

Le Grand Mystère de l'Effet de pas d'hélice

Pourquoi votre hélice pousse de côté ainsi que vers l'avant

par Dave Gerr, CEng FRINA

Gerr Marine, Inc.

www.gerrmarine.com

C'est une chose étrange, si l'on y réfléchit. L'hélice de votre bateau — soigneusement conçue et ingénieusement élaborée — ne vous propulse pas seulement tout droit, mais aussi un peu de côté. Bien sûr — en tant que skipper expérimenté — vous êtes habitué à cela. C'est normal, et — en particulier sur les bateaux mono hélice — cet effet est prononcé à basse vitesse ou lors de manœuvres.

En effet, vous avez presque certainement maîtrisé depuis longtemps cet effet marqué de pas d'hélice, pour faciliter l'amarrage précis de votre fidèle « Crank 'n Dank ».

La Convention en sens horaire (pas à droite).

L'installation d'une mono hélice tourne généralement dans le sens horaire. Cela signifie que — vu de l'arrière — l'hélice tourne dans le sens des aiguilles d'une montre.

Une telle hélice pousse toujours la poupe de « Crank 'n Dank » (ou de tout autre bateau) vers bâbord en marche arrière. De même, elle pousse toujours la poupe vers tribord en marche avant. (Ce qui, naturellement, tend à faire que le bateau vire un peu à bâbord en marche avant.)

Les bateaux à hélice anti-horaire (à pas à gauche) se comportent exactement à l'inverse. Quoi qu'il en soit, il y a suffisamment de bateaux à hélice à pas à gauche pour qu'il soit toujours prudent, lorsque vous prenez la barre d'un nouveau bateau, de demander dans quel sens tourne l'hélice. Cela peut vous éviter bien des embarras, pour le moins.

Les bateaux à deux hélices sont un peu plus compliqués, mais nous y reviendrons.

Comment reconnaître un hélice pas à droite ou pas à gauche

Vous pouvez distinguer une hélice à pas à droite d'une hélice à pas à gauche simplement en la regardant. Vu de l'arrière, le bord d'attaque des pales sera toujours plus éloigné de vous (plus proche de l'étrave) que le bord de fuite.

Si le bord d'attaque est à votre droite (vu de l'arrière), l'hélice tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et est une hélice à pas à droite. Si c'est le contraire, c'est une hélice à pas à gauche.

Le grand mystère est pourquoi les hélices se comportent ainsi ?

Ce n'est pas du tout évident, et il existe autant d'explications que vous pouvez l'imaginer. Jusqu'à récemment, je n'avais pas trouvé d'explication qui me satisfasse. Mais enfin, je pense avoir résolu ce mystère. La réponse, je crois, est maintenant claire.

L'explication simple (et pas si précise)

L'explication simplifiée courante est que l'eau au fond de l'hélice est un peu plus dense et plus libre de s'écouler (il n'y a pas de coque au-dessus) que celle située en haut de l'hélice. Cela rendrait les pales inférieures un peu plus efficaces, ce qui ferait que l'hélice et la poupe « marcheraient » de côté dans la direction de la rotation.

C'est simple, cela paraît raisonnable, et je l'ai moi-même utilisée à l'occasion. Le seul problème, c'est que cette explication ne résiste pas à une analyse rigoureuse. En réalité, l'eau est, relativement parlant, incompressible. L'eau au fond de l'hélice n'est pas, pour faire simple, plus dense que celle en haut. De plus — même si la coque au-dessus limite légèrement l'écoulement de l'eau — si l'espace au bout des pales est correct, l'effet sera minime.

L'explication par l'angle de l'arbre (le P-Facteur)

Alors, quelle est la réponse au grand mystère de l'effet de pas d'hélice ? Une explication bien meilleure concerne le pas des pales et l'angle de l'arbre.

Regardez le dessin « Effet de pas d'hélice dû à l'angle de l'arbre ». Il montre la même hélice, sur son arbre incliné, vue à la fois du côté bâbord et tribord. Nous avons choisi une hélice à quatre pales, toutes perpendiculaires entre elles (pour faciliter la visualisation), et — comme ici — les pales bâbord et tribord ont été figées au moment où elles sont exactement horizontales.

Puisque c'est une hélice à pas à droite, la pale de droite descend, et celle de gauche monte.

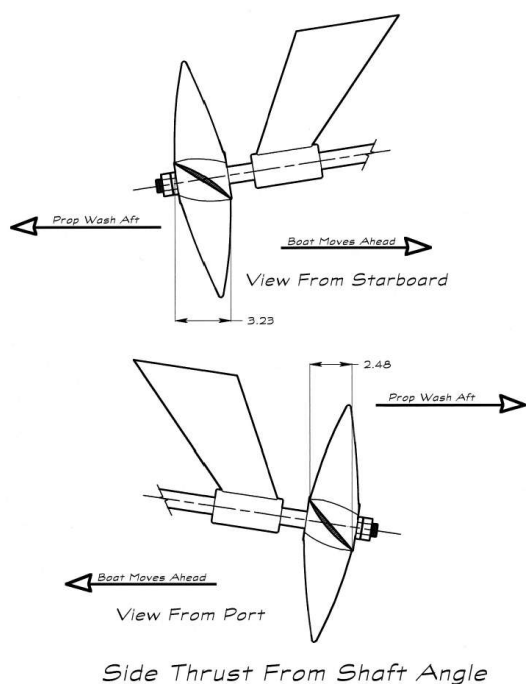
Si l'arbre était horizontal, alors le pas des deux pales — par rapport à l'horizontale (la direction du mouvement) — serait le même. Mais avec l'angle de l'arbre, ce n'est pas le cas.

On voit que la pale tribord avance plus loin (dans ce cas, 3,23 pouces) que la pale bâbord, qui n'avance que 2,48 pouces. Cela signifie que la moitié tribord du disque de l'hélice effectue un peu plus de travail que la moitié bâbord.

En gros, cela déplace le centre de pression de l'hélice un peu vers la droite, vers tribord. Comme le centre de pression est décalé vers tribord par rapport à la ligne médiane du bateau, cela pousse la proue à bâbord — exactement le phénomène observé avec toutes les hélices à pas à droite.

Inversement, l'effet est aussi inversé, et la poupe est déportée à bâbord (la proue est déportée à tribord).

Parce que tout cela concerne le pas des pales, cet effet est parfois appelé le P-Facteur (pitch factor)



Éviter des angles d'arbre trop importants

Cette variation de pas de bâbord à tribord avec l'angle de l'arbre est l'une des principales raisons pour lesquelles un angle trop élevé n'est pas conseillé. La charge inégale sur les pales peut provoquer des vibrations. En général, les angles d'arbre inférieurs à 15 degrés sont acceptables, mais au-delà, ce n'est pas recommandé. Les angles inférieurs à 12 degrés sont excellents.

Les limites de l'explication par l'angle de l'arbre

Puisque cette explication fonctionne bien et constitue aujourd'hui la référence, on pourrait penser que le mystère de l'effet de pas d'hélice est résolu. Malheureusement, aussi ingénieuse que soit cette explication, elle ne raconte pas toute l'histoire.

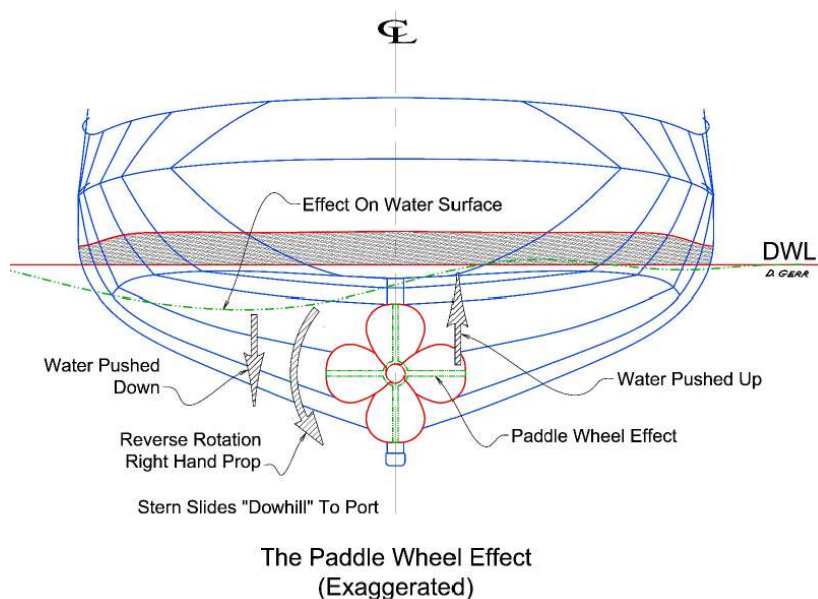
En réalité, j'ai travaillé sur la conception d'un bateau de 12 mètres qui avait un angle d'arbre de 17 degrés. Bien que je ne pense pas que ce soit une bonne pratique, j'ai hérité de cette configuration et j'ai constaté qu'elle fonctionnait très bien. Comment cela se fait-il ?

Je pense que la succion devant le disque de l'hélice tend à redresser le flux d'eau, de sorte qu'il entre dans l'hélice beaucoup plus parallèlement à l'axe que ce que le simple mouvement en ligne droite indiquerait. Ainsi, dans le cas de ce bateau avec un arbre à 17 degrés, l'angle d'entrée de l'eau dans l'hélice pourrait en réalité être plus proche de 9 degrés que de 17.

Un problème plus important, cependant, est que si l'explication par l'angle de l'arbre du pas d'hélice était exacte, on ne devrait pas ressentir de pas d'hélice latéral du tout sur des hélices montées sur des arbres parfaitement horizontaux. Or, ce n'est absolument pas le cas ! En effet, des remorqueurs et des chalutiers à hélice unique, équipés d'arbres parfaitement horizontaux, ressentent un effet de pas d'hélice beaucoup plus puissant que presque tout autre type de bateau. Qu'est-ce qui explique cela ?

L'effet de roue à aubes

Eh bien, l'explication par l'angle de l'arbre est certainement une partie de l'histoire, mais l'autre partie concerne la densité et la viscosité de l'eau. En raison de ces deux propriétés, l'eau ne s'écoule pas facilement à travers un espace restreint. Autant que je sache, cette explication de la densité/viscosité a été proposée pour la première fois par L. Roy Murray, un pilote de navire professionnel qui a passé de nombreuses années à étudier le comportement des grands navires (encore une fois, des navires avec des arbres à peu près horizontaux).



La pression monte

Ce qu'il a compris, c'est que cela fonctionne comme suit : les pales de l'hélice de notre fidèle « Crank 'n Dank » sont (comme nous l'avons vu) inclinées pour produire de la poussée. Bien que la majorité de cette inclinaison des pales pousse l'eau vers l'arrière, un petit pourcentage agit comme une roue à aubes, avec les pales alignées parallèlement à l'arbre. Bien sûr, dans ce cas, les pales du côté tribord (sur une hélice à pas à droite) pousseront une partie de l'eau vers le bas dans l'océan (je rajoute : en marche avant..). En revanche, celles du côté bâbord pousseront une partie de l'eau contre la coque. Ici — en raison de la densité et de la friction — l'eau ne peut pas s'échapper aussi rapidement qu'elle est agitée. En d'autres termes, les pales du côté bâbord accumulent une masse d'eau le long de la partie inférieure du fond du bateau à l'arrière.

Simultanément, les pales du côté tribord forcent l'eau à s'éloigner de la partie inférieure du côté tribord du fond du bateau à l'arrière. Ce que fait l'hélice, c'est créer une colline déséquilibrée sous la poupe. Le niveau d'eau est un peu plus élevé sous le côté bâbord que sous le côté tribord.

Puisque la gravité continue d'attirer vers le bas sur la coque, la poupe glisse latéralement en descendant la colline vers tribord. Cela pousse effectivement la poupe vers tribord et la proue vers bâbord — exactement le phénomène de l'effet de pas d'hélice.

Effet plus marqué à basse vitesse

Ce qui est encore plus impressionnant, c'est que cette explication rend compte du fait que l'effet de pas d'hélice est plus fort à basse vitesse et lors des manœuvres. C'est avant que votre « Crank 'n Dank » n'atteigne sa vitesse de croisière que cet effet de roue à aubes est le plus prononcé. En réalité, une fois que le bateau accélère, le flux d'eau en arrière rapide réduit l'effet de roue à aubes au minimum — la colline naissante d'eau est emportée vers l'arrière dans le flux avant qu'elle ne puisse avoir beaucoup d'effet. (C'est aussi pour cela que l'effet de pas d'hélice est plus marqué sur des coques à déplacement lent.)

Lorsque vous manœuvrez à basse vitesse — en démarrant, en arrêtant ou en faisant marche arrière — il y a très peu de flux avant-arrière, mais beaucoup de ce premier travail de l'hélice se concentre presque entièrement sur ce tourbillon transversal de roue à aubes. Encore une fois, les hélices grandes et lentes ressentent un effet de pas d'hélice plus important que les petites hélices à grande vitesse. Cela s'explique aussi par l'effet de roue à aubes — les pales plus grandes et plus lentes produisent plus de brassage transversal de roue à aubes. Bien sûr, l'exemple ci-dessus concerne la marche en avant, mais cela fonctionne aussi en marche arrière. Dans ce cas, l'effet de roue à aubes construit une colline du côté tribord (sur une hélice à main droite), ce qui déplace la poupe vers bâbord. Cela est illustré dans la figure « Effet de roue à aubes ».

Effet de roue à aubes sur un bateau à deux hélices

Naturellement, le même effet se produit sur un bateau à deux hélices. Dans ce cas — avec des hélices en rotation contraire — l'effet s'annule. Cependant, si vous faites fonctionner une seule hélice, l'effet de roue à aubes sera le même pour chaque hélice. En marche avant, si vous ne faites

tourner que l'hélice tribord, cela accumulera une pression sous la coque tribord intérieure, ce qui tend à faire dévier la direction vers bâbord.

De même, en marche arrière, la pression s'accumulera sous la coque bâbord extérieure, ce qui vous fera dévier encore plus vers bâbord, plus fortement que si l'hélice était seule.

L'hélice bâbord à pas à gauche, inversement, accumulera une pression sous la coque bâbord en marche avant, ce qui entraînera la poupe vers tribord et la proue vers bâbord. Cela compense en partie la tendance de l'hélice tribord à dévier le bateau vers bâbord. En marche arrière, l'hélice bâbord construira une colline de pression sous le coin arrière extérieur bâbord de la poupe, ce qui décalera la poupe vers tribord. Faire marche arrière avec uniquement l'hélice bâbord à pas à gauche forcera donc la poupe encore plus vers tribord que ce que la position décentrée de l'arbre pourrait laisser penser.

Le mystère de l'effet de pas d'hélice résolu

L'effet de roue à aubes ou le modèle basé sur la densité/viscosité explique enfin l'effet de pas d'hélice. Ajoutez à cela le modèle par l'angle de l'arbre (P-Facteur), et vous avez la solution complète au grand mystère de l'effet de pas d'hélice.