

Les navires rapides

Au cours de cette communication sur les navires rapides je vais évoquer des aspects de la réglementation maritime internationale et de la technologie navale : j'en suis d'autant plus heureux que de tels sujets sont rarement abordés dans notre Compagnie et qu'ils ont pris une importance considérable avec la véritable explosion du trafic maritime international actuel. Mon but n'est pas de faire un exposé exhaustif sur les navires rapides mais de mettre en valeur, d'une part, les éléments originaux et innovants de ce type de navire et, d'autre part, d'examiner leur contribution à l'évolution de la réglementation. Je m'intéresserai plus spécialement à ceux qui ont navigué ou qui naviguent encore dans notre région.

Les navires rapides ont deux autres appellations : « navire à grande vitesse » (NGV) – qui est essentiellement un nom commercial – et « engin à grande vitesse », qui est l'appellation technique.

L'intérêt pour ce type de navire a commencé à apparaître dans les années 1990. Le coût du combustible n'était pas trop élevé, l'augmentation de la vitesse de transport était un besoin commercial pour attirer une nouvelle clientèle. Ces navires présentaient l'avantage d'avoir des équipages très réduits par rapport à des navires conventionnels, à une époque où les dépenses en personnel étaient un élément majeur du coût d'exploitation ; la réduction des équipages diminuait également les risques de conflit social et d'arrêt d'exploitation pour fait de grève.

Les différents concepts de navire rapide

- monocoques : leurs formes peuvent varier, conduisant à des répartitions différentes de poussée hydrostatique et de force hydrodynamique de portance ; ils peuvent être équipés d'ailes portantes permettant un déjaugage complet ;
- catamarans de différents types : classique, type perceur de vague avec coque centrale, à effet de surface, avec ailes portantes ;
- trimarans conçus pour la plupart avec une coque centrale très élancée et deux petits flotteurs latéraux assurant la stabilité transversale ;
- navires multicoques présentant un nombre de coques supérieur à trois : cf. les quadrimarans développés dans la région de Toulon ;
- coques porteuses immergées permettant de développer des navires moins sensibles aux mouvements de la surface de la mer ; ces carènes présentent une surface de flottaison très réduite : pour cette raison, les mouvements de la surface du plan d'eau induisent de très faibles variations de poussée, provoquant de faibles mouvements de plate-forme.

La réglementation des navires rapides

La réalisation de navires rapides qui soient économiquement performants nécessitait une réglementation adaptée, différente de celle des navires classiques civils, pour permettre de faire des navires plus légers présentant des caractéristiques puissance-vitesse plus favorables que celles des navires conventionnels : l'Organisation maritime internationale a adopté, en 1994, une résolution définissant les règles de conception des navires rapides et remplaçant, pour eux, les règles SOLAS (sécurité de la vie humaine en mer) utilisées pour les navires conventionnels.

De même, les sociétés de classification ont édité des règlements spécifiques reprenant le document OMI et leurs propres règles internes. Les sujets suivants y sont traités : stabilité, protection contre l'incendie, dispositifs de sauvetage, machines, équipements de navigation et de radiocommunications, formation de l'équipage.

Les catégories de navires rapides

Deux catégories de navires, A et B, sont définies :

- la catégorie A, pour laquelle le nombre de passagers est limité à 450 : ce type de navire doit être assisté, en cas d'évacuation, de telle manière que les passagers et l'équipage soient récupérés dans un délai prenant en compte les caractéristiques géographiques et d'environnement de la zone de navigation ;
- la catégorie B, pour laquelle le nombre de passagers n'est pas limité : ce type de navire ne requiert pas d'aide extérieure réglementairement en cas d'évacuation ; le navire doit être conçu pour qu'en cas d'avarie mettant hors service un compartiment de propulsion il puisse continuer à naviguer en toute sécurité ; les navires des lignes continent-Corse sont de ce type.

Limites de navigation

Un engin à grande vitesse est soumis à des limitations de vitesse en fonction de l'état de la mer et à une interdiction de naviguer au-delà d'un état de mer limite pour lequel la structure a été calculée. Une personne à terre de l'armement maritime assurant l'exploitation du navire est désignée pour autoriser son départ en fonction des conditions et prévisions météorologiques.

Nous voyons ainsi apparaître trois nouvelles notions par rapport aux navires répondant à la réglementation SOLAS : 1° l'aide extérieure en cas d'abandon du navire, qui est obligatoire et qui impose des disponibilités de navires sur zone en permanence ; 2° des conditions de mer extrêmes, au-delà desquelles le navire n'est pas autorisé à naviguer ; 3° des limites de vitesse à respecter en fonction des états de la mer.

Analyse des défaillances

Cette réglementation a également introduit le concept de l'analyse des défaillances qui a été reprise depuis dans d'autres règles, méthode déjà imposée pour l'étude d'autres moyens de transport tels que les aéronefs. La règle précise : « La probabilité d'une défaillance totale de tous les systèmes de conduite doit être extrêmement réduite dans les conditions normales d'exploitation, c'est-à-dire à l'exception des situations telles qu'un échouement, un abordage ou un incendie ».

Les conséquences pratiques sur la conception du navire sont :

- une disposition géographique des matériels dans des locaux différents pour éviter, en cas de brèche, un arrêt du navire ;
- l'indépendance des lignes propulsives, y compris de leurs moyens de contrôle ;
- l'analyse de défaillances pour les auxiliaires communs aux lignes de propulsion (caisses, prises d'eau, tuyautages, compresseurs d'air, groupes électrogènes, ventilation, etc.) ; cette analyse devra prouver que, malgré l'avarie considérée, le navire peut toujours naviguer en sécurité, étant, bien entendu, admis que la puissance de propulsion peut être réduite.

Autres particularités

La réglementation permet également, dans le but d'alléger ces navires, des écarts supplémentaires par rapport aux règles SOLAS :

- les structures peuvent être faites avec d'autres matériaux que l'acier ;
- une seule ligne de mouillage est requise ;
- la conception du navire doit prendre en compte les efforts dus à un abordage : les fixations des matériels du navire doivent résister aux accélérations correspondantes ; pour la même raison, en fonction des valeurs d'accélération calculées, les sièges doivent être munis de ceinture de sécurité ou non ;
- les navires sont équipés de radeaux pneumatiques pouvant recevoir 110 % des personnes embarquées ; les passagers évacuent par des toboggans munis d'une plateforme à partir de laquelle ils embarquent sur les radeaux ; la présence d'embarcations de sauvetage n'est pas exigée comme dans les règles SOLAS pour des raisons de poids et d'encombrement.

Gestion de la sécurité

Enfin, pour terminer cet examen de la réglementation des navires rapides, je voudrais signaler qu'elle a été une des premières à intégrer que la sécurité maritime ne concerne pas uniquement la conception et la construction du navire : elle stipule que les officiers et les équipages doivent être formés à son utilisation et à son entretien. La documentation obligatoire à bord de l'engin rapide traite, en particulier, de la gestion de la sécurité et couvre, entre autres, les domaines suivants : communication terre-bord, qualification et formation des membres de l'équipage, connaissance du matériel, conditions limites d'exploitation, identification de la personne à laquelle il appartient de décider, ou d'annuler, ou de retarder un voyage.

La sécurité des transports maritimes est une véritable chaîne, formée par les différents intervenants qui sont soumis à la gestion de la sécurité pour les tâches qui leur incombent, y compris les intervenants à terre.

Courbes de confort

Les navires rapides sont soumis à des accélérations particulièrement fortes du fait de leur faible déplacement par rapport aux navires conventionnels de même taille. D'autre part, en raison de leur vitesse élevée, la fréquence de ces accélérations est plus importante que pour les navires classiques. Le confort des passagers et leur résistance au mal de mer est donc particulièrement important.

Le premier choix à faire est celui du type de carène. Dans le cas des navires rapides de la première génération reliant le continent à la Corse, dont le programme commercial était de transporter 150 voitures, le choix du monocoque s'est imposé car il permettait de concevoir un navire plus long qu'un catamaran de même capacité : à programme commercial identique, un catamaran est, en effet, plus court qu'un monocoque du fait de sa plus grande largeur. Il est important que la longueur du navire soit supérieure si possible aux longueurs d'onde de la houle pour minimiser les mouvements de tangage.

Les travaux de O'Hanlon et Mc Cauley permettent de juger du risque que les passagers aient le mal de mer pour un temps de navigation donné : ce risque est estimé à partir de l'accélération verticale à laquelle est soumis le passager et de la fréquence de cette accélération, qui dépend de la période propre de la houle, de la route du navire, de la vitesse du navire.

En soumettant un échantillon de personnes à différentes amplitudes et fréquences d'accélération verticales, ces chercheurs ont pu établir un réseau de courbes donnant, pour différents pourcentages de personnes malades, les valeurs d'accélération à ne pas dépasser pour une durée d'exposition fixée. Il est bien évident que d'autres paramètres – tels que la température, le bruit, les odeurs – ne sont pas pris en considération malgré leur importance. Ces courbes doivent être considérées plus comme des unités de mesure que comme des valeurs absolues de passagers atteints de mal de mer.

Les valeurs retenues pour la conception des NGV de la première génération sont les suivantes : pourcentages théoriques de passagers ayant le mal de mer – 2 %, 5 % et 10 % – pour des houles de 1,5 m, 2,25 m et 3,25 m. Un progrès considérable a été réalisé sur la deuxième génération : la réduction de 10 % à 2 % de passagers atteints du mal de mer par

3,25 m de hauteur de houle.

Hauteur de houle (en mètres)	Période de houle (en secondes)	Probabilité d'occurrence de houles de hauteur inférieure ou égale (en pourcentage)	Pourcentage de passagers ayant le mal de mer
NAVIRE DE PREMIERE GENERATION			
1,5	5	80	2
2,25	6,5	95	5
3,25	7,5	98	10
NAVIRE DE DEUXIEME GENERATION			
3,25	7,5	98	2

Il est ainsi possible, avec l'aide des courbes précédentes, de déterminer les niveaux d'accélération maximum, de dimensionner le système de stabilisation après estimation ou mesure au bassin des accélérations du navire sans stabilisateur.

Des maquettes d'essais en bassin ont été faites des coques des deux générations et ont été équipées des modèles d'ailerons de stabilisation anti-tangage et anti-roulis ainsi que du système de commande de ces appendices du même type que celui équipant le navire réel. Ces maquettes ont navigué au bassin sur des houles générées par un batteur de houle pour vérifier que les valeurs contractuelles d'accélération étaient bien atteintes.

Description des navires rapides continent-Corse de première et deuxième générations

Les deux navires qui appartiennent à la première génération sont les NGV *Asco* et *Aliso*. Commandés aux chantiers Leroux et Lotz, et livrés pour la saison d'été de 1996 à l'armement SNCM, ils ont été revendus en 2004 à un armement grec. Leur exploitation a été un succès commercial qui a conduit à la décision de mettre en service un troisième navire rapide.

Le NGV *Liamone* appartient à la deuxième génération. Construit par Alstom Leroux Naval et livré pour la saison d'été de l'année 2000, il est toujours en exploitation à la SNCM.

Caractéristiques générales

La comparaison des caractéristiques générales des deux générations de navires montrent les objectifs recherchés dans la conception de la deuxième génération :

- diminuer le pourcentage de voyages annulés pour raisons météorologiques (entre avril et septembre, période d'exploitation, il est réduit de 7,1 % à 1,6 %) ;
- vitesse d'exploitation de 42 nœuds contre 37 nœuds ;
- transporter 250 voitures et plus de 1000 passagers, contre 148 voitures et 500 passagers.

Caractéristiques	1 ^{re} génération NGV <i>Asco</i> et <i>Aliso</i>	2 ^e génération NGV <i>Liamone</i>
Longueur hors tout	102 m	134 m
Longueur entre perpendiculaires	87,50 m	120 m
Largeur hors tout	15,40 m	19,80 m
Creux au pont principal	5,20 m	6,20 m
Tirant d'eau avec stabilisateur	3,70m	5,40 m
Nombre de passagers	500	1116
Nombre de voitures	148	250
Propulsion	4 moteurs diesel MTU de 6 500 kW	2 moteurs diesel MTU de 6 500 kW 2 turbines à gaz GE de 2 5000 kW
Puissance totale	26 000 kW	63 000 kW
Vitesse à 90% de la puissance maximum	37 nœuds	42 nœuds
Hauteur de vague maximum autorisée pour la navigation	4 m	6 m
Combustible	gasoil	gasoil
Consommation horaire	4,1 t	12 t

Navires	Hauteur de houle autorisée	Voyages annulés pour raisons météorologiques	
		avril-septembre	année
NGV <i>Asco</i> et <i>Aliso</i>	4 m	7,1 %	14,5 %
NGV <i>Liamone</i>	6 m	1,6 %	2,9 %

Structure

Les coques des navires de la première génération ont été conçues en alliage d'aluminium. Le gain de poids obtenu par l'utilisation d'alliages d'aluminium par rapport à un navire de mêmes dimensions en acier est de 30 à 40 %. Néanmoins, un certain nombre de difficultés résultent de ce choix : il faut signaler plus particulièrement la moins bonne tenue des ensembles soudés à la fatigue et la perte de résistance mécanique de l'aluminium en cas d'échauffement du à un incendie – la structure des garages à véhicules est protégée par une isolation incendie pour cette raison. Ces structures ont été calculées à l'aide de programmes informatiques utilisant la méthode des éléments finis.

Pour le navire de la deuxième génération, le choix de l'acier haute résistance pour la coque et d'un alliage d'aluminium pour les superstructures a été fait pour pallier les difficultés décrites ci-dessus.

Les navires sont équipés d'un système de visualisation et d'enregistrement de contraintes d'ensemble de certains éléments de la coque. Les informations données sont une aide à la conduite, des diodes de couleur permettent de juger de l'importance de ces contraintes et de décider ainsi d'un changement de route ou d'une réduction de vitesse.

Emménagements

Les navires possèdent deux niveaux de garages, une porte avant doublée d'une porte-rampe étanche qui autorise un déchargement par l'avant. Ainsi, le temps de chargement ou déchargement n'excède pas 40 mn.

Les passagers voyagent dans des salons fauteuils ; ils ont à leur disposition un bar pour les premiers navires et un bar et un espace de restauration rapide pour la deuxième génération.

Des matériaux légers du type nid d'abeille sont utilisés pour les cloisons, vaigrages et la confection du mobilier.

Système de stabilisation

Pour répondre aux critères de confort, particulièrement sévères, définis précédemment, les navires de la première génération ont été équipés de cinq appendices.

– Un plan porteur en T situé à l'avant du navire permet de limiter le tangage. Il est constitué d'une partie verticale au bout de laquelle est fixé un plan horizontal. L'ensemble est mobile autour d'un axe transversal situé à l'intérieur de la coque du navire. De plus, sur la partie horizontale de l'appendice et sur le bord de fuite du profil, sont disposés deux volets qui permettent de retarder le décollement de l'écoulement. Ces deux éléments sont commandés par des vérins hydrauliques situés dans la coque. Tout le mécanisme est ainsi protégé.

– Une paire d'ailerons latéraux situés aux deux tiers arrière des navires a essentiellement pour effet d'assurer une bonne stabilité de route et de corriger le roulis. Le navire de deuxième génération a une paire d'ailerons latéraux supplémentaire située vers l'avant pour diminuer les mouvements de roulis par mer de travers.

– Une paire de volets situés à l'arrière des navires contribuent à limiter le roulis, le tangage, ou les deux simultanément. Ces deux volets sont situés dans le prolongement du bordé de fond à la limite du tableau arrière.

– Un module situé près du centre de gravité des navires est équipé de gyroscopes et d'accéléromètres permettant de mesurer les six composantes des mouvements de plateforme. Ces données sont traitées dans un calculateur dont l'algorithme donne en temps réel la position optimale des appendices.

Propulsion

La propulsion des navires de la première génération est assurée par quatre hydrojets. Un hydrojet est constitué d'un tunnel intégré à la coque du navire. À la sortie de ce tunnel se trouve la pompe, constituée d'un rotor entraîné par l'arbre moteur et d'un stator situé derrière le rotor. Le débit d'eau ainsi pompé est éjecté à l'arrière du navire dans une tuyère. Les deux hydrojets latéraux sont équipés de tuyères de sortie qui sont mobiles : elles permettent de dévier le flux d'eau et, ainsi, de diriger le navire ; elles permettent aussi d'inverser la direction du flux et, ainsi, d'exercer des efforts qui font culer le navire. La combinaison de ces deux actions ainsi que la présence de deux propulseurs d'étrave assurent aux navires une grande manœuvrabilité.

Les principaux avantages des hydrojets, par rapport à des hélices classiques, sont les suivants :

- encombrement réduit : le faible tirant d'eau ne permet pas l'installation d'hélices classiques ;
- diminution du niveau vibratoire du à un écoulement de l'eau très uniforme dans le rotor ;
- meilleure manœuvrabilité.

Chaque hydrojet est entraîné par un moteur de 6 500 kW via un réducteur. Les moteurs ont 20 cylindres suralimentés séquentiellement.

Sur le navire de deuxième génération, la propulsion est assurée par deux moteurs diesel de 6 500 kW également et par deux turbines à gaz de 25 000 kW unitaire en raison de la puissance nécessaire et de quatre hydrojets orientables. Les turbines à gaz et les moteurs diesel retenus présentent un rapport poids/puissance particulièrement faible.

Avenir des navires rapides

Le marché de la construction des navires rapides a fortement décliné ces dernières années, pour plusieurs raisons :

- le marché est mature, les lignes susceptibles d'être exploitées le sont déjà et très peu de nouvelles lignes s'ouvrent ;
- la hausse vertigineuse du prix des soutes a attaqué les profits des opérateurs et est un obstacle durable à l'ouverture de nouvelles lignes ; l'utilisation de gasoil comme combustible aggrave ce poste de dépense ; le contexte général de

réduction des consommations et des émissions polluantes est contraire à l'expansion du concept ;

– les armateurs ont tendance à diminuer la vitesse d'exploitation des navires pour réduire les dépenses en combustible ; il est intéressant de remarquer que la tendance actuelle, en particulier pour les porte-conteneurs, est de rajouter des navires sur les lignes et de ralentir l'ensemble des navires de cette même ligne pour diminuer la consommation de combustible : l'augmentation du temps de la traversée est compensée par un délai d'attente moins long.

Une vingtaine de navires rapides sont en commande, dont deux seuls font plus de 100 m. Le concept des multicoques – catamarans et trimarans – s'est imposé au détriment des monocoques : il est vraisemblable que, dans les zones actuelles relativement abritées d'utilisation des navires rapides, les avantages des multicoques – essentiellement leur puissance de propulsion inférieure – sont supérieurs à ceux des monocoques, mieux adaptés à des zones de navigation plus difficiles.

Le nombre des grands constructeurs s'est réduit à une dizaine avec une part du marché majoritaire d'un chantier australien.

Le marché le plus animé reste celui des petits navires pour des navettes fréquentes dans les zones urbaines et périurbaines abritées.

La situation pourrait évoluer si les constructeurs et les motoristes parvenaient à concevoir des navires rapides consommant du fuel lourd ou du méthane. Cela sera peut-être une des caractéristiques de la troisième génération de navires rapides.

Raymond DUSSERT-VIDALET