

HELICES et PROPULSION

Une fois optimisés la carène et le (ou les) moteurs, l'élément propulseur de votre embarcation reste la (ou les) hélices.

Nombre de pales, diamètre, surface, pas... pour faire simple, sont autant de paramètres qui vont modifier sensiblement votre avancement pour une même consommation énergétique (thermique ou électrique).

Méfiez-vous des rumeurs de pontons qui vont vous conseiller tel ou tel modèle, car il faut déjà comprendre que l'optimisation d'une hélice répond à un certain nombre de caractéristiques directement en rapport avec la vitesse de rotation de l'arbre et le fait que l'on veuille privilégier soit la vitesse, soit la poussée...

Le reste n'est qu'affaire de compromis.

La conception et l'adaptation d'une hélice à une coque étant très complexe, ce petit dossier vous permettra d'être plus manoeuvrant.



Un peu d'histoire

L'invention de l'hélice revient, paraît-il, aux chinois, mais c'est véritablement le mathématicien suisse Daniel Bernoulli qui publie en 1738 un ouvrage "Hydrodynamica" exposant le théorème fondamental de la mécanique des fluides ainsi qu'une solution mécanique pour propulser les navires de l'époque, uniquement mûs par la force du vent.

Bien entendu, comme pour plusieurs autres inventions majeures, plusieurs pays vont vers 1830 revendiquer la paternité de la mise au point de l'hélice, dont : Frédéric Sauvage et Augustin Normand, en France.

On parle également de théorie dite "de Froude", lorsqu'on évoque les quantités de mouvement et de "nombre de Reynolds" au moment de s'attaquer aux calculs.

Préalable

Ce n'est pas le moteur qui fait avancer un bateau, c'est au final la poussée de l'hélice, qui reste variable en fonction de sa vitesse de rotation, mais aussi de son "recul", lui-même dépendant des caractéristiques propres à l'hélice, de la vitesse du bateau, de ses caractéristiques hydrodynamiques, sans parler de l'influence des éléments extérieurs (courant, vent, vagues...), du freinage occasionné par les vagues écho sur les berges en canal, par exemple.

Donc, la courbe de poussée de l'hélice est liée à un ensemble ***hélice-carène-conditions de navigation*** propre non seulement à chaque bateau, mais à chaque trajet.

Remarque complémentaire

L'hélice n'est pas tout !

Les flux qu'elle engendre inter-agissent avec la coque et le (ou les) safran(s), ce qui explique par exemple les piètres capacités manoeuvrières de certains bateaux.

Quelques définitions

Théoriquement, la propulsion est le résultat de la différence de vitesse entre la masse d'eau aspirée et celle repoussée ; le mouvement des pales dans l'eau génère une dépression sur l'extérieur du profil (ou extradados) en même temps qu'une surpression de l'autre côté (ou intrados).

Mais impossible de parler d'hélice sans définir un minimum ses caractéristiques :

- le **Diamètre** (exprimé en pouce ou en mm), est la distance entre les extrémités de deux pales opposées (inscrites dans un cercle) ; plus le diamètre est grand, plus la traînée induite par les pales devient importante (le maître couple augmente).
- le **Pas** * (ou pitch) exprimé en pouce ou en mm, correspond à la distance théorique parcourue par l'hélice en un tour.
- le **Nombre de pales**, allant de 2 à 7,
- la **Matière** (fonte, aluminium, inox, Cupro-Manganèse, Cupro-Aluminium, NiBrAL...)
- son **Moyeu** : soit de type Ligne d'Arbre (**LA**) avec un cône de type : ISO, SAE ou spécial, soit **HB/IB Z-drive** (Hors-Bord ou In Bord Z drive).
- la **Surface** de pales, exprimée en %,
- la présence d'un **Cup** * (petite courbure en forme de becquet sur le contour du bord de fuite de la pale servant à augmenter le pas au delà d'une certaine vitesse de rotation de l'hélice).

* Le pas et le diamètre sont généralement gravés sur chaque hélice.

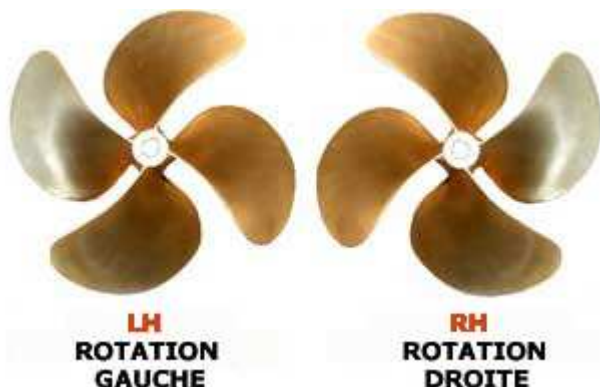
Bon à savoir : pour passer d'une mesure en "mm" à une mesure en "pouce", il suffit de la diviser par 25,4.

Note sur le cup (ou cupping)

Ce dispositif est plus indiqué pour les bateaux lourds ; en effet, le pas final maximum est donné par la vitesse de rotation maximum de l'hélice et à bas régime, avec un pas faible, un bateau lourd aura plus de facilité à déjauger. Par contre, au delà d'une certaine vitesse le cup ajoute du pas à l'hélice (dans la proportion de 1 à 3 pas suivant les cups) ; cela a pour effet d'augmenter la vitesse de pointe.

Le bon compromis pour un bateau lourd est de mettre du cup sur l'hélice, ce qui permet de cumuler les avantages d'un pas faible à bas régime tout en bénéficiant d'une valeur théorique plus élevée aux plus grands régimes de rotation.

Dernière précision : les hélices ont aussi un **sens de rotation** (vu de face de l'arrière vers l'avant du bateau) ; elles sont repérées par les mentions **RH** (tourne à droite) ou **LH** (tourne à gauche). Il n'est d'ailleurs pas rare de monter des hélices de sens de rotation contraire sur des bateaux bi-hélices, ce qui les rend, entre autre, plus stables à la manoeuvre.



(Photo : TechBoat)

A savoir :

Sur un pas à droite, l'hélice tourne dans le sens des aiguilles d'une montre (lorsque la barre est à zéro et en marche avant, le bateau a une tendance naturelle à partir à droite.

C'est l'inverse en marche arrière.

Pour un pas à gauche, c'est l'inverse.

Autres paramètres

Mais d'autres éléments interviennent également :

La matière

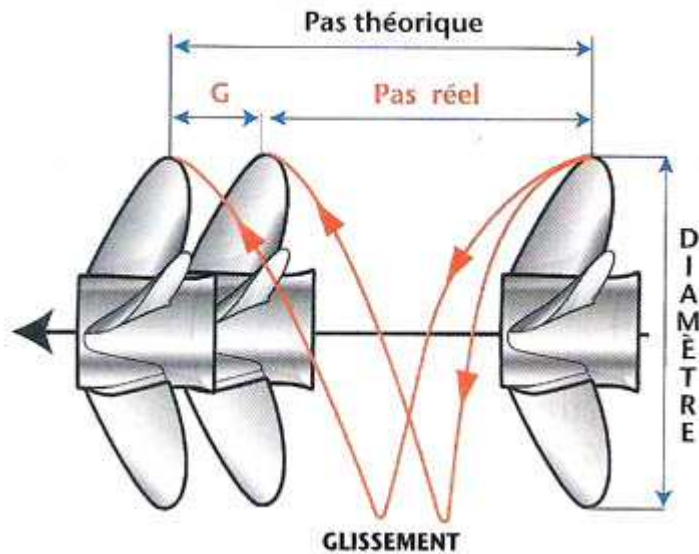
Les spécialistes indiquent que la matière qui constitue une hélice intervient dans 10 % au maximum dans les performances d'une hélice.

Tout au plus certains matériaux (inox) permettent d'obtenir des profils plus fins que d'autres (bronze).

Mais on trouve également des hélices en aluminium.

L'Avance

C'est la distance parcourue réellement lors d'un tour ou "Pas réel"



(Photo : TechBoat)

Rappel : **1 pouce** (ou 1') = **25,4 mm**

Le Glissement (ou slip) est la différence de distance axiale parcourue entre le **Pas théorique** et le **Pas réel** lors d'un tour complet de l'hélice. Cette différence s'explique par le temps qu'il faut aux molécules d'eau pour "s'accrocher" à la pale (ce phénomène diminue avec l'augmentation de la vitesse du bateau).

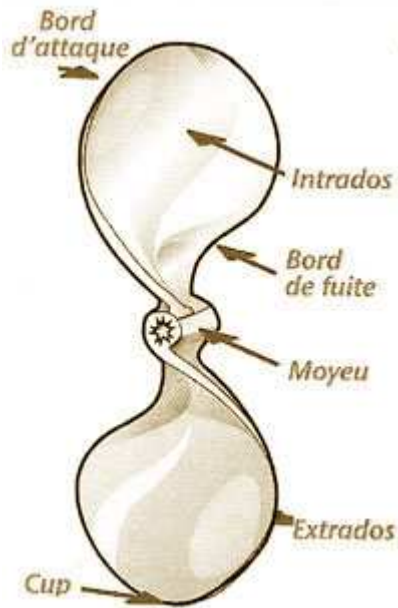
La cavitation

Ce phénomène, contrariant une bonne poussée, se manifeste lorsque :

- Les pales ne s'appuient plus sur un flux d'eau dans un état laminaire, mais dans un état turbulent de vapeur d'eau (voir contribution de François J. dans la partie forum) qui étant compressible, entraîne une rotation de l'hélice ni régulière ni active.
- Les pales de l'hélice peuvent également aspirer de l'air par effet vortex ou **ventilation** (notamment lorsque le régime moteur est trop haut sur le tableau AR pour un HB), ou si la distance entre la surface de l'eau et l'extrémité haute des pales est trop faible (pour une ligne d'arbre)... La plaque anti-ventilation sert à limiter ce phénomène.
- Les pales se retrouvent soumises à une pression trop importante par rapport à leur surface, ce qui crée une dépression (côté **intrados**, en bout de pales). Dans ce cas, la pression côté **extrados**, ne suffit plus à équilibrer la relation dynamique. L'eau contenue dans cette dépression se dégrade alors physiquement pour former des microbulles qui s'amoncellent jusqu'au décrochage complet des pales (l'hélice ne visse plus dans l'eau, mais dans de l'air).

Il faut distinguer la cavitation périphérique dont la cause est souvent due à une vitesse

d'écoulement trop forte (supérieure à 35 ou 40 m/s), de la cavitation totale ou l'hélice ne brasse presque plus qu'un mélange gazeux.



Pour résumer

La cavitation apparaît d'abord en extrémité de pales, avant de les recouvrir entièrement. On repère facilement ce phénomène lors d'un carénage en observant des bords de fuite dentelés ou un revêtement de surface érodé...



(Photo : Harry Turner)

Mise en relief de la sinusoïde que crée l'air dans l'eau et de la cavitation en bout de pales.

Comment limiter la cavitation

- commencer par monter une hélice bien adaptée à son bateau (modèle et puissance moteur compatibles).

- pour les **HB** (hors-bord) et les **Z-drive** (*), vérifier la hauteur du montage du moteur suivant la forme du **V** de carène et l'inclinaison du tableau AR,

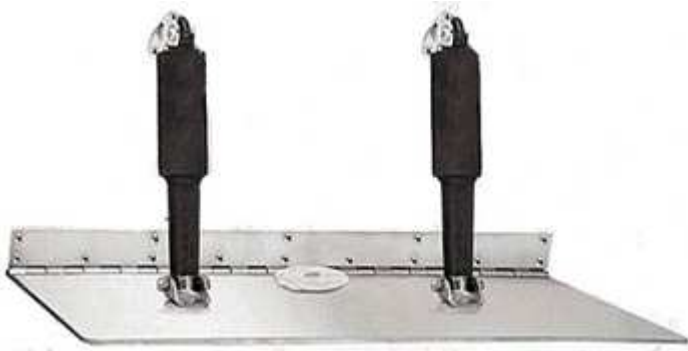
- pour une ligne d'arbre, optimiser l'écartement entre la **chaise d'arbre** et l'hélice tout en veillant au bon profilage de la sortie d'**étambot** (partie arrière d'un navire, anciennement appelée poupe), ou de la quille lorsqu'elle sert de support au **tube d'étambot** ** (fourreau de l'arbre) ; en effet, plus l'hélice est **masquée**, plus les risques de cavitation augmentent.

(*) Le Z-Drive (ou transmission en Z), est un type de transmission permettant à l'hélice d'un bateau équipé d'un moteur "in-board" de pivoter sur son axe ; à ne pas confondre avec un "pod" dont l'ensemble moteur + hélice est immergé.

(**) Le Tube d'étambot est le plus souvent parallèle à la ligne de flottaison. En marche avant, l'hélice pousse » la coque en se collant au palier extérieur du tube d'étambot, ce qui va empêcher les entrées d'eau (si l'état de surface de contact est parfait, ce qui se fait rapidement par effet de rodage). En marche arrière, l'hélice va « tirer » la coque et c'est la bague d'arrêt qui va se coller au palier intérieur, empêchant les entrées d'eau. L'hélice, par contre, va se décoller du palier extérieur mais comme le tube d'étambot est rempli de graisse, l'eau ne pourra pas y pénétrer.

- maintenir un dessous de carène propre, ainsi qu'une hélice sans coups ou accrocs et sans fouling.

- utiliser correctement son dispositif de **trim** * (volets compensateurs) en navigation marine ; cela assurera une bonne tenue du bateau et une hélice plus performante. Pour rappel, en ligne droite et par mer plate il est conseillé de naviguer trim relevé alors qu'en manoeuvre, en virage ou par mer formée, mieux vaut abaisser le trim. On parle de "trimmer" lorsque la proue du bateau se soulève.



Le trim

Le trim est un réglage qui permet de modifier l'assiette d'un bateau à moteur ; il équipe couramment les embases de Z-Drive et des moteurs hors-bord. Son système de vérin, fait varier l'angle constitué par la poussée de l'hélice et le fond de coque.

Autre intérêt : il sert à relever le moteur quand on navigue dans peu d'eau.

Utilisation du trim

Le trim se contrôle électriquement (avec un bouton pour la montée et la descente) à l'aide d'un interrupteur électrique situé généralement en bout de la manette des gaz, pour être accessible. Cela se justifie car ses réglages doivent être adaptés selon les conditions de la navigation :

- En appuyant sur "Up" (flèche vers le haut) on relève le moteur,
- en appuyant sur "Down" (flèche vers le bas), le moteur redescend.

Réglage du trim

On parle de mettre "du trim positif" et à l'inverse de mettre "du trim négatif", à partir d'une position neutre (ou médiane) indiquée sur le boîtier de contrôle du trim.

Le "trim négatif" est utilisé dans les cas suivants :

- au démarrage pour déjauger, car le nez du bateau se baisse suite à une poussée de l'hélice maximum,
- en virage, pour éviter que l'hélice ventile,
- en cas de mer de face avec des vagues ; cela évite que le bateau ne saute trop sur les vagues et que la carène ne tape.

Le "trim neutre" :

- dans cette position la plaque "antiventilation" au-dessus de l'hélice est parallèle au fond de coque ; ce réglage est un bon compromis pour obtenir un bon rapport vitesse de croisière/ consommation.

Le "trim positif" :

- C'est la position de recherche de vitesse maximale ; l'avant du bateau se lève (déjaugage), la coque plane sur l'eau, la direction devient légère avec un contrôle plus difficile,
- par contre, plus le trim est haut, plus le régime moteur augmente et la limite est la ventilation de l'hélice reconnaissable au son émis.
- si la mer est derrière (on avance dans le même sens que les vagues), il est conseillé de trimer positif pour soulager l'étrave et éviter qu'elle ne se plante quand elle rencontre la vague de devant.

Ne pas confondre "cavitation" et "ventilation" !

Cavitation et ventilation ne sont pas les mêmes phénomènes !

Nous avons détaillé ci-dessus ce qu'est la cavitation.

La ventilation relève tout à fait d'autre chose : une hélice nautique est prévue pour travailler sous l'eau. Lorsqu'elle se retrouve à brasser de l'air, dans un virage (ou avec un "trim" mal réglé), elle décroche et on parle alors de "ventilation" ; sa poussée facilité, le régime augmente rapidement et s'emballe. Il faut alors couper les gaz pour que l'hélice travaille de nouveau dans l'eau. La plaque horizontale des embases au-dessus de l'hélice sert à limiter ce phénomène.

Autres phénomènes liés au rendement de l'hélice

Le nombre de pales

Il faut savoir ce que l'on veut "vitesse ou puissance" :

- une hélice bipale offre un bon rendement en terme de vitesse,
- les hélices tripales sont les plus courantes et offrent le meilleur compromis vitesse/ poussée,
- les hélices quadripales sont mieux équilibrées et plus silencieuses, elles privilégient la poussée,
- les hélices 5 pales sont les plus équilibrées et dédiées à la poussée.

A noter que c'est de toute façon, la surface totale des pales qui détermine la puissance de poussée et non leur nombre.

Le profil

Il reste déterminant dans la poussée d'une hélice, avec les caractéristiques géométriques des pales qui la constituent :

- position du maître-bau,
- épaisseur,
- longueur de corde (segment qui relie deux points du cercle).

Le masquage

Les éléments - comme la quille ou la chaise d'arbre - peuvent également entraîner des désordres s'ils sont trop près de l'hélice (cavitation, vibration...).

De même, leur bon profilage limitera la perturbation de l'écoulement laminaire de l'eau sur les pales et donc la propulsion.

Dans le cas contraire, il s'exerce une distorsion de l'arbre, encore accentuée dans le cas d'une hélice tripales (c'est pourquoi les bateaux à quille et crapaudine sont le plus souvent équipés d'hélices à 4 pales ; cela ne supprime pas les turbulences parasites occasionnées par le masquage, mais atténue cette distorsion de l'arbre en les répartissant sur les 2 pales opposées).

La force transmise

Rappelons que la force réellement transmise à l'hélice est la résultante vectorielle du couple et de la poussée, moins les pertes de friction, de rotation et d'axe... pour faire simple. Elle

correspond à la pression qui s'exerce sur les pales ; en général, on estime ses pertes à environ la moitié de la puissance transmise...

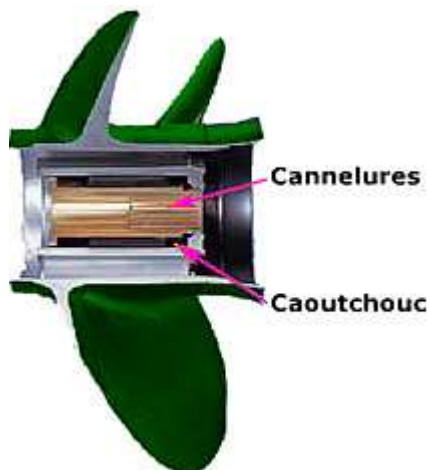
Idéalement...

Puisque les hélices doivent délivrer une forte poussée au démarrage, puis se transformer en hélice de vitesse une fois le rythme de croisière atteint, la meilleure façon d'optimiser cela, est de jouer sur le pas de l'hélice.

Des solutions existent déjà, mais l'idéal serait que la gestion de l'angle des pales (commandée mécaniquement par le pilote du bateau, actuellement), le soit automatiquement.

Les moyeux

Il en existe couramment 3 types :



(Dessin : TechBoat)

- Les moyeux d'hélices HB et IB Z-Drive

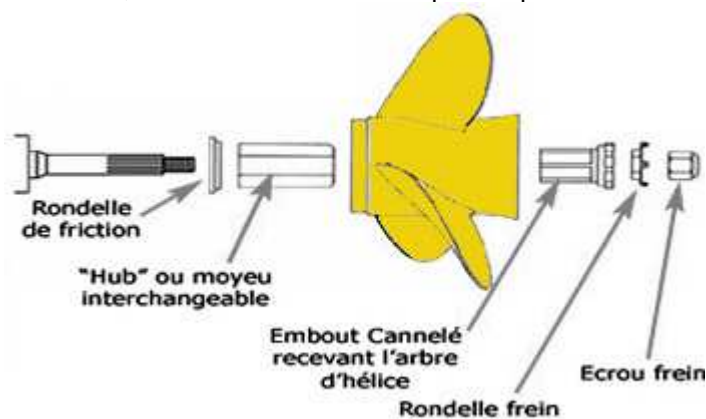
Ce type de montage écrase au centre de l'hélice un cylindre de caoutchouc spécial autour d'un cylindre cannelé aux dimensions exactes de l'arbre.

Ce système présente l'avantage de protéger l'arbre contre les chocs et pour un prix souvent moindre que les autres.

Par contre, le risque de dénoyautage existe, en cas d'utilisation proche des limites.

- Les moyeux interchangeables ou "Hub Kit"

Réservés surtout aux hélices HB et IB Z-Drive, ils sont montés avec un ensemble rondelle / bague carrée conique / embout cannelé... L'intérêt de ce type de moyeu est une meilleure protection de l'arbre d'hélice lors d'un choc avec un objet, mais surtout un changement facilité de l'hélice, tout en offrant un choix plus important "montant" sur l'arbre...



(Photo : TechBoat)

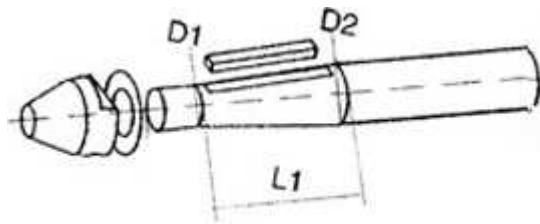
- Les moyeux standard pour ligne d'arbre

Les moyeux d'hélice "IB ligne d'arbres" se répartissent en 3 familles :

- > Les **ISO** ou métriques,
- > les **SAE** en cotes américaines,
- > les **spéciaux** aux mesures dites "propriétaires" pour éviter que l'on puisse en monter d'autres que celles proposées par la marque (un peu comme Apple en informatique)...

Les moyeux "LA" sont coniques et clavetés sur le cône ; les 2 parties coniques alésées s'emboîtent tandis que la clavette rend solidaire arbre et hélice ; un écrou frein retient cette dernière lors de la marche arrière.

En cas de changement d'hélice, il faut mesurer D1 (petit diamètre du cône), D2 (grand diamètre du cône) et L1 (longueur du cône).



(Photo : TechBoat)

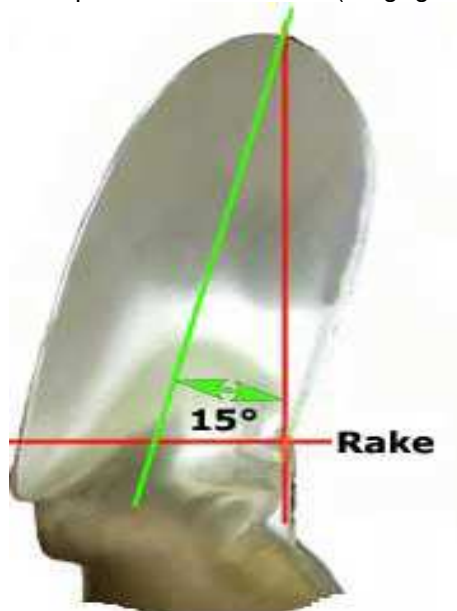
Le calage (ou rake)

C'est l'angle d'inclinaison formé par la corde de la pale avec le plan de rotation (centre de la pale) par rapport à une droite perpendiculaire au moyeu de l'hélice.

Lorsque le calage varie le long de la pale, on parle de "**vrillage**".

A noter que le calage intervient également sur l'assiette du bateau.

Cette inclinaison de pales intervient dans le retardement de la cavitation (plus l'angle est fort, plus la cavitation tend à diminuer car la prise d'eau sur la pale est progressive) ; mais un calage trop important a tendance à trimer la coque ce qui a pour conséquence de la déséquilibrer latéralement (tangage cadencé).



(Photo : TechBoat)

Le Skew

C'est une forme spécifique des pales...

Pour la petite histoire, le Skew a été popularisé par la société Radice vers 1990, mais son

invention est japonaise.

Cette forme étudiée en tunnel de cavitation et bassin de carène pour réduire la vague arrière et les vibrations transmises.

Cela a abouti à une hélice aux performances améliorées (retard de la cavitation, limitation du bruit, gain de la force transmise) soit une amélioration globale du rendement...

Pour comprendre cette innovation, il convient d'aborder un nouveau paramètre :

La surface (S)

Il s'agit de la surface représentée par les pales par rapport à celle du diamètre de l'hélice.

On parle de pourcentage de recouvrement.

Cette surface de pales va généralement en augmentant proportionnellement à la puissance motrice.



Hélice tripales S = 45 % non Skew (Photo : TechBoat)



Hélice tripales S = 73 % Skew (Photo : TechBoat)

Application voilier

Les petites surfaces correspondent à des hélices bipales ; on les retrouve le plus souvent sur des voiliers ; elles développent généralement 35 % de recouvrement du diamètre ; c'est la vitesse qui est privilégiée...

N'oublions pas que sur un voilier, sauf à utiliser une hélice "bec de canard", le freinage dû à l'hélice n'est pas négligeable.

Application travail

Dans ce cas (remorqueur, chalutiers...) **S** peut aller jusqu'à 100 %, en utilisant des hélices de 5 à 7 pales ; c'est la puissance (le couple) qui est privilégiée...

Conclusion

Les caractéristiques de ces 2 types d'hélices étant presque opposées, il conviendra avant tout de l'optimiser par rapport à la vitesse de rotation correspondant le mieux à l'usage envisagé, alors que c'est le plus souvent la vitesse maxi qui sert de base d'étalonnage.

En résumé :

- un pas long favorise la vitesse,

- un diamètre plus grand favorise la poussée,
- un nombre important de pales favorise la poussée à basse vitesse,
- un angle de calage important (entre 20 et 30°) favorise le vitesse.

Si vous souhaitez vérifier si votre hélice est bien adaptée à votre bateau, les logiciels spécialisés utilisés par les fabricants prennent en compte les valeurs de carène (longueur, largeur, valeur de V, poids, répartition des masses, angle de poussée...) on parle alors, selon les constructeurs, de EHP (Effective Horse Power soit la puissance consommée par la carène) ou de SHP (Shaft Horse Power soit le EHP corrigé par le rendement). Enfin, et à titre indicatif, pour chaque plage de 200 à 400 t/ min vous pourrez faire varier le pas de 2 pouces.

Les hélices à pas réglable

Ce type d'hélice n'a pas un calage susceptible d'être modifié en navigation mais facile à réaliser à l'arrêt en plongeant ou lors d'une sortie d'eau du bateau.

Il comporte des pales indépendantes l'une de l'autre, qu'un simple desserrage des boulons de serrage permet d'amener à l'angle de calage désiré.

Généralement, une règle de mesure d'angle se trouve sur le moyeu et un index de référence se trouve sur le pied de pale.

Il est indiqué de modifier ce calage si l'hélice doit être

montée sur un moteur différent

- diminuant
- croisière

accrue

Ce type d'avoir un



ou si l'on désire privilégier certaines performances, par exemple : amélioration de la poussée en le calage, accroissement de la vitesse de du bateau en augmentant le calage. Cependant, si l'efficacité de l'hélice est dans un certain domaine, elle décroît obligatoirement dans un autre.

Les hélices à pas variable

d'hélice présente l'énorme avantage pas qui se règle automatiquement.

L'innovation consiste à avoir installé

un bras de levier entre le centre de poussée de la pale et l'axe du moyeu.

Les 3 pales de l'Autoprop sont totalement libres ; elles tournent sur des axes équipés de roulements étanches et, en fonction de la vitesse de l'eau sur la pale, elle s'angule automatiquement pour offrir le meilleur couple. Le plan de la pale est désaxé par rapport à l'axe du moyeu. Il s'adapte en fonction de son appui sur l'eau qui défile autour de lui.

Les pales de l'hélice étant totalement libres, elles se retournent quand on bat arrière et se mettent en drapeau si l'arbre moteur est inerte (à la voile par exemple).

Le tout aboutit donc à une optimisation de la poussée et à des économies de carburant.

Restrictions pour voiliers

Selon le retour d'utilisateurs de cette hélice il faut prendre en compte les effets suivants :

- Le passage brutal d'avant à arrière peut faire vibrer l'hélice (le temps que les pales se synchronisent), il est conseillé demarquer un temps d'arrêt entre les 2 allures.

- Une algue ou tout autre objet qui gêne la synchronisation des 3 pales fait aussi vibrer l'hélice.
- En marche arrière, le bateau commence par reculer en travers, ce qui est perturbant.
- Demande un entretien annuel (graissage) pour rester opérationnelle.

Développé par Bruntons et importé par Wenex.

L'hélice de surface

Elle est employée dans le cas d'une propulsion avec moteur in-board utilisée sur des bateaux très rapides (type offshore).

L'axe du moyeu de ce type d'hélice se trouve au niveau de la ligne de flottaison et présente cette autre particularité d'être déportée loin derrière le tableau arrière.

Enfin, les pales de l'hélice sont étudiées pour tourner dans l'eau et dans l'air.

L'arbre de transmission est aligné avec l'axe moteur, quasiment en ligne droite du vilbrequin par l'intermédiaire d'un cardan.

Cette disposition évite les pertes en ligne et transmet à l'hélice toute la puissance du moteur. Pour assurer la direction, la ligne d'arbre est articulée au niveau du tableau arrière.

Le cas particulier des voiliers

Sous voilier, le recours à l'hélice se cantonne aux manoeuvres portuaires et aux jours sans vent pour l'essentiel.

L'objectif visé (selon les constructeurs) est d'obtenir environ 80 % de la vitesse limite de carène (s'entend pour les coques à déplacement).

Le tout doit être adapté à un usage soutenu dans le temps et à une consommation raisonnable en carburant.

Mais la plupart des chantiers marines équipent leurs voiliers par rapport à des conditions idéales de navigation qui ne tiennent pas compte des surcharges moteur engendrées par une mer formée, par exemple.

Un voileux sera donc bien souvent amené à changer son hélice !

Par ailleurs, nous l'avons déjà évoqué, sous voiles l'hélice fixe freine le bateau, ce qui n'est pas une bonne affaire ; heureusement il existe des hélices orientables, repliables ou sur embase saildrive permettant de combiner faible traînée et efficacité en usage moteur.



remarque

Sur une hélice "classique", il est conseillé d'enclencher la **marche arrière** pour bloquer l'arbre moteur, lorsqu'on navigue sous voiles.

L'arbre tournant dans le sens **marche avant**, la rainure hélicoïdale fonctionne alors dans le bon sens et bloque l'arbre.

Par contre, le raisonnement s'inverse pour une hélice "autoprop" puisque le couple résiduel est dans le mauvais sens. Il faut donc enclencher la **marche avant** pour bloquer l'arbre.

Coupe-orin

Il s'agit d'un dispositif tranchant installé en arrière de l'hélice ayant pour fonction de couper les cordages ou filets qui pourraient se prendre dedans et bloquer la rotation de l'arbre, ce qui risque de finir par un arbre tordu et même quelquefois une entrée d'eau !

On trouve couramment deux systèmes :

- un disque dentelé aiguisé fixé sur l'arbre,
- un ciseau à lame fixe et deux lames tournantes.

Il est facile de comprendre que l'effet n'est le même et que le disque aiguisé ne coupe pas forcément les cordages.

Le coupe-orin disque

Monobloc ou constitué de 2 demi-coquilles (ce qui facilite son installation, puisque vous n'avez pas à démonter l'hélice), il fera son office une fois que le cordage sera suffisamment tendu, et donc déjà bien enroulé sur l'arbre ; Mais à ce stade, il est souvent déjà trop tard, car le cordage risque de tordre l'arbre et d'endommager l'étambot, ce qui peut aboutir à une fuite d'eau à son niveau ! Son prix va de 60 à 200 € selon diamètres et fabricants.

Il existe des modèles avec anode intégrée.



A savoir

Il est conseillé, pour une meilleure efficacité, de monter ce type de coupe-orin le plus près du tube d'étambot et donc, le plus loin de l'hélice.

Le coupe-orin à lames

Avec ses couteaux (lame fixe immobilisée sur l'étambot et deux lames mobiles qui tournent avec l'arbre d'hélice) qui sectionnent le cordage même s'il n'est pas sous tension, ce modèle de coupe-orin intervient sur le cordage qui viendrait se prendre avant son entortillement. par contre, il est forcément plus cher que le précédent (environ 900 € pour un arbre de 40 mm chez "Spurs").

Merci à Maucourt, Techboat, Masson, Delot et France-Hélices pour les éléments techniques, les photos et les schémas.

Forum

Je suis étudiante en classe préparatoire ingénieur PSI, et cette année j'ai un projet d'initiative personnelle. Je travaille sur le rendement des hélices de bateau. C'est pourquoi votre site m'a beaucoup aidée, car cela m'a permis d'éclaircir plusieurs points. Cela dit il y a quelque-chose que j'aimerais que vous m'expliquiez plus en détail (par des calculs ?) si cela est possible. Je ne comprends pas pourquoi une hélice bipale possède un meilleur rendement qu'une hélice tripale. Je suis en accord avec cela puisque lors de mon expérimentation sur un bateau de modélisme je trouve bien ce résultat, cependant je suis incapable de l'expliquer.
C.D

J'apprécie vos articles qui sont très intéressants.

Spécialiste de la cavitation, j'ai travaillé sur ce sujet au bassin des carènes, je souhaite apporter un petit correctif de votre article sur ce sujet :

- La cavitation n'a rien à voir directement avec la nature de l'écoulement, laminaire ou turbulent.

- La cavitation n'a rien à voir non plus avec la ventilation qui résulte d'aspiration d'air provenant de l'atmosphère qui est au dessus de la surface de l'eau.

En réalité la cavitation est tout simplement l'ébullition de l'eau qui apparaît, comme dans une casserole, quand les conditions de pressions et de température sont telles que les conditions d'apparition de vapeur sont atteintes (quand la pression devient inférieure à la pression de vapeur saturante à la température de l'eau.)

Voir l'expérience du bouilleur de Franklin qui visualise ce phénomène physique bien connu : l'eau à température basse peut se mettre à bouillir si on baisse suffisamment la pression.

Evidemment l'eau le long d'une pale défile très rapidement contrairement à l'eau dans la casserole. Les bulles de vapeur apparaissent avec un léger retard.

Si une part notable de l'extrados fait apparaître des bulles de cavitation qui sont des bulles de vapeur d'eau, leur densité étant beaucoup plus faible que celle de l'eau, la portance de la pale décroît et la poussée de l'hélice diminue fortement.

Quand ces bulles de vapeur retrouvent une zone où les conditions d'ébullition ne sont plus atteintes, elles se condensent violemment et disparaissent toutes.

- Pourquoi la cavitation peut provoquer des trous sur les pales ?

Si une bulle de vapeur se referme en étant encore en contact avec la pale, elle ne peut le faire de façon symétrique, l'eau qui vient la combler arrive beaucoup plus facilement par la face de la bulle opposée à la pale. Au contraire l'eau n'arrive pratiquement pas par la face de la bulle qui est du côté de la pale. Ce phénomène de fermeture de la bulle est très rapide, il s'apparente à une implosion. La face de la bulle opposée à la pale prend alors une très grande vitesse en direction de la pale et forme un jet, petit par la taille mais très violent, qui percute la pale.

La répétition de ces nombreuses percussions ponctuelles martèle la pale et finit par lui arracher des grains de matière.

Pour éviter la cavitation, il faut :

- Rester en eau froide,*
- enfoncer l'hélice pour accroître la pression statique de l'eau,*
- et surtout limiter les dépressions sur l'extrados de la pale, en évitant de la mettre en forte incidence par rapport à l'écoulement de l'eau et en augmentant la surface de la pale.*

François J.

Je possède un catamaran moteur équipé d'un moteur diesel de chaque côté ; j'ai une hélice gauche et une droite. J'ai monté la droite à droite et la gauche à gauche (vu de derrière vers l'avant du bateau).

Cela vous paraît-il cohérent ?

Merci de valider mon montage.

Stéphane J.

Réponse

Cela revêt moins d'importance sur un cata, dont les coques sont forcément assez éloignées, et certains constructeurs ne s'embarrassent pas de telles précautions. Cela facilite pourtant les manoeuvres surtout en battant arrière. Votre montage est cependant cohérent si vos arbres tournent bien en sens inverse et conformément à l'orientation du pas des hélices. Le must est bien un montage "supra divergent" (tribord en sens horaire, babord en sens anti-horaire, tout cela en marche avant, évidemment).

Pour pinailler et faire notre intéressant nous pourrions préciser que sur un monocoque profilé en V sur l'arrière, il vaut mieux que les hélices soient convergentes pour pousser la coque vers le haut, tandis que si la coque est plate sur l'arrière c'est l'inverse...

Mon voilier recule très mal, en tournant complètement sur babord, peut-on compenser ce défaut en mettant une hélice pas à gauche au lieu de pas à droite, d'autant, qu'en course offshore, ils utilisent cette astuce en fonction du sens de rotation de la boucle du circuit...

Précision : l'arbre est très légèrement décalé sur babord (de l'épaisseur du Ø de l'arbre = 30 mm) bien sûr la manoeuvre sera inversée au niveau de la commande.

Sergio V.

Réponse

Votre solution n'est pas idiote et devrait sensiblement améliorer les choses, puisque un pas à

droite ramène naturellement la poupe babord en battant arrière... Le léger décalage babord de votre axe d'hélice amplifie encore l'effet. N'en attendez cependant pas des miracles.

Mon bateau n'a pas de poussée réelle, mais le plus grave, il ne dépasse pas 2800 tours pour 13 à 14 nœuds alors qu'il est donné pour tourner à 4200 tours pour une vitesse supérieure à 25 nœuds.

Dés que je pousse les manettes à fond, le bateau s'écrase sur l'arrière et se met à fumer noir. Pourtant jusqu'à 2200 tours, aucun problème, pas de fumée... rien. Les moteurs tournent parfaitement bien... aucun bruit... bonne tenue au ralenti...

Mon chantier naval a tout passé en revue (nettoyage et contrôle turbos et tous les filtres, contrôle d'arrivée de gasoil, etc.)

Pensez-vous qu'il y a un problème d'équipement d'hélices qui expliquerait les phénomènes enregistrés ?

... Pour donner suite à mon histoire de moteurs qui ne prenaient pas les tours.

Nous avons changé les hélices. Premier jeu avec essai, le bateau est passé de 2800 tours à 3200 tours. Nous sommes alors descendus 2 pas en dessous. Le bateau prend maintenant 4200 tours.

Après avoir cherché des pannes moteurs là où il n'y avait rien pendant 1 an, voilà le problème résolu, c'était les hélices qui n'étaient pas bonnes pour la longueur et le poids du bateau.

Nous ne savions pas que l'ancien propriétaire avait changé les hélices sans se soucier qu'il fallait impérativement respecter des normes.

C.F

J'ai vu qu'il existe des POD pour remplacer les moteurs thermiques.

Avec une puissance Max de 9 kW par POD (2 sur un catamaran), et pour ne pas embarquer trop de batteries, l'idéal serait d'être autonome électriquement comme c'est aujourd'hui le cas pour des habitations isolées (éolien et solaire d'appoint).

Je pense donc qu'une éolienne à axe verticale (1 ou plusieurs), pourrait (ent) produire suffisamment pour les deux moteurs et tous les équipements de confort du catamaran.

Le fait d'avancer générant déjà un vent, la puissance de batterie serait donc minimale (par vent arrière, la navigation se faisant sous voile)

Quel documentation pourriez vous me conseiller pour concevoir et installer un tel système ? Existe-t-il un chantier de plaisance spécialisé dans ce domaine (circuit complet production/propulsion) ?

Marc T.

Réponse

Votre demande aborde plusieurs points sur lesquels nous allons tenter de vous donner notre avis de la manière la plus claire :

- Les PODs sont basés sur une technologie qui ne nous semble pas forcément la mieux adaptée à la marine à voile de petit gabarit, en ce sens où ils opposent une résistance à l'avancement non négligeable ; bien entendu, sur le papier, on peut imaginer un POD à hélice bec de canard, pour limiter un peu ce freinage, ou au contraire un POD hydrolienne pouvant passer en mode générateur électrique sous voiles.

- l'idée de vos éoliennes à axe vertical n'est pas mauvaise théoriquement en ce sens où elles sont plus silencieuses, moins génératrices de vibrations, et surtout capable de faire leur beurre de toutes turbulences, contrairement aux modèles à axe horizontal.

A notre connaissance, sauf sur le prototype sur lequel elles remplaçaient les voiles (mais qui n'a pas été généralisé à la plaisance, ce qui semble indiquer qu'il n'était pas si adapté que prévu), cela pose un problème de place perdue tout autant que de sécurité à cause de la prise au vent non maîtrisée.

Nous en revenons donc à une solution hybride améliorée :

- Panneaux photovoltaïques dernière génération (back-contact) offrant un important rendement, et facile à mettre en oeuvre.

- Hydrolienne (2 pour un cata) réversibles (propulsion /générateur électrique) et relevables, permettant à la fois une recharge sous voile et au mouillage ; ce type d'équipement commence à être au point tout en bénéficiant d'expérimentation avec succès dans de

nombreuses courses au large.

En prenant le temps de consultation nécessaire de notre site vous satisferez votre demande de documentation sur ces points, puisque plusieurs dossiers les abordent.

Enfin d'une façon plus générale, lorsque vous faites la comparaison entre un cata et une maison en terme d'autonomie électrique, vous oubliez qu'une maison n'a pas besoin d'être déplacée et qu'il ne faut pas minimiser la quantité d'électricité que ce poste mobilise.

Quant aux conseils sur des chantiers compétents, nous continuons de nous garder de nous lancer dans ce type d'exercice périlleux.

Existe-t-il un moyen de protéger une hélice laiton contre la corrosion ?

Mon bateau reste dans l'eau (mer) toute l'année et reste à l'arrêt au ponton entre chaque phase de vacances (environ 3 mois).

Pendant le laps de temps où il ne sert pas, de nombreux coquillages viennent s'accrocher sur les pales ce qui m'oblige avant son utilisation à plonger pour gratter les pales.

Est-il possible de protéger le laiton avec un vernis ou autre produit antifouling ?

Daniel L.

Réponse

Le problème de la protection des hélices est particulier en ce sens où leurs pales sont soumises à des contraintes physiques très importantes. Pour un meilleur rendement de propulsion, il est exclu de les traiter avec tout produit ou revêtement pouvant s'écailler, s'user ou présenter une quelconque granulométrie de surface.

Bien entendu, certains fabricants proposent des produits sensés répondre à ces caractéristiques tout en évitant la colonisation, mais les résultats ne sont pas toujours au rendez-vous...

Selon nous, la solution la plus écologique et la plus économique est également la plus simple puisqu'elle peut se mettre en place sans sortir le bateau.

Rien de tel qu'un "pare-fouling" constitué d'un sac opaque, emmaillotté autour de votre hélice en fin de saison, pour éviter toute colonisation parasite (voir article spécifique sur cette **page**).

Le moment venu : une petite plongée pour défaire le "maillot", un petit coup de brosse pour les plus exigeants... et votre hélice est prête à reprendre du service.