



Transmissions : Embases, waterjets et hélices de surface.

Outre les lignes d'arbre classiques avec les différentes options d'inverseur-réducteurs, existent aujourd'hui plusieurs types de transmission pour transformer la puissance et le couple des moteurs principaux d'un yacht en poussée de propulsion. Le plus connu de ces dispositifs est sans doute le Z-drive ou embase qui équipe de nombreuses unités de tailles moyennes. Les deux autres types de propulsions : les waterjets et les transmissions à hélices de surface ont connu des développements importants depuis une quinzaine d'années et sont désormais installés sur des unités de tailles de plus en plus importantes et aux applications tant civiles que militaires.



Le waterjet permet de véritables freinages d'urgence.

LES Z-DRIVES OU EMBASES

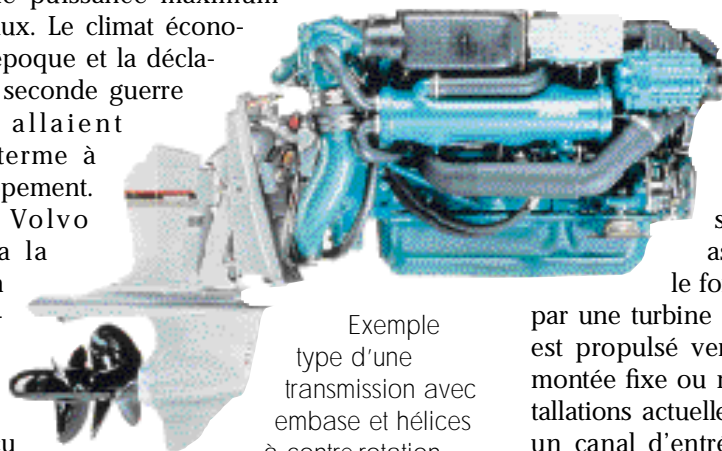
C'est en 1931 que Johnson Motor Company fabrique les premiers Z-drive qui étaient déjà orientables et relevables. Ils pouvaient être accouplés à des moteurs marins d'une puissance maximum de 60 chevaux. Le climat économique de l'époque et la déclaration de la seconde guerre mondiale allaient mettre un terme à leur développement.

En 1959, Volvo Penta lança la fabrication et la commercialisation d'un nouveau Z-drive conçu par l'architecte

américain Jim Wynne, spécialiste des offshores de course. Ce type de transmission connut un tel succès que trois années plus tard, pas moins de seize fabricants produisaient des systèmes du même type. Ce mode de transmission a permis de conserver certaines caractéristiques et avantages des moteurs hors-bord tout en les associant à ceux des moteurs inboard.

Pour les architectes, ces propulseurs ont donné une plus grande liberté au niveau de la conception des aménagements intérieurs. Le compartiment moteur situé à l'arrière n'interfère pas avec le reste du volume intérieur et peut être efficacement isolé. Les systèmes auxiliaires (circuit de refroidissement et d'échappement, ligne d'arbre, appareil à gouverner, etc.) sont limités ou supprimés et le montage est simplifié. De plus la position de l'ensemble moteur/transmission permet de reculer le centre de gravité longitudinal du bateau, paramètre important de la vitesse sur des coques planantes.

Au niveau des performances, ces transmissions offrent un bon rendement propulsif avec des pertes mécaniques limitées, une résistance d'appendices réduite et une bonne manœuvrabilité aux vitesses élevées. L'angle des hélices peut être ajusté en fonction de l'assiette longitudinale contribuant ainsi à l'amélioration de son rendement. Les dernières générations d'embases sont munies de deux hélices contre-rotatives qui réduisent les couples parasites et procurent une meilleure stabilité directionnelle en navigation tout en favorisant la marche arrière pour les manœuvres.



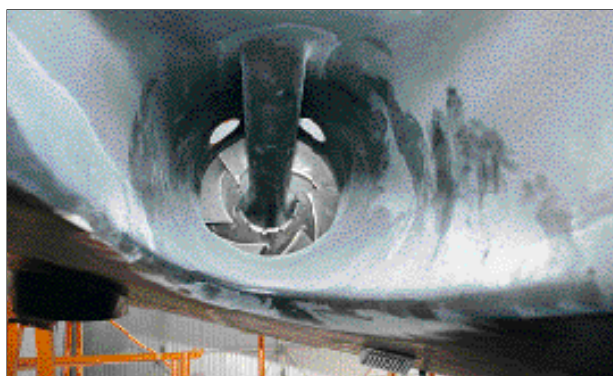
Exemple type d'une transmission avec embase et hélices à contre-rotation.

LES WATERJETS

Bien que ce type de propulsion soit considéré comme relativement récent, il est en fait mentionné dans un ouvrage de l'anglais Philip Pratt intitulé *The Birth of the Steamboat*, que ce mode de propulsion a été breveté en Grande Bretagne en 1661... Un premier prototype entraîné par un moteur à vapeur fut construit aux Etats-Unis et testé sur le Potomac en 1787 où il atteignit la vitesse de 3,5 nœuds. Les systèmes modernes fonctionnent en aspirant l'eau par l'orifice implanté sur le fond coque, le flux est ensuite accéléré par une turbine entraînée par le moteur, puis ce flux est propulsé vers l'arrière via une tuyère de sortie montée fixe ou mobile sur le tableau arrière. Les installations actuelles sont généralement constituées par un canal d'entrée dont la géométrie est optimisée pour augmenter le rendement et éviter toute cavitation excessive. Le deuxième élément est une turbine à flux axial et à un ou plusieurs étages suivant la taille et la vitesse de fonctionnement du navire. La sortie est équipée d'une tuyère orientable manœuvrée par des vérins hydrauliques afin d'assurer le contrôle direc-



2 waterjets directionnels et 1 waterjet fixe de puissance au centre.



Une entrée d'eau sur le Mangusta 105' TS.

dossier technique

tionnel droite gauche et même parfois la fonction de trim. Reste le problème de l'inversion de marche qui est spécifique à un waterjet puisque celui-ci ne peut inverser son mode de fonctionnement. Le seul moyen pour obtenir une marche arrière consiste donc à détourner le flux principal au moyen d'une pièce mobile en forme de casque commandé hydrauliquement. Il est à noter que le rendement optimum est

eaux peu profondes. Enfin les systèmes de contrôle directionnel et de marche arrière incorporés rendent les unités équipées de ce mode de propulsion particulièrement faciles à manœuvrer. Le rayon de giration d'un yacht équipé d'un waterjet est généralement de l'ordre de deux fois sa longueur à la flottaison. La marche arrière étant assurée par le renversement du flux, le moteur et l'embrayage ne subissent pas d'à-

coups lors des manœuvres. De ce fait, la distance d'arrêt est très réduite et la marche arrière agit comme un véritable frein.

De nombreux waterjets sont installés sur des navires de service de tous les types à application civile ou militaire ainsi que sur de nombreux yachts privés. Parmi les grands navires de plaisance propulsés par des waterjets on peut citer notamment Fortuna, d'une longueur de 30 m, le yacht du Roi d'Espagne qui avec ses deux waterjets entraînés par des moteurs diesel marche à des vitesses de 20 à 25 nœuds, alors que son waterjet central entraîné par

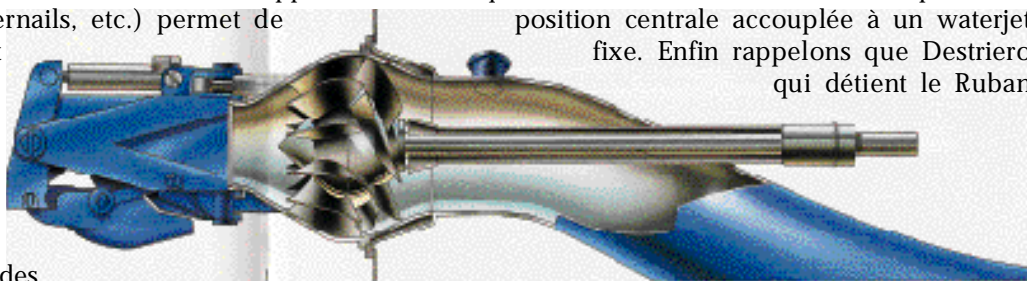
un moteur à turbine diesel lui permet d'atteindre une vitesse de pointe de 52 nœuds. Octopussy, d'une longueur de 40 m est propulsé par des waterjets entraînés par des moteurs diesel. En 1983, le lancement du yacht Shergar dont le déplacement est d'environ 240 tonnes a permis de repousser les limites de ces installations. Avec ses deux turbines diesel, développant une puissance totale de 14 000 chevaux, accouplées à une seule boîte qui entraîne un waterjet KaMeWa, il atteint la vitesse de 45 nœuds. Les waterjets sont même entrés dans les constructions en série à l'image du Mangusta 105 TS dont la motorisation est assurée par deux Mtu accouplés à des waterjets directionnels alors qu'une turbine de 4 000 chevaux est placée en position centrale accouplée à un waterjet fixe. Enfin rappelons que Destriero qui détient le Ruban



Sur Eco, la taille des waterjets est impressionnante.

obtenu lorsque la tuyère de sortie du jet est installée juste au-dessus de la ligne de flottaison dynamique (celle obtenue après le déjaugage).

Ce type de propulsion présente plusieurs avantages évidents. L'ensemble est compact et donc facile à installer. Son montage ne nécessite que la découpe d'orifices sous la coque et sur le tableau arrière. Il n'existe pas de contraintes d'alignement et, à condition que le moteur principal et le jet soient compatibles et bien adaptés, l'installation d'un réducteur est inutile. De plus, la turbine est protégée et diminue ainsi considérablement les risques d'accidents corporels pour les nageurs ou la possibilité d'avarie par collision avec des objets flottants. L'absence d'appendices (chaises, gouvernails, etc.) permet de réduire la traînée et limite le tirant d'eau maximum à celui de la carène. Ce type de propulsion est donc particulièrement bien adapté aux navires opérant dans des



Coupe d'un waterjet.

Bleu (record de traversée de l'Atlantique) était propulsé par trois ensembles moteur à turbine diesel et waterjet d'une puissance unitaire de 18 700 chevaux soit un total de 56 100 chevaux !

Les principaux fabricants de waterjets, le suédois KaMeWa et l'américain Ultra Dynamics (ex Dowty Hydraulics) continuent de concevoir des systèmes de plus en plus puissants et performants pour des applications militaires et civiles comme les navires à grande vitesse (NGV).

► **LES TRANSMISSIONS À HÉLICE DE SURFACE**

Ces transmissions sont apparues sur des offshores de course avant d'être installées sur des bateaux de plaisance ou de service, civiles et militaires depuis plus de 20 ans. Elles permettent d'associer les performances des hélices de surface et la simplicité des embases grâce aux moyens de contrôles et d'asservissements hydrauliques. Ces propulseurs sont en fait



d'une grande simplicité. Le couple du moteur est transmis quasiment en ligne droite du moteur à l'hélice par l'intermédiaire d'un système de cardans qui permet d'ajuster l'assiette et de gouverner le bateau. Les pertes de rendement associées à l'utilisation des renvois d'angle à 90° des embases n'existent pas, donnant ainsi un meilleur rendement à puissance égale. La poussée des hélices est transmise au tableau arrière dont l'échantillonnage et la structure doivent être soigneusement calculés et réalisés

Une hélice de surface vue dans un tunnel de cavitation.



Hélices de surface en action à plus de 50 nœuds.

afin de limiter tout risque d'avarie à ce niveau. Les fabricants comme France Hélices en France ou Arneson aux Etats-Unis disposent d'une gamme importante de transmissions pouvant être installées sur des unités de 40 m et plus.

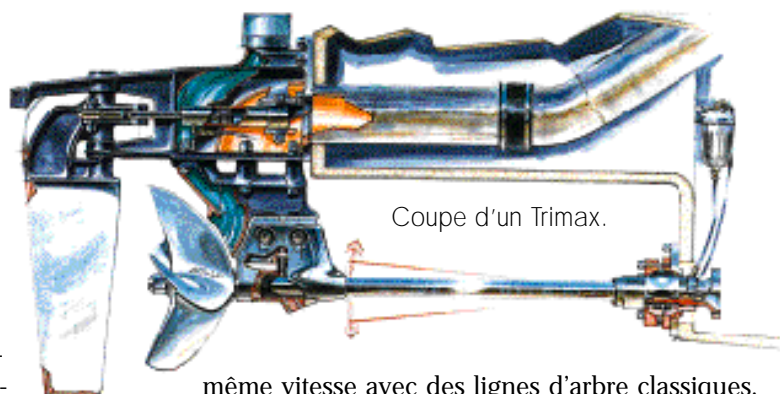
En termes simples, une hélice de surface est une hélice dont l'axe du moyeu se trouve au niveau de la ligne de flottaison dynamique et qui est à une certaine distance du tableau arrière. La caractéristique principale de ces hélices est que chaque pale fonctionne à moitié dans l'eau et dans l'air. Intuitivement, ce régime est à première vue incompatible avec un bon rendement. Cependant, l'intuition peut jouer des tours car dans le cas présent, ce régime discontinu a un rendement supérieur à celui du fonctionnement classique d'une hélice constamment immergée et ce pour

plusieurs raisons. En effet, en théorie, plus le diamètre d'une hélice est important meilleur est son rendement. Cependant, dans le cas de la ligne d'arbre classique, ce diamètre est limité par la coque, la position du moteur, l'inclinaison de l'arbre et le jeu entre la coque et l'extrémité des pales. Tous

dossier technique

ces facteurs contribuent à limiter le concepteur dans le calcul de l'hélice, alors que ces contraintes n'existent pas avec une hélice de surface. Un des autres effets parasites rencontré avec les montages classiques est la cavitation. Cette cavitation est transformée en ventilation sur les hélices de surface, à chaque rotation de la pale une bulle d'air vient remplir la poche de vide qui existe sur la face antérieure et limite ou annule le phénomène de cavitation et ses conséquences (érosion des pales, vibrations et bruits).

En outre, les transmissions à hélice de surface sont à géométrie variable, grâce à leurs articulations et contrôles hydrauliques. L'hélice peut être ainsi plus ou moins immergée, ce qui a sensiblement le même effet que de faire varier son diamètre et offre une grande tolérance au niveau du choix du diamètre initial. Enfin, ce type de propulseur réduit le tirant d'eau et de façon sensible la traînée d'appendices dont l'influence sur les performances est importante. A titre d'exemple, l'un des pionniers de ce type de propulsion, le célèbre architecte Renato Levi cite le cas d'un offshore de 9,5 m à la flottaison qui, propulsé par



même vitesse avec des lignes d'arbre classiques, la puissance totale de cet offshore aurait dû ainsi être portée à 1 100 chevaux. En conclusion, les appendices de chaque ligne d'arbre classique absorbent 175 chevaux !

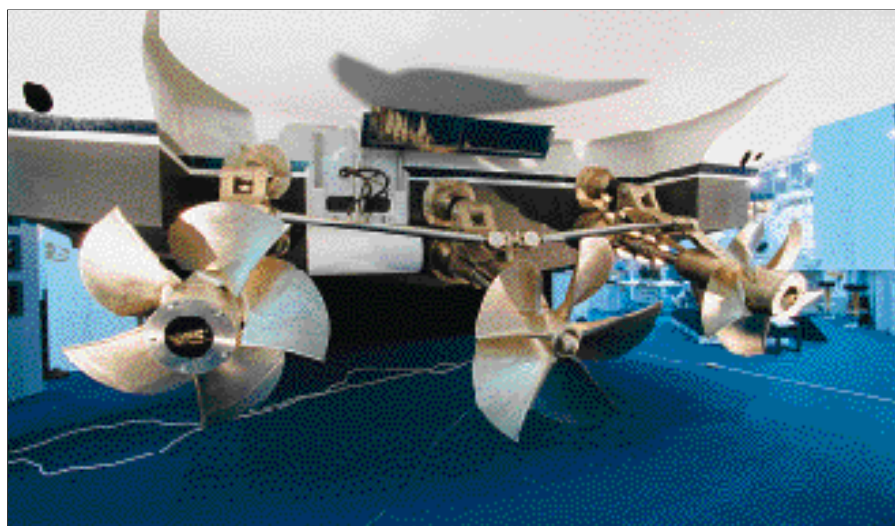
Le seul vrai problème des navires équipés de transmissions à hélice de surface est leur difficulté à manœuvrer en marche arrière. Ceci est essentiellement dû à la géométrie des pales d'hélice qui sont très asymétriques avec des bords d'attaque très fins et des bords de fuite très épais, mais également au blocage de la circulation d'eau par le tableau arrière.

D'autres types de transmissions de surface ont été développés au cours de ces dernières années comme le Trimax de l'italien Fabio Buzzi ou encore le Levi-Drive Unit. Toutes ces transmissions ont en commun le fait de faire fonctionner une hélice à moitié immergée et surtout en arrière du bateau pour ne pas être pénalisée par un diamètre trop réduit.

Les concepteurs et les utilisateurs de yachts de toutes tailles peuvent désormais choisir la transmission la mieux adaptée à leurs besoins tant au niveau des performances que des contraintes d'implantation des installations moteur et des aménagements intérieurs. L'utilisation de nouveaux matériaux plus résistants et plus légers

alliés à des systèmes de contrôles et d'asservissement toujours plus sophistiqués et performants permettront d'améliorer encore l'efficacité et le rendement de ces "nouveaux" propulseurs. Leur utilisation par des opérateurs professionnels comme les armateurs de NGV et de ferries rapides bénéficiera à terme aux propriétaires et utilisateurs de yachts privés.

Pour la première fois, France Hélices monte des hélices à pas variable sur les S.D.S. du P.R. Marine Galactica, ex GoldenEye.



deux moteurs d'une puissance totale de 750 chevaux, atteignait une vitesse maximum de 41,5 nœuds avec des lignes d'arbre classiques. Cette vitesse maximum passa à 50 nœuds après l'installation de transmissions à hélice de surface. Ce gain représente une augmentation de la vitesse de près de 20% essentiellement due à la réduction de la résistance des appendices. Aux vitesses élevées, cette résistance représente plus de la moitié de la résistance totale. Pour atteindre la

Eric Ogden