ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE MARITIME

Hervé BAUDU
Professeur en Chef de l'Enseignement Maritime

39 avenue du Corail CS 50040
13285 MARSEILLE CEDEX 08
www.supmaritime.fr

04 91 76 82 82
06 37 89 83 46
herve.baudu@supmaritime.fr

Bulletin du 14 février 2013

Porte-conteneurs Géants - 1ère partie

Figure 1: Christophe Colomb de 13.800 EVP

Figure 2: Marco Polo de 16.000 EVP

Réalité et projets:

Premier d'une série de trois porte-conteneurs d'une capacité de 16.000 EVP (Equivalent Vingt Pieds, taille standard du conteneur), Le *Marco Polo* construit par les chantiers sud-coréens Daewoo, est le plus gros navire de ce type actuellement en service dans le monde, son port en lourd dépassant 186.000 tonnes. Ce n'est en revanche pas le plus grand, mais de peu, puisqu'il demeure dépassé par les porte-conteneurs de la classe Triple E d'Emma Maersk, longs de 397,7 mètres contre 396 mètres pour le *Marco Polo*. Sa largeur est de 54 mètres et son tirant d'eau de 16 mètres. Le nouveau navire amiral de CMA-CGM, qui bat pavillon britannique, est exploité sur la ligne French Asia Line (FAL) 1. Le FAL1 exploite les plus gros navires de la flotte et offre à ses clients une liaison hebdomadaire à jour fixe entre la Chine Centrale, la Chine du Sud, principales zones exportatrices du pays, et l'Europe du Nord.
Ce navire devait être le sixième des huit porte-conteneurs du type *Christophe Colomb*, dont la tête de série a été livrée en novembre 2009. Mais CMA CGM a finalement décidé de « jumboïser » - (rallonger)- les trois derniers navires de la série afin de porter la capacité de 13.800 à 16.000 EVP. Pour cela, la longueur a été augmentée de 30 mètres et la largeur de 3 mètres, alors que le port en lourd est passé à 186.470 tonnes (contre 153.022 tpl pour le CMA CGM *Christophe Colomb*). Le tirant d'eau a, pour sa part, gagné 50 centimètres. Battant pavillon britannique, le CMA CGM *Marco Polo* sera suivi, en avril et mai 2013, par deux sisterships : le CMA CGM *Vasco de Gama* et le CMA CGM *Zheng He*. Ce dernier, qui doit être immatriculé à Marseille, sera le plus grand porte-conteneurs sous pavillon français. Comptant 21 rangées de conteneurs en largeur, les *Marco Polo* pourront embarquer 8600 EVP en pontée et 7400 EVP en cale.

Figure 3: Futur Triple E d'Emma Maersk de 18.000 EVP

Figure 4: Nouveau concept de porte-conteners de l'armement APL de 13.400 EVP

AP Moller Maersk attend également la livraison des plus grands porte-conteneurs du monde, les Triple E (400 mètres de long, 18.000 EVP de capacité), dont elle a annoncé l'an dernier la commande de 20 exemplaires aux chantiers sud-coréens Daewoo et qui doivent être mis en service entre 2013 et 2015 (Figure 3).
(NDL: Ce programme ne semble pas remis en cause malgré l'annonce récente de son PDG, Nils Anderson indiquant le retrait progressif du transport maritime conteneurisé de sa filiale conteneurs *Maersk Line*. Le groupe danois, actuellement leader mondial du secteur occupe environ 16% du marché. En raison de la récession économique mondiale, de la volatilité des taux de fret aux conteneurs et de l'impossibilité de prévoir l'état du marché à court-terme, *Maersk* veut délaisser le transport maritime et se concentrer vers ses activités qui génèrent des profits plus stables à travers ses filiales spécialisées dans l'exploration pétrolière, *Maersk Oil* ou l'exploitation des terminaux pétroliers, *APM Terminals*).

Les améliorations

L'armement APL, le chantier Hyundai Heavy Industrie et la société de classification DNV viennent de dévoilé le tout nouveau design des 10 porte-conteneurs de 13.400 EVP commandés par l'armement (Figure 4). Le design adopté devrait permettre de réduire la consommation en combustible de 20% par conteneur, soit une économie de près de 3 millions de dollars par an et par navire. A la base de ce nouveau design, il y a la réflexion sur l'adéquation entre le dessin de la carène et les besoins opérationnels du navire. Et cette nouvelle ligne semble acter le fait que désormais les porte-conteneurs adopteront le *slow-steaming*, la vitesse réduite, comme vitesse commerciale normale (Cette vitesse est déjà adoptée depuis 2 ans par les grandes compagnies sur les lignes asiatiques. Ces gains en dépenses de combustibles sont au détriment de l'utilisation actuelle des moteurs conçus à l'origine pour fonctionner à des vitesses supérieures à 20 nœuds. A cet effet, nombre de navires de la CMA ont par exemple démonté un des turbo-compresseurs pour limiter l'encrassement du moteur principal. Pour une vitesse initiale de 25 nœuds, les réductions de consommation sont :

- 12 à 14 nœuds : *super slow steaming* : 90%
- 14-17 nœuds : *slow steaming* 70 à 80%
- 18 à 21 nœuds *: economical speed* 50 à 60%
- 21 à 25 nœuds : *nearly full speed* 20 à 10%).

Les nouveaux porte-conteneurs d'APL sont donc adaptés à une vitesse commerciale comprise entre 13.5 et 19 nœuds et un tirant d'eau entre 11 et 14.5 mètres.
Pour la CMA-CGM, la série des PC *Marco Polo* est notamment équipé d'un moteur à injection électronique permettant de réduire de manière significative la consommation de carburant (-3% en moyenne) et la consommation d'huile (-25%). (NDL: le poste budgétaire des dépenses en carburants serait équivalent à la masse salariale dans une entreprise comme la CMA soit environ 4 milliards de dollars - dit « coût annuel des soutes ». Suivant la qualité du carburant et la vitesse adoptée, un porte-conteneurs moyen (8500 EVP) consomme quotidiennement entre 50 à 330 tonnes de fuel. Sur une traversée vers l'Asie, la vitesse adoptée sera dite « *super slow* » mais plus rapide sur le retour vers l'Europe. Le coût moyen est de 640 tonnes / jour soit environ 50.000$ / jour. Pour la première compagnie mondiale de transport containerisé Maersk, le coût s'élèverait à 7 milliards de dollars par an pour l'ensemble du groupe Maersk qui comptait 883 navires à la mi-2012).

Une fois toutes ces données prises en compte, des études ont été effectuées sur des logiciels de modélisation en 3D, avec une attention particulière sur les flux d'eau et la résistance de la surface immergée. Le résultat de ces études est une modification de la partie avant du navire et notamment du bulbe d'étrave, plus découpé que ses prédécesseurs. Des tests ont permis de mettre en évidence que ces nouvelles lignes, combinées à une optimisation du régime moteur et de la puissance de l'hélice permettaient de réduire de 16% la consommation en fuel.
Le développement de nouveaux modèles mathématiques en code Navier-Stokes associé à l'accroissement de la puissance de calcul des ordinateurs, permet aujourd'hui à des laboratoires spécialisés en hydrodynamiques (*Hydrocean*, *Principia, DGA* en France, *Friendships System*, *HVSA*, *Force Technology, Marins* à l'étranger) de concevoir et d'optimiser des carènes à des coûts d'études bien moindres et plus rapides qu'en faisant des essais en bassin des carènes.

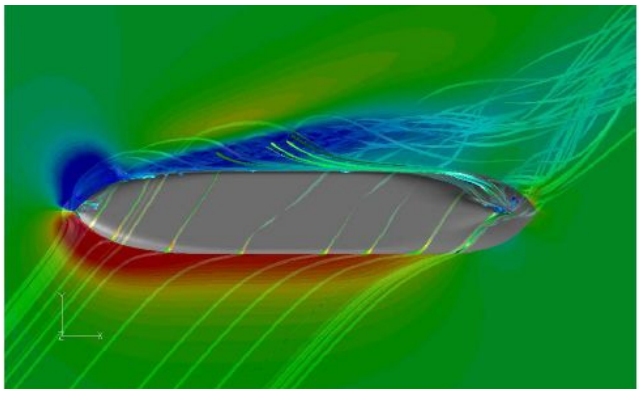


Figure 5: lignes de courant d'eau sur la carène (Hydrocean)

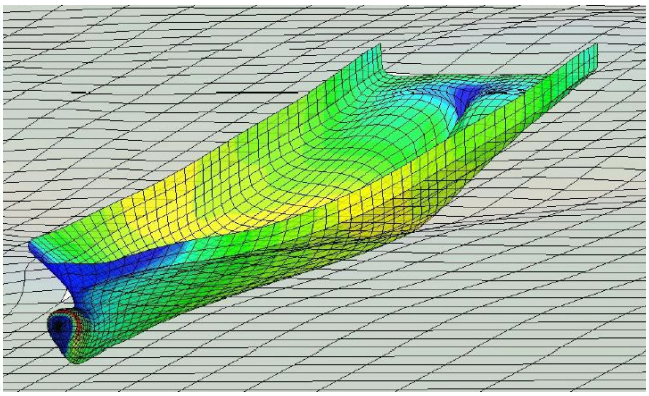


Figure 6: zones de pression sur la carène (Frienship System)

Sur la série des *Marco Polo*, un stator à pales fixes (*Pre Swirl Stator*) en amont de l'hélice et du safran contribue à canaliser les filets d'eau vers le gouvernail. Ces ailes vrillées fixes sont disposées et orientées de telle façon que les filets d'eau qui arrivent sur le safran subissent un mouvement rotationnel inverse à celui crée par l'hélice. Les courants de décharge des filets d'eau ont ainsi un vortex moins prononcé, créant un meilleur écoulement sur le profil, augmentant de ce fait la portance et minimise l'effet lié à la cavitation. Ce dispositif permettrait d'obtenir des gains de rendement de 4 à 8 % (figure 7).

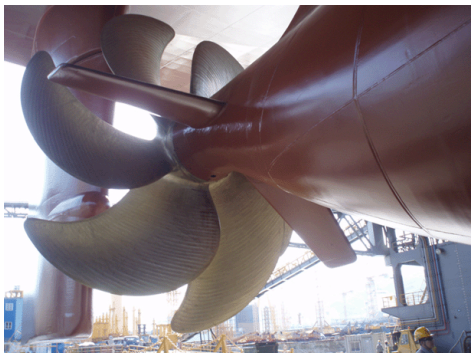


Figure 7: Pre Swirl Stator

Afin de minimiser les effets nuisibles de cavitation et d'optimiser la portance du safran, des profils particuliers de safran sont adoptés comme le « *Twisted Leading Edge profile* » de Becker. Un safran suspendu à bords orientés optimise l'écoulement des lignes de courant d'eau le long du profile afin de retarder le décrochage des filets d'eau sur le bord de fuite responsables de la traînée (C'est la dépression crée par l'accélération des filets d'eau sur l'extrados qui contribue au 2/3 de la portance du safran - comme une aile d'avion qui est sustentée par l'air et non portée comme on pourrait le croire - figures 8 et 9).

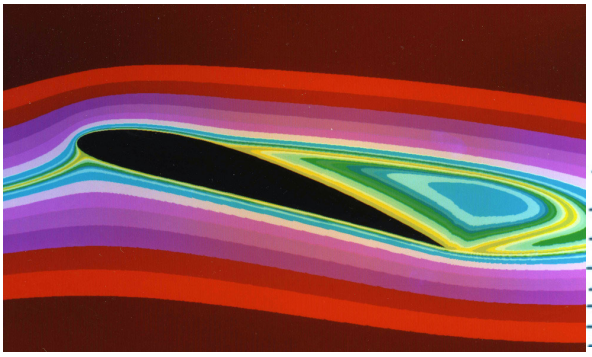


Figure 8: écoulement laminaire sur le profil du safran

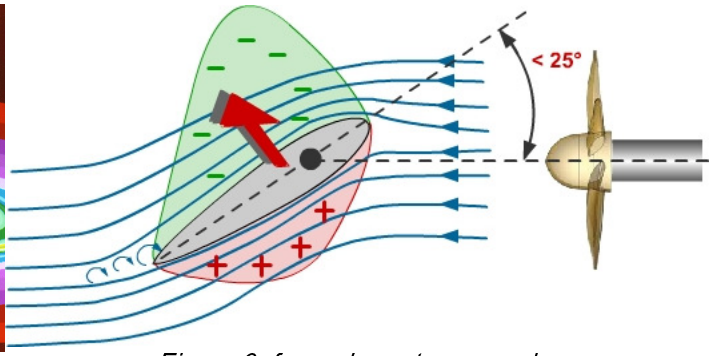
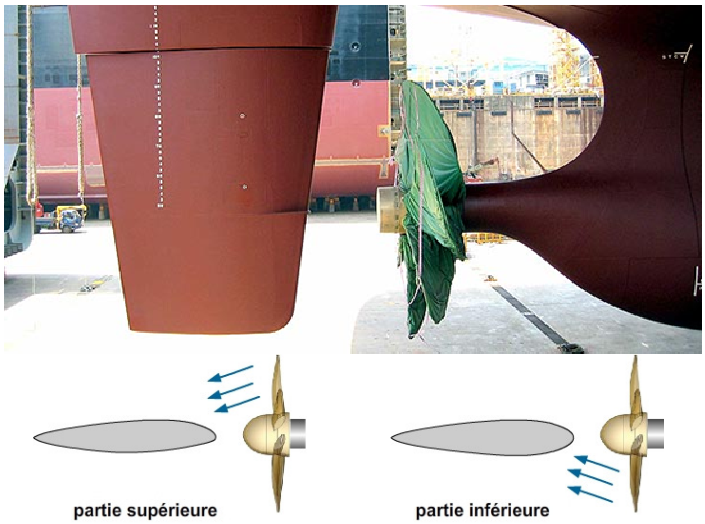


Figure 9: force de portance sur le safran

Pour une hélice pas à droite, la partie supérieure du safran est plus bombée sur bâbord et légèrement dé-saxée, et inversement pour la partie inférieure du safran (figure 10).
Le vortex des filets d'eau induit par la rotation de l'hélice crée une dissymétrie de pression sur le safran. Pour compenser ce déséquilibre qui nuit à l'écoulement laminaire, le profil présente donc une asymétrie.



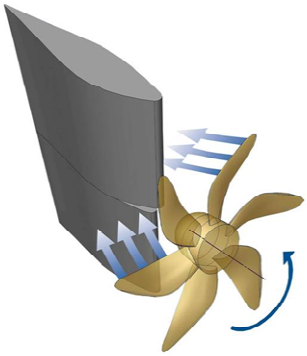
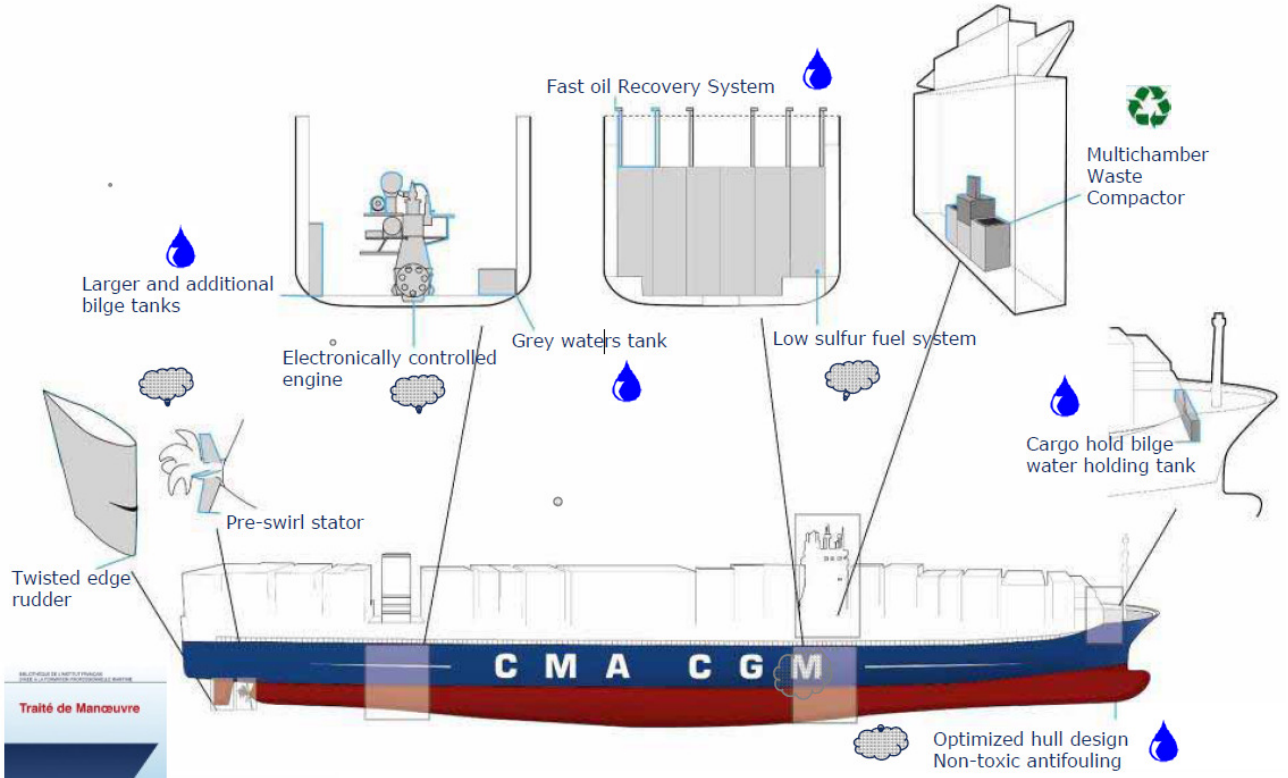


Figure 10: safran suspendu à bords orientés.

Ces deux principes améliorant l'hydrodynamisme. Combiné au stator à pales fixes (*Pre-Swirl Stator*), le safran suspendu à bords orientés permet d'optimiser l'hydrodynamisme et de réduire de 2 à 4% la consommation et les émissions atmosphériques.

Le moteur à injection électronique

Le moteur à injection électronique (contrôlée électroniquement et non mécaniquement par le biais des soupapes) permet de descendre à des allures basses (« *low steaming* ») sans obérer le rendement global de l'appareil propulsif (figure 11).



Référence:
Traité de Manœuvre H.Baudu: page 49

Figure 12: Amélioration apportées sur les 16 000 TEU de type Marco Polo.