau, un espar est un élément de gréement long et rigide, originellement en bois, et ayant un rôle technique à jouer dans la propulsion (à voile) et les manœuvres.

Entrent dans la catégorie des espars les mâts, bômes, vergues, bouts-dehors, queues de malet, livardes, wishbones. On peut aussi y associer les éléments mobiles tels que avirons, barre, tangons, etc.

La section, *ou le poids linéaire*, des espars détermine leur **résistance à la compression**.

Le profil d'un espar, rond ou elliptique, détermine sa **résistance au flambage** longitudinal et latéral.

Cet article donne des exemples de calculs des mâts, épontilles et beauprés.

Image de couverture : https://fr.wikibooks.org/wiki/Le_Belem_par_petit_vent.jpg

Attribution : Jickye

Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Calcul_des_espars/Version_collection&oldid=607789 »

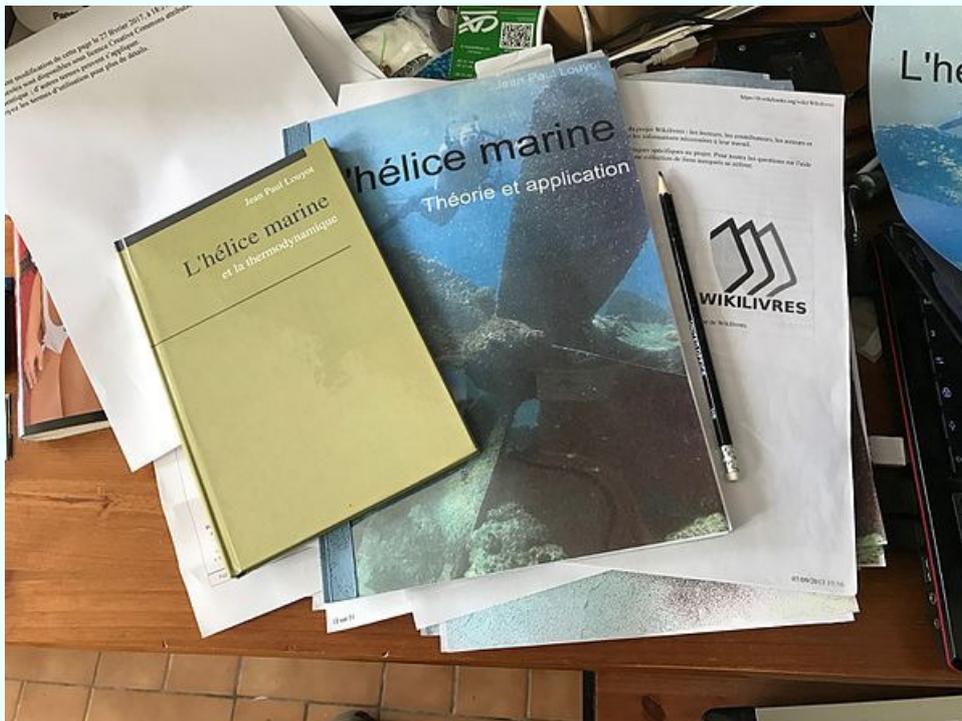
La dernière modification de cette page a été faite le 14 novembre 2018 à 14:57.

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

Mécanique physique



Goélette Cardabela

Hélice marine (Théorie physique)

Éditeur : Goelette Cardabela



Sommaire

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

2 Notes et références

3 Liens externes

4 Voir aussi sur Wikibooks

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 [1] 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^e 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.



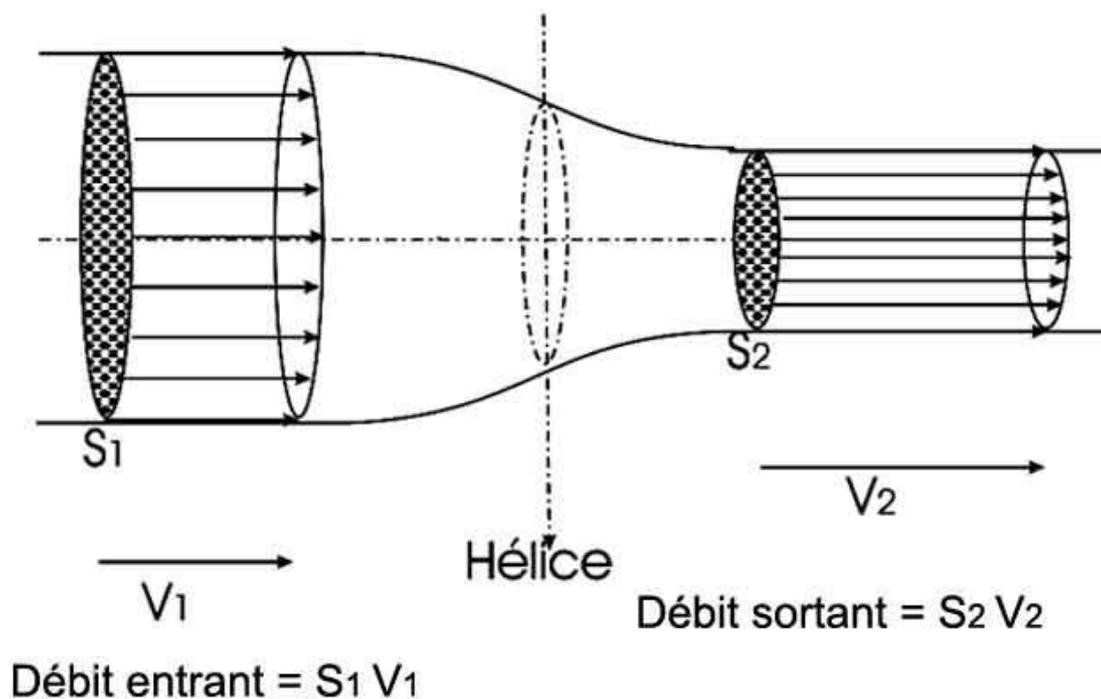
Les hélices marines peuvent être de simples pales, comme les hélices d'avions, elles peuvent même être recouvertes d'un léger duvet végétal sans que cela affecte trop l'impact nécessaire à la propulsion. En effet, il n'y a pas de glissement d'eau important le long de la pale, susceptible de faire perdre 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^[2]. 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 ρ 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 .

$$F = m \frac{(V_2 - V_1)}{dt} \text{ Abstraction faite des vecteurs, puisqu'ils sont colinéaires.}$$

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), 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 !

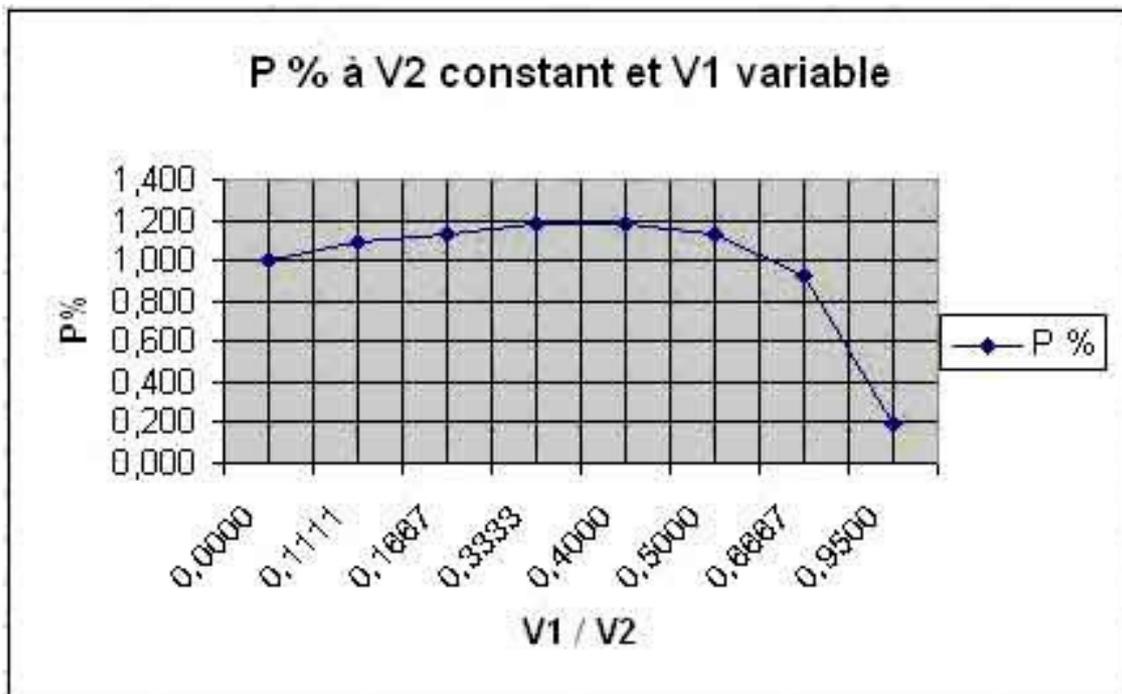
On en déduit V_p et V_2 :

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

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 kg_f. 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 $\approx 800\text{kg}_f$

Puissance : 48,64 kW

Rendement η 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/cm² (117 680 P) pour l'hélice 3 pales RADICE E13 soit, pour une surface de pales 100 cm² (1 dm²), une poussée maximale de 120 kgf (1 200 kgf pour une surface des pales de 1 000 cm²)

Exemple Pour une hélice de 19"

$D = 0,483$ m, $S = 0,1833$ m², $Sh/S = 0,515$, Surface des pales : $(0,1833 * 0,515 = 0,0946$ m²) 946 cm²,

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

Rendement

Rendement = Puissance utile / Puissance fournie par le moteur

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

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
Force propulsive puissances et rendement	$F_{\text{propulsive}}$	$2\rho S V_p (V_p - V_1)$	Unité de force : le newton
	P_{utile}	$2\rho S V_p (V_p - V_1) V_1$	Unité de puissance : le watt
	P_{moteur}	$2\rho S V_p^2 (V_p - V_1)$	
	Rendement η	$\frac{V_1}{V_p}$	$\frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{moteur}}}$
<u>Systeme métrique utilisé</u>	ρ	$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Une tonne par mètre cube d'eau douce
	S	$\pi \frac{D^2}{4}$	Unité de surface : le mètre carré (m ²)
	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 $V_h = \text{Pas (en mètres) } \times \text{ tours/seconde de l'hélice, avec } \textit{recul} \textit{ variable selon les conditions de navigation.}$

Voir aussi

- [Application aux navires à déplacement](#)^[3]
- *[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.](#)*^[4]

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
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

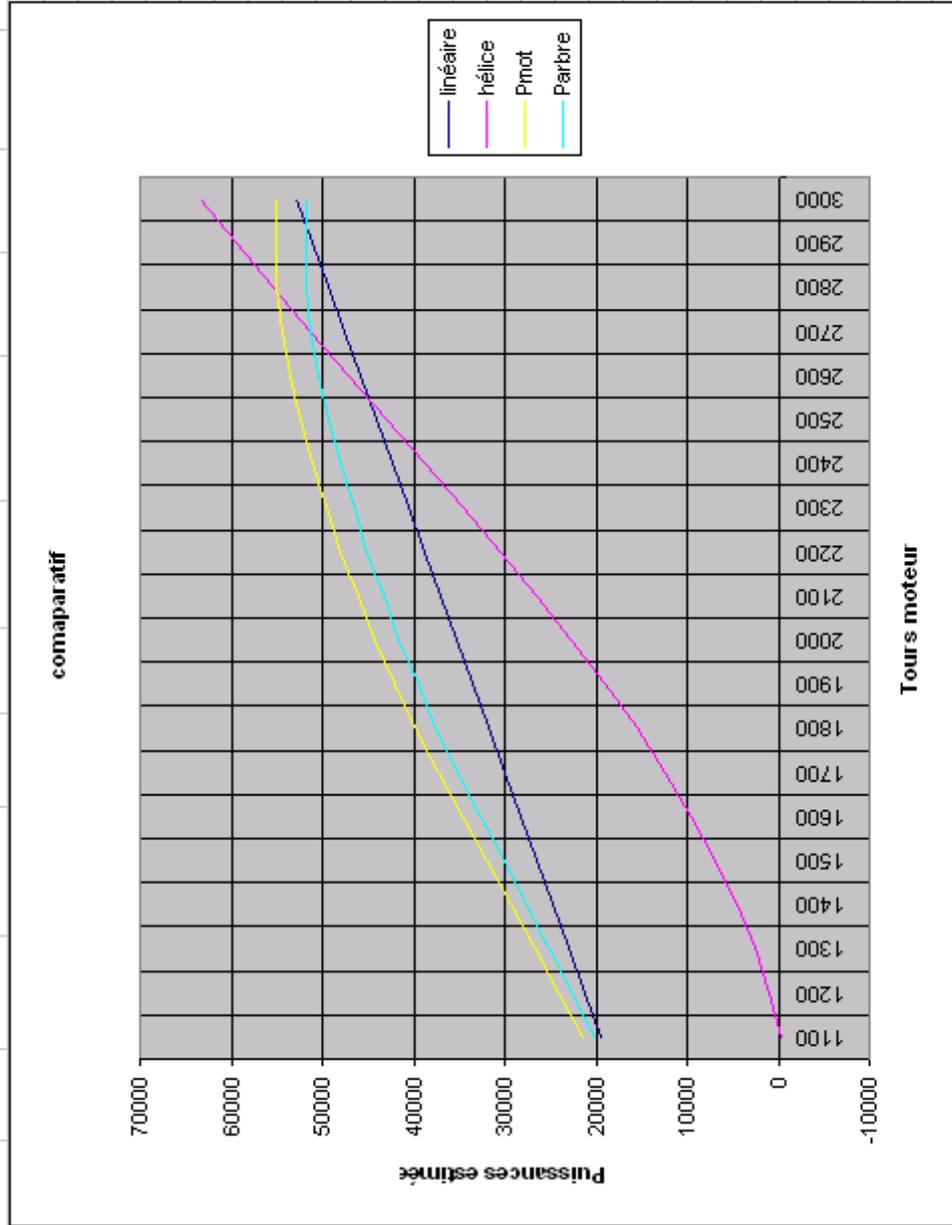
[Memorie della Reale accademia delle scienze di Torino : Morosi et Bidone \(http://books.google.com/books?id=ZtUAAAAAYAAJ&pg=RA3-PA33&lpg=RA3-PA33&dq=Morosi+Bidone&source=bl&ots=yFVM2l2isC&sig=JNZuce2VlB7drXiheb_htyIrWtI&hl=fr&ei=dwEkSuLnBtOZjAedv-zKBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2\)](http://books.google.com/books?id=ZtUAAAAAYAAJ&pg=RA3-PA33&lpg=RA3-PA33&dq=Morosi+Bidone&source=bl&ots=yFVM2l2isC&sig=JNZuce2VlB7drXiheb_htyIrWtI&hl=fr&ei=dwEkSuLnBtOZjAedv-zKBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2) Pages 1 à 191 notamment §4 (Page 134)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Estimation du pas et du diamètre d'hélice pour un voilier à déplacement.								
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 : http://framontane34.free.fr/ConstMayAm/telecharger-calcul-helices.php								
5	Remplir uniquement les cases noires								
6	Longeur à la flottaison en mètres = 13,00			Coefficient de finesse du navire = 0,26					
7	Largeur à la flottaison en mètres = 3,60			Degré de vitesse R = 1,167					
8				$R \text{ (m/sec)} = V / \text{RACINE}(L^3) \text{ --- Foudre} = R / 3,132$ Pour calcul VETUS R = 1,275 (m/s)					
9	Puissance sur l'arbre en CV = 72,00			Puissance retenue en KW = 52,92					
10	Puissance sur l'arbre en KW =			Puissance en CV par tonne = 4,80					
11	Poids en charge, en tonnes = 15,00			Vitesse maximale du voilier à 5CV/tonne à R = 1,33 : 9,15		Calcul VETUS:			
12	Forcer la vitesse maximale estimée : 8,03			Vitesse maximale estimée retenue en nœuds = 8,03		8,76			
13				Vitesse optimale estimée en nœuds = 6,42					
14				Vitesse de propulsion estimée de l'hélice en mètres/seconde = 6,61					
15				Diamètre optimal estimé en mètre = 0,483		pas de problème de cavitation			
16	Rapport de réduction = 0,4405			Diamètre optimal estimé en mètre = 0,41		19,02 pouces			
17	Nombre de tours moteurs à la puissance maximale = 3000,00			Pas optimal estimé en mètre = 0,43		16,18 pouces			
18	** Recul réel estimé à P optimale * = 0,270		ok	Pas réel en mètre = 0,43		17,00 pouces			
19	** Ajuster le recul pour adapter au pas réel = 0,305		ok	Coeff. Q⁻¹ inverse optimal de la qualité de l'hélice à la propulsion = 2,53					
20	* La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale			Hauteur minimale de dégagement de la cage (recommandation) : 0,58		22,8 pouces			
21	Hauteur de la cage d'hélice = 0,54		21,3						
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 proche trouvée est 19x17 pouces								
24	** Le recul estimé expérimental semble être plus proche de 0,27 d'après les premiers essais.								
25	Ce calcul permet de conserver 13 de la puissance pour résister aux vents contraires à la vitesse optimale								
26	Le résultat de ces calculs est perceptible sur la feuille "Estimation des efforts"								
27				Réducteurs					
28				Etude pour un moteur VOLVO D2-75 :	RH	2,27	0,4405		
29				(Inverseur MS25L)	LH	2,10	0,4762		
30									

Helice Estimation des efforts		Pmot retenue = 52,92		D = 19,02		Pas = 17,00							
Pas = 0,43		Pursmin à Pmax = 3000											
Coeff. Q ¹ = 2,24		P >= (kg) = 1000											
Diamètre = 0,483		S (m ²) = 0,1833											
Recul = 0,27		P ¹ S/2 = 91,64											
Réduc 2 = 0,441		Sh/S = 0,515											
		Profondeur de l'hélice (m) = 0,50											
<p>Pour "démarrer" toutes les cellules : tout sélectionner puis cliquer sur le cadre lignes ou colonnes avec le bouton droit de la souris puis sur "afficher"</p> <p>VOUS POUVEZ EVALUER FORCE, PUISSANCE, ET RENDEMENT, EN MODIFIANT LA VALEUR DE Vd</p> <p>Evaluation en dynamique</p> <p>Vd en noeuds = 7,00</p>													
Tr. moteur/min	P arbre	Tr hélice/mr	Vh (m/sec)	Vh(Noeuds)	Recul	Vp(Noeuds)	F(Newton)	P (Watt)	η	Dep + Pres (Pascal)	Charge hélice (kg/cm ²)	Conso l/h	Conso l/min
1100	20053	484,55	3,4871	6,78	-0,00	6,81	-124	-435	1,028	-678,02	-0,01	-0,17	-0,02
1200	22560	528,60	3,8041	7,39	0,01	7,33	234	883	0,965	1277,22	0,03	0,35	0,05
1300	25066	572,65	4,1211	8,01	0,02	7,83	630	2538	0,894	3437,65	0,07	1,02	0,15
1400	27573	616,70	4,4381	8,63	0,04	8,31	1059	4527	0,842	5776,26	0,11	1,81	0,26
1500	30080	660,75	4,7551	9,24	0,05	8,78	1515	6843	0,797	8266,97	0,16	2,74	0,39
1600	32586	704,80	5,0721	9,86	0,06	9,23	1995	9470	0,759	10884,60	0,22	3,79	0,54
1700	35093	748,85	5,3891	10,48	0,08	9,66	2493	12392	0,725	13604,90	0,27	4,96	0,71
1800	37600	792,90	5,7061	11,09	0,09	10,08	3007	15584	0,695	16404,53	0,32	6,24	0,89
1900	39480	836,95	6,0231	11,71	0,11	10,47	3530	19021	0,668	19261,07	0,38	7,61	1,09
2000	41548	881,00	6,3401	12,32	0,12	10,86	4060	22673	0,645	22153,02	0,44	9,07	1,30
2100	43240	925,05	6,6571	12,94	0,13	11,22	4593	26509	0,624	25059,80	0,50	10,61	1,52
2200	45120	969,10	6,9741	13,56	0,15	11,57	5125	30495	0,605	27961,73	0,55	12,20	1,74
2300	46530	1013,15	7,2911	14,17	0,16	11,90	5652	34594	0,588	30840,08	0,61	13,84	1,98
2400	47940	1057,20	7,6082	14,79	0,17	12,21	6172	38771	0,573	33677,01	0,67	15,51	2,22
2500	49350	1101,25	7,9252	15,41	0,19	12,51	6681	42988	0,560	36455,61	0,72	17,20	2,46
2600	50384	1145,30	8,2422	16,02	0,20	12,79	7177	47208	0,547	39159,88	0,78	18,89	2,70
2700	51230	1189,35	8,5592	16,64	0,22	13,05	7656	51394	0,536	41774,74	0,83	P > puissance	2,94
2800	51700	1233,40	8,8762	17,25	0,23	13,29	8116	55507	0,527	44286,04	0,88	P > puissance	3,17
2900	51700	1277,45	9,1932	17,87	0,24	13,52	8555	59513	0,518	46680,53	0,92	P > puissance	3,40
3000	51700	1321,50	9,5102	18,49	0,26	13,73	8970	63377	0,510	48945,89	0,97	P > puissance	3,62

Vd en nœuds = 7,00

Ph / Pm % =	Tr moteur/rpm	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	



Hélice marine

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^[1] qui permettent de tout connaître sur les navires environnants.

1. https://en.wikipedia.org/wiki/International_Association_of_Insurance_Supervisors

Image de couverture : [//fr.wikibooks.org/wiki/Livres_concernant_l'hélice marine.jpg](https://fr.wikibooks.org/wiki/Livres_concernant_l'h%C3%A9lice_marine.jpg)
Attribution : Goelette Cardabela.

Récupérée de « [https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette Cardabela/Hélice marine_\(Théorie physique\)/Version collection&oldid=607156](https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Go%C3%A9lette_Cardabela/H%C3%A9lice_marine_(Th%C3%A9orie_physique)/Version_collection&oldid=607156) »

La dernière modification de cette page a été faite le 7 novembre 2018 à 15:06.

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.

Hélices de navires à déplacement



Hélices de navires à déplacement

Application de la théorie de l'hélice marine

Éditeur : Goélette Cardabela

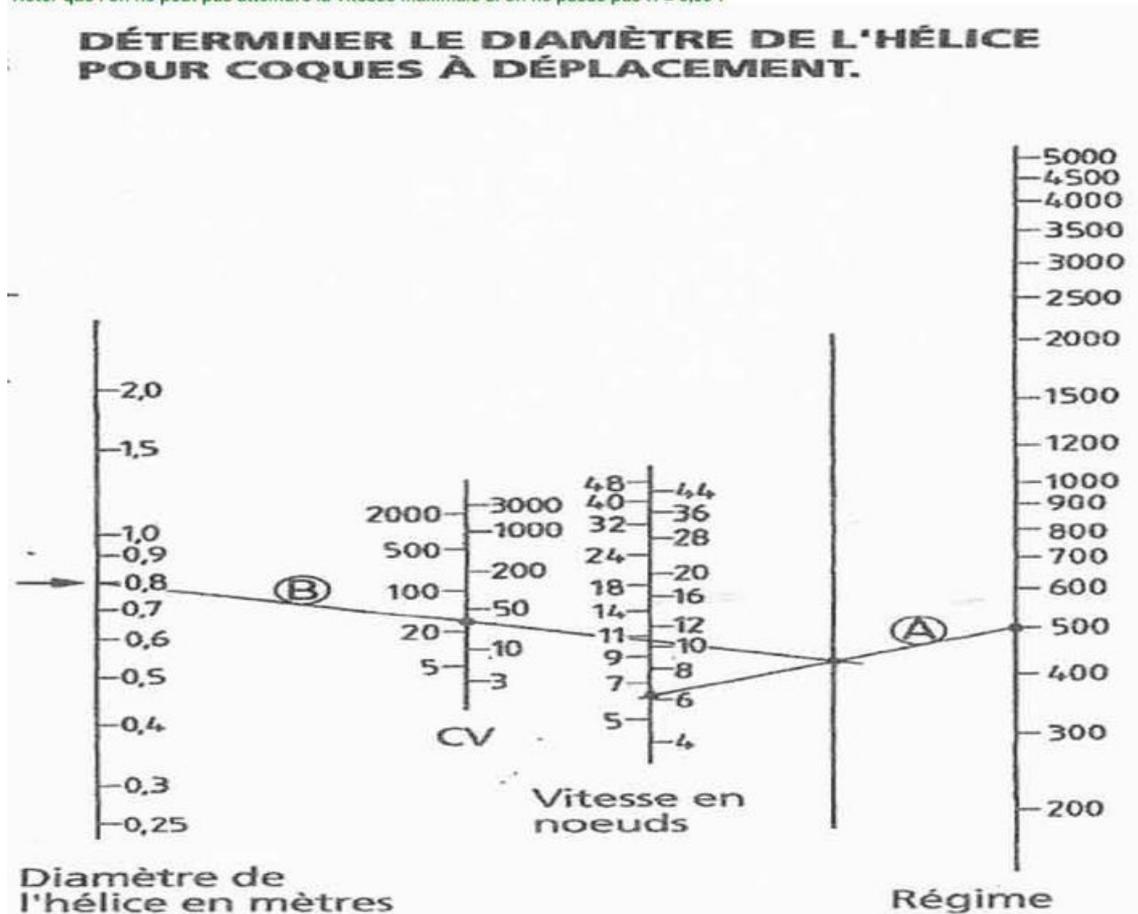


Sommaire

1. [Rappels](#)
2. [Comprendre](#)
3. [Feuille de calculs](#)
4. [Examen des résultats](#)
5. [Résultats à des vitesses caractéristiques](#)
6. [Graphiques des puissances aux vitesses caractéristiques](#)
7. [Graphiques des forces aux vitesses caractéristiques](#)
8. [Expérimentation en mer](#)
9. [Commentaires sur l'expérimentation et perspectives](#)
10. [Conclusions](#)
11. [Télécharger les feuilles de calculs](#)
12. [Compilations wikilivres](#)

Rappels

Déterminer le diamètre de l'hélice à l'aide de l'abaque : Utiliser le calcul VETUS (Cellule G13 en vert)
 Noter que l'on ne peut pas atteindre la vitesse maximale si on ne passe pas $R = 0,95$!



Grâce aux travaux de Daniel Bernoulli^[1], des formules mathématiques ont été établies dès le 18e siècle sur la percussion des fluides.

Ces travaux ont été poursuivis par Morosi et Bidone^[2], et à partir de là, de la seconde moitié du 19e siècle, des formules mathématiques avec des exposants fractionnaires ont été utilisées pour le calcul des hélices marines. Ces formules sont encore utilisées aujourd'hui, le plus souvent pour créer des abaques plus faciles à utiliser.

Sadi Carnot, Rudolf Clausius, puis Ludwig Boltzmann ont développé les théories thermodynamiques et la notion d'entropie^[3] La transformation irréversible (deuxième principe de la thermodynamique) engendre le recul des hélices marines. Le recul n'est pas calculable, ce sont les expériences qui nous permettent de déterminer une valeur. Dans les feuilles de calculs cette valeur est choisie dans une fourchette autour de 0,28 (de 0,25 à 0,33) que l'on peut corriger après les essais en mer.

1. Théorème de Bernoulli
2. 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=yFVM2I2isC&sig=JNZuce2VIB7drXiheb_hlylrWtl&hl=fr&ei=dwEkSuLnBtOZjAedv-zKBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2) Pages 1 à 191 notamment §4 (Pages sur la percussion des fluides

sous différents angles de réflexion)

3. Entropie (thermodynamique).

Caractéristiques des hélices marines

Définitions :

- **Le diamètre**, donné en pouces par le fabricant. *Il est transformé 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. Ce coefficient 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 l'impact de l'eau avec l'hélice. 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 :
$$\text{recul} = 1 - (\text{pas effectif} / \text{pas de construction})$$
 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 d'aspiration 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 dont 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.*
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.

Formules utilisées dans nos feuilles calculs

Ce sont les formules démontrées dans la l'article Hélice de wikibooks.

Force propulsive, puissances et rendement :

Force propulsive = $2 \rho S V_p (V_p - V_1)$

Putile = $2 \rho S V_p (V_p - V_1) V_1$

Pmoteur = $2 \rho S V_p^2 (V_p - V_1)$

Rendement = V_1/V_p

Systeme métrique utilisé :

$\rho = 1000 \text{ kg/mètre cube}$; pour l'eau douce (une tonne par mètre cube).

$S = 3,14 * D^2/4$; en mètre carré.

V_1 ; vitesse d'entrée de l'eau dans l'hélice en mètres par seconde.

$V_p = V_h (1 - \text{Recul})$; vitesse de propulsion dans l'hélice, en mètres par seconde,

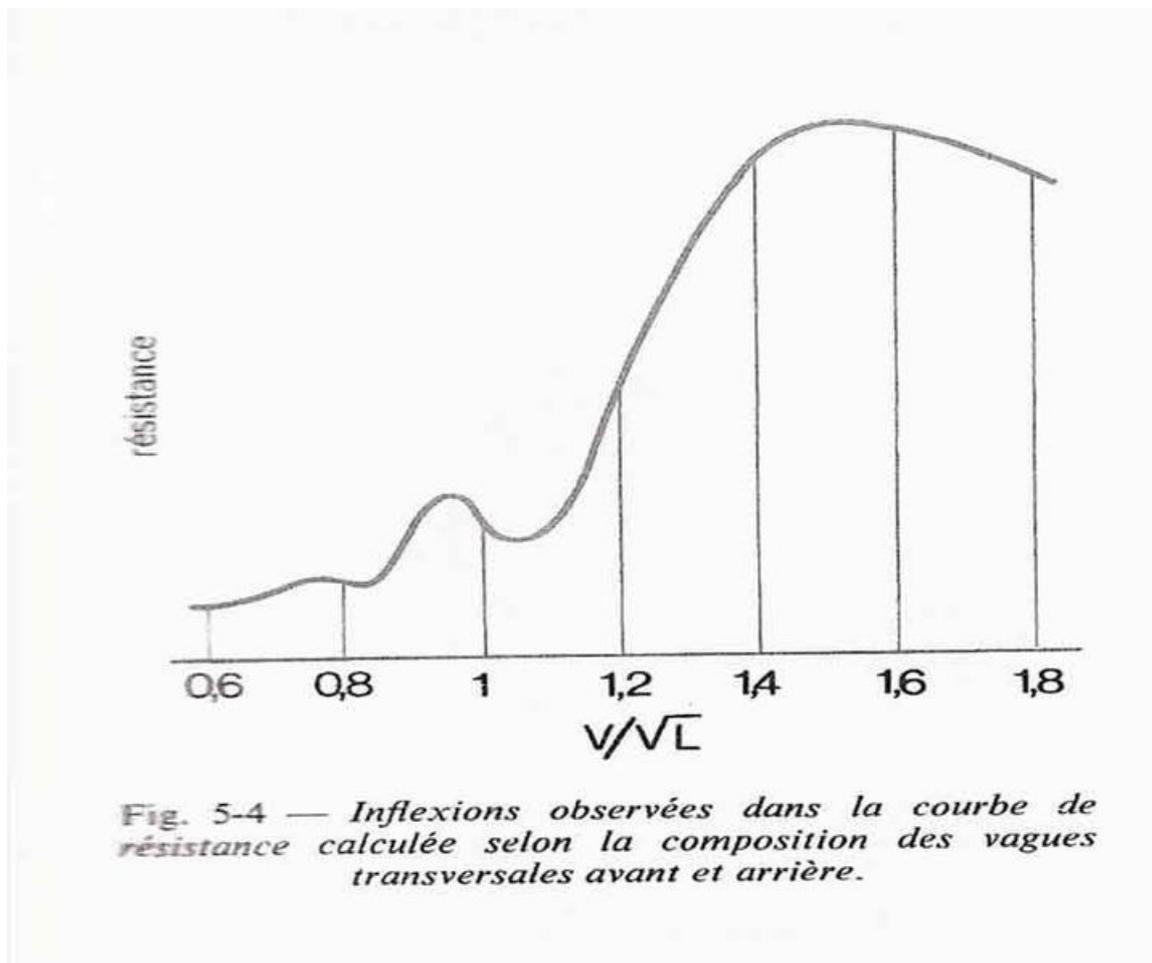
où $V_h = \text{Pas (en mètres)} * \text{tours/seconde (de l'hélice)}$,

et Recul selon les conditions de navigation.

Références

Les références de cette page de rappels ne sont pas imprimables pour une impression séparée. Préférer l'impression de la version complète imprimable.

Comprendre



Courbe de résistance à la composition des vagues avant et arrière en fonction de la vitesse divisée par la racine de la longueur de coque à la flottaison.

Il s'agit là de comprendre ce que l'on cherche à déterminer avec la feuille de calcul à l'aide des données qui sont à notre disposition

la longueur de la coque, son poids, sa forme, sa surface de carène, etc.

Ce que l'on veut déterminer

c'est la puissance du moteur, la vitesse de croisière la plus économique, la vitesse maximale que peut avoir un tel navire et finalement le diamètre de l'hélice et son pas.

- La résistance à ce que l'on appelle communément *résistance à la vague d'étrave* dépend de la longueur de la coque à la flottaison de la vitesse de déplacement du navire, de son poids (son déplacement), de la forme de son étrave.
- La vitesse la plus économique en carburant est obtenue lorsque le creux de la vague d'étrave se trouve approximativement au milieu de la coque.
- On détermine la vitesse maximale d'une coque à déplacement en fonction de la

longueur à la flottaison. La puissance pour passer cette vague d'étrave devient vite très importante au delà de $R=V/\sqrt{L} = 1,15$ (Courbe de résistance ci-contre). V en mètres par seconde et L en mètres.

Note

La vitesse maximale, selon les constructeurs, peut avoir des valeurs différentes.

Valeur moyenne pour $R=V_{\max}/\sqrt{L} \cong 1,28$. Cette valeur est sans doute exagérée, elle permet de ne pas sous évaluer la puissance du moteur, elle ne devrait pas dépasser 1,18 pour un voilier.

Par commodité on adopte souvent $V_{\max} = C\sqrt{L}$ où C se situe entre 2,43 et 2,53, L en mètres et V en nœuds.

Par exemple, Pour une longueur de coque de 9 mètres :

$(V_{\max}/\sqrt{L}) = 7,44 \pm 0,15$ nœuds selon les constructeurs;

$(V_{\max}/\sqrt{L}) = 6,88$ nœuds pour $R=1,18$.

- La puissance nécessaire pour atteindre la vitesse limite de carène ne dépend pas que de la vague d'étrave, elle dépend aussi de la surface de carène et de la forme de la coque. Pour un navire standard on estime à **5 chevaux par tonne**, la puissance nécessaire pour atteindre la vitesse maximale.

Feuille de calculs

Examen du fichier original

Estimation du pas et du diamètre d'hélice pour un voilier à déplacement

Cette estimation ne tient pas compte de tous les paramètres, consultez un hélicier pour plus d'information
Cette estimation suppose que l'avant et l'arrière de l'hélice sont bien dégagés.

[Pour plus d'informations consultez le site : http://tramontane34.free.fr/ConstrNavAm/telecharger-calcul-helices.php](http://tramontane34.free.fr/ConstrNavAm/telecharger-calcul-helices.php)

Remplir uniquement les cases noires

Longueur à la flottaison en mètres = 13,00
Largeur à la flottaison en mètres = 3,60

Puissance nominale du moteur en CV = 50,00
Puissance du moteur en CV = 47,50
Puissance du moteur en KW = 0,00
Poids en charge, en tonnes = 15,00
Forcer la vitesse maximale estimée : 7,254

Coefficient de finesse du navire = 0,28
Degré de vitesse R = 1,054
R (m/sec) = V / RACINE(Lf) --- Foudre = R / 3,132
Pour calcul VETUS R = 1,275 (m/s)

Puissance retenue en KW = 34,91
Puissance en CV par tonne = 3,17

Vitesse maximale du voilier à 5CV/tonne : 9,15
Vitesse maximale estimée retenue en nœuds = 7,25

Vitesse optimale estimée en nœuds = 5,80

Calcul VETUS:
8,76

Vitesse de propulsion estimée de l'hélice en mètres/seconde = 5,97 pas de problème de cavitation

Diamètre optimal estimé en mètre = 0,457

Pas optimal estimé en mètre = 0,31

Pas réel en mètre = 0,30

Coeff. Q¹ inverse optimal de la qualité de l'hélice à la propulsion = 2,61

Hauteur minimale de dégagement de la cage (recommandation) : 0,55

Hauteur de la cage d'hélice = 0,54

La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale

** La valeur du pas réel sera prise en compte dans l'Estimation des efforts compte tenu recul estimé à la puissance optimale.

Ce calcul permet de conserver de la puissance pour résister aux vents contraires à la vitesse optimale

Le résultat de ces calculs est perceptible sur la feuille "Estimation des efforts"

Le rendement de l'hélice en absence d'effort autre que le déplacement, vague d'étrave, frottement devrait se situer entre 0,62 et

0,66 pour tomber à 0,5 à la puissance maximale à la vitesse optimale.

Dans le tableau "Estimation des efforts" on peut remplacer la puissance disponible calculée en progression linéaire, par les valeurs du constructeur

N'oubliez pas de préciser le rapport de surface Sh/S du fournisseur cellule H7 dans la feuille Estimation des efforts

La feuille de calculs Pas_&_Diamètre originale se présente au téléchargement comme sur l'image ci-dessus.

Description

- Longueur et largeur à la flottaison** : Les valeurs sont données par le constructeur du navire.
- Puissance nominale en chevaux** : Puissance du moteur donné par le fabricant du moteur.
- Puissance du moteur** : Cette valeur est calculée en tenant compte des pertes de transmission évalués à 5% de la puissance nominale. Il est possible de modifier cette valeur manuellement.
- Puissance du moteur en kW** : Puissance en kilowatt. Cette valeur se substitue à la puissance du moteur si une valeur est précisée.
- Poids en charge, en tonnes** : Poids total du navire armé avec réservoirs pleins.
- Forcer la vitesse maximale estimée** : Cette case doit être effacée, elle permettra d'ajuster les paramètres de l'hélice (voir les sections suivantes).
- Réducteur:réduction en marche avant (RH)** : Cette valeur est donnée par le fabricant du réducteur.
- Rapport de réduction** : Cette valeur est calculée si la ligne précédente est remplie sinon il faut entrer la valeur fournie par le constructeur de l'inverseur.
- Nombre de tours moteur à la puissance maximale** : Cette valeur est fournie par le constructeur du moteur.
- Recul estimé à la puissance optimale** : La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale. Cette valeur peut être difficile à évaluer. Pour une hélice standard 2, 3, ou 4 pales, cette valeur est voisine de $0,275 \pm 0,005$.
- Hauteur de la cage d'hélice** : Elle est mesurable ou donnée par le constructeur du navire.

Cases à remplir ou à modifier et résultats intermédiaires

Estimation du pas et du diamètre d'hélice pour un voilier à déplacement

Cette estimation ne tient pas compte de tous les paramètres, consultez un hélicier pour plus d'information
 Cette estimation suppose que l'avant et l'arrière de l'hélice sont bien dégagés.

[Pour plus d'informations consultez le site :http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/telecharger-calcil-helices.php](http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/telecharger-calcil-helices.php)

Remplir uniquement les cases noires

Longeur à la flottaison en mètres = **13,00**
 Largeur à la flottaison en mètres = **3,60**

Puissance nominale du moteur en CV **75,00**
 Puissance du moteur en CV = 71,25
 Puissance du moteur en KW = 0,00

Poids en charge, en tonnes = **15,00**
Forcer la vitesse maximale estimée :

Coefficient de finesse du navire = 0,28

Degré de vitesse R = **1,296** **Inférieur à 1,18 recommandé**

$$R \text{ (m/sec)} = V / \text{RACINE}(L) \text{ --- Foudre} = R / 3,132$$

$$\text{Pour calcul VETUS } R = 1,275 \text{ (m/s)}$$

$$\text{Puissance retenue en KW} = 52,37$$

$$\text{Puissance en CV par tonne} = 4,75$$

Calcul VETUS:

8,76

$$\text{Vitesse maximale du voilier à 5CV/tonne} : 9,15$$

$$\text{Vitesse maximale estimée retenue en nœuds} = 8,92$$

$$\text{Vitesse optimale estimée en nœuds} = 7,14$$

$$\text{Vitesse de propulsion estimée de l'hélice en mètres/seconde} = 7,34$$

$$\text{Diamètre optimal estimé en mètre} = 0,411$$

pas de problème de cavitation
16,16 pouces

pas supérieur au diamètre, changer B13

$$\text{Pas optimal estimé en mètre} = 0,46$$

17,98 pouces

pas supérieur au diamètre, changer B21 (après B13)

$$\text{Recul estimé de l'hélice à la puissance optimale} = 0,270$$

ok

ok

** Ajuster pour adapter au pas réel = 1,000

$$\text{Hauteur de la cage d'hélice} = 0,54$$

21,3

Hauteur minimale de dégagement de la cage (recommandation) : 0,49

Coef. Q³ inverse optimal de la qualité de l'hélice à la propulsion = 2,17

La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale

La valeur du pas réel sera prise en compte dans l'Estimation des efforts compte tenu recul estimé à la puissance optimale.

Ce calcul permet de conserver de la puissance pour résister aux vents contraires à la vitesse optimale

Le résultat de ces calculs est perceptible sur la feuille "Estimation des efforts"

Le rendement de l'hélice en absence d'effort autre que le déplacement, vague d'étrave, frottement devrait se situer entre 0,62 et 0,66 pour tomber à 0,5 à la puissance maximale à la vitesse optimale.

Dans le tableau "Estimation des efforts" on peut remplacer la puissance disponible calculée en progression linéaire, par les valeurs du constructeur

N'oubliez pas de préciser le rapport de surface Sh/S du fournisseur cellule H7 dans la feuille Estimation des efforts
Image de la feuille de calculs en cours de traitement. Les cases jaunes sont à remplir ou à modifier.

Remplir les cases surlignées en jaune comme sur l'image. Vous obtenez un aperçu avec des remarques

1. Recul estimé de l'hélice : **ok**
2. Contrôle : **ok** Ce contrôle vérifie que le recul s'effectue à une valeur supérieure à 0,25. Le recul est conseillé entre 0,27 et 0,33.
3. Degré de vitesse R = **1,296. une valeur inférieure à 1,18 est recommandée.**
4. Pas optimal estimé = **17,98 pouces supérieur au diamètre optimal estimé**; ce genre d'hélice n'existe pas ! **Agir sur la case B13** pour forcer la vitesse maximale à une valeur inférieure.
5. Pas réel = **17,98 pouces** même message que précédemment, mais **agir sur la case B21** après avoir agi sur la case B13 pour adapter le pas réel.
6. Hauteur minimal de dégagement de la cage d'hélice : **ok**. Vérifie si le diamètre de l'hélice est compatible avec la cage.

Ajustement des données et résultat final

Estimation du pas et du diamètre d'hélice pour un voilier à déplacement

Cette estimation ne tient pas compte de tous les paramètres, consultez un hélicier pour plus d'information
 Cette estimation suppose que l'avant et l'arrière de l'hélice sont bien dégagés.

[Pour plus d'informations consultez le site :http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/telecharger-calcul-helices.php](http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/telecharger-calcul-helices.php)

Remplir uniquement les cases noires

Longeur à la flottaison en mètres = **13,00**
 Largeur à la flottaison en mètres = **3,60**

Puissance nominale du moteur en CV **75,00**
 Puissance du moteur en CV = 71,25
 Puissance du moteur en KW = 0,00
 Poids en charge, en tonnes = **15,00**
Forcer la vitesse maximale estimée : 8,000

Coefficient de finesse du navire = 0,28

Degré de vitesse **R = 1,163**
 $R \text{ (m/sec)} = V / \text{RACINE}(L) \text{ --- Foudre} = R / 3,132$
 Pour calcul VETUS $R = 1,275 \text{ (m/s)}$

Puissance retenue en KW = 52,37
 Puissance en CV par tonne = 4,75
 Calcul VETUS:
 8,76

Vitesse maximale du voilier à 5CV/tonne : 9,15
Vitesse maximale estimée retenue en nœuds = 8,00
Vitesse optimale estimée en nœuds = 6,40

Vitesse de propulsion estimée de l'hélice en mètres/seconde = 6,58 pas de problème de cavitation

Réducteur : réduction en marche avant (RH) 1: **2,27**
 Rapport de réduction = 0,441
 Nombre de tours moteurs à la puissance maximale **3000**
 Recul estimé de l'hélice à la puissance optimale = 0,270 **ok**
 Cellule de contrôle : **ok**
 ** Ajuster pour adapter au pas réel = 1,130
 Hauteur de la cage d'hélice = **0,54** **21,3**

* La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale
 ** La valeur du pas réel sera prise en compte dans l'**Estimation des efforts** compte tenu recul estimé à la puissance optimale.

Ce calcul permet de conserver de la puissance pour résister aux vents contraires à la vitesse optimale
Le résultat de ces calculs est perceptible sur la feuille "Estimation des efforts"
Le rendement de l'hélice en absence d'effort autre que le déplacement, vague d'étrave, frottement devrait se situer entre 0,62 et 0,66 pour tomber à 0,5 à la puissance maximale à la vitesse optimale.

Dans le tableau "Estimation des efforts" on peut remplacer la puissance disponible calculée en progression linéaire, par les valeurs du constructeur

N'oubliez pas de préciser le rapport de surface Sh/S du fournisseur cellule H7 dans la feuille Estimation des efforts
Résultat final après modification des cellules B13 et B21.
B13 : Forcer la vitesse maximale estimée
et B21 : Ajuster pour adapter au pas réel

Agir sur la cellule B13 pour corriger le diamètre puis sur la cellule B21 pour corriger le pas

1. Modifier la ligne *Forcer la vitesse maximale estimée* (B13) jusqu'à obtenir un degré de vitesse acceptable. (*Se référer à la courbe de la première section*). Cette action agit aussi sur les diamètres et pas d'hélice; Rechercher le diamètre d'hélice souhaité et compatible avec la cage d'hélice.
2. Modifier la ligne *Ajuster pour adapter au pas réel* (B21) jusqu'à obtenir le pas d'hélice souhaité.
3. Des remarques peuvent être compatibles ou incompatibles Sur la feuille de calcul. **Hélice trop grande**. En effet, la cage d'hélice devrait avoir une hauteur suffisante pour ne pas perturber le fonctionnement. Dans le cas exposé l'hélice de 19 pouces a une marge un peu juste pour la cage de 21,3 pouces (une différence de 3 cm). Il reste cependant 1,5 cm entre les pales d'hélice et la cage. À l'expérience il n'y a pas eu de problème lié à cette remarque.

Examen des résultats

Helice Estimation des efforts		D = 19,02	Pas = 17,00											
Pnot retenue = 52,92 purs/min à Pmax = 3000														
Pas = 0,43 Coeff. Q^{-1} = 2,24		NE MODIFIEZ PAS LES CHIFFRES EN VERT MODIFIEZ LES VALEURS DANS LA PAGE "Estimation PAS & DIAMETRE"												
Diamètre = 0,483														
Recul = 0,27														
Réduc 2 = 0,441														
Profondeur de l'hélice (m) = 0,50														
Pour "démarrer" toutes les cellules : tout sélectionner puis cliquer sur le cadre signes 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														
	Tr moteur/mn	P arbre Ir hélice/mr	Vh (m/sec)	Vh(Nœuds)	Recul	Vp(Nœuds)	F (Newton)	P (Watt)	η	Dep + Pres (Pascal)	Charge hélice (kg/m ²)	Conso l/h	Conso l/mn	Conso l/h P4.1
	1100	20053	484,55	3,4871	6,78	-0,00	6,81	-124	-435	1,028	-678,02	-0,17	-0,02	-0,13
Plage non	1200	22560	528,60	3,8041	7,39	0,01	7,33	234	883	0,965	1277,22	0,35	0,05	0,26
conseillée	1300	25066	572,65	4,1211	8,01	0,02	7,83	630	2538	0,894	3437,65	1,02	0,15	0,75
(Turbo inactif)	1400	27573	616,70	4,4381	8,63	0,04	8,31	1059	4527	0,842	5776,26	1,81	0,26	1,33
	1500	30080	660,75	4,7551	9,24	0,05	8,78	1515	6843	0,797	8266,97	2,74	0,39	2,01
	1600	32586	704,80	5,0721	9,86	0,06	9,23	1995	9470	0,759	10884,60	3,79	0,54	2,79
	1700	35093	748,85	5,3891	10,48	0,08	9,66	2493	12392	0,725	13604,90	4,96	0,71	3,64
	1800	37600	792,90	5,7061	11,09	0,09	10,08	3007	15584	0,695	16404,53	6,24	0,89	4,58
	1900	39480	836,95	6,0231	11,71	0,11	10,47	3530	19021	0,668	19261,07	7,61	1,09	5,59
	2000	41548	881,00	6,3401	12,32	0,12	10,86	4060	22673	0,645	22153,02	9,07	1,30	6,67
Plage d'utilisation permanente	2100	43240	925,05	6,6571	12,94	0,13	11,22	4593	26509	0,624	25059,80	10,61	1,52	7,80
	2200	45120	969,10	6,9741	13,56	0,15	11,57	5125	30495	0,605	27961,73	12,20	1,74	8,97
	2300	46530	1013,15	7,2911	14,17	0,16	11,90	5652	34594	0,588	30840,08	13,84	1,98	10,17
	2400	47940	1057,20	7,6082	14,79	0,17	12,21	6172	38771	0,573	33677,01	15,51	2,22	11,40
	2500	49350	1101,25	7,9252	15,41	0,19	12,51	6681	42988	0,560	36455,61	17,20	2,46	12,64
Plage d'utilisation exceptionnelle	2600	50384	1145,30	8,2422	16,02	0,20	12,79	7177	47208	0,547	39159,88	18,89	2,70	13,88
	2700	51230	1189,35	8,5592	16,64	0,22	13,05	7656	51394	0,536	41774,74	20,57	2,94	15,12
	2800	51700	1233,40	8,8762	17,25	0,23	13,29	8116	55607	0,527	44286,04	22,21	3,17	16,33
	2900	51700	1277,45	9,1932	17,87	0,24	13,52	8555	59513	0,518	46680,53	23,81	3,40	17,50
	3000	51700	1321,50	9,5102	18,49	0,26	13,73	8970	63377	0,510	48945,89	25,36	3,62	18,64

Hélice 19x17 pouces

L'entête reprend, en vert, les données de la feuille de calculs PAS & DIAMETRE.

Les cellules en noir :

1. H4 : Densité de l'eau, 1000 pour l'eau douce, en grammes par litre.
2. H7 : Surface de l'hélice par rapport à un disque de même diamètre, elle est donnée par le constructeur de l'hélice.
3. H8 : Profondeur de l'axe de l'hélice, en mètre.
4. M60 : Vitesse du navire en nœuds. Le tableau donne les valeurs estimées en fonction de :
 1. La vitesse de rotation du moteur (Colonne B)
 2. Puissance disponible sur l'arbre (Colonne C)
 3. Le recul estimé (Colonne L)
 4. La force de propulsion (Colonne P) en Newton. Diviser par 9,81 (ou par 10) pour avoir la force en Kgf.
 5. La puissance à l'hélice en Watt. (Colonne Q)
 6. Le rendement estimé de l'hélice (Colonne R)
 7. La pression exercée sur la transmission. (Colonne T)
 8. La pression exercée sur les pales, en kg/cm^2 *Système CGS pour une lecture plus perceptible.* (Colonne W)
5. Fichier Helice-application-VOLVO-D2-75.xls) : Complément d'information sur la consommation de gasoil.
 1. La consommation estimée en litre par heure (Colonne Y)
 2. La consommation estimée en litre par mille nautique (Colonne Z)

L'examen de la feuille de calcul Th-helice-application² permet de visualiser toutes les informations nécessaires pour maintenir la vitesse de croisière à 7 nœuds. 1700 tours moteur correspond à une croisière sans vent avec une force de poussée de 250 kg_f environ, alors qu'il sera nécessaire de tourner à 2400 tours pour une poussée de 620 kg_f; au delà de 620 kg_f la vitesse du navire sera plus faible.

Résultats à des vitesses caractéristiques

Certaines valeurs sont intéressantes à observer; en statique, à la vitesse optimale pour l'hélice, à la vitesse optimale pour la carène, à la vitesse maximale.

Helice Estimation des efforts

D = 19,02

Pas = 17,00

Pmot retenue = 52,92
 Pas = 0,43 tours/min à Pmax = 3000
 Coeff. Q⁻¹ = 2,24 ρ >= (kg) = 1000
 Diamètre = 0,483 S (m²) = 0,1833
 Recul = 0,27 ρ*S/2 = 91,64
 Réduc 2 = 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

Charge d'hélice en Kg/cm² max 1,2 kg/cm²,
 avec Sh / S = fa / f = 0,515 (fa / f : doc. Radice

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".

VOUS POUVEZ EVALUER FORCE, PUISSANCE, ET RENDEMENT, EN MODIFIANT LA VALEUR DE Vd

Evaluation en dynamique		Vd en nœuds = 0,00				R = 0,00		Dep + Pres		Charge hélic		
	Tr moteur/mn	P arbre	Tr hélice/mr	Vh (m/sec)	Vh(Nœuds)	Recul	Vp(Nœuds)	F(Newton)	P (Watt)	η	(Pascal)	(kg/cm²)
Plage non conseillée (Turbo inactif)	1100	20053	484,55	3,4876	6,78	0,15	5,75	3208	9491	0,000	17505,01	0,3
	1200	22560	528,60	3,8046	7,40	0,17	6,17	3695	11731	0,000	20160,50	0,4
	1300	25066	572,65	4,1217	8,01	0,18	6,58	4194	14188	0,000	22884,95	0,4
	1400	27573	616,70	4,4387	8,63	0,19	6,96	4702	16841	0,000	25656,57	0,5
	1500	30080	660,75	4,7558	9,24	0,21	7,33	5215	19670	0,000	28454,47	0,5
	1600	32586	704,80	5,0728	9,86	0,22	7,68	5729	22648	0,000	31258,68	0,6
Plage d'utilisation permanente	1700	35093	748,85	5,3899	10,48	0,23	8,02	6240	25749	0,000	34050,15	0,6
	1800	37600	792,90	5,7069	11,09	0,25	8,34	6746	28943	0,000	36810,77	0,7
	1900	39480	836,95	6,0240	11,71	0,26	8,64	7244	32201	0,000	39523,31	0,7
	2000	41548	881,00	6,3410	12,33	0,28	8,93	7729	35490	0,000	42171,48	0,8
	2100	43240	925,05	6,6581	12,94	0,29	9,19	8200	38782	0,000	44739,90	0,8
	2200	45120	969,10	6,9751	13,56	0,30	9,44	8653	42043	0,000	47214,13	0,9
Plage d'utilisation exceptionnelle	2300	46530	1013,15	7,2922	14,17	0,32	9,68	9087	45243	0,000	49580,61	0,9
	2400	47940	1057,20	7,6092	14,79	0,33	9,90	9498	48352	0,000	51826,72	Cavitation
	2500	49350	1101,25	7,9263	15,41	0,34	10,09	9886	51340	0,000	53940,77	Cavitation
	2600	50384	1145,30	8,2434	16,02	0,36	10,28	10247	54180	0,000	55911,96	Cavitation
	2700	51230	1189,35	8,5604	16,64	0,37	10,44	10580	56845	0,000	57730,42	Cavitation
	2800	51700	1233,40	8,8775	17,26	0,39	10,59	10884	59309	0,000	59387,20	Cavitation
2900	51700	1277,45	9,1945	17,87	0,40	10,72	11157	61551	0,000	60874,27	Cavitation	
3000	51700	1321,50	9,5116	18,49	0,41	10,84	11397	63549	0,000	62184,51	Cavitation	

Navire en statique

Helice Estimation des efforts

D = 19,02

Pas = 17,00

Pmot retenue = 52,92
 tours/min à Pmax = 3000
 Pas = 0,43
 Coeff. Q^{-1} = 2,24
 Diamètre = 0,483
 Recul = 0,27
 Réduc = 0,441
 Profondeur de l'hélice (m) = 0,50

$\rho >=$ (kg) = 1000
 S (m²) = 0,1833
 $\rho^*S/2$ = 91,64
 Sh/S = 0,515

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

$V_2 = (2 \cdot V_p) - V_d$
 V_d = 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 "afficher" puis "désélectionner".

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

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



Sillage d'un navire à faible vitesse dans les gorges d'Avon, Bristol, Angleterre.

Helice Estimation des efforts

D = 19,02

Pas = 17,00

Pmot retenue = 52,92
 Pas = 0,43 tours/min à Pmax = 3000
 Coeff. Q⁻¹ = 2,24 ρ >= (kg) = 1000
 Diamètre = 0,483 S (m²) = 0,1833
 Recul = 0,27 ρ*S/2 = 91,64
 Réduc 2 = 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

Charge d'hélice en Kg/cm² max 1,2 kg/cm²,
 avec Sh / S = fa / f = 0,515 (fa / f : doc. Radice

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"
 VOUS POUVEZ EVALUER FORCE, PUISSANCE, ET RENDEMENT, EN MODIFIANT LA VALEUR DE Vd

Evaluation en dynamique		Vd en nœuds = 7,22		R = 1,05		Dep + Pres		Charge hélic				
Tr moteur/mn	P arbre	Tr hélice/mr	Vh (m/sec)	Vh(Nœuds)	Recul	Vp(Nœuds)	F(Newton)	P (Watt)	η	(Pascal)	(kg/cm ²)	
	1100	20053	484,55	3,4876	6,78	-0,01	6,85	-248	-874	1,055	-1354,70	-0,0
Plage non	1200	22560	528,60	3,8046	7,40	0,00	7,37	105	397	0,980	571,36	0,0
conseillée	1300	25066	572,65	4,1217	8,01	0,02	7,87	496	2009	0,917	2707,27	0,0
(Turbo inactif)	1400	27573	616,70	4,4387	8,63	0,03	8,36	921	3960	0,864	5025,85	0,1
	1500	30080	660,75	4,7558	9,24	0,05	8,83	1375	6242	0,818	7500,84	0,1
	1600	32586	704,80	5,0728	9,86	0,06	9,28	1852	8841	0,778	10106,90	0,2
	1700	35093	748,85	5,3899	10,48	0,07	9,71	2349	11740	0,743	12819,61	0,2
	1800	37600	792,90	5,7069	11,09	0,09	10,13	2862	14917	0,713	15615,46	0,3
	1900	39480	836,95	6,0240	11,71	0,10	10,53	3385	18345	0,685	18471,86	0,3
	2000	41548	881,00	6,3410	12,33	0,11	10,92	3916	21994	0,661	21367,15	0,4
Plage d'utilisation permanente	2100	43240	925,05	6,6581	12,94	0,13	11,28	4450	25834	0,640	24280,56	0,4
	2200	45120	969,10	6,9751	13,56	0,14	11,64	4984	29830	0,621	27192,27	0,5
	2300	46530	1013,15	7,2922	14,17	0,16	11,97	5513	33948	0,603	30083,37	0,6
	2400	47940	1057,20	7,6092	14,79	0,17	12,29	6036	38149	0,588	32935,84	0,6
	2500	49350	1101,25	7,9263	15,41	0,18	12,58	6549	42397	0,574	35732,61	0,7
Plage d'utilisation exceptionnelle	2600	50384	1145,30	8,2434	16,02	0,20	12,87	7048	46654	0,561	38457,52	0,7
	2700	51230	1189,35	8,5604	16,64	0,21	13,13	7532	50882	0,550	41095,32	0,8
	2800	51700	1233,40	8,8775	17,26	0,22	13,38	7996	55044	0,540	43631,68	0,8
	2900	51700	1277,45	9,1945	17,87	0,24	13,61	8440	59104	0,530	46053,20	0,9
	3000	51700	1321,50	9,5116	18,49	0,25	13,83	8861	63025	0,522	48347,38	0,9

V = 7,22 Nds vitesse optimale de carène



Cardabela Le bulbe casse la vague d'étrave à 7 nœuds.

Helice Estimation des efforts

D = 19,02

Pas = 17,00

Pmot retenue = 52,92
 Pas = 0,43
 Coeff. Q^{-1} = 2,24
 Diamètre = 0,483
 Recul = 0,27
 Réduc 2 = 0,441
 Profondeur de l'hélice (m) = 0,50

ours/min à Pmax = 3000
 $\rho \geq$ (kg) = 1000
 S (m²) = 0,1833
 $\rho \cdot S/2$ = 91,64
 Sh/S = 0,515

NE MODIFIEZ PAS LES CHIFFRES EN VERT

MODIFIEZ LES VALEURS DANS LA PAGE "Estimation PAS & DIAMETRE"

$V_2 = (2 \cdot V_p) - V_d$
 V_d = vitesse du navire

Charge d'hélice en Kg/cm² max 1,2 kg/cm²,
 avec $Sh / S = fa / f = 0,515 (fa / f : doc. Radice$

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".
 VOUS POUVEZ EVALUER FORCE, PUISSANCE, ET RENDEMENT, EN MODIFIANT LA VALEUR DE V_d

Evaluation en dynamique		Vd en nœuds = 8,00			R = 1,16			Dep + Pres		Charge hélic		
Tr moteur/mn	P arbre	Tr hélice/mr	Vh (m/sec)	Vh(Nœuds)	Recul	Vp(Nœuds)	F(Newton)	P (Watt)	η	(Pascal)	(kg/cm ²)	
Plage non conseillée (Turbo inactif)	1100	20053	484,55	3,4876	6,78	-0,03	6,96	-700	-2507	1,149	-3817,24	-0,01
	1200	22560	528,60	3,8046	7,40	-0,01	7,50	-367	-1414	1,067	-2001,09	-0,01
	1300	25066	572,65	4,1217	8,01	0,00	8,01	8	31	0,999	41,39	0,01
	1400	27573	616,70	4,4387	8,63	0,01	8,51	418	1831	0,940	2282,44	0,01
	1500	30080	660,75	4,7558	9,24	0,03	8,99	861	3978	0,890	4695,21	0,01
	1600	32586	704,80	5,0728	9,86	0,04	9,45	1329	6463	0,847	7253,79	0,11
	1700	35093	748,85	5,3899	10,48	0,06	9,90	1820	9268	0,808	9933,17	0,21
Plage d'utilisation permanente	1800	37600	792,90	5,7069	11,09	0,07	10,33	2329	12373	0,775	12709,26	0,21
	1900	39480	836,95	6,0240	11,71	0,08	10,74	2852	15751	0,745	15558,90	0,31
	2000	41548	881,00	6,3410	12,33	0,10	11,13	3383	19376	0,719	18459,83	0,31
	2100	43240	925,05	6,6581	12,94	0,11	11,51	3920	23215	0,695	21390,72	0,41
	2200	45120	969,10	6,9751	13,56	0,12	11,87	4459	27235	0,674	24331,16	0,41
	2300	46530	1013,15	7,2922	14,17	0,14	12,22	4996	31399	0,655	27261,65	0,51
	2400	47940	1057,20	7,6092	14,79	0,15	12,54	5528	35672	0,638	30163,60	0,61
Plage d'utilisation exceptionnelle	2500	49350	1101,25	7,9263	15,41	0,17	12,85	6052	40015	0,622	33019,36	0,61
	2600	50384	1145,30	8,2434	16,02	0,18	13,15	6563	44389	0,609	35812,19	0,71
	2700	51230	1189,35	8,5604	16,64	0,19	13,42	7061	48756	0,596	38526,25	0,71
	2800	51700	1233,40	8,8775	17,26	0,21	13,68	7541	53078	0,585	41146,64	0,81
	2900	51700	1277,45	9,1945	17,87	0,22	13,92	8002	57316	0,575	43659,36	0,81
	3000	51700	1321,50	9,5116	18,49	0,23	14,15	8440	61434	0,565	46051,36	0,91

V = 8 Nds. Vitesse maximale, vitesse limite de carène.

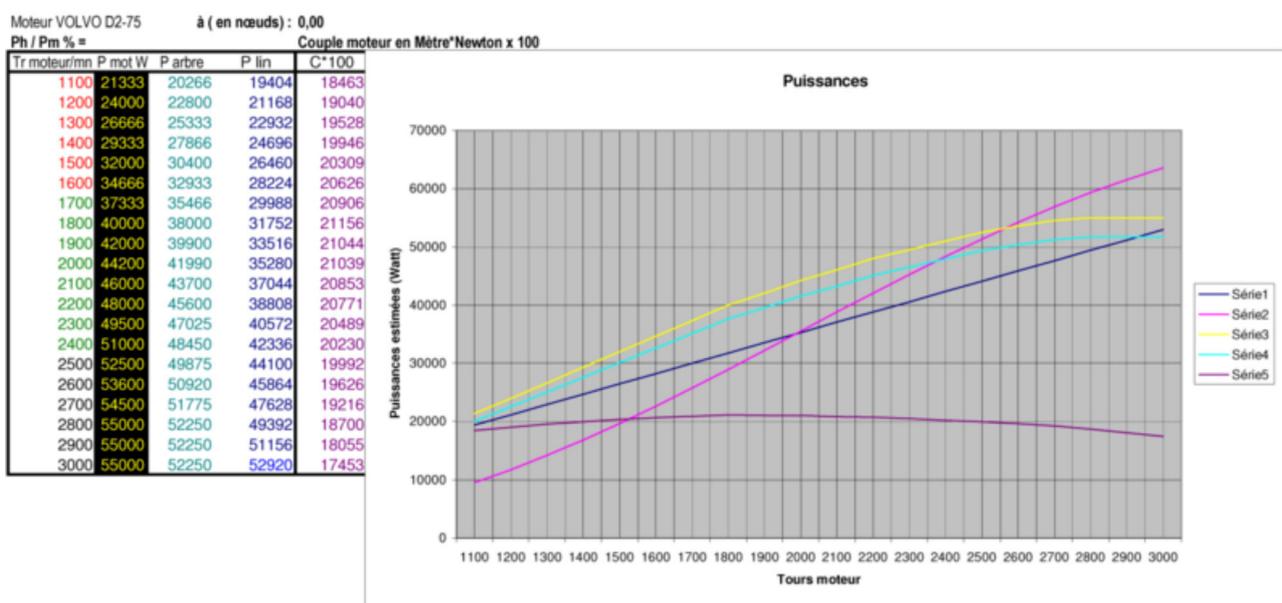


Arunspeed atteint sa vitesse maximale de carène

Graphiques des puissances aux vitesses caractéristiques

Graphes de puissance d'une hélice marine pour un navire de 13 mètres, 15 tonnes, avec un moteur de 75 chevaux

On voit dans ces exemples que le régime moteur recommandé est de 2100 tours par minutes. Par temps calme la puissance nécessaire pour un avancement du bateau entre 6,5 nœuds et 7,2 nœuds est de 26 kW environ et correspond, à peu près, à la moitié de la puissance maximale du moteur.



Navire en statique. Avec cette hélice on voit que le moteur peut atteindre, au mieux, 2350 tours par minute pour 48 kW sur l'arbre d'hélice. (Croisement des courbes bleu-clair et mauve.)

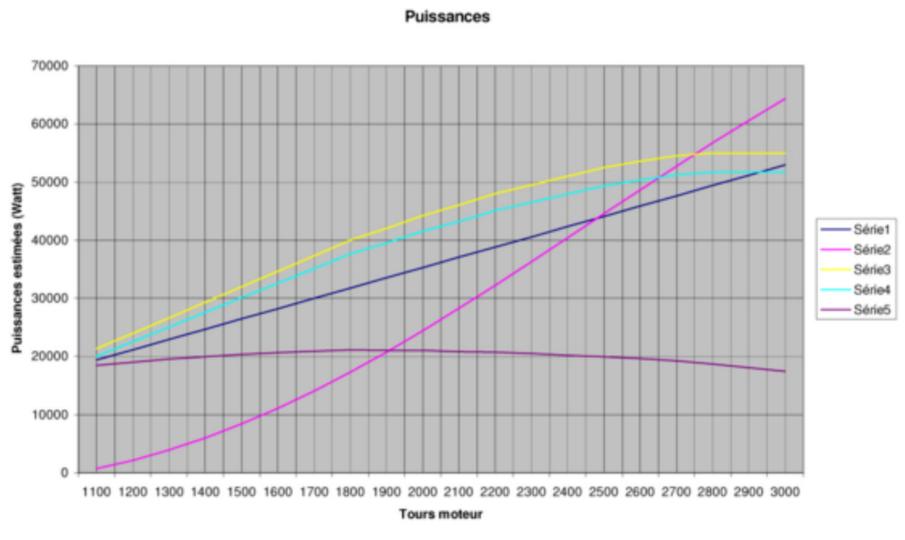
Moteur VOLVO D2-75

à (en nœuds) : 6,42

Ph / Pm % =

Couple moteur en Mètre*Newton x 100

Tr moteur/mn	P mot W	P arbre	P lin	C*100
1100	21333	20266	19404	18463
1200	24000	22800	21168	19040
1300	26666	25333	22932	19528
1400	29333	27866	24696	19946
1500	32000	30400	26460	20309
1600	34666	32933	28224	20626
1700	37333	35466	29988	20906
1800	40000	38000	31752	21156
1900	42000	39900	33516	21044
2000	44200	41990	35280	21039
2100	46000	43700	37044	20853
2200	48000	45600	38808	20771
2300	49500	47025	40572	20489
2400	51000	48450	42336	20230
2500	52500	49875	44100	19992
2600	53600	50920	45864	19626
2700	54500	51775	47628	19216
2800	55000	52250	49392	18700
2900	55000	52250	51156	18055
3000	55000	52250	52920	17453



V = 6,42 Nds. Vitesse optimale d'hélice. Avec cette hélice le moteur peut atteindre, au mieux, 2650 tours par minute pour une puissance de 50 kW sur l'arbre d'hélice.

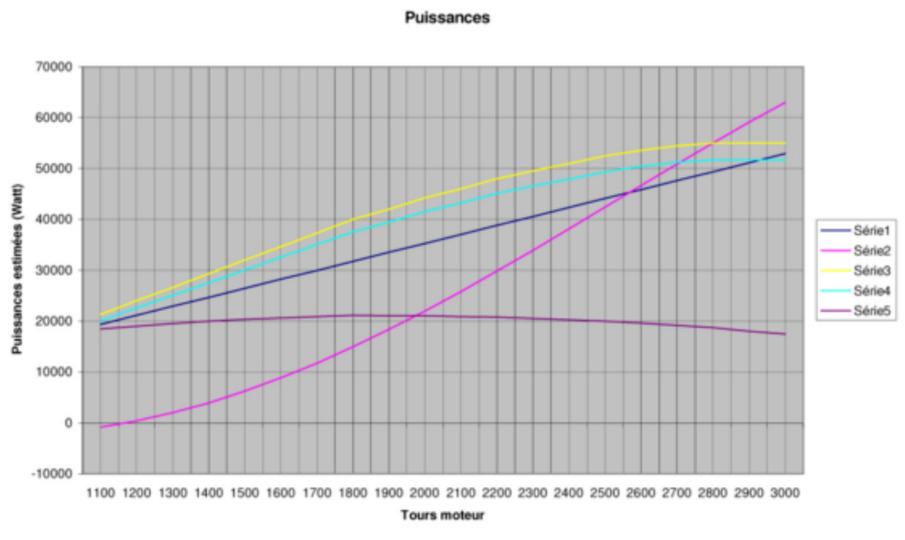
Moteur VOLVO D2-75

à (en nœuds) : 7,22

Ph / Pm % =

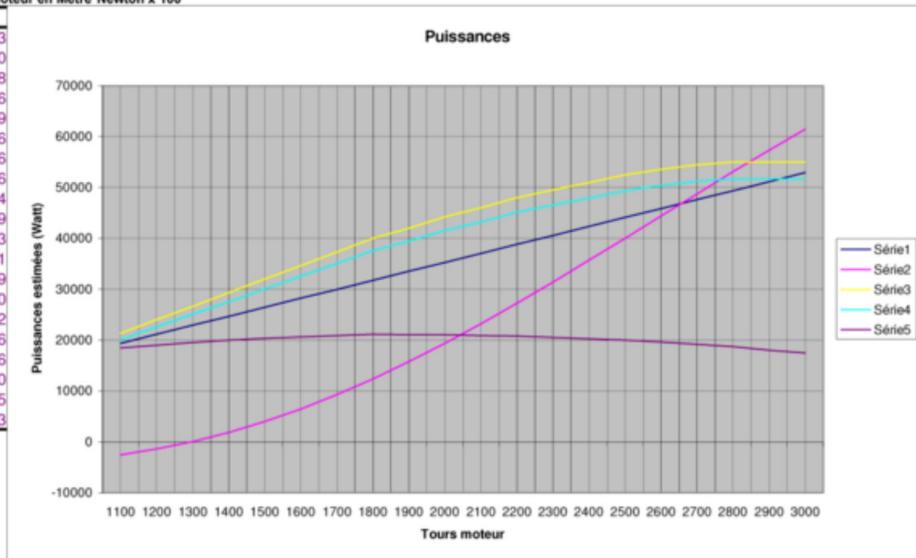
Couple moteur en Mètre*Newton x 100

Tr moteur/mn	P mot W	P arbre	P lin	C*100
1100	21333	20266	19404	18463
1200	24000	22800	21168	19040
1300	26666	25333	22932	19528
1400	29333	27866	24696	19946
1500	32000	30400	26460	20309
1600	34666	32933	28224	20626
1700	37333	35466	29988	20906
1800	40000	38000	31752	21156
1900	42000	39900	33516	21044
2000	44200	41990	35280	21039
2100	46000	43700	37044	20853
2200	48000	45600	38808	20771
2300	49500	47025	40572	20489
2400	51000	48450	42336	20230
2500	52500	49875	44100	19992
2600	53600	50920	45864	19626
2700	54500	51775	47628	19216
2800	55000	52250	49392	18700
2900	55000	52250	51156	18055
3000	55000	52250	52920	17453



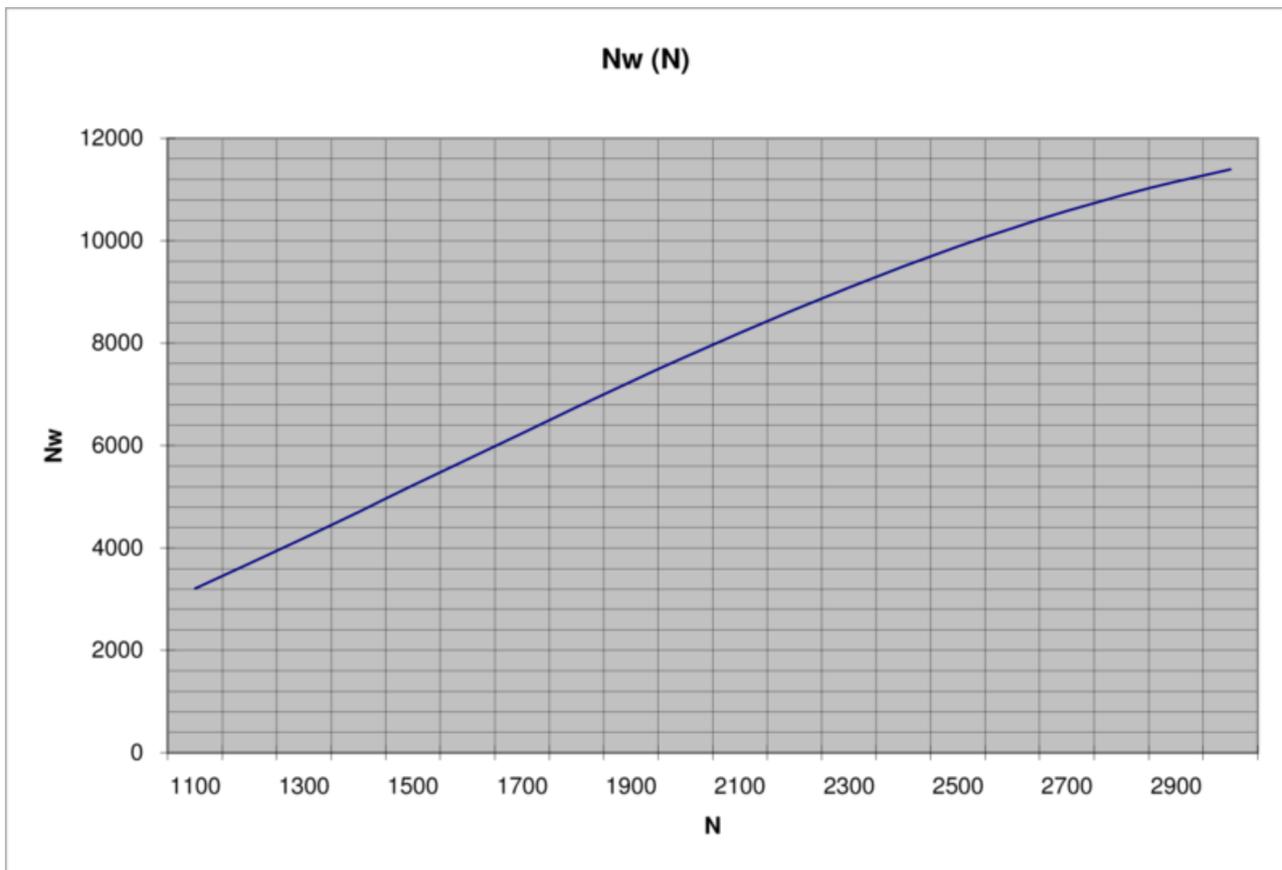
V = 7,22 Nds.vitesse optimale de carène. Avec cette hélice le moteur peut atteindre, au mieux, 2700 tours par minute pour une puissance de 51 kW sur l'arbre d'hélice.

Tr moteur/mn	P mot W	P arbre	P lin	C*100
1100	21333	20266	19404	18463
1200	24000	22800	21168	19040
1300	26666	25333	22932	19528
1400	29333	27866	24696	19946
1500	32000	30400	26460	20309
1600	34666	32933	28224	20626
1700	37333	35466	29988	20906
1800	40000	38000	31752	21156
1900	42000	39900	33516	21044
2000	44200	41990	35280	21039
2100	46000	43700	37044	20853
2200	48000	45600	38808	20771
2300	49500	47025	40572	20489
2400	51000	48450	42336	20230
2500	52500	49875	44100	19992
2600	53600	50920	45864	19626
2700	54500	51775	47628	19216
2800	55000	52250	49392	18700
2900	55000	52250	51156	18055
3000	55000	52250	52920	17453



V = 8 Nds. Vitesse maximale, vitesse limite de carène. Avec cette hélice le moteur peut atteindre, au mieux, 2750 tours par minute pour une puissance de 51 kW sur l'arbre d'hélice.

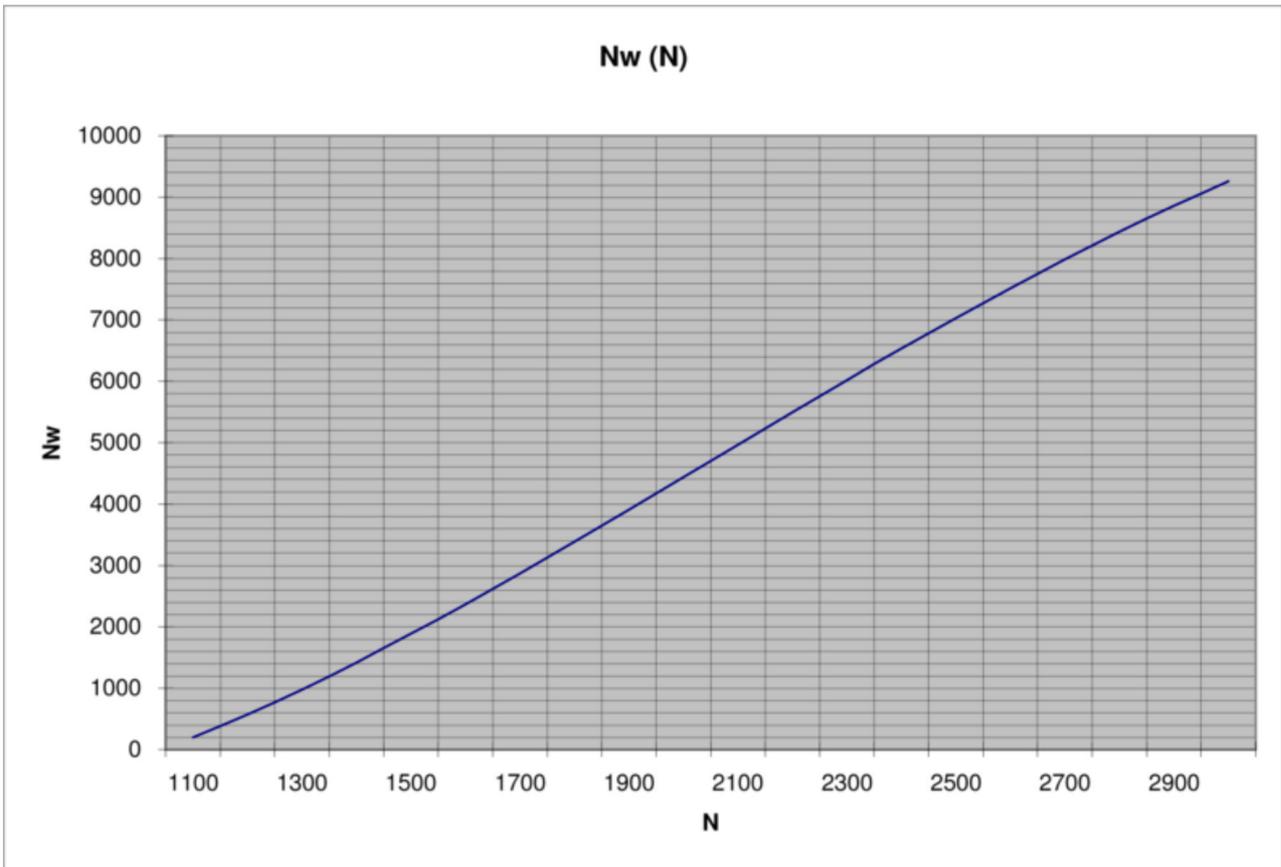
Graphiques des forces aux vitesses caractéristiques



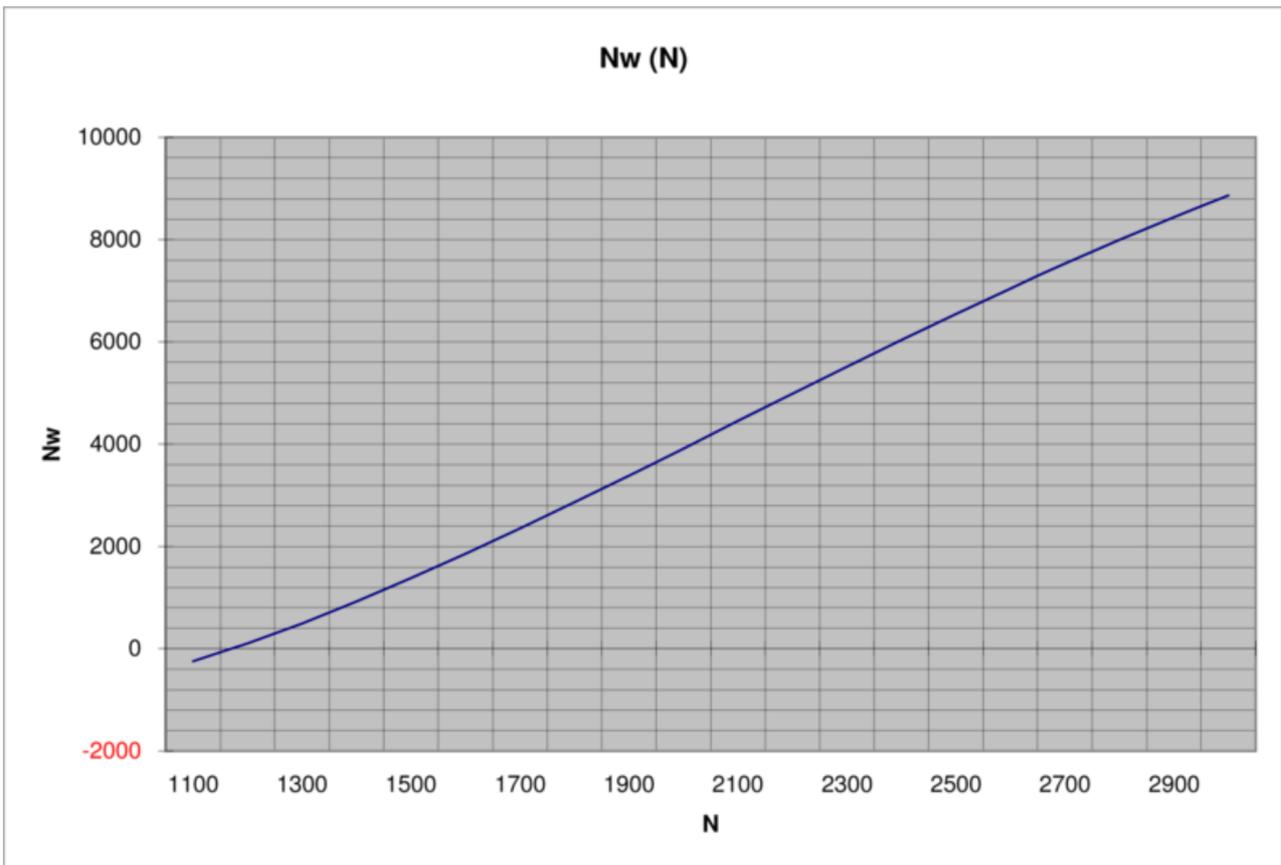
Navire en statique. La force exercée sur l'arbre d'hélice est de $9200N$ ($\cong 920kg_f$) à 2350 tours par minute du moteur.



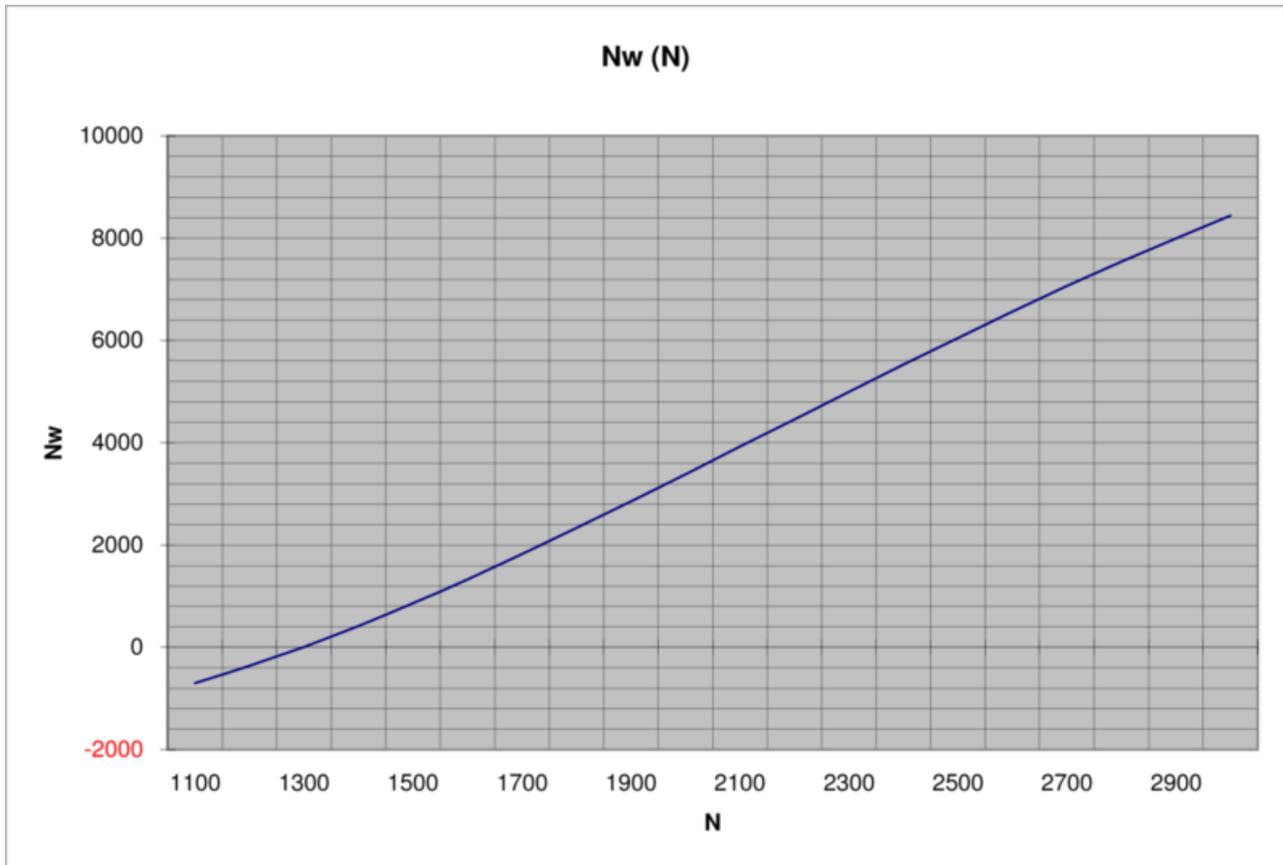
Mesure d'une force de traction avec un dynamomètre de $200 Kg_f$ et un palan démultiplicateur à six brins.
($1000 N \cong 100 Kg_f$ au dynamomètre égale $6000 N$ ou $\cong 600 Kg_f$ en traction)



V = 6,42 nd, vitesse optimale d'hélice. À 2100 tr/min **4965N** et **7750N** à 2650 tr/min



V = 7,22 nd, vitesse optimale de carène. À 2100 tr/min **4450N** et **7530N** à 2700 tr/min



V = 8 nd vitesse maximale, vitesse limite de carène. À 2100 tr/min **3920N** et **7750N** à 2750 tr/min. À 2100 tours l'effort complémentaire est fourni par les voiles ou simplement le vent arrière: **7750N – 3932N = 3818N**

Expérimentation en mer

En statique : Nombre de tours max : 2350 manette des gaz à fond en marche avant; laisse présumer un recul de 0,27 !

tr/min	vitesse (nds)	Conditions
1200	4,2	Pas de vent ou très peu, un peu de houle hélice et coque pas parfaitement propre.
1480	5,4	
1800	7 - 6,4	
1950	7	Conso : 4,3 litres par heure ; 0,614 litre par mille marin.
2000	7,1 - 7,2	
2700	8,4 - 8,5	Vitesse maximale atteinte.

09/06/08 Feuille Application (du classeur *Helice-moteur.xls*)

Prévisions *par mer d'huile*

N	V	F	P	Conso l/h	Conso l/min
1200	4,2	1775	6271	1,2	0,29
1400	5,1	2194	8967	1,8	0,35
1600	5,8	2751	12684	2,6	0,45
1800	6,5	3332	17060	3,5	0,54
2000	7,1	3994	22361	4,8	0,68
2200	7,6	4729	28583	6,3	0,83
2400	8,0	5526	35651	8,0	1,00
2600	8,3	6367	43406	10,2	1,23
2800	8,6	7168	51303	13,5	1,57

N en tours par minute, V en nœuds, F en newtons, P en watts.

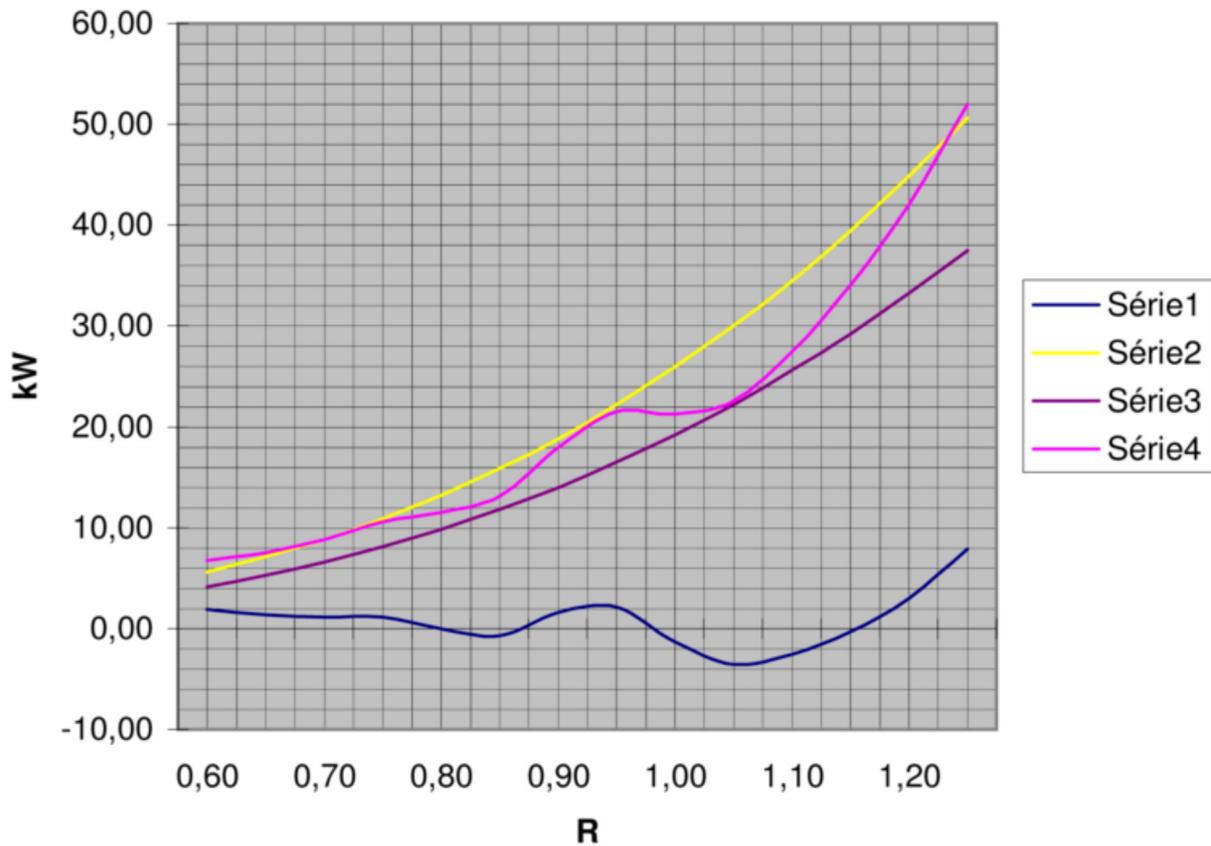
Commentaires sur l'expérimentation et prospectives

Conclusions de 2008

Dans la *Feuille de calcul conso* les valeurs ont été lissées.

On a obtenu la courbe empirique suivante avec une stagnation de la puissance et de la consommation en carburant, entre les abscisses $R=0,95$ à 1950 tr/min et $R=1,05$ à 2200 tr/min correspondants 6,54 et 7,22 nd. La consommation chute rapidement en deçà de $R=0,95$.

Evaluation de la puissance et de la résistance à la vague Expérience 1



Graphique de la Puissance de propulsion estimée en fonction de la vitesse en tenant compte de la résistance à la vague.

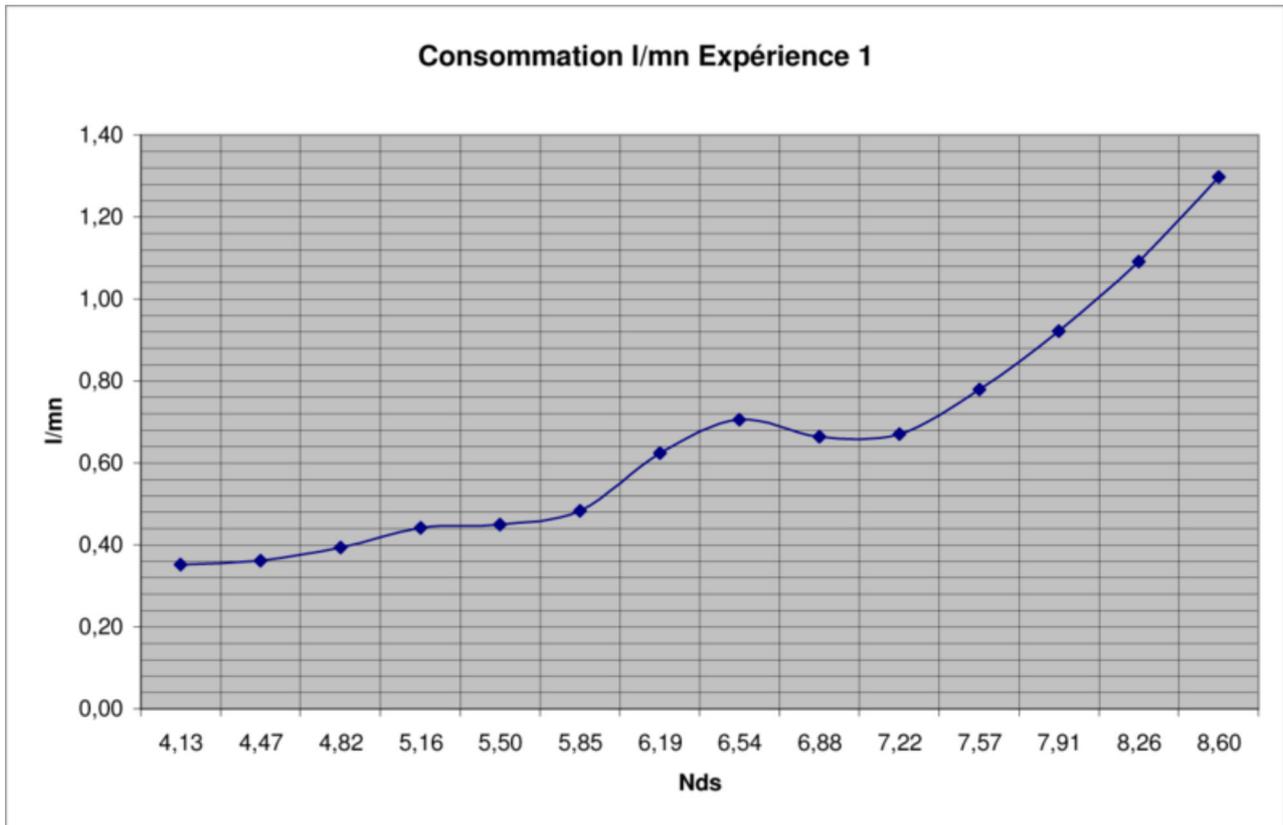
* En bleu: Influence estimée de la vague d'étrave

* En jaune: Indication de puissance calculée à rendement=0,62 sans influence de vague d'étrave

* En violet: Indication de puissance calculée à rendement=0,66 sans influence de vague d'étrave

* En mauve: Puissance estimée plus conforme à l'expérience en tenant compte de la vague d'étrave.

Laisse présumer un rendement d'hélice entre 0,64 et 0,65



Courbe de consommation évaluée en litres par mile nautique. La graduation en abscisse graduée nœuds, 6,54 nd correspond à $R=0,95$ et 7,22 nd correspond à $R=1,05$. Selon le graphe de résistance à la vague d'étrave.

Dans la pratique avec la goélette Cardabela on n'observe pas de creux de puissance ni de diminution de consommation importantes entre 6,5 et 7 nd

Conclusions

Téléchargez les feuilles de calcul, expérimentez, ajoutez votre expérience et vos conclusions.

Retour d'expérience

Remarque : Quels que soient les moteurs et hélices, pour un même bateau on doit obtenir la même vitesse du bateau pour une même puissance fournie à l'hélice.

Curieusement nous devons utiliser le même recul théorique dans deux expériences suivantes sur le même bateau pour avoir des résultats cohérents avec les essais (recul = 0,27 ou 0,28) :

Attention ; le recul défini ici s'entend lorsque le moteur est à sa puissance maximale pour une vitesse de bateau égale à la vitesse optimale (tableaux ci dessous)

Dans les calculs d'hélices pour des moteurs de 50 et 75 chevaux le rendement à la vitesse optimale par temps calme se situe dans les deux cas aux environs de 0,62

La perte d'énergie est alors égale à environ un tiers de la puissance fournie à l'hélice.

Avec un moteur de 50CV

Hélice 3 pales hélicoïdale 18x12

Estimation du pas et du diamètre d'hélice pour un voilier à déplacement

Cette estimation ne tient pas compte de tous les paramètres, consultez un hélicier pour plus d'information
 Cette estimation suppose que l'avant et l'arrière de l'hélice sont bien dégagés.

[Pour plus d'informations consultez le site : http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/telecharger-calcul-helices.php](http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/telecharger-calcul-helices.php)

Remplir uniquement les cases noires

Longeur à la flottaison en mètres = 13,00
 Largeur à la flottaison en mètres = 3,60

Puissance nominale du moteur en CV = 50,00
 Puissance du moteur en CV = 47,50
 Puissance du moteur en KW = 0,00
 Poids en charge, en tonnes = 15,00
Forcer la vitesse maximale estimée : 7,254

Coefficient de finesse du navire = 0,28

Degré de vitesse R = 1,054

$R \text{ (m/sec)} = V / \text{RACINE}(L) \text{ --- Foudre} = R / 3,132$

Pour calcul VETUS R = 1,275 (m/s)

Puissance retenue en KW = 34,91

Puissance en CV par tonne = 3,17

Vitesse maximale du voilier à 5CV/tonne : 9,15

Vitesse maximale estimée retenue en noeuds = 7,25

Vitesse optimale estimée en noeuds = 5,80

Vitesse de propulsion estimée de l'hélice en mètres/seconde = 5,97

pas de problème de cavitation

Diamètre optimal estimé en mètre = 0,457

Pas optimal estimé en mètre = 0,31

Pas réel en mètre = 0,30

Coeff. Q¹ inverse optimal de la qualité de l'hélice à la propulsion = 2,61

** Ajuster pour adapter au pas réel = 0,960

Hauteur de la cage d'hélice = 0,54

21,3

* La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale

** La valeur du pas réel sera prise en compte dans l'**Estimation des efforts** compte tenu recul estimé à la puissance optimale.

Ce calcul permet de conserver de la puissance pour résister aux vents contraires à la vitesse optimale

Le résultat de ces calculs est perceptible sur la feuille "Estimation des efforts"

Le rendement de l'hélice en absence d'effort autre que le déplacement, vague d'étrave, frottement devrait se situer entre 0,62 et

0,66 pour tomber à 0,5 à la puissance maximale à la vitesse optimale.

Dans le tableau "Estimation des efforts" on peut remplacer la puissance disponible calculée en progression linéaire, par les valeurs du constructeur

N'oubliez pas de préciser le rapport de surface Sh/S du fournisseur cellule H7 dans la feuille Estimation des efforts

Vitesse optimale d'hélice : 5,80 nd

Avec un moteur de 75CV

Hélice 3 pales hélicoïdale 19x17

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Estimation du pas et du diamètre d'hélice pour un voilier à déplacement.								
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 : http://ramontane34.free.fr/ConstrNavAmMtelecharger-calcul-helices.php								
5	Remplir uniquement les cases noires								
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			Degré de vitesse R = 1,167					
8				$R \text{ (m/sec)} = V / \text{RACINE}(L^3) \text{ --- Foudre} = R / 3,132$					
9	Puissance sur l'arbre en CV = 72,00			Pour calcul VETUS $R = 1,275 \text{ (m/s)}$					
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	Forcer la vitesse maximale estimée : 8,03			Vitesse maximale du voilier à 5CV/tonne à $R = 1,33 : 9,15$					Calcul VETUS:
13				Vitesse maximale retenue en nœuds = 8,03					8,76
14				Vitesse optimale estimée en nœuds = 6,42					
15				Vitesse de propulsion estimée de l'hélice en mètres/seconde = 6,61					pas de problème de cavitation
16	Rapport de réduction = 0,4405			Diamètre optimal estimé en mètre = 0,483					19,02 pouces
17	Nombre de tours moteurs à la puissance maximale = 3000,00			Pas optimal estimé en mètre = 0,41					16,18 pouces ok
18	** Recul réel estimé à P optimale * = 0,270 ok			Pas réel en mètre = 0,43					17,00 pouces ok
19	** Ajuster le recul pour adapter au pas réel = 0,305 ok			Coeff. Q⁻¹ inverse optimal de la qualité de l'hélice à la propulsion = 2,53					
20	* La puissance optimale est ici la puissance maximale du moteur par vent contraire ramenant la vitesse du navire à la vitesse optimale			Hauteur minimale de dégagement de la cage (recommandation) : 0,58					22,8 pouces Cage trop petite ?
21	Hauteur de la cage d'hélice = 0,54		21,3						
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	Ce calcul permet de conserver 1/3 de la puissance pour résister aux vents contraires à la vitesse optimale								
26	Le résultat de ces calculs est perceptible sur la feuille "Estimation des efforts"								
27				Réducteurs					
28				Etude pour un moteur VOLVO D2-75 :	RH	2,27	0,4405		
29				(Inverseur MS25L) LH		2,10	0,4762		
30									

Vitesse optimale d'hélice : 6,42 nd

Exemple de rendement d'hélice dans le tableau ci-dessous

À la ligne non surlignée, 1900 tr/min du moteur le rendement d'hélice est de 0,62 à la vitesse optimale par temps calme.

Helice Estimation des efforts

Pmot retenue = 52,92

Pas = 0,43 ours/min à Pmax = 3000

Coef. $\alpha^1 = 2,24$

Diamètre = 0,483

Recul = 0,27

Réduc = 0,441

Profondeur de l'hélice (m) = 0,50

D = 19,02 Pas = 17,00

NE MODIFIEZ PAS LES CHIFFRES EN VERT

MODIFIEZ LES VALEURS DANS LA PAGE "Estimation PAS & DIAMETRE"

$V_2 = (2 \cdot V_p) \cdot V_d$

$V_d =$ 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

Dépression

Tr moteur/mn	P dispo	r hélice/mr	Vh (m/sec)	Vh(Nœuds)	Recul	Vp(Nœuds)	F(Newton)	P (Watt)	η	Dépression (Pascal)	Conso l/h	Conso l/mm
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

On peut maintenir cette vitesse de 6,42 nœuds jusqu'à 2600 tr/min du moteur qui atteint sa puissance maximale. L'effort sur l'hélice passe de 3900 à 7500 newtons et le rendement de l'hélice passe à 0,51 avec une perte d'énergie de 50%.

Télécharger les feuilles de calculs

Site d'origine

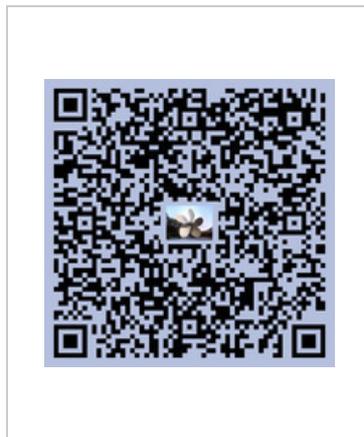
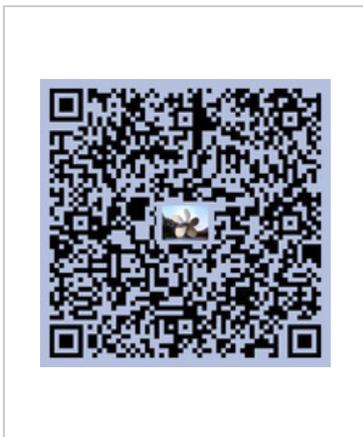
tramontane34.free.fr/ConsNavAm/fichiers_conception/helice/telecharger.php

À défaut

appgm.asso.free.fr/wiki/downloads/Helice-moteur.xls

appgm.asso.free.fr/wiki/downloads/Helice-application-VOLVO-D2-75.xls

QR pour téléchargements optiques



Téléchargement de la feuille de calculs d'hélices.
Download application-VOLVO-D2-75.xls .

Hélices de navires à déplacement

Dans cet article on explique comment utiliser le tableur « Hélice-moteur » pour calculer les hélices, celles des gros navires, des voiliers, et aussi des petits bateaux appelés « navires à déplacement » parce qu'ils ne peuvent pas planer.

Les feuilles de calculs du fichier « Hélice-application-VOLVO-D2-75 » sont donnés en exemple avec des illustrations et des graphes. Les résultats obtenus ont été vérifiés en navigation.

Image de couverture : <https://commons.wikimedia.org/wiki/Screw-Konpira.jpg>

Attribution : Toto-tarou.

Récupérée de « [https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Hélices de navires à déplacement/Version collection&oldid=607890](https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Hélices_de_navires_à_déplacement/Version_collection&oldid=607890) »

La dernière modification de cette page a été faite le 16 novembre 2018 à 15:18.

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.

Équipements

Protections de la carène



Goélette Cardabela/Équipements

Protections de la_carène

Editor : Goelette Cardabela



Sommaire

1 Protections de la carène

1.1 Protection du composite polyester contre l'osmose

1.1.1 L'osmose

1.1.2 Conséquence de la stratification trop rapide des coques en polyester

1.1.3 On peut limiter l'effet « osmose »

1.1.3.1 Pendant la stratification

1.1.3.2 En cours d'utilisation

1.1.4 Références

1.2 Protection contre la corrosion des métaux

1.2.1 Comprendre la corrosion en milieu marin

1.2.1.1 Généralités sur les métaux

1.2.1.2 Corrosion dans le milieu marin

1.2.1.3 Protection des vannes et passe-coques

1.2.1.4 Protection de la transmission moteur

1.2.2 Remarques générales selon l'ANPEI

1.2.3 Remarques sur la corrosion et les micro-courants

1.2.3.1 Corrosion des coques à l'ancrage

1.2.3.2 Corrosion d'une coque au port

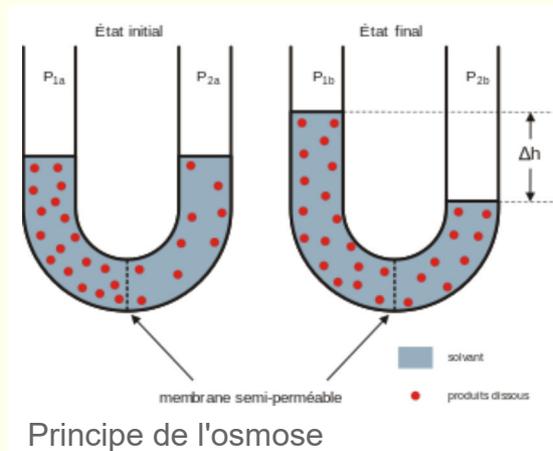
1.2.4 Références

Protections de la carène

Protection du composite polyester contre l'osmose

Osmose : On met en évidence l'osmose par le passage de molécules ou d'ions à travers une membrane qui sépare deux solutions de composition différente. Il faut que la membrane soit perméable à l'eau (ou au solvant de façon plus générale) et imperméable aux solutés (membranes sémi-perméable parfaite, sélective ou dialysante).

Tant que les deux solutions ne contiennent pas le même nombre de particules dissoutes par unité de volume, on observe un déplacement de l'eau (ou du solvant) du compartiment le plus dilué vers le compartiment le plus concentré, qui tend à équilibrer les concentrations.



L'osmose

« maladie » du polyester ?^[1] : Le terme osmose est utilisé pour désigner la formation de bulles sous le gelcoat, revêtement en polyester des coques de bateaux, et des piscines. Longtemps considéré comme un défaut de fabrication, il semble que d'infimes particules de cobalt, excitées par de faibles courants électriques, dus à de mauvaises masses, se colorent d'un brun rougeâtre, tout en provoquant une rupture plus ou moins importante, dans l'étanchéité intrinsèque du matériau polyester.

De nos jours, des recherches - toujours en développement - démontrent que si les courants faibles, et la présence de particules de cobalt, ainsi qu'une mauvaise hygrométrie lors de l'application des résines, peuvent aggraver ou déclencher ce phénomène d'osmose, ces facteurs ne permettent pas d'en expliquer l'absence, sur d'autres revêtements polyester pourtant exposés aux mêmes traitements. À ce jour, s'il est devenu possible d'expliquer comment l'osmose prend naissance, il n'est toujours pas possible d'expliquer pourquoi certains revêtements sont attaqués et d'autres pas.

Conséquence de la stratification trop rapide des coques en polyester

On ajoute trop d'accélérateur : La polymérisation produit de l'eau qui reste dans la résine et produit un soluté favorable à l'osmose.

On ne peut rien faire contre l'osmose : c'est un phénomène naturel, les solvants (dont l'eau) migrent vers le soluté.



Cette osmose semble due à un excès d'accélérateur au cobalt. La photo a été prise sur l'aire de carénage de La Grande Motte

On peut limiter l'effet « osmose »

Pendant la stratification

- En prenant du temps pendant la stratification, et en laissant les solvant s'échapper.
- En commençant les premières couches extérieures (après la couche de gelcoat) avec de la résine isophtalique (et Mat 450) suivies immédiatement par des couche de fibre de verre imbibées de résine orthophtalique qui favorisent l'accrochage des couches suivantes. Choisir des faibles épaisseurs de roving/mat pour laisser les solvants s'échapper entre les couches (Roving/mat 500/300).

En cours d'utilisation

- En fabriquant une barrière contre l'osmose comme le mastic époxy.
- En plaçant le bateau hors d'eau en dehors des périodes de navigation.

Références

1. https://fr.wikipedia.org/wiki/Osmose#Osmose.2C_.C2.AB_maladie_.C2.BB_du_polyester Osmose, « maladie » du polyester

Protection contre la corrosion des métaux

La corrosion des métaux est un problème récurrent avec les œuvres vives des bateaux.

Certains propriétaires de bateaux remplacent systématiquement, à intervalle de temps régulier, tous les métaux qui se trouvent sous la ligne de flottaison (passe-coques, vannes).

En Angleterre on recommande (ou on oblige) de passer, à l'intérieur du bateau, une tresse de masse de l'étrave à la poupe et d'y relier tout ce qui est métallique en contact avec la mer. Cette tresse doit être reliée à une anode ou à plusieurs anodes sacrificielles.

Le principe consiste à créer un courant électrique d'électrolyse qui déposera un léger voile de zinc sur les parties métalliques et amener la tension de polarisation globale au niveau du zinc (environ -1030 millivolt). Il ne faut pas supprimer ce voile de zinc entre les carénages, ceci aurait pour effet d'accélérer la destruction de l'anode sacrificielle.

Cette disposition anglaise n'a normalement aucune incidence sur la corrosion des œuvres vives mais il faudra se souvenir que les navires anglais ont la tresse de masse connectée à la polarité + de la batterie moteur. Ceci peut créer des problèmes de branchements avec des appareils de navigation qui, en France, ont normalement toutes les bornes *moins* reliées au pôle moins de la batterie de service.

Comprendre la corrosion en milieu marin

Généralités sur les métaux

Un métal est un agglomérat de molécules *défini comme un matériau dont la cohésion des atomes est assurée par la liaison métallique : tous les atomes de l'objet mettent un ou plusieurs électrons en commun* [1].

Les atomes des métaux ont des couches électroniques éloignées de leur noyau dont les électrons se détachent par l'agitation thermique et peuvent circuler à l'intérieur du métal. On les appelle *électrons libres* ou *électrons de valence*[1] (https://fr.wikipedia.org/wiki/Électron#Conductivité_électrique), ils ne contribuent pas à la liaison entre atomes du métal.

Pour un métal on peut considérer que, sous l'effet de l'agitation thermique, des électrons peuvent s'échapper du métal et y retomber après avoir créé un champ électrostatique local. ... *sauf si ces électrons sont entraînés par un champ électrique extérieur, comme au voisinage des coques de bateaux, ou qu'il soit capté par un ion*[2]

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Ion>) positif de passage ...

Dans le milieu marin ce qui se passe localement pour un électron se reproduit statistiquement sur l'ensemble de la surface du métal. Ceci engendre un **potentiel naturel** du métal.

Ce *potentiel naturel* ou *puits de potentiel*^[2] d'un métal en milieu marin est connu pour de nombreux métaux :

Le potentiel naturel du zinc est de l'ordre de -1030 millivolts à une température de la mer, autour de 20°C.

Corrosion dans le milieu marin

- **Lorsque le métal est électriquement isolé, la dégradation du métal est minimisée.**
 - Le métal se met automatiquement au potentiel de la mer.
 - Il suffit en général de peindre le métal pour réduire considérablement l'effet de corrosion.
- **Lorsque le métal est relié à une tresse de masse, des courants électriques circulent entre les différents objets métalliques en contact avec la mer.**
 - Ces courants dépendent des différences potentiels *naturels* entre les métaux qui sont en contact avec le milieu marin.
 - Il se produit une corrosion galvanique avec un effet de pile.

Protection des vannes et passe-coques

Les vannes et passe-coque sont en laiton (Laiton marine, ou jaune, ou rouge) Potentiel -0,35 V [3] (http://www.cdcorrosion.com/mode_corrosion/corrosion_galvanique.htm)

Remarques spécifiques à la goélette Cardabela

Les vannes de la goélette Cardabela sont isolées électriquement. (Pas de tresse de masse, pas d'eau de mer dans les fonds au niveau des vannes)

Les vannes sont au potentiel de la mer. Les électrons qui peuvent s'échapper du métal y retombent immédiatement.

Au carénage les rotules des vannes sont graissées à la vaseline. Les orifices sont peints à l'extérieur et à l'intérieur du passe-coque.

Pas de corrosion importante constatée entre 1986 et 2014.

Protection de la transmission moteur

- Le *moins* de la batterie du moteur est normalement relié à la masse du moteur.
- L'arbre de transmission est généralement en acier *inoxydable*. L'hélice est souvent en bronze. L'anode en zinc peut être vissée à l'extrémité de l'arbre d'hélice ou en collier autour de l'arbre.
- Tous les organes métalliques de la timonerie (mèche de safran) doivent normalement être inter-reliés par une tresse de masse à une anodes en zinc généralement fixée sur le(s) safran(s), indépendante de la protection de la transmission (Anode en zinc de l'arbre d'hélice).

Remarques générales selon l'ANPEI

Selon l'article de l'ANPEI^[3] *Pour lutter contre la corrosion galvanique, il suffit d'abaisser le potentiel électrique des métaux à protéger par rapport à leur potentiel naturel. Et ce, tant en eau de mer qu'en eau douce. Ceci est réalisé, sur les petites unités, à l'aide d'anodes sacrificielles la plupart du temps en zinc, dont le potentiel naturel est de -1030 mV. De fait, il y a circulation d'un courant d'oxydation significatif dès que la différence de potentiel entre deux métaux excède 200 mV.*

Ainsi, un ensemble composé d'une hélice en bronze (potentiel -280 mV), située à l'extrémité d'un arbre en inox (potentiel -550 mV), relié à un moteur en acier (potentiel -650 mV) sera protégé par une simple anode en zinc pendant un laps de temps donné si :

1. elle fonctionne correctement
2. elle est placée au bon endroit
3. elle est de taille suffisante.

L'anode zinc permet ainsi de transformer tous les autres métaux en cathode et d'inverser la perte de matière qui résulte de l'activité électrique.

Le potentiel des équipements immergés d'une coque polyester doit être mesuré entre -1000 mV et -750 mV pour que la protection soit acquise. Pour une coque acier, ces mesures deviennent -1050 mV et -800 mV.

En dessous, (c'est à dire vers le 0 mV), il y aura sur-protection (avec conséquences), au delà, sous-protection (également avec conséquences, mais beaucoup plus néfastes).

Encore faut-il que la coque ne soit pas reliée à la terre du quai La terre de la prise secteur au quai ne doit servir qu'aux seuls appareils qui y sont connectés (220-240 V).

Remarques sur la corrosion et les *micro-courants*

Une coque immergée est entourée de pas mal de choses en plus des animaux et végétaux qui y adhèrent. Il y a des électrons qui ont échappé aux métaux, des ions avec des particules recomposées dans le milieu ambiant. Il suffit qu'un champ électrique passe par là pour déstabiliser tout ce milieu.

Corrosion des coques à l'ancrage

- Pour les métaux isolés entre eux : La corrosion est minimisée avec quelques échanges ioniques entre les différents métaux de la carène.
- Pour les métaux en contact électrique : La corrosion se limite aux courants galvaniques. Les métaux sont protégés par les anodes généralement en zinc

Corrosion d'une coque au port

Au port ou au voisinage industriel et soumission aux champs électriques.

- Il convient de ne pas relier la terre de la prise électrique du quai à la tresse de masse du bateau.
- Il peut être nécessaire de disposer les anodes de chaque côté de la coque; elles doivent être reliées à la même tresse de masse. (Anodes fixes ou amovibles).
- Une précision : Les anodes en zinc fixées aux palplanches protègent les palplanches, pas les bateaux !

Références

1. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Métal#Définition>
2. https://fr.wikipedia.org/wiki/Puits_de_potentiel
3. <http://www.anpei.org/spip.php?article2367>

Équipements – Protections de la carène

Cet article traite de la protection de la carène, de la protection du composite polyester contre l'osmose et de la protection contre la corrosion des métaux.

L'objet de l'article est d'essayer de comprendre les phénomènes pour trouver la meilleure parade de protection.

Image de couverture : https://fr.wikibooks.org/wiki/Corrosion_de_contact_sur_un_bout_d%27arbre_01.jpg
Attribution : Jean-Jacques MILAN

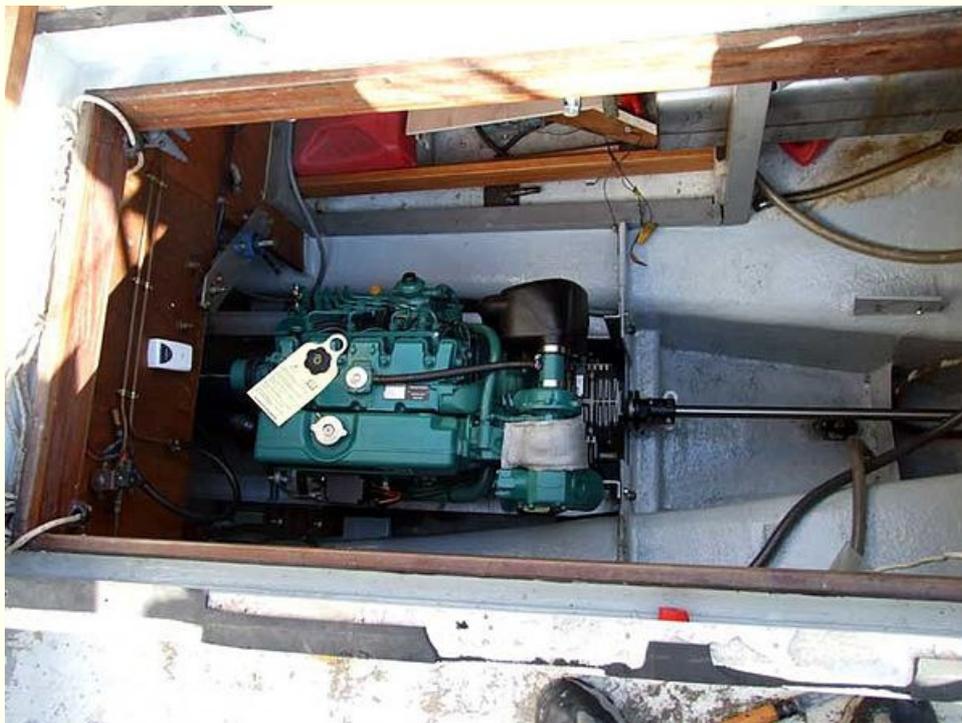
Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Équipements/Protections_de_la_carène/Version_collection&oldid=607861 »

La dernière modification de cette page a été faite le 15 novembre 2018 à 17:48.

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.

Équipements

Propulsions



Goélette_Cardabela/Équipements

Propulsions

Editor : Goelette Cardabela



Sommaire

1 Généralités sur la propulsion

1.1 Transmission

1.2 Hélice

1.3 Chauffe-eau moteur

2 Moteur VOLVO-D2-75

3 Propulseur d'étrave

4 Références

Généralités sur la propulsion

- **La goélette a été équipée de trois moteurs diesel**; d'abord d'un moteur INDENOR de PEUGEOT marinisé spécialement, en second d'un moteur de 205 marinisé par VETUS, en dernier d'un moteur VOLVO D2-75.

L'étude de ces propulsions sous forme de tableaux interactifs ont fait l'objet de publications^[1]

Transmission

- **La transmission** initiale, avec les moteurs INDENOR et VETUS, était très compliquée. Une poulie de transmission était insérée entre le réducteur et l'arbre d'hélice. Cette poulie entraînait une turbine de propulseur d'étrave par l'intermédiaire d'un embrayage magnétique. La complexité de ce montage a provoqué deux fois la rupture du cardan de sortie du réducteur.
 - Avec l'installation du moteur D2-75 toute la mécanique précédente a été supprimée pour être remplacée par une installation traditionnelle et par un propulseur d'étrave électrique classique.

Hélice

- L'hélice montée avec le moteur VOLVO 2D-75 tourne à gauche en raison du meilleur rapport de couple recherché avec l'inverseur que nous avons fait installer lors de l'achat du moteur. La conséquence est que le bateau *cule à gauche* au moteur.
- Diamètre : 19 pouces, Pas : 17 pouces, Métal : bronze.
- L'arbre est en acier inoxydable de diamètre 30 mm et le tube étambot n'a pas été changé depuis son installation au chantier de construction. L'ensemble est protégé de la corrosion par une anode en zinc montée en bout de l'arbre d'hélice.
- Le *presse étoupe* de Volvo est un système à lèvres souples et a une durée de vie limitée dans le temps et dépend aussi du nombre d'heures de fonctionnement du moteur.
- **L'hélice** a fait l'objet d'une étude spéciale en raison du très faible tirant d'eau et d'une cage d'hélice qui affleure presque la surface.
L'étude théorique^[2] et l'étude pratique^[3] ont été publiées sur Wikibooks

Chauffe-eau moteur

- Le **chauffe-eau**, accessoire classique, est monté à côté du moteur ; il est chauffé par le circuit de refroidissement du moteur et, au quai, par une résistance électrique sous 220 volts. Il faut prévoir un système de vannes pour isoler le chauffe-eau sans devoir arrêter le moteur.

Moteur VOLVO-D2-75

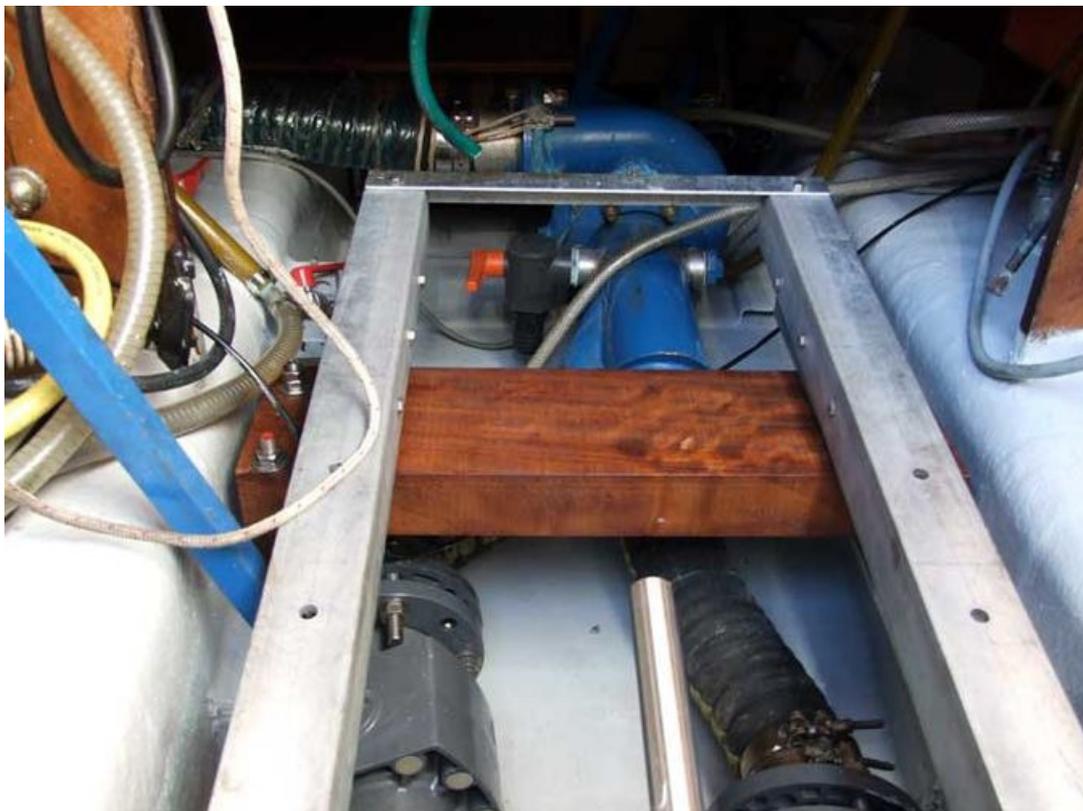
Photos de l'installation du moteur VOLVO-D2-75

Mise en place du support moteur en cornières galvanisées :



Support moteur, vue de dessus

Sous les cornières de support du moteur on voit les vannes d'aspiration du propulseur d'étrave expérimental d'origine.



Support moteur, vue de la partie à l'avant

À l'avant, on aperçoit la turbine du premier propulseur d'étrave et aussi une vanne de vidage des fonds à l'aide de cette turbine.



Support moteur, détail de fixation

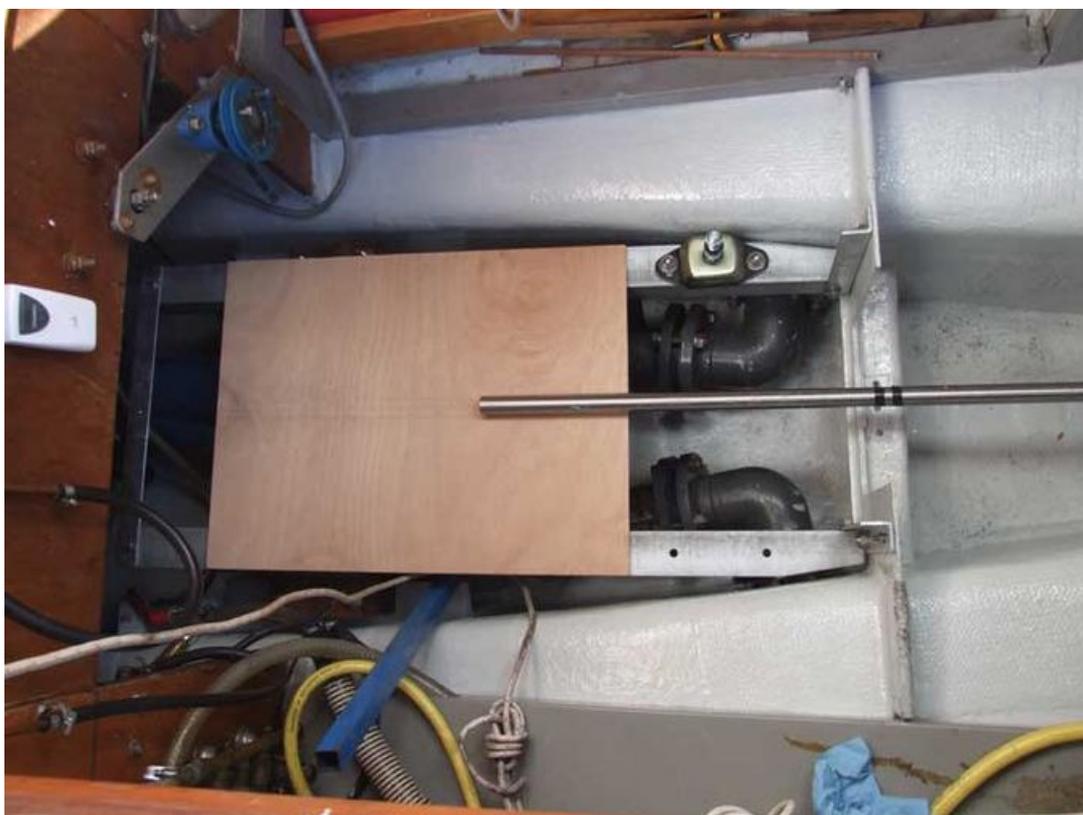


Support moteur, détail arrière

Alignement du support moteur et du moteur :



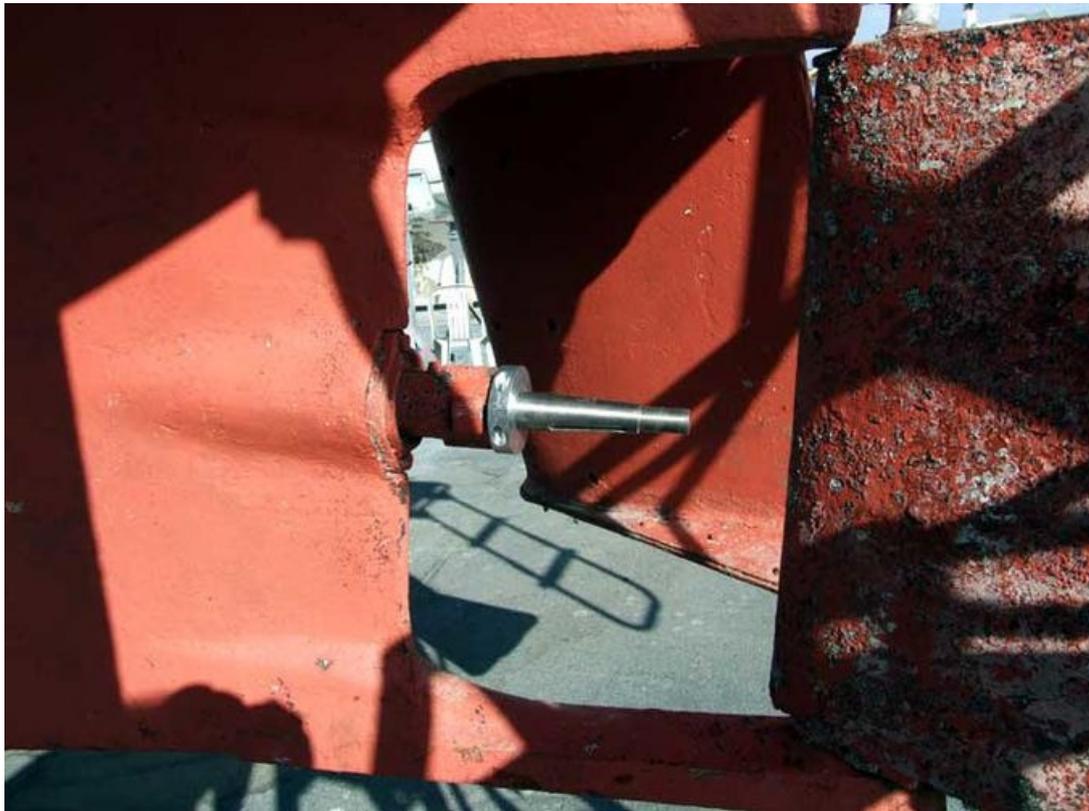
Alignement du support moteur



Alignement du support moteur



Alignement du support moteur

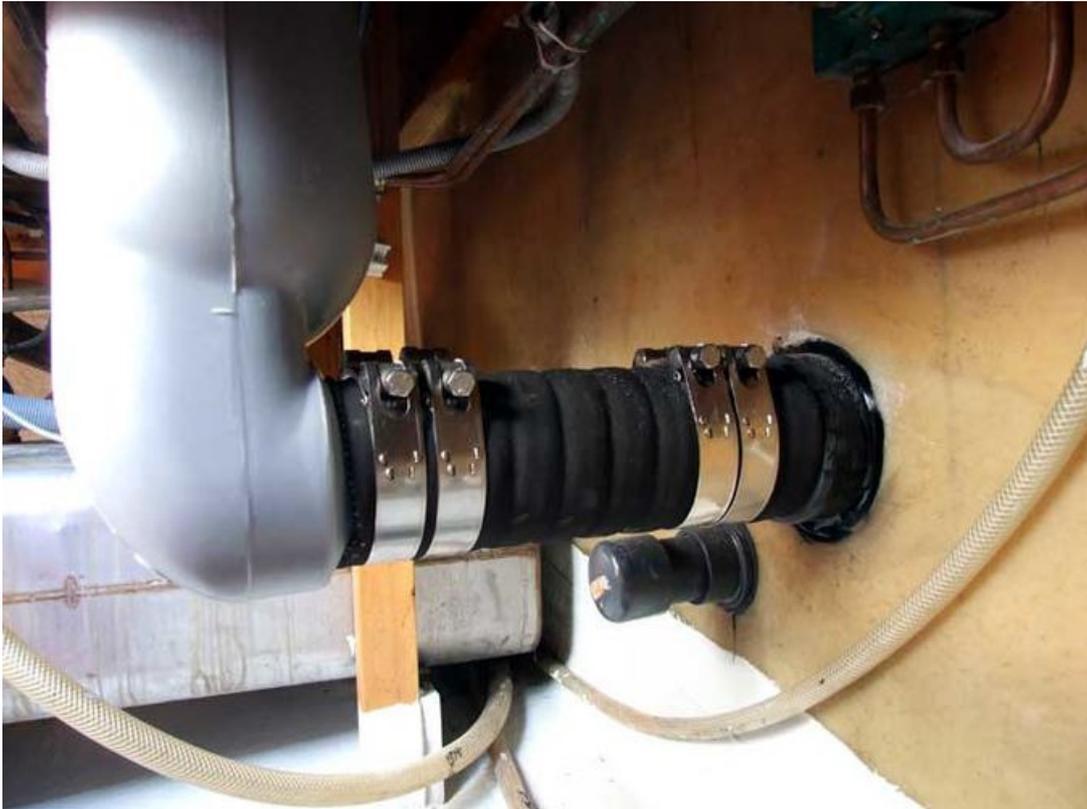


Positionnement précis de l'arbre d'hélice



Vérification de l'alignement de l'arbre d'hélice

Mise en place de l'échappement et des robinets d'arrêt du chauffe-eau :



Échappement, mise en place du col de cygne de 90 mm



Échappement, mise en place du support de "waterlock"



Échappement, vue globale



Deux robinets d'arrêt vers le moteur et un robinet by-pass

Propulseur d'étrave

- La force de poussée latérale théorique du propulseur d'étrave est de 110 kgf ou déca-newton. [4].
- L'étude du **propulseur à turbine** qui pourrait être très intéressante n'a pas fait, à ce jour, l'objet d'une publication.



Positionnement de l'axe du tube de propulsion.



Découpage de la coque.



Pose du tube et préparation à la stratification à la résine époxyde.



Stratification du tube, et pose du support moteur.

Références

1. Différentes études de propulsion sur le site du prototype (http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/fichiers_conception/helice/telecharger.php)
2. Théorique thermodynamique de l'hélice.
3. Hélices de navires à déplacement
4. Télécharger l'étude du propulseur d'étrave sur le site du prototype (Tableau Excel) (http://tramontane34.free.fr/ConsNavAm/fichiers_conception/helice/NXpropulseur.xls)

Équipements – Propulsions

- **La goélette a été équipée de trois moteurs diesel** : d'abord d'un moteur INDENOR de PEUGEOT marinisé spécialement, en second d'un moteur de 205 marinisé par VETUS, en dernier d'un moteur VOLVO D2-75.
- En fin d'année 2007 l'équipement de propulsion a été rénové et complété par un propulseur d'étrave électrique puis par l'adjonction d'un chauffe-eau chauffé par l'eau de refroidissement du moteur.

Image de couverture : <https://fr.wikibooks.org/wiki/D2-75-1562.jpg>

Attribution : Goelette Cardabela

Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Équipements/Propulsions/Version_collection&oldid=607833 »

La dernière modification de cette page a été faite le 15 novembre 2018 à 11:56.

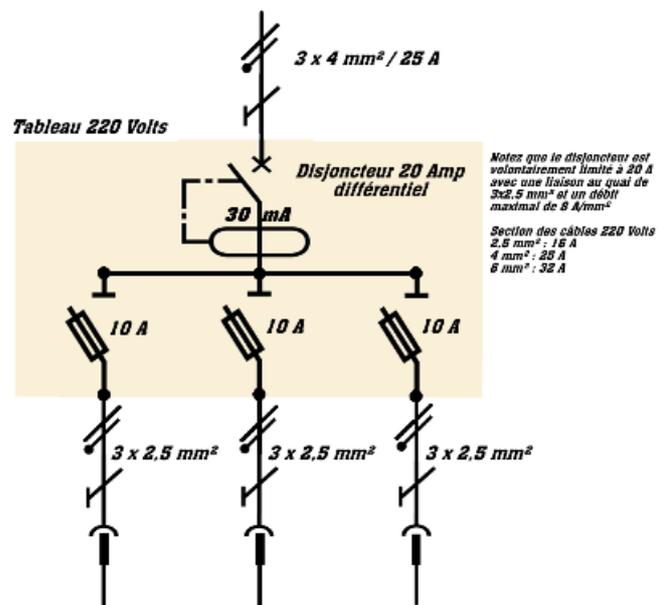
Les textes sont disponibles sous [licence Creative Commons attribution partage à l'identique](#) ; d'autres termes peuvent s'appliquer.

Voyez les [termes d'utilisation](#) pour plus de détails.

Équipements

Installation électrique

Goélette Cardabela Schéma électrique 220 Volts



3 Prises de courant 220 Volts 10/15 Ampères pour :
Chaufe eau : 5 A ou 10 A selon le modèle.
Chargeur : 2 A (Quick SBC250; 230/12V 27A)
Prises redistribuées 10 A : Micro-ondes, aspirateur, etc.

Goélette Cardabela/Équipements

Installation électrique

Éditeur : Goelette Cardabela



Sommaire

- 1 Section des fils électriques basse tension 12 volts.
 - 1.1 Comment se servir des abaques ?
- 2 Tableaux électriques
 - 2.1 Schéma du tableau électrique 230 volts
 - 2.2 Schéma du circuit basse tension 12 volts
 - 2.3 Tableau des feux de navigation
- 3 Images annexées ou « à annexer »

Section des fils électriques basse tension 12 volts.

Avec les installations basse tension la perte en puissance peut être très importante. Il convient de veiller à la section des fils en fonction des types d'appareils (électronique, pompes, etc.)

- **Pour une installation sous 12 volts :**
 - **En général**, pour les liaisons courtes (longueurs comptées depuis les batteries), on pourra choisir entre le courant de l' *Installation limite* et le courant de l' *Installation large*.
 - **Pour les grandes longueurs** on se fera plutôt à l' *Installation très large*.
 - **Pour les très très grandes longueurs** il faut envisager une installation en 24 ou 48 volts.

Section des câbles de bord pour une installation 12 Volts

Installation limite:

Distance entre connexions :		1 mètre		3 mètres		6 mètres		9 mètres		12 mètres		15 mètres		18 mètres	
Section du conducteur mm ²	I max	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %
0,75	6	0,048	0,98	0,144	0,94	0,288	0,88	0,432	0,82	0,576	0,76	0,72	0,7	0,864	0,64
1	8	0,036	0,98	0,108	0,94	0,216	0,88	0,324	0,82	0,432	0,76	0,54	0,7	0,648	0,64
1,5	12	0,024	0,98	0,072	0,94	0,144	0,88	0,216	0,82	0,288	0,76	0,36	0,7	0,432	0,64
2	16	0,018	0,98	0,054	0,94	0,108	0,88	0,162	0,82	0,216	0,76	0,27	0,7	0,324	0,64
2,5	20	0,0144	0,98	0,0432	0,94	0,0864	0,88	0,1296	0,82	0,1728	0,76	0,216	0,7	0,2592	0,64
4	32	0,009	0,98	0,027	0,94	0,054	0,88	0,081	0,82	0,108	0,76	0,135	0,7	0,162	0,64
6	48	0,006	0,98	0,018	0,94	0,036	0,88	0,054	0,82	0,072	0,76	0,09	0,7	0,108	0,64
10	80	0,0036	0,98	0,0108	0,94	0,0216	0,88	0,0324	0,82	0,0432	0,76	0,054	0,7	0,0648	0,64
16	128	0,00225	0,98	0,00675	0,94	0,0135	0,88	0,02025	0,82	0,027	0,76	0,03375	0,7	0,0405	0,64
20	160	0,0018	0,98	0,0054	0,94	0,0108	0,88	0,0162	0,82	0,0216	0,76	0,027	0,7	0,0324	0,64

I max correspond à une chute de tension de 0,288 Volts/mètre, soit un maximum d'intensité pour une tension de 11,8 Volts aux bornes de la batterie et une charge de 14,4 Volts au régulateur et pour une distance entre connexions de 9 mètres. (9 mètres de câble bipolaire, 18 mètres de fils)

Installation large:

Distance entre connexions :		1 mètre		3 mètres		6 mètres		9 mètres		12 mètres		15 mètres		18 mètres	
Section du conducteur mm ²	I max	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %
0,75	3	0,048	0,99	0,144	0,97	0,288	0,94	0,432	0,91	0,576	0,88	0,72	0,85	0,864	0,82
1	4	0,036	0,99	0,108	0,97	0,216	0,94	0,324	0,91	0,432	0,88	0,54	0,85	0,648	0,82
1,5	6	0,024	0,99	0,072	0,97	0,144	0,94	0,216	0,91	0,288	0,88	0,36	0,85	0,432	0,82
2	8	0,018	0,99	0,054	0,97	0,108	0,94	0,162	0,91	0,216	0,88	0,27	0,85	0,324	0,82
2,5	10	0,0144	0,99	0,0432	0,97	0,0864	0,94	0,1296	0,91	0,1728	0,88	0,216	0,85	0,2592	0,82
4	16	0,009	0,99	0,027	0,97	0,054	0,94	0,081	0,91	0,108	0,88	0,135	0,85	0,162	0,82
6	24	0,006	0,99	0,018	0,97	0,036	0,94	0,054	0,91	0,072	0,88	0,09	0,85	0,108	0,82
10	40	0,0036	0,99	0,0108	0,97	0,0216	0,94	0,0324	0,91	0,0432	0,88	0,054	0,85	0,0648	0,82
16	64	0,00225	0,99	0,00675	0,97	0,0135	0,94	0,02025	0,91	0,027	0,88	0,03375	0,85	0,0405	0,82
20	80	0,0018	0,99	0,0054	0,97	0,0108	0,94	0,0162	0,91	0,0216	0,88	0,027	0,85	0,0324	0,82

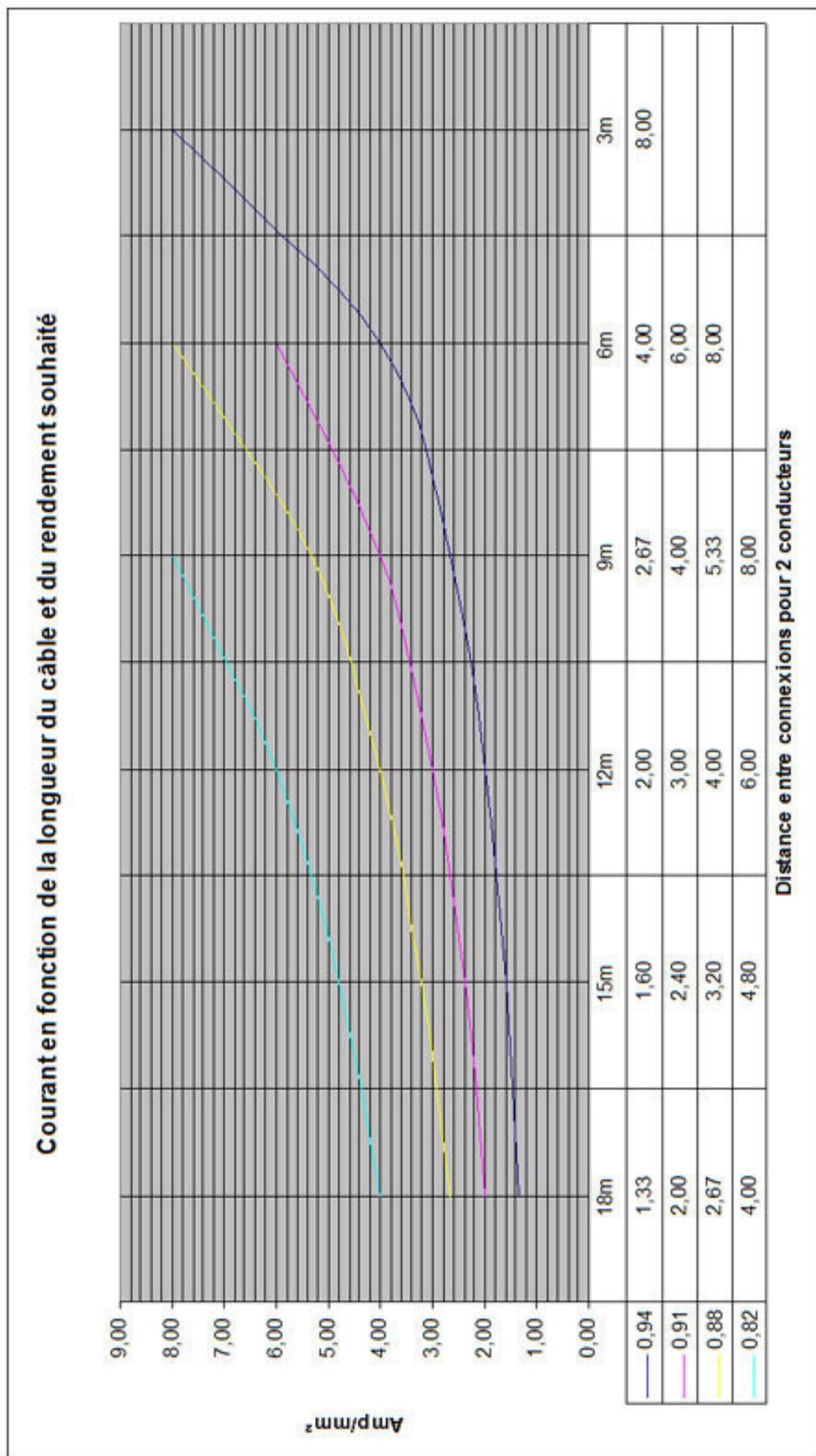
I max correspond à une chute de tension de 0,144 Volts/mètre, soit un maximum d'intensité pour une tension de 12,96 Volts aux bornes de la batterie et une charge de 14,4 Volts au régulateur et pour une distance entre connexions de 9 mètres. (9 mètres de câble bipolaire, 18 mètres de fils)

Installation très large:

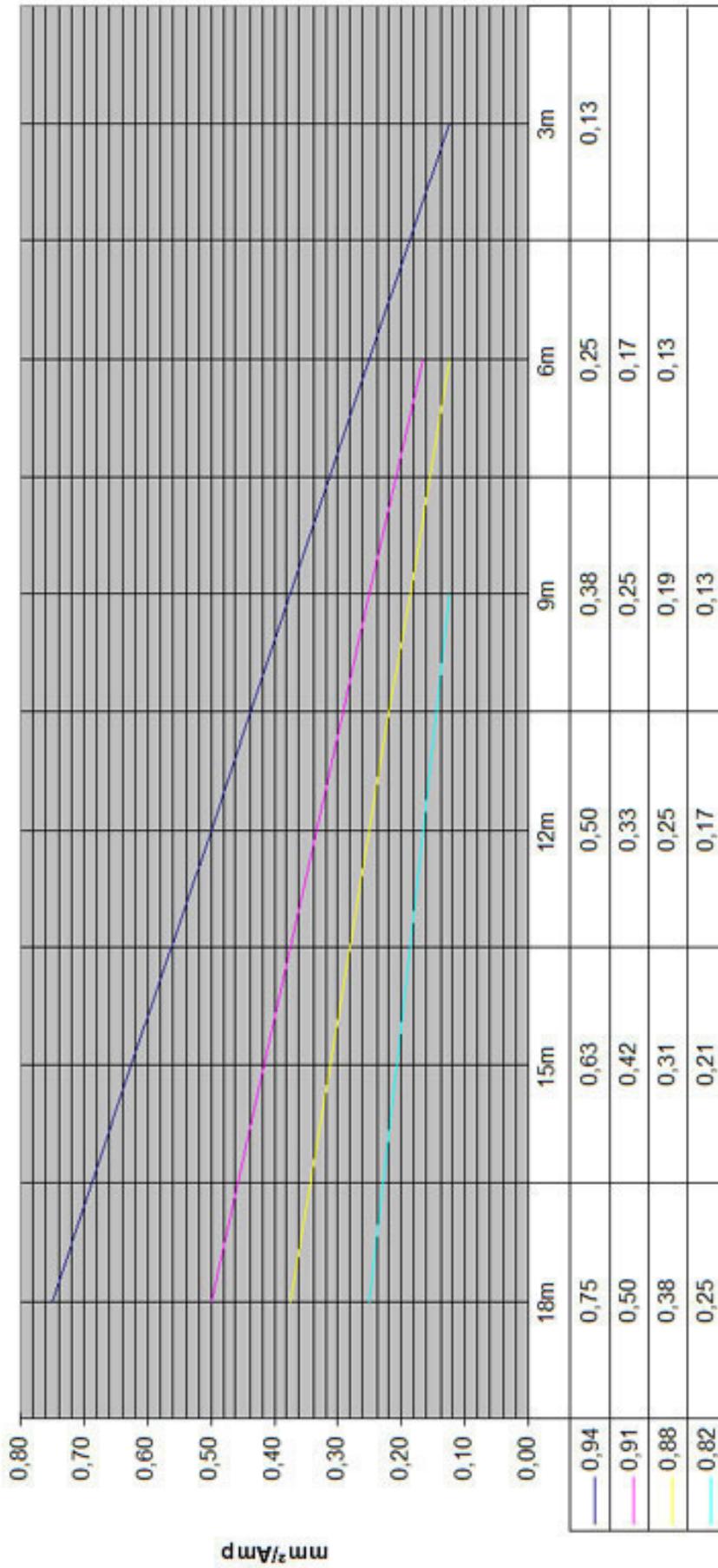
Distance entre connexions :		1 mètre		3 mètres		6 mètres		9 mètres		12 mètres		15 mètres		18 mètres	
Section du conducteur mm ²	I max	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %	R ohm	R puiss %
0,75	1,5	0,048	0,995	0,144	0,985	0,288	0,97	0,432	0,955	0,576	0,94	0,72	0,925	0,864	0,91
1	2	0,036	0,995	0,108	0,985	0,216	0,97	0,324	0,955	0,432	0,94	0,54	0,925	0,648	0,91
1,5	3	0,024	0,995	0,072	0,985	0,144	0,97	0,216	0,955	0,288	0,94	0,36	0,925	0,432	0,91
2	4	0,018	0,995	0,054	0,985	0,108	0,97	0,162	0,955	0,216	0,94	0,27	0,925	0,324	0,91
2,5	5	0,0144	0,995	0,0432	0,985	0,0864	0,97	0,1296	0,955	0,1728	0,94	0,216	0,925	0,2592	0,91
4	8	0,009	0,995	0,027	0,985	0,054	0,97	0,081	0,955	0,108	0,94	0,135	0,925	0,162	0,91
6	12	0,006	0,995	0,018	0,985	0,036	0,97	0,054	0,955	0,072	0,94	0,09	0,925	0,108	0,91
10	20	0,0036	0,995	0,0108	0,985	0,0216	0,97	0,0324	0,955	0,0432	0,94	0,054	0,925	0,0648	0,91
16	32	0,00225	0,995	0,00675	0,985	0,0135	0,97	0,02025	0,955	0,027	0,94	0,03375	0,925	0,0405	0,91
20	40	0,0018	0,995	0,0054	0,985	0,0108	0,97	0,0162	0,955	0,0216	0,94	0,027	0,925	0,0324	0,91

I max correspond à une chute de tension de 0,065 Volts/mètre, soit un maximum d'intensité pour une tension de 13,75 Volts aux bornes de la batterie et une charge de 14,4 Volts au régulateur et pour une distance entre connexions de 9 mètres. (9 mètres de câble bipolaire, 18 mètres de fils)

Abaques pour déterminer la section des fils



Section des fils en fonction de la longueur du câble et du rendement souhaité



Distance entre connexions pour 2 conducteurs

Comment se servir des abaques ?

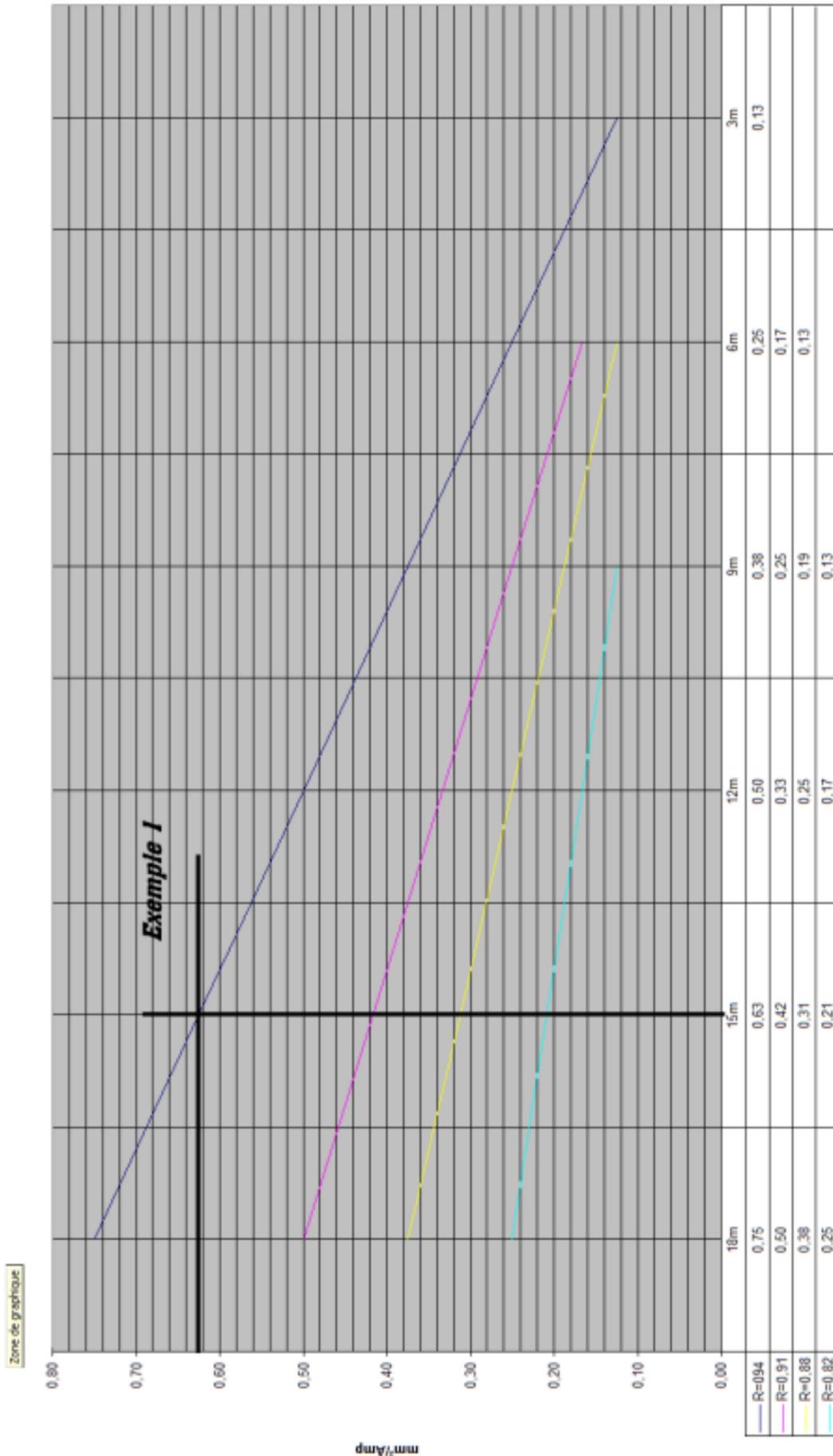
Exemple 1 : vous désirez connecter les feux avant de votre navire.

- Estimez la distance qui sépare les feux de votre tableau de commande. Ajoutez la distance du tableau aux batteries ; vous trouvez **15 mètres**.

La puissance des deux feux avant est de 48 watts (Vieilles ampoules à incandescence), la tension d'alimentation se fera sous **12 volts**.

- Choisissez un rendement pour que les feux restent très visibles, par exemple un **rendement de 0,94**
- Sur l'abaque *Section des fils en fonction de la longueur du câble et du rendement souhaité* :
 - Choisissez la colonne 15 mètres et la ligne (la courbe) 0,94 : **il vous faudra un câble de 0,63 mm² par ampère**.
 - Le courant nécessaire pour alimenter les feux sera de **48 (en watts) divisé par 12 (en volts) = 4 ampères**.
 - *Il vous faudra donc un câble à deux conducteurs approchant 4 ampères multiplié par 0,63 mm²/ampères = 2,52 mm². Arrondi cela donne : 15 mètres de câble à deux conducteurs de 2,5 mm² de section.*

Section des fils en fonction de la longueur du câble et du rendement souhaité



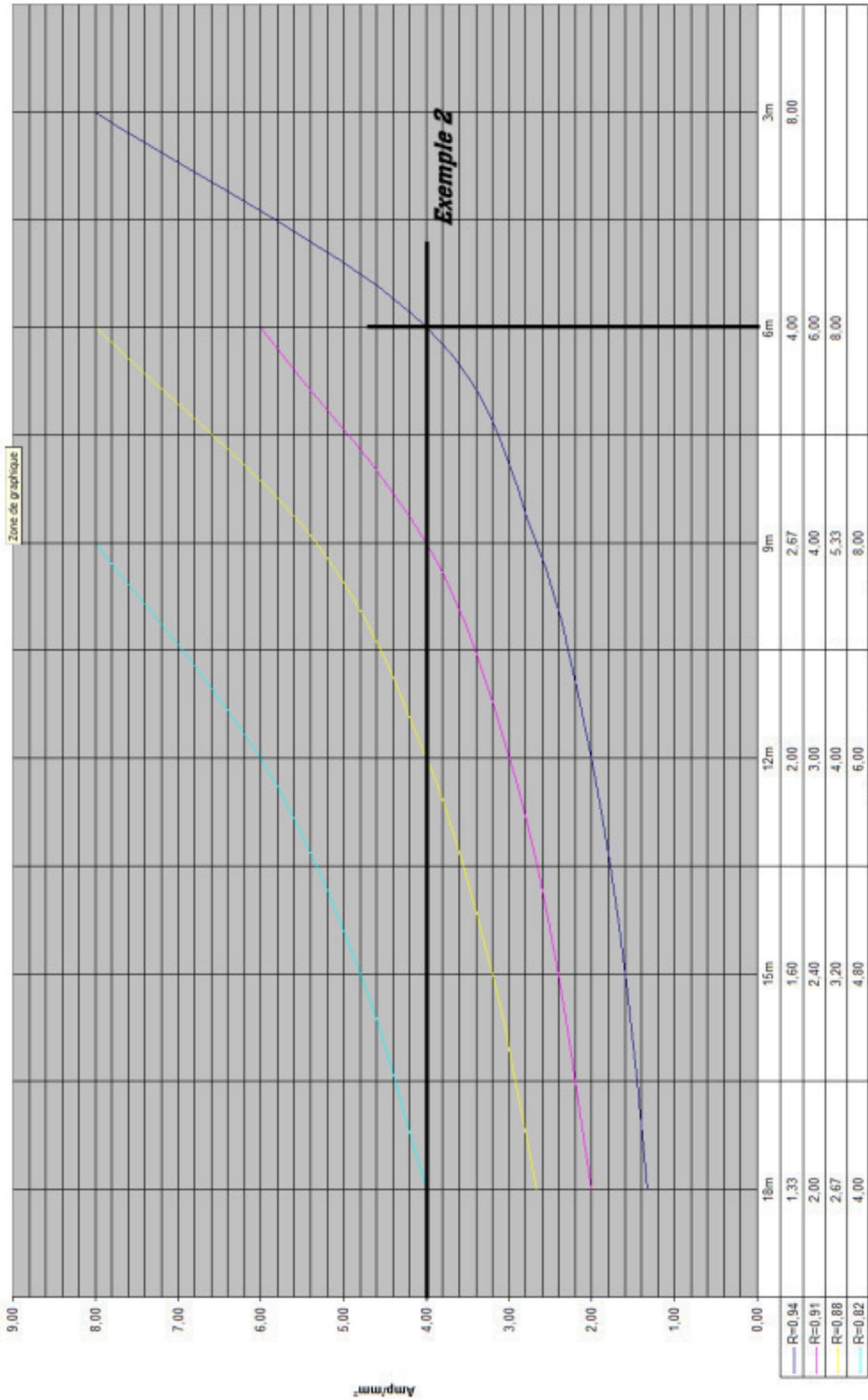
Exemple 2 : vous disposez d'un câble de 16 mm^2 et désirez savoir jusqu'à quelle distance vous pouvez l'utiliser pour alimenter un tableau électrique de 50 ampères.

Pour un tableau électrique mieux vaut choisir un rendement de 0,94.

1. - Déterminer le courant / mm^2 : $50 \text{ (A)} / 16 \text{ (mm}^2) \sim 4 \text{ A par mm}^2$
2. - Sur l'abaque "Courant en fonction de la longueur de la longueur du câble et du rendement souhaité" :

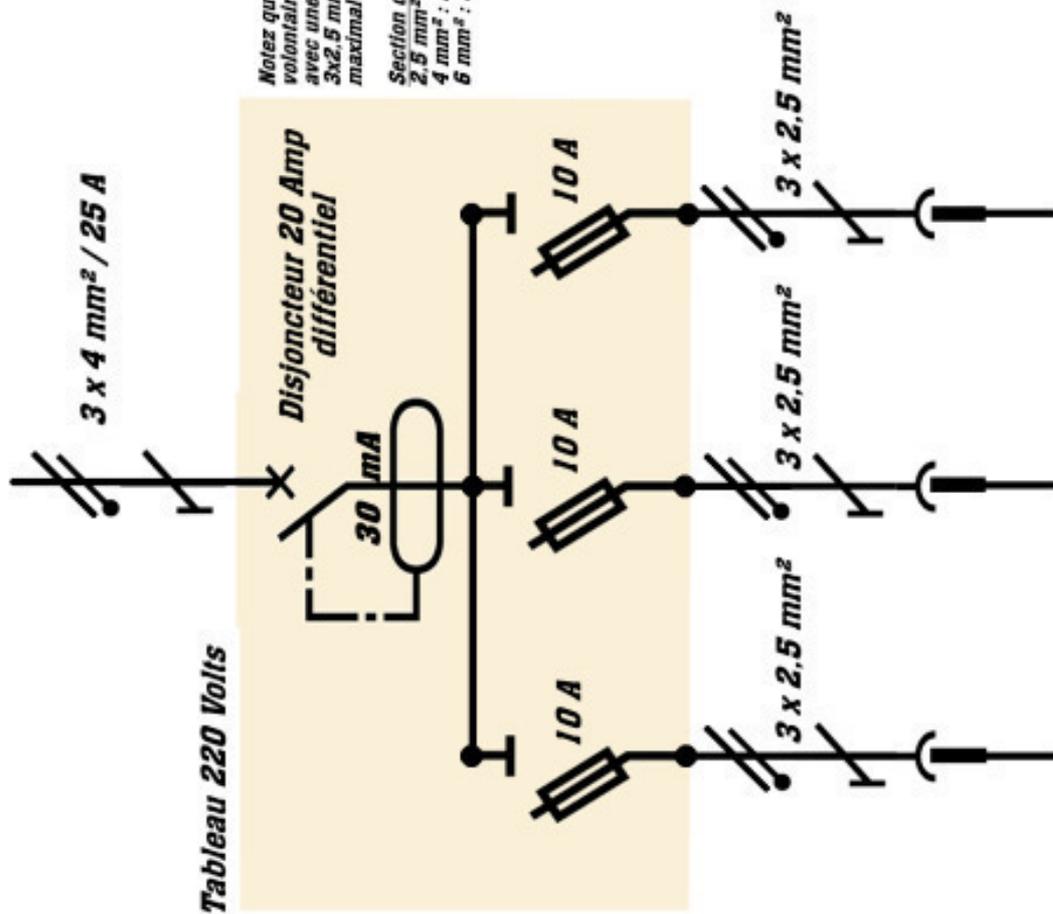
1. **Le choix du rendement de 0,94 détermine la longueur de 6 mètres entre les deux connexions pour un câble bipolaire.**
2. On pourrait utiliser ce même câble jusqu'à 12 mètres avec 18% de perte en puissance.

Courant en fonction de la longueur du câble et du rendement souhaité



Goélette Cardabela

Shéma électrique 220 Volts



Notez que le disjoncteur est volontairement limité à 20 A avec une liaison au qual de 3x2.5 mm² et un débit maximal de 8 A/mm²

Section des câbles 220 Volts
 2.5 mm² : 16 A
 4 mm² : 25 A
 6 mm² : 32 A

Le tableau électrique 230 volts est simple. Il est le point d'entrée du secteur en provenance du quai.

- Le disjoncteur différentiel d'entrée protège les équipiers de tout risque d'électrocution par suite d'une mise à la masse accidentelle d'un appareil. La limitation en courant de 20 ampères (4,4 kW) est suffisante pour assurer l'essentiel du fonctionnement à quai.
- Les trois fusibles de 10 ampères protègent le chauffe-eau (1 kW), le chargeur des batteries (450 watts), les prises de courant redistribuées pour le micro-ondes, l'appareil de chauffage d'appoint (500 W à 1,5 kW) et autres petits appareils fonctionnant sous 230 volts. Tous les appareils fonctionnant sous 230 volts sont reliés à la terre du secteur.
- Le fil de terre du secteur n'est pas relié à la masse du bateau.

Schéma du circuit basse tension 12 volts

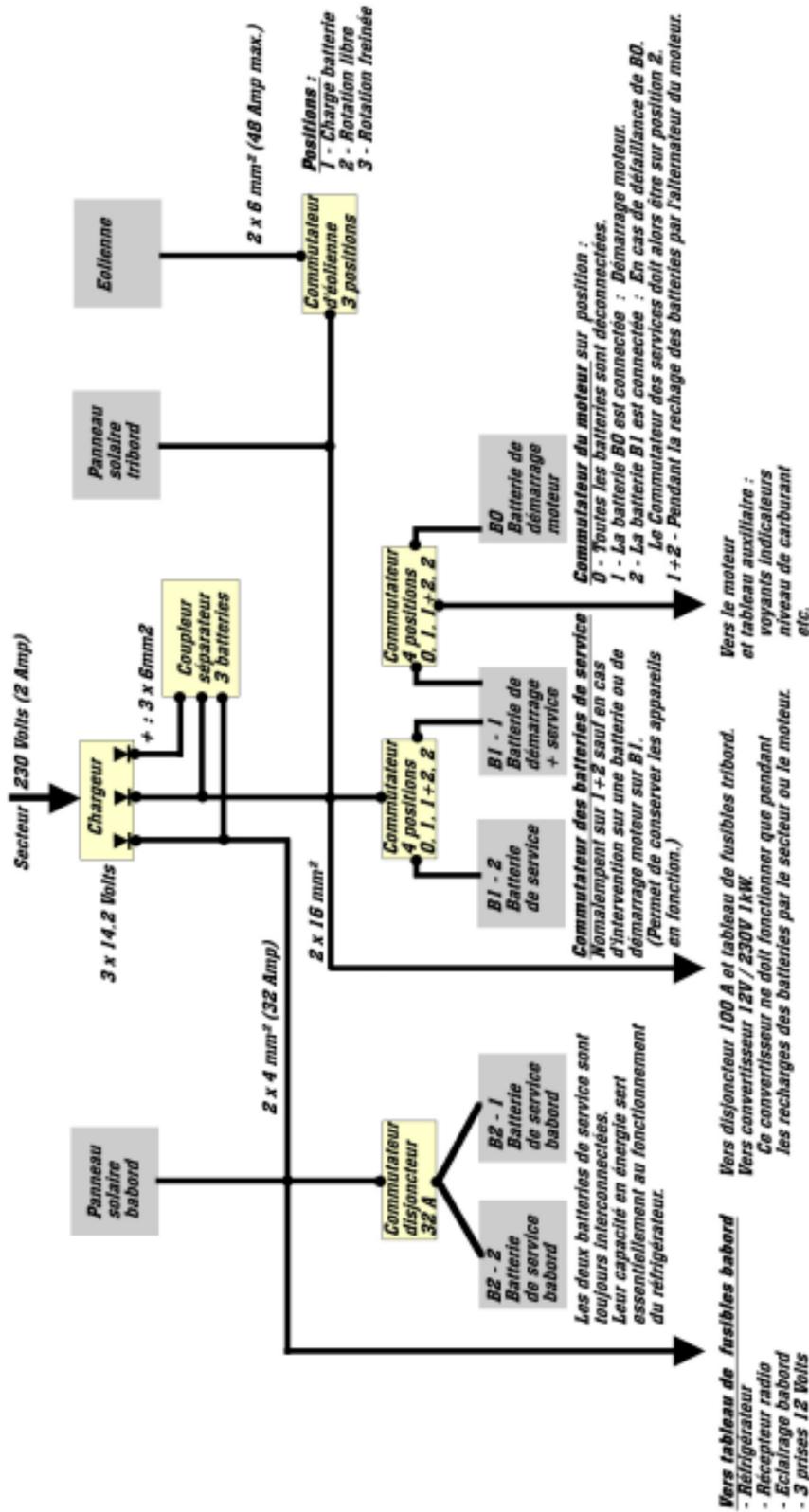
Le schéma de 2011 ci-contre, permet de visualiser les interconnexions entre les batteries de service, de démarrage et de secours au démarrage moteur.

Les sections des fils sont données à titre indicatif et sont susceptibles de modifications.

Goélette Cardabela

Circuits basse tension

Descriptif des interconnexions entre batteries



Caractéristiques des batteries:

- B0 Démarrage 12V 74 Ah
- B1-1 Démarrage 12V 74 Ah
- B1-2 Démarrage ou service 12V
- B2-1 Service 12V (70 Ah ?)
- B2-2 Identique à B2-1

En plus de ces batteries :

- Guindeau : 12V 105 Ah
- Propulseur d'étrave 24V : 2 x 12 V en série

Se référer aux schémas appropriés

Secteur des conducteurs :

- Liaisons moteur, batteries de démarrage : 50 mm²
- Liaisons chargeur-coupleur : 4x6mm²

Se référer aux abaques de section des câbles basse tension.

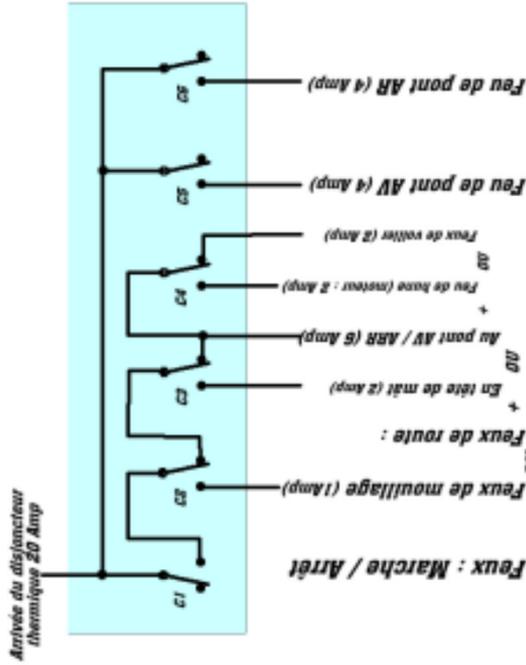
avec pour limite 8 Amperes max. par mm²
Pour les longs câbles secteur on se limite à 6 Amp max. / mm²

Notes :

Toutes les masses sont reliées à un même point : Masse générale à la borne - (pôle négatif des batteries), à la barette commune pour les tableaux électriques.

Tableau des feux de navigation

Goélette Cardabela Commutateurs des feux de navigation Principe de fonctionnement



Principe suivant le schéma ci-dessus :

Commutateur C1 : Marche / Arrêt des feux de navigation

Feux de navigation : Commutateurs 2 à 4

Commutateur C2 : 1-Mouillage / 2-Marche

C2-1-Feux de mouillage : Les feux Blanc en tête de mât et Rouge. Pour les feux de navigation sans ancre.

C2-2-Feux de mât : Feux de navigation

Commutateur C3 : 1-Marche / 2-Côte

C3-1-Feux en tête de mât : Feu tricolore de route en haute mer. Il est placé au haut de mât d'astribord.

C3-2-Feux au pont : 3 feux puissance : Avant, tribord, et pouce.

Commutateur C4 : 1-Marche / 2-Ville

C4-1-Feux de hune : Feu blanc de route au moteur sur le mât d'astribord.

C4-2-Feux de voilier : Feu vert et rouge de marche à la voile sur le mât d'astribord.

Feux de pont : Commutateurs C5 et C6

Ces projecteurs puissants sont disposés sur les rails avant et arrière pour effectuer les manœuvres de pont.



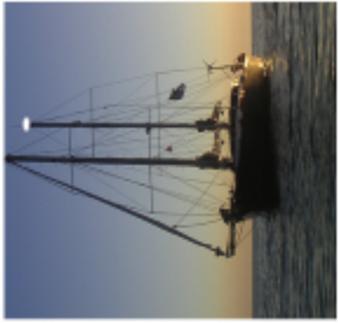
Navigation tête de mât



Feux de pont AV



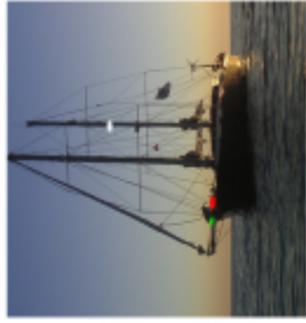
Feux de pont AV et ARR



Mouillage



Feux de voilier tribord



Feux de navigation et de hune (moteur)

Le premier commutateur met en marche ou arrête l'ensemble des Feux de navigation.44

Commutateur 1 en position de marche :

1. *Action du commutateur 2* avec commutateur 1 en marche
 - **Feu de mouillage** : aucun autre feu de route ne peut être en fonctionnement, seul le feu blanc et tête de mât est allumé.
 - **Feux de route** avec un choix sur le commutateur 3
2. *Action du commutateur 3* avec commutateur 2 sur **Feux de route**
 - **Tête de mât** : Les feux au niveau du pont et le feu de hune ne peuvent pas fonctionner.
 - **Feux de pont** : Cette position permet de commuter les feux de route au pont avec un choix au Commutateur 4

3. Action du commutateur 4 avec commutateur 4 sur **Feux de pont**

- **Feu de hune et feux de pont.** Les feux de voilier ne peuvent pas s'allumer. Ce feu de hune témoin de marche au moteur ne peut fonctionner qu'avec les feux de route du pont.
- **Feux de voilier.** Les feux de hune ne peut pas s'éclairer. Seuls les feux de voilier et les feux de route au niveau du pont sont allumés.

Les Commutateurs 5 et 6 sont indépendants du commutateur des feux de navigation. Ces commutateurs commandent l'éclairage du pont avant ou/et arrière pendant les manœuvres.

Images annexées ou « à annexer »

https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Annexes/Installation_électrique_impressions_paysage.

- 1 Équipement
 - 1.1 Installation électrique
 - 1.1.1 Circuits basse tension (Paysage A4, papier normal, mode avancé/Dither)
 - 1.1.2 Commutateur des feux de navigation (Paysage A4, papier normal, mode avancé/Dither)
 - 1.1.3 Section des câbles basse tension 12 Volts (Paysage A4, papier normal, mode avancé/Dither)
 - 1.1.4 Abaques If(r,l) et Sf(r,l) (Paysage A4, papier normal, mode avancé/Dither)

Équipements – Installation électrique

Dans cet article la description de l'installation électrique n'est pas complète. L'installation électrique évolue : l'installation d'un propulseur d'étrave avec un groupe de batteries de 24 V, installation d'appareillages électroniques nécessitant un routeur internet, etc.

On trouvera la description de ces installations dans d'autres articles de *La Goélette Cardabela*.

Image de couverture : https://fr.wikibooks.org/wiki/Cardabela_tableau_%C3%A9lectrique_230_V.svg

Attribution : Goelette Cardabela

Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Équipements/Installation_électrique/Version_collection&oldid=607847 »

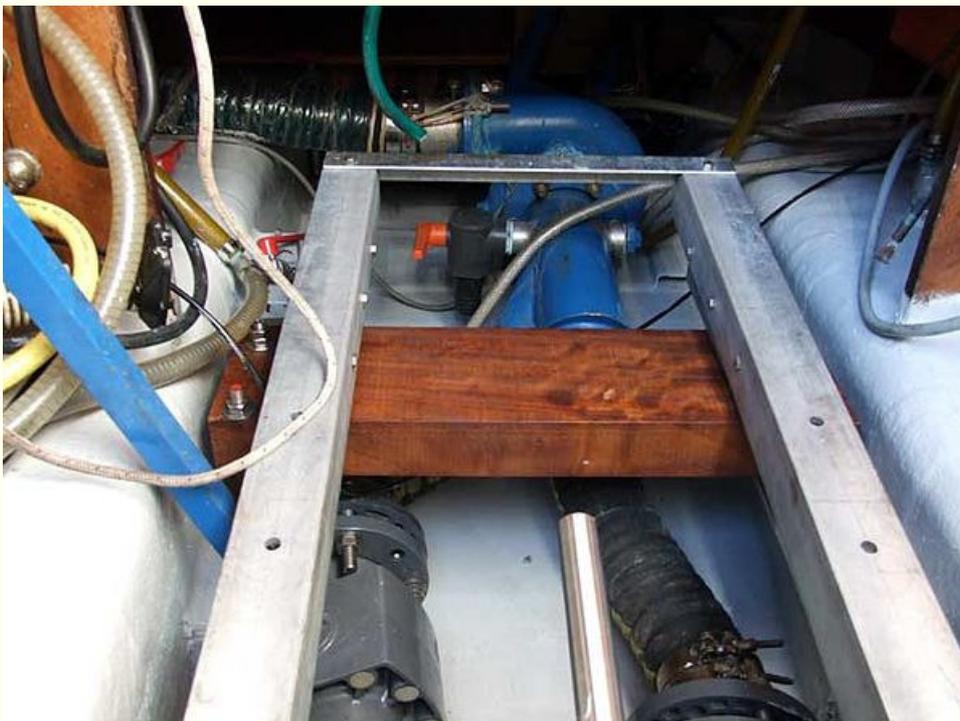
La dernière modification de cette page a été faite le 15 novembre 2018 à 15:20.

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.

Équipements

Autres équipements, ... à bâtons rompus



Goélette Cardabela/Équipements

Autres équipements

Éditeur : Goelette Cardabela



Sommaire

Chapitre, titre de chapitre.

1 Mouillages

2 Anti-roulis, chaînes et cordages, ancres

3 Voilerie

4 Équipement des mâts

4.1 Antennes de communication (émission-réception)

4.2 Antennes de réception

5 Électronique

6 Sécurité

7 Cuisine

Cette page est destinée à une lecture rapide. Le gros équipement de *La goélette Cardabela* est déjà bien commenté dans les autres articles.

Le contenu des sections de cet article sont des commentaires sur les équipements, plus ou moins importants, que l'on trouve sur la plupart des bateaux de plaisance.

De nombreux sujets pourraient être ajoutés, la question est : « Ont-ils de l'intérêt à être commentés ? »

Mouillages

- **Guindeau, chaîne :**

Le guindeau doit être capable de remonter le poids total de la chaîne et de l'ancre la plus lourde du bord (40 kg) + 55 mètres de chaîne de 12 mm à 3,24 kg/m, soit au total : 218 kg. On peut parfois aider le guindeau avec le manche de remontée manuelle.

La charge de rupture de la chaîne de 12 mm est de 7000 kg. À défaut d'un bon frein sur le guindeau il faut utiliser une *main de fer* pour chaîne de 12 mm.

Les *coups de boutoir* peuvent rompre ou casser le mouillage. Afin d'éviter le pire on peut utiliser des matériaux élastiques, le plus classique est le pneu d'automobile encombrant et pas facile à conserver à bord. On peut aussi alourdir le mouillage avec des gueuses de plomb ou d'autres matériaux lourds.

Anti-roulis, chaînes et cordages, ancres

Lien https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Après/La_navigation#Mouillages

- **Ancre flottante :**

Elle sert surtout à maintenir le bateau face aux *vagues du vent*.

Lorsque l'ancre flottante passe au sommet d'une vague elle perd son efficacité car le sommet de la vague est soufflé par le vent.

Il faut que l'ancre flottante ait suffisamment de surface pour que la force de retenue empêche le bateau de *virer par l'étrave* lorsque le bateau est soumis à de fortes vagues qui le font *culer*.

On peut aussi *frapper le cordage* de l'ancre flottante à l'arrière du bateau. La poupe est moins *soumise* au fardage latéral mais attention aux vagues déferlantes qui remplissent le cockpit d'eau de mer alourdissant ainsi dangereusement l'arrière du bateau. Voir *virer à culer*

Voilerie

- **Enrouleur :**

C'est vraiment *un plus*. Le génois monté sur enrouleur remplace avec succès le foc yankee difficile à affaler sans risque de chute à la mer en bout de beaupré.

L'enroulement du génois fait remonter le point d'écoute et le risque de prendre une vague dans le foc est minimisé. On retrouve là l'avantage du foc Yankee en navigation hauturière.

- **Emmagasineur :**

Il est utile pour installer des voiles légères sur le bout-dehors.

- **Tangons :**

Les tangons sont encombrants. Il est préférable d'installer des tangons rétractables, plus faciles à loger sur le pont.

- **Lazy-jack fixe ou escamotable ? :**

Le lazy-jack fixe est gênant lorsque l'on hisse la voile avec les lattes qui se prennent dedans, d'où l'idée de concevoir un système escamotable. Avec le système escamotable il devient difficile de prendre des ris.

Pourquoi un enrouleur de la grand voile dans le mât ne ferait-il pas l'affaire ?

- **Les voiles :**

Les voiles triangulaires prennent peu le vent en hauteur or c'est à environ dix mètres au dessus du niveau de l'eau que le vent est libéré du frottement avec la terre et la mer (*Voir vent géostrophique*).

Sur la goélette Cardabela on pourrait hisser une grand voile de misaine à livarde où un wishbone remplacerait la livarde. Un coulisseau spécial avait été fabriqué dès réception des mâts en 1979 pour cet usage. Pour éviter le vrillage l'extrémité du wishbone devait être relié à la tête du mât d'artimon.

Équipement des mâts

- **Haubans, galhaubans, étais :**

Les câbles inox doivent être surveillés. On désoxyde avec des acides, on neutralise avec des bases (du savon), et on protège avec du suif.

- **Hale-bas et freins de bôme :**

Frein de bôme ou retenue de bôme ? Le frein de bôme est un inconvénient lors d'un empannage et n'est pas à préconiser en course, en revanche il est bien utile avec un équipage inexpérimenté en croisière. Cela évite les coups de bôme sur la tête ou le corps.

- **Drisses et écoutes :**

Il n'y a rien à dire sinon qu'il faut les vérifier régulièrement. Il n'y a rien de plus terrible qu'une voile qui s'affale toute seule sans pouvoir remplacer sa drisse en mer. Pour ce qui est des écoutes, il n'y a rien de grave on peut facilement les remplacer.

Antennes de communication (émission-réception)

Pour réaliser une installation correcte il faut vérifier que le retour d'onde est faible. On utilise un TOS mètre. (*TOS : Taux d'onde stationnaire*)^[1]

- **Vhf :**

En VHF on peut utiliser une antenne *quart d'onde* verticale avec un plan de réflexion. La surface de la mer peut servir de réflecteur mais si la mer est mauvaise ça ne marche pas, il est préférable d'utiliser une antenne de conception radio-amateur^[2] placée le plus haut possible. À défaut on peut placer une antenne de fabrication commerciale en tête de mât.

- **Antennes HF Radio amateur^[2] :**

Une antenne HF avait été installée sur Cardabela, à une époque où on suivait les bateau sur la bande des 20 mètres, à une fréquence de 14 Mhz. Le marocain et une partie de pataras équipé d'un isolateur servaient d'antenne dipôle. Pour adapter et équilibrer les pôles il avait été nécessaire de créer un transformateur, une boucle de 10 spires en câble coaxial placée en haut du mât d'artimon. Entre l'émetteur et le câble d'antenne qui montait en haut du mât j'avais placé le TOS-mètre et la boîte de couplage de fabrication personnelle avec une self à roulette et des condensateurs variables.

Ce système n'a jamais été entièrement optimisé, il a été abandonné avec l'arrivée de nouvelles technologies de communication dont la téléphonie par satellite.

- **Antennes et capteurs de radars :** (de l'anglais radio detection and ranging)

La terre est ronde et les ondes de fréquence RADAR ne suivent pas la surface de la mer. Pour être efficace l'antenne RADAR doit être placée le plus haut possible

compatible dans notre cas avec la navigation à voile.

Les réflecteurs sont moins lourds et moins encombrants que l'antenne RADAR. On essaie toujours de placer ce réflecteur au voisinage de la tête de mât.

Avec une antenne RADAR fixée à 9 mètres au dessus du niveau de la mer on ne peut guère voir au delà de 12 miles nautiques pour les plus grosses masses comme les cargos. Pour les petits navires dotés de toutes petites antennes, parfois même inclinées, on ne les voit ni de loin car la réflexion est trop faible, ni de près car les ondes passent *par dessus*.

Antennes de réception

■ Antenne de réception météo HF et Antenne de réception des avis urgents aux navigateurs :

La diffusion météo était autrefois largement assurée en clair, par radio télétype et facsimilé.

En 2018 l'émission météo est encore assurée par des stations allemandes^[3]^[4]

Un récepteur HF NASA-MARINE et son antenne sont très utiles au large.

Tableau des émissions internationales en RTTY des stations allemandes

Repère	Indicatif de la station	Pays	Fréquence(KHz)	Shift(Hz)
A	DDK2 (Pinneberg)	Allemagne	4583	425
B	DDH7 (Offenbach)	Allemagne	7647	425
C	DDK9 (Pinneberg)	Allemagne	10100.8	425
D	DDH47 (Offenbach)	Allemagne	147.3	85
E	DDH9 (Offenbach)	Allemagne	11039	425
F	DDH8 (Offenbach)	Allemagne	14467.3	425

■ Bulletin météorologique (prévisions à 2 jours) pour l'Océan Atlantique .

A, B, C : 0930, 2130.
D, E, F : 0700, 1300, 1900.

■ Bulletin météorologique (prévisions à 2 jours) pour les eaux européennes de l'Atlantique.

A, B, C : 0955, 2155.
D, E, F : 0820, 1420, 2020.

3 - Bulletins pour la Mer Méditerranée. En anglais sur A, B, C. En allemand sur D, E, F.

■ Bulletin météorologique (prévisions à 5 jours) pour la Mer Méditerranée.

A, B, C : 0415, 1610.

D, E, F : 0535, 1120, 1735.

- Bulletin météorologique (prévisions à 2 jours) pour la Mer Méditerranée occidentale.

A, B, C : 1015, 2215.

D, E, F : 0840, 1440, 2040.

- Bulletin météorologique (prévisions à 2 jours) pour la Mer Méditerranée orientale.

A, B, C : 1115, 2315.

D, E, F : 0930, 1530, 2130.

- Bulletin météorologique (prévisions 24 h) pour la Mer Méditerranée.

A, B, C : 1550.

D, E, F : 1610.

- Observations de stations météorologiques de la Mer Méditerranée.

D, E, F : 0730, 1030, 1330, 1630, 1930.

Références :

1. <https://www.hisse-et-oh.com/system/assets/000/088/170/original/guide-d-installation-d-une-antenne-vhf-marine.pdf>
2. <http://www.f1hwg.fr/articles.php?lng=fr&pg=17&tconfig=3>
3. [https://radiopedia.nl/wiki/Pinneberg_\(zendlocatie\)](https://radiopedia.nl/wiki/Pinneberg_(zendlocatie))
4. <http://f1agw.free.fr/Synop/Synop.htm>

Électronique

Il n'y a pas grand chose à dire sur ce matériel courant j'ai juste quelques remarques à faire sur certains appareils.

Les appareils traditionnels

- **Pilotes automatiques, Compas électronique, Girouette-anémomètre, Loch-speed-mètre :**

C'est **tout en un**, ils communiquent entre-eux grâce à un réseau NMEA interne. Ils peuvent se connecter à un GPS et aux écrans externes et des commandes déportées.

Il faut se méfier du pilote automatique. Il est souvent source de problèmes par la perte vigilance. L'homme de quart ne doit à aucun moment quitter son poste

d'observation.

- **Radar :**

Très utile en cas de brume de brouillard et la nuit. Il se trouve que pour économiser l'énergie de la batterie certains navigateurs de l'été évitent d'allumer leurs feux !

- **Sondeur :**

Ces petits sondeurs permettent maintenant, non seulement d'évaluer la profondeur des fonds marins, ils permettent aussi de *voir* sur l'avant avec un angle de l'ordre de 30 degrés. *Il ne faut tout de même pas trop en demander ...*

- **Micro-ordinateur de navigation :**

Ils sont remplacés par une tablette ou un téléphone portable. Lorsqu'il *peuvent* être équipés d'une carte SIM le système GPS est installé dans l'appareil, il peut alors enregistrer la route.

Il faut éviter d'acheter une tablette qui ne peut pas intégrer une carte SIM, mais cela peut changer ...

Les appareils connectés

- **Le téléphone portable :**

Ce merveilleux petit appareil est souvent un concentré de capteurs et peut servir pour partager les communications de quelques appareil fonctionnant sous Wifi ou Bluetooth. Les capteurs sont de qualités suffisantes pour avoir une position GPS, le cap compas, la vitesse de déplacement, le degré de gîte, la pression atmosphérique, les accélérations longitudinales et latérales, etc ...

- **Le Watching Man :**

Il est indépendant du réseau Wifi du bord, il dispose de sa propre carte SIM.

Il est très utile pour un contrôle à distance : Position du bateau, niveau de batterie, température du moteur, eau dans la cale, repère une présence (mouvement), la position de la porte de descente. Certains appareils peuvent être équipés d'autres capteurs. En général ils ne permettent pas de commander une action à distance.

- **Le routeur de connexions 3G, 4G, 5G avec une carte SIM :**

Il est très utile au voisinage des côtes et inutile au large !

À défaut on peut partager la connexion du smartphone !

- **Alerte fumée et monoxyde de carbone :** L'appareil fonctionne avec le Wi-Fi du bord.

Le capteur alerte localement par la voix et à distance sur le smartphone. il peut déclencher une caméra pour comprendre l'origine de l'alerte.

- **Confort à bord :**

Le système fonctionne avec le Wi-Fi du bord.

Certains appareils permettent d'évaluer le degré de confort avec des capteurs de température, humidité, bruit, CO₂. L'application envoie tous les renseignements au smartphone sur demande et donne l'alerte en cas de mauvais résultat en provenance de chaque capteur.

- **Commutateurs et interrupteurs :**

Les systèmes fonctionnent avec le Wi-Fi du bord.

Sur le secteur 230 Volts ils permettent, par exemple, de mettre en marche l'appareil de chauffage. En basse tension (12 / 24 V) il est possible de déclencher une pompe de cale.

Sécurité

- **Feux de navigation :**
Le tableau des feux de navigation est décrit dans les pages de l'installation électrique de la goélette Cardabela.
- **Pompes de cale :**
Le commutateur de niveau peut se bloquer, la pompe peut ne plus fonctionner. Il faut donc vérifier ce fonctionnement très régulièrement.
- **Vhf + gps dédié :**
Le GPS dédié permet de donner l'alerte avec la position exacte du bateau en cas de grave danger mettant la vie de l'équipage en danger.
Si la vie de l'équipage n'est pas en danger, appeler le CROSS.
- **Aération :**
Il est indispensable même en hivernage. Vérifier régulièrement le niveau de CO₂ et le niveau d'humidité.
- **Extincteurs :** Le lobby des fabricants et exploitants des extincteurs veulent nous faire contrôler les extincteurs chaque année, tout comme le lobby des canots de survie il n'y a pas si longtemps. La durée de vie d'un extincteur à poudre est de 20 ans. Pour contrôler soi-même un extincteur à poudre ABC il faut contrôler le niveau de pression affiché au manomètre, il doit être sur le vert. Renverser (retourner) l'extincteur et écouter la poudre circuler à l'intérieur, si on n'entend rien, la poudre peut s'être compactée. Vu le prix peu élevé des extincteurs à poudre neufs il est préférable de le changer.
L'état du bateau après avoir utilisé un extincteur à poudre peut devenir un problème pour le nettoyage. Un extincteur à mousse (Eau et additif) pour les *petits feux*, c'est plus facile à nettoyer mais ils sont beaucoup plus chers.

Cuisine

- **Gaz butane :**
On peut utiliser le gaz butane avec des températures légèrement positives, il se gazéifie à 2 degrés centigrades. Le gaz propane est interdit sur les bateaux de plaisance.
Il ne faut pas oublier de changer le tuyau d'alimentation souple. La date de péremption est obligatoirement indiquée sur le tuyau. On le change entre 5 et 10 ans, 8 ans en moyenne.
- **Brûleurs :**
Ils doivent être munis de thermocouples qui coupent l'arrivée du gaz en cas d'extinction de la flamme.
 - **Détecteurs de gaz butane dans les fonds :**
Il faut déjà en trouver. Au radio club des constructeurs amateurs de bateaux on avait conçu un détecteur de gaz butane très efficace avec les *allume-gaz* d'autrefois en fil de platine. En présence de gaz butane le fil chauffe au rouge et sa résistance change. Ce phénomène est mis à profit pour déclencher un alarme. Il faut bien entourer la cellule de détection avec un grillage très fin, faute de quoi le détecteur se transforme en ... allume-gaz !
- **Four :**
Le four à gaz est déconseillé sur un petit bateau !
- **Microndes+grill et chaleur tournante pour les escales :**

C'est mieux que le four à gaz. En navigation on utilise peu les fours ...

■ **Réfrigérateur et congélateur :**

Ce sont de gros consommateurs d'énergie, il faut compenser cette dépense d'énergie avec des panneaux solaires + éolienne et il sera encore certainement utile de mettre le moteur en marche de temps en temps pour *regonfler* (Rechager) les batteries.

■ **Désalinisateur d'eau de mer :**

Cela peut être utile pour les grandes croisières ou pour les longs séjours dans les mouillages isolés.

Équipements – Autres équipements, ... à bâtons rompus

La goélette Cardabela a subi de très nombreuses transformations depuis sa mise à l'eau. L'équipement s'est amélioré d'abord avec le matériel électronique de navigation, puis il a été nécessaire de changer le moteur et le propulseur d'étrave. De très nombreux petits équipements sont venus améliorer le confort à bord et en navigation.

Il est impossible de décrire tous ces petits équipements. C'est donc sans souci d'être exhaustif et très simplement que je donne mon avis et mes impressions dans cet article. *JPL*

Image de couverture : <https://fr.wikibooks.org/wiki/D2-75-1554.jpg>

Attribution : Goelette Cardabela

Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Équipements/Autres_équipements/Version_collection&oldid=607827 »

La dernière modification de cette page a été faite le 15 novembre 2018 à 10:28.

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.

Goélette Cardabela
Lecture et impression des livres de Wikilivres



Lecture et impression des livres de Wikilivres

Lecture, impression, reliure

Éditeur : Goélette Cardabela



Sommaire

- 1 Généralités sur la lecture et l'impression des livres de Wikilivres
 - 1.1 Classement officiel des Wiki-livres
- 2 Créer un livre au format PDF
 - 2.1 Créer une Compilation depuis le menu Imprimer / exporter
 - 2.1.1 Créer compilation
 - 2.1.1.1 Créer un fichier PDF à partir d'une compilation existante
 - 2.1.1.2 Télécharger la compilation au format PDF
 - 2.1.2 Télécharger la compilation au format PDF
 - 2.2 Version Imprimable
 - 2.3 Créer un fichier PDF avec le fichier Version imprimable
 - 2.3.1 créer un PDF pour l'imprimante
 - 2.3.2 créer un PDF pour la lecture à l'écran avec les liens internet
- 3 Imprimer et relier un Wiki-livre
 - 3.1 L'impression
 - 3.2 La reliure
 - 3.2.1 Distinguer un livre relié d'un livre le broché
 - 3.2.2 Quelques images d'une reliure
 - 3.2.3 Quelques images du collage d'une couverture d'un livre relié
 - 3.3 Cas particuliers pour la goélette Cardabela
 - 3.3.1 Impression des livres et livrets de la goélette Cardabela
 - 3.3.2 La couverture A4 des livres et livrets
 - 3.3.2.1 Conseil pour une meilleure tenue du livre
 - 3.3.2.2 Astuce pour imprimer au format livre de poche
 - 3.3.3 Couvrir des livres avec du papier A4 ou créer une jaquette avec du papier A3
 - 3.4 Voir aussi
 - 3.5 Références
- 4 Imprimer la couverture personnalisée d'un wikilivre
 - 4.1 Couverture Personnalisée pour les livrets techniques de la goélette Cardabela
 - 4.2 Première de couverture personnalisée d'un wikilivre
 - 4.3 Vignette de couverture
- 5 Codes Quick Response (QR)

Généralités sur la lecture et l'impression des livres de Wikilivres

Les livres de Wikilivres sont composés de *Pages*.

Ces **Pages** sont aussi appelées **Articles**.

Les **livrets** sont le plus souvent constitués d'un seul **article** de moins de 60 pages. Ils peuvent être imprimés en *Version imprimable* simplement agrafés.

Les **livres**, plus volumineux, sont composés de plusieurs **articles**. Lorsque l'on veut les imprimer on assemble les pages en **cahiers** de 4 à 15 **feuilles** (de 16 à 60 pages). Ces cahiers seront agrafés, ou brochés, ou reliés, et formeront le **corps** du livre. Il suffira ensuite de couvrir le corps avec une couverture souple ou rigide.

La meilleure façon de lire un Wiki-livre est sans doute la lecture des *Pages* à l'écran ou de lire la *Version imprimable*.

En *Version imprimable*, les *Pages* se succèdent de façon imposée. Le livre est directement imprimable depuis le menu *Imprimer* du navigateur Internet (Mozilla-Firefox, Opera, Internet-explorer, etc.)

À défaut d'un bon réseau *Internet*, ou pour une lecture différée, voire pour imprimer, il est parfois possible de télécharger une ***Version PDF*** du livre. Cette version PDF peut être issue d'une *Version compilée* ou d'une *Version Imprimable*.

Les fichiers PDF issus de *Versions compilées* ont l'inconvénient d'avoir un rendu qui *trahit* les directives de l'auteur. Les images ne sont pas toujours à leur place et la présentation n'est pas conforme à la pagination désirée.

Les fichiers PDF issus de *Versions imprimables* tiennent compte des directives imposées par les auteurs.

Dans tous les cas les fichiers PDF proposés au téléchargement sont repris par des *wikipédiens* pour être imprimés correctement. Malheureusement, les fichiers PDF ne sont pas toujours mis à jour après révision des *Pages*. Il peut être nécessaire de créer un fichier PDF à jour avec le *Compilateur de livres*, ou avec la *Version imprimable* comme ci-après au chapitre *Créer un fichier PDF avec la Version imprimable*.

Créer un livre au format PDF

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

Pour créer un livre il faut assembler des *Pages* :

On dispose pour cela de trois moyens à portée de souris^(informatique) dans le menu de gauche sous le titre **Imprimer / Exporter** :

Imprimer / Exporter
Créer une compilation
Télécharger la compilation au format PDF
Version imprimable

Créer une Compilation depuis le menu Imprimer / exporter

Créer une compilation

Remarque : En 2018, le compilateur est en reconstruction et cette fonction n'a d'intérêt que pour éditer le livre via PediaPress.

L'affichage à l'écran propose de démarrer le créateur de compilation et on suit les directives.

1. Ouvrir des *pages* que l'on veut *ajouter* à la compilation et que l'on pourra ensuite déplacer ou supprimer.
2. Insérer les titres ou têtes de chapitres qui doivent être suivis d'une ou plusieurs pages.
3. Choisir le titre du livre, le nombre de colonnes et le format (A4 ou letter)
4. La Compilation va permettre de créer des fichiers PDF téléchargeables et imprimables, avec un sommaire, un index et les droits d'auteurs.
5. En cas de satisfaction, il est possible d'enregistrer la compilation dans la page *Compilations* de wiki-livres ou dans la page de l'utilisateur.

Créer un fichier PDF à partir d'une compilation existante

Même remarque. C'est la suite naturelle de la *compilation* précédente.

1. Charger une compilation existante
2. Compiler
3. Voir et, le cas échéant, télécharger le fichier PDF.
4. Exemples de fichiers destinés à la compilation :
 1. Versions compilées wiki-livres (<https://fr.wikibooks.org/wiki/Cat%C3%A9gorie:Compilations>)
 2. Exemple de fichiers de compilations personnalisés de l'utilisateur. (https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette_Cardabela/Compilations)

Télécharger la compilation au format PDF

L'action ouvre le compilateur et propose de transformer la page courante en fichier PDF à télécharger.

Remarque : *Ça fonctionne* mais en 2018 le compilateur étant en reconstruction le fichier PDF obtenu est incomplet.

On obtient ainsi un *article* ou un *livret* au format PDF avec les liens internet.

Pour composer un livre on peut assembler les fichiers PDF avec un logiciel tel que PDF24 ou, imprimer les articles séparément et les assembler pour les relier.

Version Imprimable

L'action sur le menu **Version Imprimable** fait appel à votre imprimante et imprime la *Page courante* : touches   

L'imprimante peut être matérielle cependant, dans ce chapitre il est question de fichiers PDF. On pourra donc choisir un imprimante PDF, mais comme il s'agit d'une imprimante il n'y aura, *en principe*, pas de lien internet.

Comme précédemment, on peut assembler ces pages pour composer un livre ou un livret.

Créer un fichier PDF avec le fichier *Version imprimable*

Il s'agit là du **fichier** *Version imprimable* indépendant de la [Version imprimable](#) du menu à gauche de l'écran d'ordinateur.

Si vous avez un tel fichier il devrait s'afficher en haut, sur l'écran, à droite de la page.



Icône de
Version imprimable

créer un PDF pour l'imprimante

1. **Vérifiez que vous disposez d'une imprimante PDF** (Microsoft Print to PDF, PDF24, PDFCreator, PDFArchitect, etc ...)
2. Éditez la *Version imprimable* dans le navigateur.
3. Dans le menu du navigateur, démarrer l'impression: « *Imprimer* » ou tapez  
4. Réglez les options de mise en page. Marges 12,7 mm ou 1/2 pouce pour le papier « format letter », marges de 15 mm pour le « format A4 », et l'échelle d'impression à 120% en prévision des impressions aux formats « livret ».
5. Choisissez votre imprimante et vérifiez que les pages sont affichées dans l'ordre, avec le nombre de pages correct si le nombre de pages est précisé. Sinon revenir sur l'échelle et sur la taille des bordures. Notez que ces inconvénients n'existent pas dans les versions PDF proposées.
6. Imprimez et sauvegardez les PDF au format Letter ou A4. Ils seront imprimables en livret avec du papier « letter » ou « A4 ».
7. Exemples de livres en *Version imprimable*:
 1. Versions imprimables wiki-livres (https://fr.wikibooks.org/wiki/Cat%C3%A9gorie:Livres_avec_version_imprimable)
 2. Exemple de wiki-livres en version imprimable personnalisés pour l'imprimeur. (https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette_Cardabela/Livres_en_versions_imprimables)

créer un PDF pour la lecture à l'écran avec les liens internet

Les **imprimantes PDF** sont faites pour imprimer sur papier, pas sur écran. Elles n'incluent donc pas les liens internet dans les PDF.

Les **fichiers PDF avec des liens internet** permettent de créer des versions pour liseuses avec des convertisseurs tels que calibre ou via des sites internet spécialisés. Pour plus de renseignements consulter wikipedia, en particulier le format standardisé EPUB.

Solution 1 : Créer le PDF d'une page, ou d'une suite de pages à assembler avec un logiciel d'assemblage comme PDF24-creator)

Dans le cadre gauche de votre édition wikibooks, dans le menu [Imprimer/exporter](#), la ligne [Télécharger la compilation au format PDF](#) vous permet de créer un fichier PDF avec les liens internet. Ce PDF n'est pas toujours conforme à la présentation voulue par l'auteur, mais les

liens sont très complets, avec les *droits de copie* (En cours de restructuration).

Solution 2 : Vous désirez créer votre propre PDF avec les liens internet

1. Vous devez disposer d'un éditeur qui exporte le texte et les images aux formats PDF (Open Office par exemple (OO))
2. Surlignez et copiez en mémoire toute, ou une partie, d'une page wiki. (Touches **CTRL** et **C**)
3. Copiez le contenu de la mémoire dans l'éditeur (Par exemple dans OO Text Document) **CTRL** et **V**
4. Dans le menu *Fichier*: Exporter au format PDF
Dans l'option *Liens* (Link): cochez l'export des liens (*Export bookmark as named destination*)
5. Exportez, enregistrez, puis éditez le fichier PDF.
6. Vérifiez que les liens sont valides et que les images sont présentes dans le fichier PDF créé.

Imprimer et relier un Wiki-livre

Il s'agit, bien entendu d'imprimer et de relier avec les moyens personnels.

Il n'est pas nécessaire de disposer de moyens onéreux.

1. **Une imprimante** pour imprimer. Du papier A4, 80 grammes, pour imprimantes. Du papier plus épais pour la couverture.
2. **Pour brocher** : il existe des *Fellowes Couvertures A4* avec dos thermocollants.
3. **Pour relier** : Un poinçon, une aiguille, de la colle blanche ou vinylique, un cutter et/ou une paire de ciseaux, des pinces à linge ou pinces à ressorts de bricolage.

Si on veut faire une petite série de livres on peut bricoler une table à relier comme sur les images qui suivent.

L'impression

Les fichiers proposés pour l'impression peuvent être imprimés aux formats A4, letter, ou livrets (1/2 A4 ou 1/2 letter).

- Les feuilles aux formats A4 ou letter peuvent être assemblées par de nombreuses méthodes courantes, elles sont trop nombreuses pour être décrites dans ce chapitre.
- Les livrets peuvent être imprimés en cahiers de 15 feuilles au maximum représentant 60 pages. Lorsque le nombre de pages est trop important il faut imprimer plusieurs cahiers et relier ces cahiers suivant les [règles de l'Art](#).

Note : *PediaPress* qui accompagne le menu *[Créer une compilation](#)* est à disposition pour imprimer les livres.

PediaPress propose l'impression des livres au format poche (1/2 letter) avec une couverture souple, les livres peuvent aussi être brochés. Les *Livres brochés* reçus de *PediaPress* ont un corps *dos carré-collé à chaud*, le texte et les images sont imprimés sur papier couché, avec une couverture vinyle, cartonnée, emboîtée à l'anglaise. L'ensemble est de belle présentation.

La reliure

Distinguer un livre relié d'un livre le broché

- Le livre broché : **Le corps est constitué de feuilles ou de cahiers massicotés.** Le corps a un dos collé. La couverture est souple, simple, souvent brillante, elle est collée au dos du corps et aux gardes. Si le collage n'est pas correct les feuilles se détachent. Les livres brochés peuvent aussi avoir une couverture rigide cartonnée.
- Le livre relié : **Le corps est constitué de cahiers assemblés et cousus.** La couverture est souvent rigide, cartonnée, façonnée. On peut ajouter une jaquette. La couture est visible et le livre s'ouvre aisément.

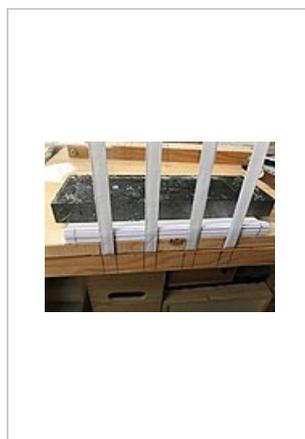
Quelques images d'une reliure



Les cahiers



Le banc



Le traçage



Le poinçonnage



La couture



L'assemblage



L'encollage du dos

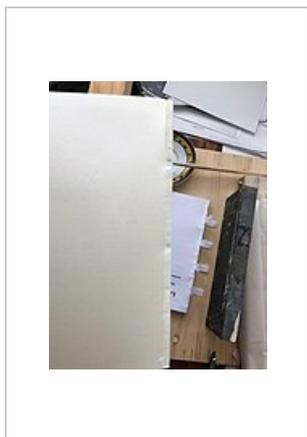


Le renfort du dos.
(Mousseline de relieur)

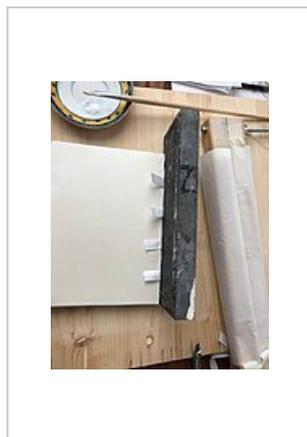
Collage d'une couverture d'un livre relié



Mise en place du collage des gardes d'un livre



Encollage sur 6mm de la première garde avec la première page du livre



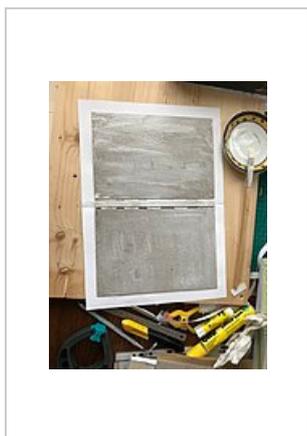
Les gardes doivent être encollées sur 6 mm jusqu'au dos du corps



Découpe du carton de couverture 215 x 142 mm et traçage du bord des cahiers massicotés



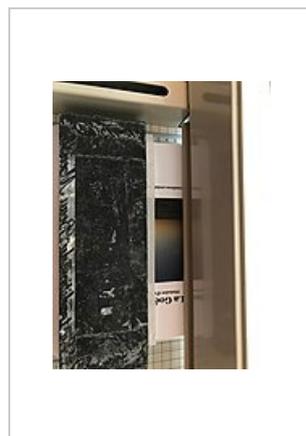
Préparation de la position des cartons et traçage des découpes de la couverture



Encollage des cartons puis collage de la couverture



Encollage des gardes à toucher le carton de la couverture



Mise sous presse après débullage et lissage des gardes

Remarques

Pour une **reliure**, avec ce mode de couverture par emboîtement à l'anglaise, la couverture du livre est reliée au corps du livre par les bandes de tissus de la reliure et par le collage des feuilles de garde sur la couverture en préservant au moins 10 mm sans collage sur la couverture. Pour être sûr d'éviter un collage par débordement de colle on peut utiliser du papier cuisson qui ne se colle pas.

Pour un **brochage avec couverture rigide**, les bandes de tissus sont remplacées par une toile ou un papier solide^[1] collé sur le dos du corps avec de la colle forte. PediaPress semble avoir adopté le brochage **PUR**^[2], cela confère une rigidité à l'ouverture du livre; ce ne serait pas le cas avec une reliure cousue.

Il est aussi possible, pour simplifier l'assemblage, de procéder à l'agrafage des cahiers. Cette méthode est connue sous le nom de « *piqûre en métal* »



Pour un **livre relié de 120 pages A4 en 80**

gr/m², avec un dos de 9 mm en carton de 1 mm d'épaisseur (7 mm de corps + 2 mm de carton): le carton central fait 215 x 10 mm et les cartons de couverture font 215 x 142 mm. Les espaces entre les cartons de couverture et le carton de dos sont de 7 à 8 mm. La couverture doit dépasser de 2 à 3 mm du corps. Le corps fait environ 208 x 145 mm après massicotage.

Le collage des bandes de tissus et des gardes doit être réalisé en préservant au moins 10 mm sans collage sur la couverture. Le dos du corps n'est pas collé au dos de la couverture rigide. Ceci donne de la souplesse à l'ouverture du livre. Pour éviter le soulèvement du corps on préfère diminuer la largeur du carton de dos.

Cas particuliers pour la goélette Cardabela

Impression des livres et livrets de la goélette Cardabela

Les pages sont prévues pour être imprimées par PediaPress ou par un imprimeur local.

- Il est possible d'imprimer les livres et livrets avec l'imprimante à jet d'encre du domicile avec un rendu un peu plus terne pour les images. On peut améliorer le rendu avec du papier photo ou du papier couché.
- Les versions imprimables A4 à la française (*portrait*) doivent être imprimées à l'échelle 120% environ et 15 mm de bordure, par référence au nombre de pages annoncées.

La couverture A4 des livres et livrets

Lorsque le livret fait moins de 60 pages il est possible de faire un seul cahier et les pages seront simplement agrafées avec la couverture.

Pour les livres de plus de 60 pages il faut diviser le livre en cahiers de quatre ou cinq feuilles (16 ou 20 pages). Les cahiers peuvent être assemblés selon les règles de l'Art ou simplement agrafés par dessus une bande de tissus. Les cahiers sont assemblés, serrés sous presse, puis collés à la colle vinylique.

La *première de couverture* peut être une feuille en papier couché pliée à la moitié de sa longueur puis repliée et coupée sur l'autre côté du corps en laissant une marge de 1 centimètre environ pour le collage final sur la *quatrième de couverture*. La quatrième de couverture est simplement une demi feuille imprimée ou non. Cet ensemble de deux feuilles constitue le dos du livre. Les feuilles sont collées avec de la colle vinylique. **Attention : La première de couverture est repliée sur la quatrième de couverture au collage !!!**

Conseil pour une meilleure tenue du livre

On place une garde blanche au début du livre et une garde blanche à la fin selon le même procédé de pliage-collage que précédemment. On colle ces gardes à ras du dos du corps, sur environ 6 mm. *Ce collage se fait bien évidemment avant le collage de la couverture.*

Astuce pour imprimer au format livre de poche

Les feuilles au format *letter* sont plus courtes, 27,94 cm contre 29,70 cm pour le format A4. À défaut de papier au format *letter*, massicoter les feuille A4 à 27,94 cm et imprimer au format *letter*. Le corps du livre est ainsi moins large et permet de couvrir le livre avec du papier A4 vinylique, transparent, autocollant ou non. Cette astuce vaut pour un assemblage

maximal de 125 feuilles (250 pages compte tenu du massicotage du corps, de l'épaisseur du dos cartonné et de l'épaisseur de la couverture. 120 pages recto-verso en 80 g/m² ont une épaisseur de 1/4 de pouce ou 6,35 mm).

Note pour Imprimer au format livre de poche un PDF importé au format A4 avec Mozilla Firefox : Le Menu Imprimer de Firefox permet d'agir sur la taille d'impression afin d'imprimer l'ensemble du texte et des images sur du papier 21 x 27,94. La taille d'impression pour le format de poche peut être fixé à 90% ou un peu plus. Il faut faire des essais.

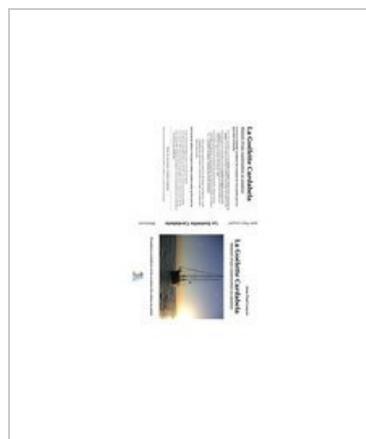


Couverture 21x28
version livre de
poche

Couvrir des livres avec du papier A4 ou créer une jaquette avec du papier A3

Exemples de couvertures avec du papier A4 et A3, du livre "La Goélette Cardabela - Histoire d'une construction amateur", version brochée, imprimée au format livret avec la "Version imprimable"

Remarque : La première de couverture avec dos en A4 peut être utilisée *telle quelle* sur un livre imprimé en livret format 1/2 letter.



Exemple simplifié d'une première de couverture avec du papier A4, avec dos

[Télécharger la couverture A3 \(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Couverture_A3_pour_LGC-HiCoAm-VerImp.pdf\)](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Couverture_A3_pour_LGC-HiCoAm-VerImp.pdf)

Voir aussi

- Présentation claire du Montage Bradel avec des photos
(<http://courgettolivre.cowblog.fr/etapes-d-un-livre-neuf-montage-bradel-3070695.html>)
- Manuel Roret du relieur (Wikisource)
- Outils et matériaux pour la reliure (Wikipedia)

Références

1. Papier Kraft armé ou non de fibre de verre.
2. PUR : Collage durable de plusieurs cahiers par de la colle à chaud dans une couverture rigide ou non.

Imprimer la couverture personnalisée d'un wikilivre

Ce chapitre fait appel aux modèles de Wikimedia^[1].

Couverture Personnalisée pour les livrets techniques de la goélette Cardabela

Cette couverture est très complète pour imprimer la **Collection des livrets**. Elle comprend les quatre pages de couverture et les gardes blanches. La couverture doit être imprimée sur du papier Pollen de Clairefontaine, A4, 120 gr, couleur ivoire irisé REF 24303. Les gardes blanches sur papier Pollen, A4 120 gr, blanc, REF 4239C.

Elle est configurée pour être imprimée à l'échelle 100%, marges de 15 mmm. L'option d'impression du fond et des images de fond est à valider sur votre imprimante.

Les livrets font moins de 60 pages. La couverture peut être agrafée directement au livret. Les pages du livret peuvent être numérotées, les pages de couverture ne doivent pas être numérotées.

La couleur de couverture est celle du papier de couverture, il faut en tenir compte pour la couleur de l'image. Il faut faire des essais.

Syntaxe du modèle

```
{{Couverture complète d'un livret de la goélette Cardabela
|éditeur=
|titre=
|sous-titre=
|image de couverture=
|texte de la quatrième=
}}
```

Modèle:Couverture complète d'un livret de la goélette Cardabela^[2]

Première de couverture personnalisée d'un wikilivre

Cette première de couverture est configurée pour être imprimée à l'échelle 120%, marges de 15 mm. L'option d'impression du fond et des images de fond est à valider sur votre imprimante.

Syntaxe du modèle

```
{{Couverture d'un wikilivre
|éditeur=
|titre=
|sous-titre=
|image de couverture=
|couleur de couverture=
|couleur du texte=
}}
```

Modèle:Couverture d'un wikilivre^[3]

Vignette de couverture

L'image ci-dessous est une simulation de la présentation de couverture *PediaPress*. La Couverture exacte de PediaPress se voit **dans** l'image.

Syntaxe du modèle

```
{{Vignette d'une couverture d'un wikilivre
|éditeur=Jean Paul Louyot
|titre=L'hélice marine
|sous-titre=et la thermodynamique
|image de couverture=Livres concernant l'hélice marine.jpg
|couleur de couverture=#AA7
|couleur du texte=#FFF
}}
```

Modèle:Vignette d'une couverture d'un wikilivre^[4]



Références

1. <https://www.mediawiki.org/wiki/Help:Templates/fr>
2. https://fr.wikibooks.org/wiki/Modèle:Couverture_complète_d'un_livret_de_la_goélette_Cardabela
3. https://fr.wikibooks.org/wiki/Modèle:Couverture_d'un_wikilivre
4. https://fr.wikibooks.org/wiki/Modèle:Vignette_d'une_couverture_d'un_wikilivre

Codes Quick Response (QR)

Liste des codes QR de la goélette Cardabela :

(https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Codes_QR_des_téléchargements)

Les **codes QR** (*Quick Response*) imprimés sur papier permettent aux lecteurs de se connecter à Internet à l'aide d'un smartphone et d'une application spécialisée pour:

- Télécharger un fichier
- Consulter une page web
- Obtenir un lien en rapport avec le sujet : texte, image, son (mp3), vidéo, etc.

Goélette Cardabela – Lecture et impression des livres de Wikilivres

Ce livret permet aux lecteurs de mieux saisir le fonctionnement de Wikilivres, ce que l'on peut en attendre à la lecture, à l'impression, et à l'édition, pour les livres déjà mis en page.

Pour écrire un wikilivre à la fois lisible à l'écran et imprimable, il faut que la présentation des images, la taille des caractères soient adaptées dans toutes les versions : pour écran, imprimable, PDF, compilée. Il faut jongler avec des dispositifs de compensation notamment pour les livres imprimés par en version compilée pour PediaPress^[1].

L'écriture d'un wikilivre n'est pas présenté dans ce document. Il est recommandé de lire la page [wikilivres](#)^[2]

1. https://fr.wikipedia.org/wiki/Aide:Livres#Livres_imprimés_de_PediaPress
2. <https://fr.wikibooks.org/wiki/Wikilivres>

Remarque

Il peut être difficile de comprendre les chapitres de ce livret si on ne dispose pas d'un microordinateur connecté à Wikilivres.



Image de couverture : https://fr.wikibooks.org/wiki/Couvrir_un_livre_reli_%C3%A9_09.jpg

Attribution : Goelette Cardabela

Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Utilisateur:Goelette_Cardabela/Lecture_et_impression_des_livres_de_Wikilivres/Version_collection&oldid=607772 »

La dernière modification de cette page a été faite le 14 novembre 2018 à 10:34.

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.

Annexe

Références

Sources et contributeurs des articles

Les sources listées pour chaque article fournissent des informations de licence plus détaillées, y compris le statut des droits d'auteur, les détenteurs de ces droits et les conditions de licence.

Source de cette édition :

https://fr.wikibooks.org/wiki/Go%C3%A9lette_Cardabela/Collection_des_livrets_techniques_de_la_goélette_Cardabela/Annexe

Sources des articles :

Maquettes *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Maquettes *Licence* : Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* :

Goelette Cardabela *Page* : 1 de la Version collection

Calcul des espars *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Construction_navale/Calcul_des_espars *Licence* : Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0

Contributeurs : Goelette Cardabela *Page* : 21 de la Version collection

Hélice marine (Théorie physique) *Source* : <https://fr.wikibooks.org/wiki/Hélice> *Licence* : Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* :

Goelette Cardabela *Page* : 41 de la Version collection

Hélices de navires à déplacement *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Hélices_de_navires_à_déplacement *Licence* : Creative Commons Attribution-

Share Alike 3.0 *Contributeurs* : Goelette Cardabela *Page* : 59 de la Version collection

Équipements - Protections de la carène *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Équipements/Protections_de_la_carène *Licence* :

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* : Goelette Cardabela *Page* : 97 de la Version collection

Équipements - Propulsions *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Équipements/Propulsions *Licence* : Creative Commons

Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* : Goelette Cardabela *Page* : 107 de la Version collection

Équipements - Installation électrique *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Équipements/Installation_électrique *Licence* :

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* : Goelette Cardabela *Page* : 123 de la Version collection

Équipements - Autres équipements *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Équipements/Autres_équipements *Licence* : Creative

Commons Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* : Goelette Cardabela *Page* : 143 de la Version collection

Lecture et impression des livres de wikilivres *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Utilisateur:Goelette_Cardabela

/Lecture_et_impression_des_livres_de_Wikilivres *Licence* : Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* : Goelette Cardabela *Page* : 155 de

la Version collection

Annexes *Source* : https://fr.wikibooks.org/wiki/Goélette_Cardabela/Annexes *Licence* : Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 *Contributeurs* :

Goelette Cardabela *Page* : en conteneur.

Source des images, licences et contributeurs

Les sources listées pour chaque image fournissent des informations de licence plus détaillées, y compris le statut des droits d'auteur, les détenteurs de ces droits et les conditions de licence. [Traitement en cours](#)

Licence

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0

[//creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Index

Note : Le numéro des pages est relatif à la Version collection

Maquettes (Page 1)

- 1 Objectifs
- 2 Caractéristiques
- 3 Mise en œuvre
 - 3.1 Photos de la mise en œuvre
 - 3.2 Photos des expositions
- 4 Plans de découpe des maquettes à l'échelle 1/10
 - 4.1 Feuilles de calcul pour le traçage des couples de la maquette Cardabela
- 5 Notes et références

Calcul des espars (Page 21)

- 1 Introduction - Définition de l'« espar »
- 2 Unités de mesure
- 3 Les mâts
 - 3.1 Généralités sur les mâts
 - 3.2 Calcul de résistance des mâts à la compression
 - 3.2.1 Exemple de calcul pour des mâts ronds pleins en mélèze
 - 3.2.1.1 Calcul pour un mât en mélèze de 10 cm de diamètre
 - 3.2.1.2 Corollaire pour un mât en mélèze de 20 cm de diamètre
 - 3.2.2 Exemple pour un mât creux en aluminium
 - 3.2.2.1 Calcul pour un mât de 5,4 kg par mètre
 - 3.2.3 Conclusion
 - 3.3 Calcul de la résistance des mâts au flambage
 - 3.3.1 Formule générale à la rupture
 - 3.3.1.1 Charge critique au flambage
 - 3.3.1.1.1 Charge critique pour les espars guidés aux extrémités (Exemples pour le bois et l'aluminium)
 - 3.3.1.1.2 Charge pratique de résistance au flambage
 - 3.3.2 Exemple de calcul pour un mât plein en mélèze
 - 3.3.3 Exemple de calcul pour un mât rond creux en aluminium
 - 3.3.4 Exemple de calcul pour un mât elliptique creux en aluminium
 - 3.3.5 Conclusion
 - 3.4 Notes et références
- 4 Les épontilles
 - 4.1 Calcul des épontilles de sections rectangulaires
- 5 Les beauprés
 - 5.1 Calcul de beauprés de sections rectangulaires
 - 5.2 Comment effectuer ce calcul de compression du beaupré ?
 - 5.3 Exemple pratique
 - 5.3.1 Quelle doit être la section du beaupré en bois ?
 - 5.3.2 Résistance au travail de compression
 - 5.3.3 Charge limite au flambage
 - 5.3.4 Conclusion
 - 5.4 Notes et références
- 6 Liens

Hélice marine (Théorie physique) (Page 41)

- Caractéristiques des hélices marines
- Théorie élémentaire avec l'eau pour fluide
- Conservation de la matière

- Application du principe fondamental de la dynamique
- Puissance fournie par l'hélice
- Recherche du meilleur rendement d'hélice
- Résumé détaillé
 - Puissance à fournir à l'hélice par le moteur
 - Puissance utile à l'avancement du navire
 - Force propulsive
 - Dépression et cavitation
 - La pression sur l'hélice et sa limite
 - Rendement
 - Conclusion
- Résumé sous forme de tableau
- Voir aussi
- Notes et références
- Liens externes
- Voir aussi sur Wikibooks

Hélices de navires à déplacement (Page 59)

- Rappels
- Comprendre
- Feuille de calculs
- Examen des résultats
- Résultats à des vitesses caractéristiques
- Graphiques des puissances aux vitesses caractéristiques
- Graphiques des forces aux vitesses caractéristiques
- Expérimentation en mer
- Commentaires sur l'expérimentation et prospectives
- Conclusions
- Télécharger les feuilles de calculs
- Compilations wikilivres

Équipements - Protections de la carène (Page 97)

- 1 Protections de la carène
 - 1.1 Protection du composite polyester contre l'osmose
 - 1.1.1 L'osmose
 - 1.1.2 Conséquence de la stratification trop rapide des coques en polyester
 - 1.1.3 On peut limiter l'effet « osmose »
 - 1.1.3.1 Pendant la stratification
 - 1.1.3.2 En cours d'utilisation
 - 1.1.4 Références
 - 1.2 Protection contre la corrosion des métaux
 - 1.2.1 Comprendre la corrosion en milieu marin
 - 1.2.1.1 Généralités sur les métaux
 - 1.2.1.2 Corrosion dans le milieu marin
 - 1.2.1.3 Protection des vannes et passe-coques
 - 1.2.1.4 Protection de la transmission moteur
 - 1.2.2 Remarques générales selon l'ANPEI
 - 1.2.3 Remarques sur la corrosion et les micro-courants
 - 1.2.3.1 Corrosion des coques à l'ancrage
 - 1.2.3.2 Corrosion d'une coque au port
 - 1.2.4 Références

Équipements - Propulsions (Page 107)

- 1 Généralités sur la propulsion
 - 1.1 Transmission
 - 1.2 Hélice
 - 1.3 Chauffe-eau moteur
- 2 Moteur VOLVO-D2-75
- 3 Propulseur d'étrave
- 4 Références

Équipements - Installation électrique (Page 123)

- 1 Section des fils électriques basse tension 12 volts.
 - 1.1 Comment se servir des abaques ?
- 2 Tableaux électriques
 - 2.1 Schéma du tableau électrique 230 volts
 - 2.2 Schéma du circuit basse tension 12 volts
 - 2.3 Tableau des feux de navigation
- 3 Images annexées ou « à annexer »

Équipements - Autres équipements (Page 143)

- 1 Mouillages
- 2 Anti-roulis, chaînes et cordages, ancrés
- 3 Voilerie
- 4 Équipement des mâts
 - 4.1 Antennes de communication (émission-réception)

- 4.2 Antennes de réception
- 5 Électronique
- 6 Sécurité
- 7 Cuisine

Lecture et impression des livres de wikilivres Page 155)

- 1 Généralités sur la lecture et l'impression des livres de Wikilivres
 - 1.1 Classement officiel des Wiki-livres
- 2 Créer un livre au format PDF
 - 2.1 Créer une Compilation depuis le menu Imprimer / exporter
 - 2.1.1 Créer compilation
 - 2.1.1.1 Créer un fichier PDF à partir d'une compilation existante
 - 2.1.2 Télécharger la compilation au format PDF
 - 2.2 Version Imprimable
 - 2.3 Créer un fichier PDF avec le fichier Version imprimable
 - 2.3.1 créer un PDF pour l'imprimante
 - 2.3.2 créer un PDF pour la lecture à l'écran avec les liens internet
- 3 Imprimer et relier un Wiki-livre
 - 3.1 L'impression
 - 3.2 La reliure
 - 3.2.1 Distinguer un livre relié d'un livre le broché
 - 3.2.2 Quelques images d'une reliure
 - 3.2.3 Quelques images du collage d'une couverture d'un livre relié
 - 3.3 Cas particuliers pour la goélette Cardabela
 - 3.3.1 Impression des livres et livrets de la goélette Cardabela
 - 3.3.2 La couverture A4 des livres et livrets
 - 3.3.2.1 Conseil pour une meilleure tenue du livre
 - 3.3.2.2 Astuce pour imprimer au format livre de poche
 - 3.3.3 Couvrir des livres avec du papier A4 ou créer une jaquette avec du papier A3
 - 3.4 Voir aussi
 - 3.5 Références
- 4 Imprimer la couverture personnalisée d'un wikilivre
 - 4.1 Couverture Personnalisée pour les livrets techniques de la goélette Cardabela
 - 4.2 Première de couverture personnalisée d'un wikilivre
 - 4.3 Vignette de couverture
- 5 Codes Quick Response (QR)

Annexes

- 1.1 Installation électrique
 - 1.1.1 Circuits basse tension
 - 1.1.2 Commutateur des feux de navigation
 - 1.1.3 Section des câbles basse tension 12 Volts
 - 1.1.4 Abaques $I_f(r,1)$ et $S_f(r,1)$

Récupérée de « https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Goélette_Cardabela/Collection_des_livrets_techniques_de_la_goélette_Cardabela/SCLTI&oldid=608218 »

La dernière modification de cette page a été faite le 22 novembre 2018 à 19:27.

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.