

# Effets de la réduction

Prenez comme exemple un VLCC (*Very Large Crude Carriers*, pétroliers entre 150 000 tonnes et 320 000 tonnes de port en lourd) qui, à 15,5 nœuds consomme 104 tonnes de fioul lourd 380 cSt (centistocke) par jour (*lire encadré*).

## 1. Sur la consommation

Celle-ci est proportionnelle au cube de la vitesse.

Posons V1 et C1 les vitesse / consommation à 15 nœuds, et V2 C2 les mêmes éléments à 12 nœuds :  $(V1)^3/(V2)^3 = C1/C2$

Pour un VLCC, C1=104 tonnes/jour à 15 nœuds.

Nous aurons la nouvelle consommation à 12 nœuds :  $C2 = 104 \times (12)^3/(15)^3 = 53,2$  tonnes/jour.

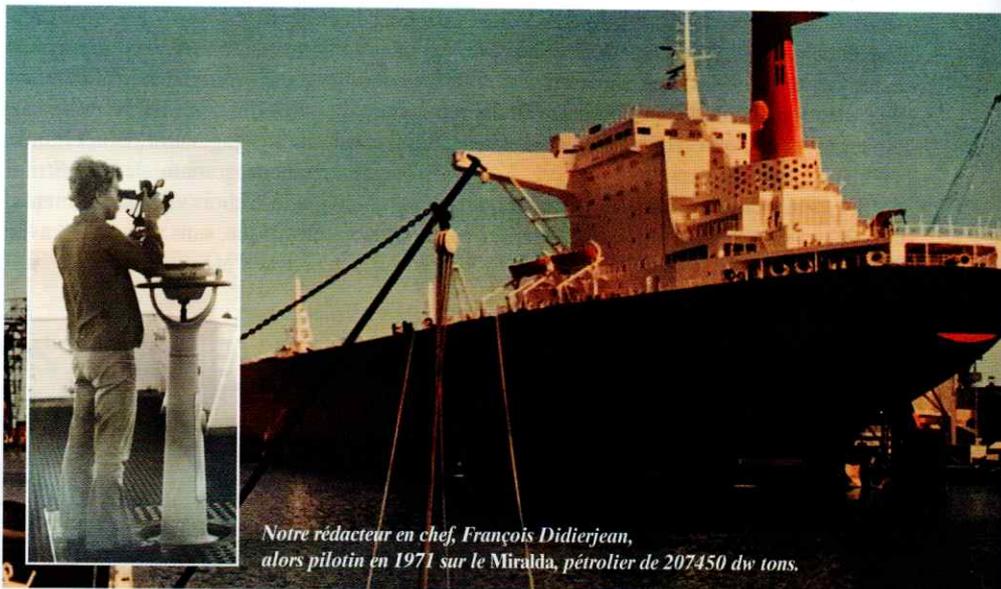
Trois nœuds de réduction de vitesse divisent la consommation presque par deux !

Pour un voyage de 5 000 nautiques, on mettra cependant plus de temps à 12 nœuds qu'à 15 nœuds :  $5\,000/24 (1/12-1/15) = 3,46$  jours de plus. (17,36 jours contre 13,9 jours)

L'économie de combustible sera donc, compte tenu du fait que le navire consommera moins par jour, mais mettra plus longtemps pour faire le même trajet :  $5\,000/24(104/15-53,2/12) = 520,82$  t

Soit  $(520,82 \times 100)/(13,9 \times 104) = 36,03$  %. C'est l'économie de soutes par tranche de 5 000 nautiques. C'est également le pourcentage de réduction des émissions sur cette même distance.

Chiffrons cela, sur la base du marché présent de 350 \$/TM du HFO :



Notre rédacteur en chef, François Didierjean, alors pilote en 1971 sur le *Miralda*, pétrolier de 207450 dw tons.

L'économie réalisée est  $520,82 \text{ t} \times 350 \text{ \$/t} = 182\,287$  \$ par tranche de 5 000 nautiques. Cela ne représente qu'une petite partie du revenu time-charter dans un marché tendu ! Il est monté ces derniers jours à 240 000 \$/j ! Sur 5 000 nautiques, nous perdons cependant  $3,46 \text{ jours} \times 240\,000 \text{ \$/j} = 830\,400$  \$ en t/c.

Perte nette sur 5 000' =  $830\,400 - 182\,287 = 648\,113$  \$.

Certes, dans un marché t/c déprimé, l'effet est moins spectaculaire.

Le point mort, c'est à dire l'équilibre entre l'économie de soutes et le surcoût en t/c se réaliserait si :

$3,46 \times \text{T/C journalier} = 520,82 \times \text{prix des}$

soutes, c'est à dire T/C journalier =  $150,53$  fois le prix de la tonne de soute.

Dans l'exemple, avec un prix de soute de 350 \$/t, cela donnerait un t/c journalier de 52.685 \$/j.

En-dessous de ce t/c journalier, on a intérêt à réduire la vitesse, au-dessus, on est perdant.

## 2. Sur la capacité de transport du navire

On utilise couramment la (tonne x mille), dont l'inconvénient est son imprécision. En effet, le transport de 100 000 TPA (Tonnes Par An) sur 1 000 milles et celui de 50 000 TPA sur 2 000 milles ne nécessitent pas exactement la même capacité de transport (le rapport entre le temps passé au port et le temps passé à la mer n'est pas le même dans les deux cas).

Nous calculerons cette capacité de transport en adoptant les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Temps d'utilisation du bateau : 350 jours/an.
- Durée des escales : 1,5 jour / port (y compris les notices de prêt à charger / décharger).
- Volume de cargaison utile : 97 % du volume des cuves.

### 2.1 Unités employées

- n : nombre de rotations par an.
- d : distance en nautiques entre les ports de chargement et de déchargement.
- Vj : cinglage du navire en nautiques/jour.

*Le pétrolier Ti Europe, Ultra Large Crude Carrier (ULCC). Il s'agit du plus grand pétrolier du monde. Il y en a eu de plus grands, mais tous ont depuis été recyclés.*



PHOTOS DR

# de vitesse des navires

Ci-contre,  
L'Harmony of the Seas  
est un navire de croisière  
de la compagnie  
Royal Caribbean Cruise Line,  
construit aux Chantiers  
de Saint-Nazaire  
entre septembre 2013  
et mai 2016. Il est depuis  
cette date le plus grand  
paquebot au monde  
au côté de son sister-ship,  
le Symphony of the Seas.



- VCU : volume de cargaison utile en m<sup>3</sup>.
- (CT)<sub>d</sub> : capacité de transport du navire sur une distance d - en m<sup>3</sup> par an.

## 2.2 Calcul de la capacité de transport d'un navire sur une distance d

Elle est donnée par la relation :  $(CT)_d = VCU \times n$

$n = (350 - 3n)/(2d/V_j)$ , avec au numérateur le temps passé à la mer et au dénominateur la durée de la partie maritime d'une rotation.

Soit, après transformation,  $n = 350 V_j / (2d + 3V_j)$  et  $(CT)_d = VCU (350 V_j / (2d + 3V_j))$

La capacité de transport dépend ainsi :

- du volume de cargaison utile : relation linéaire,
- de la vitesse : relation non linéaire,
- de la distance entre ports : relation non linéaire.

Il apparaît que, augmenter infiniment la vitesse des navires, ferait tendre leur capacité de transport vers une limite asymptotique représentée par le temps passé au port.

Nous comparerons les capacités de transport de tous les navires en les mesurant sur un même parcours fixé arbitrairement à 5 000 nautiques :  $(CT)_5 = VCU (350V_j / (10\,000 + 3V_j))$

L'application de cette formule montre que, fut-ce sur 5 000 nautiques ou 10 000 nautiques, la réduction de vitesse de 15 à 12 nœuds résulte en une perte de capacité de transport telle que définie ci-dessus, de 20 %. (finalement le même pourcentage que celui de la réduction de vitesse).

Mais la capacité de transport est la capacité du navire à engendrer un revenu. Désormais, le navire ne pourra plus rapporter que 80 %

de son potentiel de chiffre d'affaires qui devra couvrir 100 % des dépenses, certes diminuées de l'économie de soutes (voir supra). Celle-ci ne bénéficie qu'à l'« armateur disposant », un anglicisme qui désigne l'affréteur dans les affrètements coque-nue ou à temps, et l'armateur dans ceux au voyage ou la ligne.

L'autre conséquence est l'amputation de la capacité de transport du marché de 1 navire sur 5. Une façon peut-être de tendre le marché, avec pour effet d'avancer une vague de commandes de constructions neuves.

### In fine

Notre flotte initiale comporte x navires, dont chacun fait des émissions sur la base de 100 t de fuel par jour. La réduction de vitesse

de 3 nœuds nous donne une réduction des émissions de 23,3 % sur 5 000 nautiques, et une perte de capacité de transport de 20 % sur la même distance. 1 % de réduction d'émission se traduit en 0,86 % de réduction de capacité de transport.

Se donner par exemple comme limite de taille de flotte celle qui fera autant d'émissions à 12 nœuds que la flotte initiale en faisait à 15 nœuds, signifie que l'on peut construire en capacité de transport jusqu'à atteindre 104,30 % à 12 nœuds de la capacité initiale à 15 nœuds.

Si maintenant l'idée est de reconstituer la capacité de transport que nous avions avec des navires à 15 nœuds et 100t/j, sachant que la réduction de vitesse de 15 à 12 nœuds a >>>

## Fioul lourd

La notion de « fioul lourd » désigne différents mélanges d'huiles minérales de viscosité élevée. Selon le pays et le secteur industriel, le fioul lourd est également appelé « fioul lourd n°2 (FO2) », « fioul marin (MFO) », « fioul résiduel (RFO) », « huile de chauffage lourde » ou « hydrocarbure de soute ». Il s'agit dans tous les cas d'un combustible particulièrement bon marché qui est utilisé de nos jours avant tout sur les navires. Selon le pays et le secteur industriel, il est généralement composé de résidus à point d'ébullition élevé issus de la distillation du pétrole brut. Contrairement au fioul domestique, sa viscosité est nettement supérieure. Par ailleurs, la qualité des différentes sortes varie considérablement et impose de ce fait des exigences élevées à l'installation de chauffage.

En raison de sa teneur élevée en soufre et en azote, le niveau d'émissions des installations de combustion au fioul lourd est clairement supérieur à celui des installations au fioul domestique. De ce fait, le fioul lourd est de moins en moins utilisé en Europe occidentale. De plus, les cuves et tuyauteries doivent être chauffées afin de pouvoir pomper et pulvériser ce combustible. En Allemagne, le fioul lourd répond à la norme DIN 51603 et pour la navigation internationale, il existe la norme ISO 8217.

Le centistocke (cSt) est l'unité de viscosité des fluides. Le fioul marin dont nous parlons ici est du 380 cSt car tous les fiouls marins ne sont pas du 380 cSt.



PHOTO: DR

Le porte-conteneurs Chopin est un navire de 277 m de long et 40 m de large qui peut transporter 8 000 conteneurs. Il suit la route maritime Barcelone-Fos-sur-Mer-Gênes-Malte-Damiette (Égypte)-Canal de Suez-Port Kelang (Malaisie)-Chiwan Qingdao (Chine)-Pusan (Corée du Sud) en effectuant 6 escales.

>> amputé la flotte mondiale de 20 % de sa capacité de transport, on pourra reconstituer la capacité de transport initiale par un apport de constructions neuves de 20 % du nombre initial de navires, mais dessinés pour 12 nœuds.

Ce faisant, en reconstituant à 12 nœuds la capacité de transport qu'avait cette même flotte à 15 nœuds, à quel niveau d'émissions nous trouverons-nous ? Nous avons vu que 20 % de la capacité de transport en moins, par le passage de la flotte de 15 nœuds à 12 nœuds, réduisait les émissions de 23,3 % de celles de la flotte initiale prise pour 100 %. Réduisant la vitesse à 12 nœuds nous amène donc à  $100\% - 23,3\% = 76,7\%$  des émissions initiales pour 80 % de la capacité de

transport initiale. Donc, rétablir à 100 % la capacité de la flotte par des constructions neuves à 12 nœuds nous mène à  $76,7 \times 100/80 = 95,88\%$  des émissions de la flotte initiale.

Cela ne prend pas en compte les émissions :

- pour la construction des nouveaux navires,
- pour leur positionnement entre le chantier et leur premier voyage, ni leur dernier vers le chantier de démolition.

Il demeure aussi que la vitesse étant ainsi réduite et la flotte pouvant être reconstituée comme expliqué ci-dessus, chaque navire travaillera en-dessous de sa capacité et sera donc nécessairement moins rentable, ce qui n'est pas un sacrifice dans un marché affréteur, mais le devient dans un marché armateur. (voir §1).

## Complément d'éléments par la rédaction

Une récente étude commandée par les associations *Seas at Risk* et *Transport & Environment* confirme les effets bénéfiques de la réduction de la vitesse des navires sur l'environnement, la faune maritime et la santé humaine.

Responsables du transport de 80 % des marchandises mondiales en volume, les bateaux sont à l'origine de 3 % des émissions de gaz à effets de serre mondiales.

Réduire la vitesse des transporteurs de 20 % aurait de nombreux avantages conclut l'étude. Les bateaux utilisent moins de pétrole ce qui restreint les niveaux de noir de carbone, de soufre et le dioxyde d'azote particulièrement nocifs pour les humains.

La pollution sonore sous l'eau serait diminuée de deux tiers, évitant possiblement la collision avec les baleines.

Cette mesure de réduction semble facile à contrôler grâce aux satellites qui permettent de tracker les mouvements des bateaux de transport et de déduire leur vitesse.

Sources : [https://seas-at-risk.org/images/pdf/publications/Multi\\_issue\\_speed\\_report.pdf](https://seas-at-risk.org/images/pdf/publications/Multi_issue_speed_report.pdf)

Un navire dessiné pour 12 nœuds coûtera-t-il moins cher qu'un navire dessiné pour plus de 15 nœuds ? Une réponse positive à cette question serait la conclusion du débat.

### 3. Les conséquences techniques de la réduction de vitesse

Faire tourner un Diesel en-dessous de la vitesse pour laquelle il a été conçu cause un encrassement et un vieillissement accélérés. On va donc augmenter les coûts d'entretien du navire. Les méthaniers seront les moins affectés par cette question.

Les propulsions à Diesel-électrique seraient les mieux adaptées : on ajuste le nombre de groupes électrogènes en marche à la puissance nécessaire.

On parle d'une mutation à long terme, une période de plus de vingt ans étant nécessaire pour le remplacement de tous les navires existants. Hystérésis très longue pour un redéploiement total de la flotte mondiale.

Reste cependant à voir si la diminution du prix de constructions neuves conçues pour de basses vitesses est en rapport avec la baisse du chiffre d'affaires attendue : si on observe que les rapports des coûts de machines tournantes de puissances différentes sont dans le même rapport que celui des racines carrées de leurs puissances, et que l'appareil à propulser représente environ 15 % du coût de construction, l'économie sur la construction de navires à 12 nœuds par rapport à ceux dessinés pour 15 nœuds est loin de compenser la perte d'exploitation. Prenons pour illustrer cette conclusion l'exemple d'un navire de 100 M\$. Son appareil à propulser coûte environ 15 M\$.

Une fois modifié pour 12 nœuds au lieu de 15, consommant ainsi 53,2 tonnes par jour au lieu de 104, l'économie réalisée sur la construction, donc l'investissement, sera :  $15(1 - \sqrt{53,2/104}) = 4,28$  millions de \$. En effet, faire le rapport des consommations revient à faire celui des puissances.

Dans un marché comme nous avons vu récemment, cela représente à peine 18 jours d'emploi ! Autrement dit, une économie sur l'investissement rapidement distancée par la perte de chiffre d'affaires.

*Mutatis mutandis*, le même type de calcul s'applique aux autres types de navires que le VLCC, pris ici comme exemple, avec des résultats plus ou moins spectaculaires.

J'imagine que, de surcroît, il faudra mettre en place des mesures coûteuses de contrôle du respect de cette limitation de vitesse. Mais alors, Sed quis custodiet ipsos custodes ?

En résumé : Qu'ai-je vu qu'ils n'ont pas vu, ou qu'ont-ils vu que je n'ai pas vu ?

CV (H) Francis BAUDU  
Académie de Marine

Nota : ce sujet est actuellement débattu par l'Académie de Marine.