

Les émissions du transport maritime: Questions économiques et technologiques

Selon l'OCDE les volumes de fret international vont être multipliés par plus de 4 d'ici 2050. Le nombre de navires marchands augmente rapidement chaque année. En 2016, le transport maritime a consommé 235 Mt de combustibles, soit un peu plus de 5% de la demande pétrolière mondiale. Le fioul lourd (HFO) principal carburant utilisé par les navires se caractérise par une forte teneur en oxydes de soufre, et d'azote ainsi qu'en particules fines et extra-fines. Le transport maritime serait dès lors responsable de 2 à 3% des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES). L'OMI a convenu en avril 2018 la réduction des émissions annuelles de GES du transport maritime d'au moins 50% d'ici 2050 et d'améliorer la performance de l'intensité carbone de 40% d'ici à 2030 par rapport à 2008. Le recours généralisé au slow steaming suite à la crise économique de 2008, l'optimisation dans la conception des navires ne suffiront pas et on assiste à une accélération du calendrier international des mesures de "verdissement" du shipping. Ces réglementations environnementales sont un défi pour les ports, les armateurs, les raffineries, les équipementiers et les techniciens. Des choix financiers doivent être faits sans avoir le recul nécessaire sur la technologie employée et le cadre juridique dans lequel ils s'insèrent. Comment l'industrie maritime s'adapte-t-elle au challenge environnemental?

Evolution réglementaire des règles d'émissions

Aujourd'hui, la teneur en soufre dans les carburants marins varie entre 3.5% (fioul lourd) et 0.1% (diesel marin) dans des zones dites d'émissions contrôlées (ECA). En 2016, l'OMI via l'Annexe VI de la convention Marpol (Marine Pollution) a pris la décision d'imposer à partir du 1er janvier 2020 un seuil maximal de 0,5% de teneur en soufre pour les combustibles marins à l'ensemble des navires marchands, sur tous les océans et mers.

Il existe également dans le monde des zones d'émissions contrôlées qui se subdivisent en zones dites SECA (SOx Sulphur Emission Control Areas), et NECA (NOx Azote Emission Control Areas).

En Europe, il existe trois zones SECA : la Manche, la mer du Nord et la mer Baltique. Dans ces eaux, la teneur en soufre des gaz rejetés est limitée à 0,1%. Les eaux des côtes des Etats-Unis, du Canada et d'une partie de la mer

des Caraïbes sont également soumises au seuil de 0,1% pour le SOx, doublée d'une zone NECA depuis 2016. Le contrôle des dioxydes d'azote ne prendra effet dans les zones SECA européennes qu'en 2021. La Méditerranée, pourrait passer en zone SECA, une demande a été faite en ce sens notamment par la France auprès de l'OMI.

Les armateurs pour se conformer à la réglementation devront arbitrer entre plusieurs technologies : l'usage d'un fioul marin à basse teneur en soufre, l'installation de scrubbers (épurateurs de fumée), l'usage de gaz naturel liquéfié (GNL), de piles à combustible (hydrogène). Pour les armateurs, le choix d'une technologie plutôt qu'une autre n'est pas simple, plusieurs facteurs doivent être pris en compte: le type et l'âge du navire, le taux de présence dans les ECA, les ports d'approvisionnement en carburant à faible émission, les caractéristiques techniques du navire, le cadre réglementaire.

Les ports et les pouvoirs publics ont également leur rôle à jouer via l'installation de récupérateurs de déchets et d'eaux usées des navires, d'un système d'installation électrique à quai, de malus/ bonus adossés aux droits de port. Les Etats et l'Union européenne doivent pouvoir donner un coup de pouce aux opérateurs dans cette transition écologique et énergétique, via le financement de programme de R&D, de régimes d'aides à la transition écologique.

Les différentes technologies: choix difficiles pour les opérateurs

Carburants à faibles émissions soufrées et GNL

Pour répondre aux exigences environnementales, du côté des carburants « traditionnels », il y a deux options : le MDO (*Marine Diesel Oil*) ou le LSHFO (*Low Sulphur Oil*). Le LSHFO (adapté aux émissions de 0.5%) ne permettra pas de répondre aux exigences les plus strictes alors que le MGO le pourra (émissions de 0.1%). Le GNL, lui, répond aux exigences les plus strictes. D'un point de vue économique, son prix se situe et continuera très certainement à se situer entre les prix du LSHFO (moins cher) et du MGO (plus cher).

Comparée à celle du fuel lourd traditionnel, la combustion du GNL génère des réductions de 100% des oxydes de soufre et des particules fines, de 80% des oxydes d'azote

et de 20% du CO2. A l'heure actuelle, le GNL est le carburant carboné le plus efficace d'un point de vue technique, opérationnel et environnemental.

Ferry dans le port de Barcelone



En 2018, sur 50 000 navires on comptabilisait 121 navires dans le monde utilisant la propulsion au GNL ou étant "gaz ready", c'est-à-dire pouvant utiliser ou non du GNL. En 2025, ils devraient être deux fois plus nombreux au regard des carnets de commande des constructeurs. Ces navires opèrent pour leur grande majorité dans les zones ECA et sont issus de constructions neuves. La plupart des navires fonctionnant au GNL (hors méthaniers et navires de soutage) sont des navires à passagers, des ferries et bientôt des paquebots. Une telle modification sur un navire existant est néanmoins complexe et coûteuse.

Le gaz naturel, comme hydrocarbure, suivra en partie les cours mondiaux du pétrole, et connaîtra les mêmes sensibilités géopolitiques. Néanmoins sa plus grande disponibilité à venir (en termes de réserves mondiales et de marché) devrait le maintenir à des prix acceptables. De nombreuses études sur le sujet ont confirmé l'intérêt économique du GNL aujourd'hui et dans les décennies à venir. Une fois ce principe établi de nombreuses questions se posent pour ce nouveau carburant.

Le coût d'installation d'un moteur à gaz ou bicarburant, des réservoirs de GNL, de la tuyauterie appropriée et de l'équipement connexe peut augmenter le prix d'un nouveau navire jusqu'à 30% par rapport à la technologie de propulsion conventionnelle. Concernant le prix du carburant marin GNL, il est souvent confondu avec celui plus général du gaz naturel dans ses comparaisons avec les fiouls marins traditionnels (HFO et MGO). Une telle comparaison est inopérante pour l'instant puisque le prix du GNL de soutage n'a pas encore de cotations publiques, le marché reste à créer.

En outre, les navires GNL devront faire escale dans des ports présentant des infrastructures adaptées

(approvisionnement par camion ou par navire). Des premiers navires avitailleurs soit purement GNL soit mixtes GNL-Fuel entrent en service. Ainsi, le soutage GNL doit pour être rentable, entrer dans une chaîne économique viable incluant le stockage et l'approvisionnement. A l'échelle des sous régions du monde, certains ports offriront des capacités de soutage en relation avec les différentes lignes régulières (conteneurisation, ferries, paquebots).

Evolution des prix des carburants entre novembre 2013 et 2018 à la tonne en \$ sur la valeur de Rotterdam

| | 02/10/2013 | 02/10/2015 | 02/10/2018 |
|---------|------------|------------|------------|
| IFO 380 | 575,50 | 220,50 | 452,50 |
| IFO 180 | 604 | 256,50 | 492,5 |
| MGO | 895 | 895 | 670,5 |
| ULSFO | - | 388,50 | 630,5 |

Source shipandbunker.com

* Le prix du GNL / équivalent énergétique sur une tonne métrique de IFO 380 était de 240 \$/tonne en avril 2018.

Concernant les effets du surcoût du carburant quelques soit les lignes maritimes, une surcharge du poste soutage se répercutera sur les coûts opérationnels du navire. Si clairement le coût du transport maritime, pour les agents économiques directs (armateurs, chargeurs) va dangereusement augmenter sur certaines lignes, le coût final répercuté au consommateur sera minime tant la part du transport dans le coût final d'un produit est marginale.

La crainte des opérateurs concernant ces fiouls à basse teneur en soufre est leur disponibilité, leur accessibilité, leurs coûts d'approvisionnements et leurs compatibilités techniques à bord des navires.

L'usage du GNL est plus adapté pour les ferries, les rouliers et les paquebots qui effectuent des trajets réguliers et dont l'avitaillement peut être facilement anticipé, bien que le process soit lent. La demande en fioul marin à très basse teneur en soufre pourra-t-elle être satisfaite par les raffineurs? L'échéance 2020 semble courte pour certains. Les raffineries devront s'adapter et investir en capacité de désulfuration. La durée de construction de ce type de projets et leur nombre réduit rendent probable un défaut de carburant à faible émission de soufre.

Scrubbers

L'épuration est un procédé qui permet de neutraliser les gaz d'échappement à l'aide d'un fluide (solution aqueuse alcaline) qui absorbe les SOx à 90% selon certaines études. Les gaz d'échappement désulfurés sont rejetés par la cheminée du navire. Le coût d'un scrubber avec

l'installation oscille entre 5 et 10 M\$. Ce procédé peut être à boucle ouverte ou fermée :

- Fermée : les déchets produits par ce procédé sont stockés à bord et débarqués dans une installation de réception à terre en tant que déchet dangereux.
- Ouverte: après lavage puis traitement chimique ces eaux sont rejetées en mer.

Les scrubbers à boucle ouverte font débat notamment via l'usage de produits chimiques pour traiter les eaux de lavage de gaz. La réglementation prévoit des normes de rejet permettant de garantir que ces rejets n'ont pas d'impact sur la qualité de l'eau. Cependant, certains ports interdisent dès à présent le rejet de ces eaux. Ce qui pourrait rendre de facto cette technique quasiment obsolète alors qu'elle représente plus de 60% des scrubbers actuels ou en cours d'installation.

Une nouvelle technologie d'épuration des gaz d'échappement par filtration est en cours d'élaboration. Ce filtre permettrait une désulfuration à sec des gaz d'échappement et éliminerait les particules fines et ultrafines. Il sera installé sur l'un des navires de La Méridionale l'année prochaine.

Actuellement moins de 1% des navires dans le monde sont équipés de scrubbers ce qui représente 983 navires équipés et ayant commandé des scrubbers (63% en retrofit). Les scrubbers sont posés de préférence sur des navires anciens, de gros tonnage effectuant de longue distance. L'incertitude sur la disponibilité des carburants à faible teneur en soufre et les potentielles complications opérationnelles ont incité certains armateurs à opter pour les scrubbers. La demande a doublé en six mois, les cales des chantiers de réparation navale sont pleines et l'échéance 2020 va poser problème pour certains armateurs.

Evolution des émissions de polluant par rapport à un navire HFO classique

| | SOx | NOx | PM | CO2 | Cibles privilégiées |
|----------|-------|------|-------|------|--|
| MGO | -90% | 0% | -60% | 0% | Navires circulant peu en SECA |
| HFO +scb | -90% | 0% | -50% | +2% | Navires trop âgés pour être convertis au GNL |
| GNL | -100% | -80% | -100% | -20% | Ferries / rouliers naviguant en SECA |

Source Analyse Sia Partners 2015

Le choix pour les opérateurs de recourir à des carburants à faible émission, poste de dépense qui intègre les OPEX (dépenses d'exploitation) ou d'équiper son navire de scrubbers, dépense qui intègre les CAPEX (dépenses d'investissement) dépend de la capacité d'investissement de l'opérateur. Les opérateurs aux reins solides auront

tendance à intégrer ce surcoût dans leur CAPEX. Cette visibilité du retour sur investissement en fonction de la technologie choisie est très complexe à saisir et encore aujourd'hui les incertitudes sont nombreuses.

Cold ironing portuaire

Le *cold ironing* ou branchement électrique à quai consiste à raccorder le navire au réseau électrique terrestre. Le navire arrête ses moteurs tout en poursuivant ses activités de consommation d'électricité pendant l'escale (chargement, déchargement, éclairage, climatisation). L'opération de connexion et de déconnexion ne prend qu'une quinzaine de minutes. La gestion et la fourniture électriques relèvent de l'opérateur portuaire. Le branchement direct à quai impose des investissements à la fois de l'armateur et des autorités portuaires ou opérateurs de terminaux (tableaux électriques supplémentaires pour le navire, système de manipulation de câbles, transformateur abaisseur, convertisseur de fréquence).

Le prix du KW fourni par le réseau terrestre est à prendre en compte par l'armateur. Le port doit disposer d'un nouveau poste électrique. Les navires ayant un tel dispositif ne sont pas soumis à l'obligation d'utiliser du fioul à basse teneur en soufre pendant leur escale au port. Ce procédé permet d'éliminer les pollutions atmosphériques, les nuisances sonores et les vibrations.

Le *cold ironing* est déjà bien implanté aux Etats-Unis, en Belgique, en Chine, au Canada, en Allemagne, en Suède, en Finlande et aux Pays-Bas. De nouvelles séries de normes électriques internationales sont en passe d'être ratifiées et devraient accélérer son essor.

En France c'est la compagnie *La Méridionale* et le GPM de Marseille qui ont pour la première fois utilisé le courant de quai en 2017. *Corsica Linea* suivra le mouvement à partir de 2019. Une autre technique a été mise en place à Hambourg afin de permettre de ne pas recourir aux réseaux électriques terrestres.

Le courant de quai est obtenu à partir de gaz naturel liquéfié via deux conteneurs posés sur le quai; l'un contenant une citerne de GNL, et l'autre le groupe électrogène produisant de l'électricité. Cette technique simplifie le process.

Le branchement à quai est encore sous utilisé. C'est pourquoi des députés européens sollicitent la Commission européenne pour détaxer la fourniture d'électricité aux navires lors de leur escale à quai. A ce jour seuls l'Allemagne, la Suède et le Danemark accordent des réductions de taxes pour ces escales raccordées. A Marseille, les ferries de La Méridionale et bientôt de Corsica Linea verront leurs droits de port allégés.

Embranchement à quai au port de Los Angeles



Photo ISEMAR

Des efforts qui restent à mener

Les armateurs doivent se préparer au durcissement des normes environnementales existantes et à l'entrée en vigueur de nouvelles règles en la matière. Le "verdissement" de l'industrie maritime doit passer par une application homogène de la réglementation, à la fois dans son applicabilité, dans son contrôle et dans les peines encourues en cas de non-respect au sein des Etats parties aux conventions. Cette harmonisation évitera les éventuelles distorsions de concurrence entre les ports.

Le cadre juridique doit gagner en stabilité afin de sécuriser les investissements des armateurs et de stimuler les efforts des fabricants pour relever les défis techniques. A moindre coût le *slow steaming* reste toujours une option. Une diminution de la vitesse de 10, 20 et 30% permettrait de diminuer les émissions de CO² de 13, 24 et 33% d'ici à 2023. Les armateurs sont à la recherche constante de l'efficacité énergétique. Des incitations financières pour les navires ayant la meilleure performance en matière d'émissions atmosphériques encouragent les armateurs vers une démarche vertueuse. Ces incitations financières peuvent prendre la forme d'allègements des droits de port comme à Rotterdam, Los Angeles, New York. A Singapour, le programme Green Port admet une baisse jusqu'à -15% sur les tarifs portuaires. Cette volonté politique favorise l'innovation, la R&D et permet aux entreprises implantées sur ces Etats d'avoir un "navire d'avance". C'est le cas de la Norvège; pays qui s'est fixé comme objectif d'avoir un transport maritime intérieur à zéro émission, via l'usage d'hydrogène notamment. D'ici 2026, la navigation dans les fjords ne devrait pas émettre de GES.

La France a récemment montré l'exemple en engageant des poursuites à l'encontre du capitaine de l'*Azura*, un paquebot de la compagnie P&O Cruise (Groupe Carnival), dont la teneur en soufre du carburant utilisé était de 1,68% au lieu du seuil maximal toléré de 1,5%. Le procureur a

requis 100 000€ d'amende pour le commandant dont 80 000 à la charge du groupe. La France va mettre en place un programme de "drones renifleurs", permettant de détecter les émissions des navires et ainsi mieux cibler les contrôles par les agents. Le contentieux pénal en la matière risque de grossir.

Le recours à des solutions innovantes

Le temps est encore à l'expérimentation avec l'usage du méthanol, des énergies renouvelables, des piles à combustibles... Le méthanol, bien que cela reste une énergie carbonée respecte les émissions actuelles des ECA (aucune émission de soufre et peu d'oxyde d'azote) et devrait respecter les normes plus sévères à venir.

L'usage des énergies renouvelables avec la propulsion vélique est étudié par Airbus via sa start-up Airseas qui développe une aide à la propulsion grâce à une aile de kite. L'usage de mâts rotors (propulsion vélique auxiliaire) est aussi à l'étude pour un navire pétrolier de Maersk. Cette technique permettrait d'économiser 7 à 10% de la consommation énergétique du navire.

L'hydrogène et les piles à combustible sont aussi prometteurs. Depuis 2017, en France, il existe une navette fluviale propulsée à l'hydrogène. Cette technologie de piles à combustible au lithium serait envisagée pour équiper des ferries hybrides RoRo de Grimaldi. Le croisiériste tel que Royal Caribbean s'engage vers des navires usant d'un "mix énergétique vert" mêlant piles à combustibles, énergie solaire et GNL. Viking Cruises développe un paquebot électrique à pile à hydrogène. Cette pile à combustible devra alimenter le poste de propulsion et l'alimentation électrique des équipements.

Le navire hybride ou totalement électrique est aujourd'hui une réalité dans le Nord de l'Europe. Certains armateurs ont bénéficié d'aides étatiques et européennes pour financer leur projet. En Norvège une nouvelle étape est franchie avec la mise en place d'un navire électrique et autonome dans les eaux norvégiennes et dont l'autonomie avoisine les 120 km. Il devrait être mis en service à partir de 2020.

Ces nouvelles technologies demandent des programmes de R&D ainsi qu'une adaptation ou tout du moins une révision de la réglementation (révision du Code IGF par exemple pour le soutage entre navires GNL, Code de navigation pour les navires autonomes...) actuelle afin de pouvoir être commercialiser et commercialisables.

Camille VALERO

