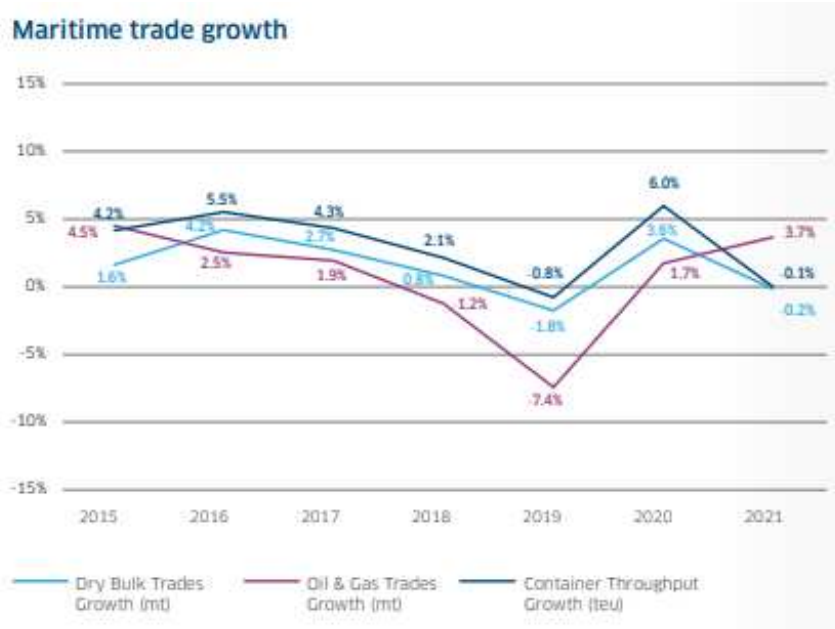


## Panorama des activités maritimes 2022

### LE TRANSPORT MARITIME

La croissance mondiale qui avait fortement rebondi en 2021 à près de 6% s'est fortement ralentie en 2022 à 3,2 % en raison de l'invasion de l'Ukraine par la Russie et les effets persistants de la pandémie de COVID-19 en Chine.

Le commerce maritime de vrac sec et de conteneurs s'est contracté de 0,2 % pour le premier et de 0,1 % pour le second. Seul le transport pétrolier a connu une croissance de 3,7 %.



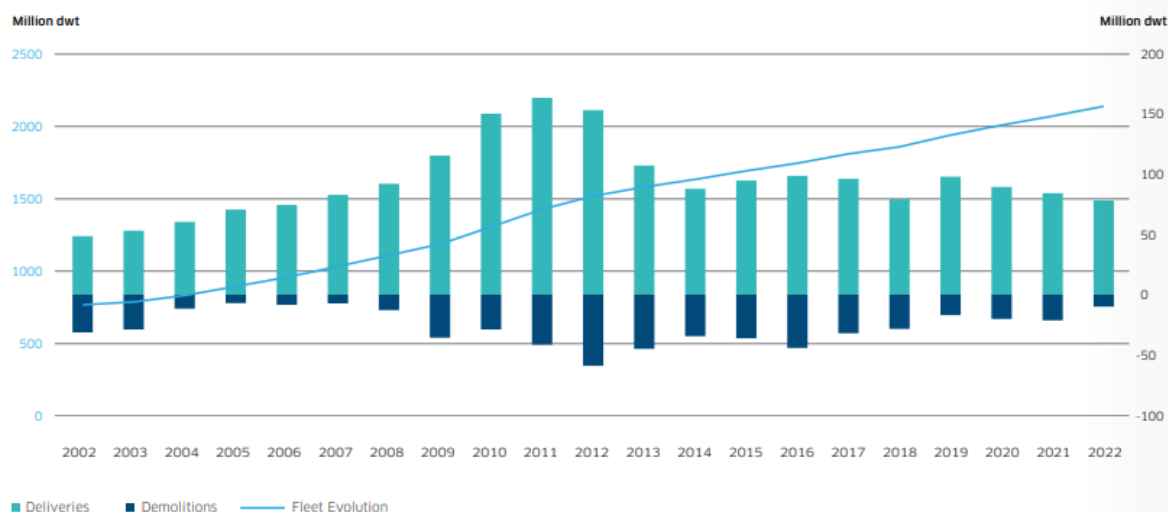
Durant l'année 2022, les taux de fret de vrac sec, bien qu'inférieurs à ceux de 2021 se sont maintenus à un niveau historiquement haut de même que les taux de fret pétroliers en raison de la demande consécutive à la situation de la Russie. Le taux de fret des conteneurs quant à lui est revenu aux niveaux normaux d'avant COVID.

En 2022, une dizaine de commandes de navires de croisière ont été signées. Bien que faible par rapport au nombre de commandes d'avant COVID, ce chiffre est significatif puisque les commandes avaient presque disparu pendant la Covid et ses principaux acteurs qui ont perdu des milliards de dollars pendant la crise annonçaient à l'automne 2022 des records historiques de réservations.

En 2021, la flotte mondiale a continué sa croissance à 2 141 millions de tjb à fin décembre 2022 (contre 2 072 un an plus tôt) soit + 3,3%.

Fleet evolution

Deliveries vs demolitions



source : BRS Revue annuelle 2023

## Décarbonation

A la fin de 2022, 33 % des navires en commande soit 1047 navires à livrer avant 2025 étaient équipés pour une propulsion mixte (dual-fuel). A ce rythme, il faudrait une centaine d'années pour reconverter l'ensemble de la flotte. La situation est d'autant plus alarmante qu'en raison de la flambée des prix du gaz en 2022, de nombreux navires dual-fuel sont revenus à l'usage de HFO, avec l'inconvénient supplémentaire d'un moins bon rendement et d'une perte d'énergie à travers les scrubbers.

Les mesures réglementaires adoptées par l'OMI en 2021 sont entrées en vigueur le 1er janvier 2023, à savoir l'indice d'efficacité énergétique des navires existants (EEXI) et l'indicateur d'intensité carbone (CII), mesures visant à réduire de 40 % de l'intensité carbone des navires d'ici 2030 par rapport à 2008. L'EEXI est une certification unique portant sur la conception d'un navire existant en imposant rétroactivement des exigences d'efficacité énergétique équivalentes à l'indice nominal d'efficacité énergétique (EEDI) des nouveaux bâtiments en vigueur depuis 2013. Le CII est une mesure de l'efficacité opérationnelle calculée en grammes de CO<sub>2</sub> émis par mille marin et par an en port en lourd. La CII appelle à une réduction annuelle de 2% de l'intensité carbone en CO<sub>2</sub> entre 2023 par rapport au niveau de référence de 2019. Les taux de réduction futurs pour 2027-30 seront déterminés d'ici janvier 2026. Les navires recevront une cote annuelle allant de A à E, C étant la note minimale de conformité en matière d'intensité carbone.

La proposition FuelEU Maritime de l'Union européenne fait partie de la politique de réduction des émissions de carbone proposée par la Commission européenne en juillet (Fit for 55), qui vise à réduire les émissions de GES de l'Union d'au moins 55 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990. L'objectif de cette proposition est de réduire l'intensité carbone des navires jusqu'à 80 % d'ici à 2050.

Depuis 2018, les navires de plus de 5 000 t faisant escale dans les ports de l'Union européenne, de Norvège ou d'Islande doivent déclarer leurs émissions de CO<sub>2</sub>. À partir de 2024, ces navires seront inclus dans le système européen d'échange de quotas d'émission (SEQE) et devront acheter des quotas européens et les restituer à l'UE. Ces navires seront soumis progressivement à partir de 2024.

rejoindront le SEQUE en 2027. Le coût de la tonne de CO2 qui s'était maintenu entre 15 et 30 \$/t jusqu'en 2020 a triplé en 2021 pour atteindre près de 91 \$/t en fin d'année. En 2022, ce coût a oscillé autour de 80 \$/t.

## LA CONSTRUCTION NAVALE CIVILE

Le nombre de chantiers navals actifs (chantiers ayant reçu un contrat ou livré un navire dans l'année) semble se stabiliser autour de 300.

Après le fort rebond de commandes en 2021, les commandes de navires neufs ont reculé en 2022 à 89 millions de tjb, tout en restant dans les meilleurs niveaux depuis dix ans. Les commandes de porte-conteneurs en diminution restent à un niveau soutenu, tandis que les commandes de vraquiers et pétroliers ont fortement chuté. En revanche, les commandes de méthaniers ont continué à augmenter significativement. En conséquence, le carnet de commande global des chantiers navals a continué à croître avec un plan de charge moyen à trois ans.

Avec 50,3% du carnet de commande mondial, la Chine conforte encore sa position de premier constructeur naval mondial en 2022. La part de marché de la Corée du Sud est restée stable à 29 % tandis que celle du Japon chutait à 15 %. En tonnes de jaugeage, la part des chantiers européens reste en dessous de 3 %, malgré un bon des prises de commande, notamment de petits vraquiers. En Europe, la France occupe la deuxième place grâce aux Chantiers de l'Atlantique qui disposent d'un carnet de commandes total de 10 unités de croisière pour un total de 1,5 millions de tonnes gt après avoir souscrit 2 nouveaux navires de croisière à propulsion GNL pour le groupe Ritz-Carlton, soit 24% du carnet de commandes mondial des navires de croisière. Ils restent néanmoins loin derrière l'italien Fincantieri qui avec 29 grands navires de croisière en carnet possède 40% du carnet de commandes mondial de navires de croisière. L'Italie peut également compter sur Visentini qui construit un grand Ropax prêt pour le GNL pour Pol Ferries, et sur Mariotti qui construit un navire de croisière de 23 000 tonnes.

Les livraisons sont stabilisées depuis trois ans entre 1250 et 1300 navires par an, soit 230 à 250 millions de tjb (à comparer à 2450 navires en 2010). Ceci correspond à la saturation actuelle des chantiers dont les carnets de commande sont pleins à 3 ans.

sources : BRS Revue annuelle 2022

## LA CONSTRUCTION NAVALE MILITAIRE

1. Les prises de commandes en 2022 pour l'industrie française de la construction navale militaire ont été plutôt importantes, dans un contexte général d'effort de guerre décrété dans de nombreux pays (dont la France). On notera en particulier :
  - La prise de commande par Naval Group de 3 frégates de défense et d'intervention (FDI) pour la Grèce plus une en option. Cette prise de commande avait été anticipée afin de caler leur réalisation dans le programme FDI France ;
  - Le maintien en condition opérationnelle (MCO) par Naval Group des sous-marins nucléaires d'attaque et lanceurs d'engins, ainsi que le MCO des frégates multimissions (FREMM), des bâtiments de soutien et assistance outre-mer (BSAOM) ainsi que les arrêts techniques (AT) du porte-avions *Charles de Gaulle* préparant l'arrêt technique majeur n°3 ;
  - Le maintien en condition opérationnelle par Chantiers de l'Atlantique des porte-hélicoptères amphibie (PHA), des frégates de type La Fayette et des frégates de défense aérienne.

2. Le chiffre d'affaire de 2022 pour Naval Group s'élève à plus de 4,3 milliards d'euros, en hausse par rapport aux années précédentes

- L'activité de construction pour les besoins de la Marine nationale peut être résumée ainsi :
  - La fin de la réalisation du programme des frégates multimissions FREMM : Livraison de la *Lorraine* (seconde FRED A), dixième et dernière FREMM.
  - Le lancement de la première FDI *Amiral Ronac'h* et l'intégration de son *panoramic sensors and intelligence module* ou PSIM (mâturation intégrée innovante) dans la foudée, complétant ainsi l'intégralité du flotteur.
  - Le lancement du premier bâtiment ravitailleur de force *Jacques Chevalier*, réalisé conjointement par Naval Group et Chantiers de l'Atlantique, et le début des essais à la mer.
  - La poursuite à Cherbourg et Nantes-Indret de la réalisation du programme de sous-marins nucléaire d'attaque Barracuda pour la Marine nationale : admission au service actif du *Suffren* et construction des sous-marins de la série. Premiers essais sur le *Duguay-Trouin* en particulier.
- Les programmes en cours de développement :
  - Poursuite des études d'avant-projet sommaire (APS) du porte-avions de nouvelle génération (PA-Ng) en coopération entre Chantiers de l'Atlantique et Naval Group notamment. Le passage en avant-projet détaillé (APD) est prévu en 2023 et devrait durer jusque 2025.
  - La poursuite des études de définition des patrouilleurs océaniques en vue du lancement du programme de réalisation prévu en 2023 a priori.
- L'entretien des bâtiments de surface et des sous-marins constitue toujours une charge importante pour Naval Group et les industriels du secteur. On citera pour 2022 :
  - Les travaux de rénovation et mise à niveau (RMV) des frégates de type La Fayette se poursuivent, avec la fin du chantier sur le *La Fayette* ;
  - La poursuite de l'IPER du SNA *Perle* suite à sa jumboisation intervenue en 2021 ;
  - La poursuite des arrêts techniques programmés sur les FREMM en service ;
  - Un arrêt technique de 3 mois sur le porte-avions *Charles de Gaulle* ;
  - La qualification du système de drones UAV de type Schiebel à bord des PHA.
- Concernant l'exportation, l'année écoulée a été marquée par les activités suivantes pour Naval Group :
  - La mise sur cale des premiers blocs de la seconde FDI, destinée à la Grèce ;
  - La poursuite du programme de chasseurs de mines par Naval Group et Kership, avec le franchissement de la *Critical Design Review* (CDR) et la fabrication des premiers bâtiments, le lancement du MCM1 *Oostende* à Concarneau étant prévu pour début 2023, tandis que la mise sur cale du MCM2 *Vlissingen* a eu lieu à Lanester ;
  - La livraison en 2022 des troisième et quatrième corvettes Gowind® construites en transfert de technologie au chantier égyptien Alexandria Shipyard ;
  - Les premiers essais à bord de la première des corvettes Gowind® pour les Émirats arabes unis, en vue d'une première sortie à la mer début 2023, et le lancement et embarquement de son PSIM sur la seconde des 2 corvettes ;
  - La livraison à la marine argentine du 4<sup>e</sup> et dernier patrouilleur de 90 m , le *Cordero* construit par Kership sur un design dérivé de l'ex-*Adroit* (devenu le *Bouchard*) ;
  - Les sous-marins de type Scorpène® indiens poursuivent leur construction en Inde avec les essais du 5<sup>e</sup> de la série (INS *Vagir*) et le lancement du 6<sup>e</sup> (INS *Vagsheer*) ;
  - Les sous-marins de type Scorpène® brésiliens continuent également leur progression avec l'acceptation du *Riachuelo* et la mise à l'eau du second sous-marin, l'*Humaitá* .

3. L'activité des autres industriels en 2022 est résumée ci-après :

Les Constructions Mécaniques de Normandie (CMN) annoncent avoir réalisé le contrôle à distance de leurs intercepteurs de 32 m livrés en Arabie saoudite.

- SOCARENAM travaille sur la réalisation des patrouilleurs outre-mer -POM) pour la Marine nationale. Le premier de série a été livré début 2023 et la construction du second se poursuit avec une mise à l'eau en septembre 2022. Les livraisons s'enchaîneront jusqu'en 2025 (6 navires au total).
- Les chantiers CMN, SOCARENAM et Kership sont également impliqués ensemble dans le programme des patrouilleurs océaniques, dont la conception a été confiée à Naval Group et dont la réalisation sera partagée par ces trois chantiers (10 bateaux prévus au départ, réduits à 7 dans la LPM de 2023).



Futures Frégates de Défense et d'Intervention pour la Marine Hellénique (FDI-HN)



Admission au service actif du SNA « Suffren »

# L'INDUSTRIE DE L'ENERGIE

Les activités principales offshore de 2022 pour l'industrie de l'énergie sont décrites suivant les thèmes ci-dessous :

- Les principales zones d'activités
- Les Méga-projets
- Le gaz
- L'énergie éolienne offshore

## **Les principales zones d'activités :**

Nous allons citer ci-après les zones plus actives, ceci en terme géographique, et liées au type de technologie utilisée. Cela comprend le forage d'exploration et de production ainsi que le développement lui-même. On notera que les supports les plus utilisés sont :

1. Les jack-up en faible profondeur d'eau ;
2. Les FPSO surtout en grandes profondeurs avec une surprise sur le type de support par SHELL qui a construit un FPSO cylindrique de 118 mètres de diamètre et de 34 000 tonnes de structures, réalisé par l'entreprise chinoise OFFSHORE OIL ENGINEERING Co. Ltd., dans leur yard de Qingduo et transporté par la semi-submersible BOSKALIS heavy transportation vessel jusqu'au champ de Penguins North Sea UK ;
3. Les FLNG : suite à l'absence de gaz russe, les développements gaziers utilisant le GNL se sont renforcés en particulier pour alimenter l'Europe. On trouvera maintenant des méthaniers qui en plus de transporter le gaz liquéfié, ont une usine à bord qui le transforme en phase gazeuse pour l'injecter directement dans le réseau ;
4. Les navires et semi-submersibles de forage : en dépit de la situation peu favorable, de nombreux navires de forage pour les grandes profondeurs d'eau et même ultra-grandes opèrent dans plusieurs parties du monde, ou sont construits pour satisfaire à la demande ; ces derniers requièrent des mâts plus puissants et des capacités de charges plus importantes ;
5. Toujours pour le forage, de nombreux jack-up sont utilisés ; certains sont transformés pour installer les éoliennes, offshore ;
6. On notera également les bateaux de sismiques qui sont très employés ;
7. Il resta à citer les plateformes de forage-production de type jacket ; la plus remarquable est celle opérée par AKER-BP sur le champ Yggdrasil (plateforme production quartiers d'habitations) avec un poids de jacket de 20 500 tonnes et de topsides de 28 000 tonnes ; le pont a été installé en un seul levage par le bateau PIONEERING SPIRIT. Ce champ contient 650 millions de barils équivalents. Ils sont extraits à travers 55 puits sur la plateforme, plus 55 puits sous-marins ;

Pour développer ce bref résumé des activités offshore de l'année 2022, les principaux événements sont listés ci-après ; on voit que l'année a été très active :

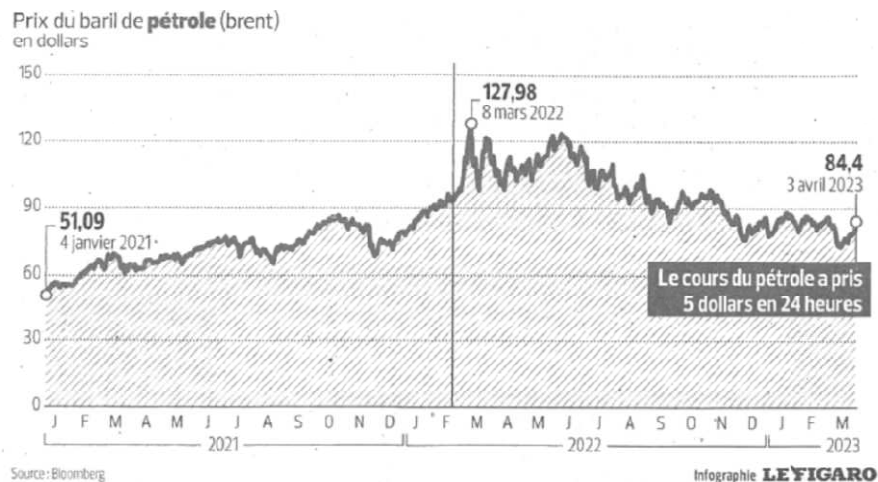
- ENI installe un FLNG au large du Congo ;
- AKER Solutions fournit des équipements subsea pour un champ norvégien en Mer du Nord ;
- PETROBRAS a débuté la production du champ ITAPU Offshore Oil à partir du FPSO P-71 dans le bassin de Santos à 200 km offshore de Rio de Janeiro ;
- ONGC accorde un contrat de 3 ans pour deux des rigs Shelf Drilling Rig Duo ;
- ENI, TotalEnergies trouvent du gaz offshore Chypre ;
- Le champ NJORD Offshore reprend sa production après de majeurs modifications ; la semi-submersible et le FPSO ont été ramenés à terre pour de majeurs upgrades ;
- Le Japon relance ses actions pour l'équipement d'éolien offshore tout en édictant des règles aménagées ;
- Un jack-up destiné à l'installation de l'éolien offshore a été construit par la firme hollandaise VAN OORD ;

- Du gaz a été trouvé en Mer Noire dans un gisement d'environ 720 millions de m3 de capacité ;
- Shell Drilling a obtenu un contrat d'un an pour son jack-up de forage Trident pour des opérations offshore Nigéria
- Pour Aker-BP, la société norvégienne d'ingénierie et de construction AIBEL a installé une plateforme du futur ;
- Aker-BP dépense 20,5 milliards d'euros pour développer des champs de pétrole et gaz dans la partie norvégienne de la Mer du Nord ;
- EQUINOR a foré 22 puits d'exploration en 2022 dans la Mer du Nord et planifie d'en forer 23 en 2023 ;
- WOODSIDE installe un FPSO sur le champ SANGOMAR au large du Sénégal ;
- Un forage est exécuté offshore Guyana par FRONTIER ENERGY CORPORATION et CGX ;
- BP produira au Guyana à partir de deux plateformes de production ;
- ADNOC approvisionne 3 jack-up de forage, construits par le chantier naval singapourien KEPPELS Offshore et MARIN ;
- NEW FORTRESS ENERGY et PEMEX développent le champ gazier de LAKACH en grande profondeur avec un FLNG ;
- TRANSOCEAN avec PERESTROIKA achète à DAEWOO la coque Hull 3623 d'un ultra-deepwater de forage pour 200 millions de US Dollars ;
- Au Mozambique, le champ de CORAL SUD est développé avec un FLNG et un méthanier ;
- En Angola, sur le bloc 15, découverte par EXXONMOBIL dans 1100 mètres de profondeur d'eau par le bateau de forage VALIANCE DS-9 Drillship ;
- Au Brésil, Diamond Offshore a un contrat de forage pour sa semi-submersible OCEAN COURAGE ;
- Le japonais « K Time » opère deux bateaux de 7500 m3 de CO2 liquéfié pour une Joint Venture CCS entre Total Energies, SHELL et EQUINOR ;
- Un jacket de 16 000 tonnes a été construit pour le champ azeri offshore (Azeri Central East) en mer Caspienne pour BP sur son champ Azeri-Chirag-Gunashli ;
- Total Energies a loué la semi-submersible DEEPSEA MIRA à NORTHERN OCEAN pour des forages dans plusieurs mers ;
- BP accorde un contrat d'un an à NOBLE pour forage et démantèlement de champs en Mer du Nord, partie Britannique ;
- Un Ultra deepwater bateau de forage a été construit avec un derrick de 3,4 millions de pounds de capacité ;
- TRANSOCEAN envoie son ULTRA DEEPWATER DUO bateau de forage au Brésil ;
- PROSAFE a fourni à PETROBRAS la semi-Submersible SAFE ZAPHIRUS OFFSHORE BAIE pour des opérations de sécurité et maintenance ;
- SAIPEM achète la 7<sup>ème</sup> génération de bateau de forage construit par SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES ;
- Plusieurs bateaux de forage sont stockés dans des chantiers navals en attente d'être vendus ;
- La Joint venture BP-ENI utilise le FPSO du malaisien YINSON en Angola sur AGOGO ;
- ENERGEAN a trouvé un champ de gaz offshore Israël et a ré-estimé leur précédente découverte ZEUS-O1 en Méditerranée ;
- AKER Solutions va fournir à PETROBRAS des systèmes sous-marins de production pétrole et gaz ;
- Le Consortium japonais Oil and Gas Development Co. (SODECO) participe avec le nouvel opérateur russe au projet Sakhalin 1 à l'extrême est de la Russie ;
- NEPTUNE ENERGY fore le puits d'exploration CALYPSO en secteur norvégien de la Mer du Nord ;
- SHELL étudie avec SINOPEC, BROWN et BASF un système pour capturer le carbone (CCUS) dans l'est de la Chine ;
- En Angola, la Joint Venture SONADRILL/SEADRILL (50/50) fore avec son bateau de forage LIBONGUS ;



- EXXONMOBIL utilise le Subsea Support vessel (SSV) de AMERSK pour ses développements Offshore en Guyana ;
- Un bateau de forage pour eaux profondes de la 8<sup>e</sup> génération construit par SEMBACORP MARINE fore pour BEACON OFFSHORE ENERGY dans le golfe du Mexique ;

Malgré la variabilité des prix du baril (voir graphique ci-dessous), l'activité offshore reste à un niveau raisonnable.



## Les méga-projets

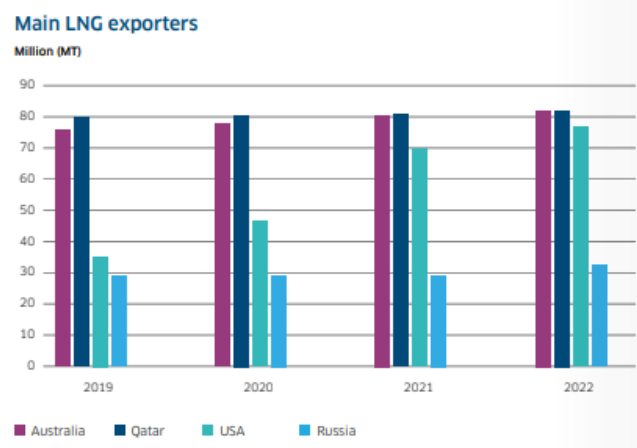
Pour mémoire, citons quelques méga-projets dans lesquels l'industrie française était peu représentée compte tenu du protectionnisme des pays hôtes, comme :

- Au Brésil : Méro, Buzios
- En Norvège : Johan Sverdrup
- Aux USA : Vito (Shell)

Les pays récemment impliqués dans l'offshore sont le Sénégal, le Guyana où DORIS est impliquée.

## Le gaz

Le gaz représente aujourd'hui 22 % du mix énergétique mondial. Il dépassera le charbon en 2030 et le pétrole en 2040. Le gaz naturel liquéfié (GNL) représente 51 % des exportations de gaz (3 >% du mix énergétique global), 49 % étant exporté par gazoducs. Les principales zones de consommation sont l'Asie (64 %) et l'Europe (31 %), les producteurs/liquéfacteurs étant le Qatar, les Etats-Unis et l'Australie.





En 2022, 405 millions de tonnes de GNL ont été exportées, soit une augmentation de 4,9 % par rapport à 2021. Fin 2022, la flotte de grands méthaniers s'élevait à 611 unités, soit une croissance annuelle de 3,4 %. 165 nouveaux grands méthaniers ont été commandés en 2022, un record pour la seconde année consécutive.

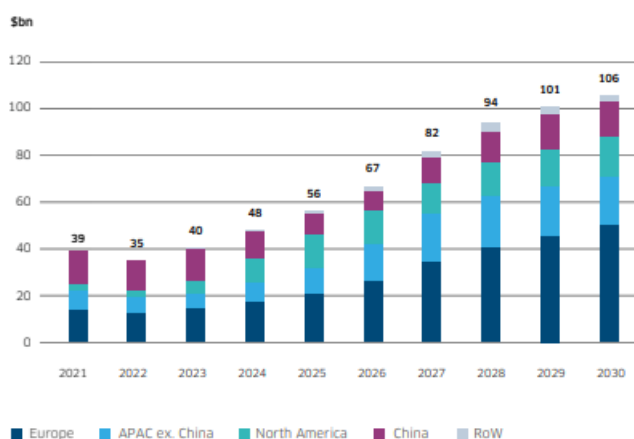
Suite à la guerre en Ukraine qui a déstabilisé le marché, les concepts offshore de FLNG, FSRU sont à nouveau à la mode avec plusieurs installations en cours ou prévues en Europe en particulier.

L'annonce d'environ 30 nouveaux projets en Europe démontre l'appétit pour les FSRU au cours des prochaines années. Environ un tiers sera en Allemagne et au moins quatre sont prévus en Grèce.

### L'énergie éolienne offshore

2022, avec la guerre en Ukraine et l'explosion des prix de l'énergie a vu un renforcement des objectifs en faveur du développement de l'énergie éolienne offshore. Ainsi, la Commission européenne a signé une motion visant à simplifier le processus d'obtention des permis pour les projets renouvelables (l'un des principaux obstacles à leur développement jusqu'à présent). De même, le gouvernement français a présenté une loi de simplification des procédures avec l'objectif de déployer 50 parcs éoliens en mer de 40 GW installés d'ici à 2050. Lors de la COP27 en Égypte, 9 pays de 3 continents – à savoir la Belgique, la Colombie, l'Allemagne, le Japon, les Pays-Bas, la Norvège, le Royaume-Uni et les États-Unis – ont rejoint le Danemark dans la Global Offshore Wind Alliance (GOWA) et se sont engagés à augmenter l'énergie éolienne « à grande échelle, dans un court laps de temps et à un prix compétitif » pour lutter contre le changement climatique.

Global Offshore Wind – Est. Annual capex



Sources: from 4C Offshore Limited 2023

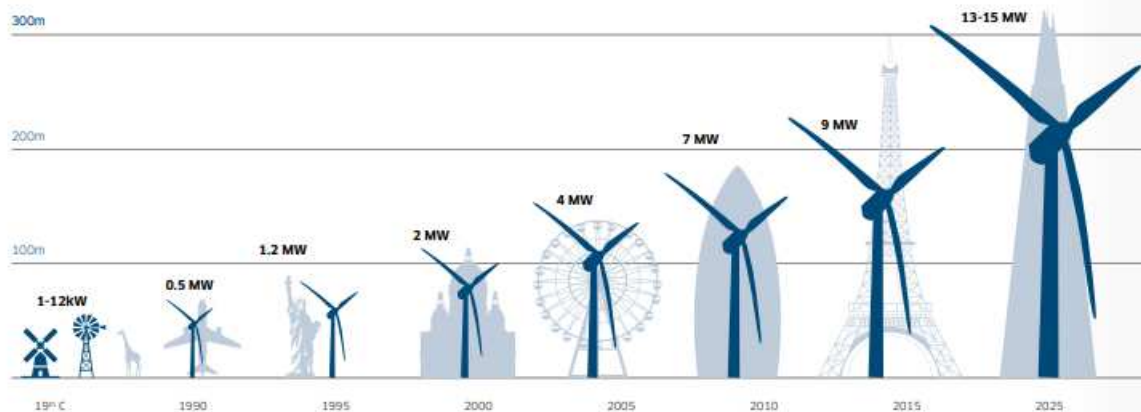


L'industrie de la construction d'éoliennes est très concentrée. En 2021, 10 fabricants d'éoliennes (7 (7 en Chine, 2 en Europe et 1 au Japon) ont fourni 3 340 éoliennes offshore dans le monde. En dehors de la Chine, les fournisseurs européens ont dominé le marché mondial avec les principaux centres de fabrication au Danemark, au Royaume-Uni, en Allemagne, en France et à Taïwan.

La capacité de l'éolienne augmente, réduisant le nombre d'éoliennes nécessaires à puissance de champ donnée et contribuant à améliorer la compétitivité de cette source d'énergie : de 8 MW d'éoliennes actuellement installées à 15 MW actuellement en commande, à des efforts de conception et de construction de turbines de 20 MW d'ici la fin de la décennie.

La forte croissance estimée de l'éolien offshore flottant d'ici 2030, conduit à résoudre de nombreux défis techniques tels que la conception des flotteurs, des amarrages, des câbles d'alimentation dynamiques et de l'entretien lourd la logistique et les opérations portuaires, la planification maritime.

### Evolution of Wind turbine heights and output

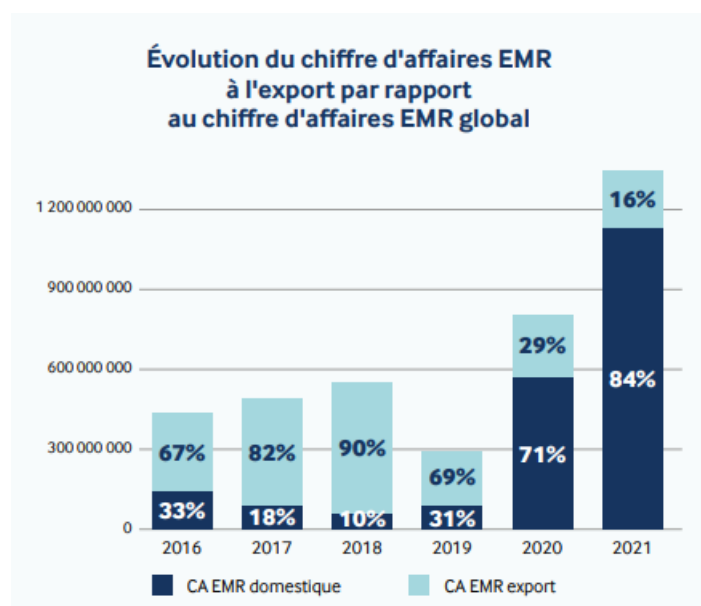


Sources: From Bloomberg NEF

Picture(right): Jan de Nul's WTIV **VOLE AU VENT** performing turbine installation in France in 2022.

BRS Group - Annual review 2023

Grâce à l'installation de plusieurs centres de production et d'assemblage en France, la filière de l'éolien offshore est aujourd'hui exportatrice. Ainsi, la France accueille actuellement 1/3 des moyens de production européens pour l'éolien en mer : pales, nacelles et sous-stations électriques (source : WindEurope).



Sources : BRS Revue annuelle 2022  
Observatoire des énergies de la mer du Cluster Maritime Français

# L'HYDRODYNAMIQUE NAVALE

## Les programmes nationaux :

Dans le cadre du programme de sous-marin nucléaire d'attaque (SNA) Barracuda, le *Duguay-Trouin*, second des six exemplaires, a débuté ses essais à quai en 2022, puis les premiers essais en mer début 2023, auxquels DGA TH a apporté son concours notamment par la simulation des essais à la mer d'ouverture du DIV (Domaine Immersion Vitesse) pour en dérisquer la réalisation. Le *Suffren*, premier de série, a poursuivi ses essais avec notamment les premières navigations avec le *Dry Deck Shelter* (DDS) embarqué sur le pont du sous-marin. Cet élément modifiant fortement les performances du sous-marin, DGA TH a été sollicité pour poursuivre son exploitation des performances à la mer et garantir la pertinence du DIV existant. En prévision de ces essais, le concours de DGA TH a notamment été demandé pour évaluer les performances manœuvrières en eaux très resserrées et le comportement dynamique sous houle en surface, en présence du DDS.



*Navigation en surface avec le DDS embarqué sur le pont*



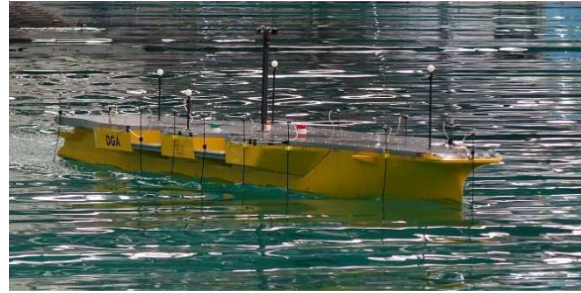
*Le Duguay-Trouin, 2<sup>nd</sup> des six exemplaires des SNA Barracuda*

Le programme de sous-marins SNLE 3G, préparant le remplacement des SNLE actuellement en service, a débuté sa phase de développement-réalisation en 2021. Différentes études numériques ont été confiées à DGA TH en 2022, qui ont notamment porté sur : la conception du propulseur principal, des calculs de performances manœuvrières en immersion pour différentes variantes d'appareils à gouverner (AGO), des études concernant les mâts implantés dans le massif (évaluation de différents profils de mâts en termes de traînée et de sillage induits) et des calculs d'éjection de sondes.

Des programmes nationaux de bâtiments de surface ont également sollicité les équipes et moyens numériques et expérimentaux de DGA TH. Dans le cadre du programme de frégates de Défense et d'Intervention (FDI), DGA TH a réalisé des essais d'évaluation de performances en configuration géométrique « as built » (performances propulsives, acoustique et cavitation des propulseurs). D'autre part, une activité importante a concerné les études d'avant-projet sommaire pour le porte-avions nouvelle génération (PA Ng) ; les prestations de DGA TH ont principalement porté sur l'optimisation des performances propulsives d'une esquisse à trois lignes d'arbres propulsée par hélices (conception d'hélices centrale et latérales, d'une variante d'hélice centrale, qualification expérimentale ...), d'études de comportement sur houle (évaluation du système de stabilisation en houle oblique, roulis paramétrique, résistance et poussée ajoutée sur houle) et de performances manœuvrières ; sur ce dernier sujet, un des enjeux est le dimensionnement d'un système de compensation de gîte en rotation



*PA-Ng : Essais de performances manœuvrières  
(capacités de giration sous contrainte de gîte  
réduite)*



*PA-Ng : Essais de tenue à la mer en houle  
oblique*

Les experts de DGA TH sont également sollicités pour des programmes de bâtiments de surface de second rang dans le cadre du renouvellement de la flotte en service. DGA TH a notamment participé à des essais de réception du premier de la série des Patrouilleurs Outre-mer (POM), l'*Auguste Bénébig*, qui doit remplacer *la Glorieuse*, dernier P400 en service. Le POM n°1 a ensuite rejoint début 2023 son port d'attache en Nouvelle-Calédonie

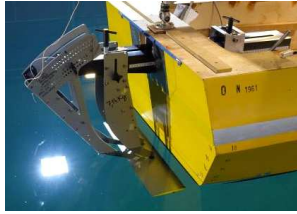


*Arrivée en Nouvelle-Calédonie du POM n°1, l'Auguste Bénébig*

### **Les études amont :**

Compte tenu des nombreux programmes nationaux en cours, la part d'activités d'études amont est plus limitée. Trois exemples variés d'études illustrent ce domaine d'activité.

Un thème historique d'étude concerne l'amélioration des performances propulsives des navires de surface (minimisation de puissance à vitesse donnée, augmentation de l'autonomie). Des travaux récents ont porté sur deux axes : les performances de peintures anti-fouling (carène voire hélice) d'une part, et l'apport d'appendices au tableau arrière d'autre part ; ce second axe visait notamment à évaluer les gains procurés par un dispositif de plan portant arrière de type Hull Vane®, et à le comparer à des solutions plus classiques (trim-wedge, flap, intercepteurs). L'étude comparative a été conduite par des moyens numériques ou expérimentaux, pour deux gabarits de navire (frégate et porte-avions), et a permis de déterminer la gamme de nombre de Froude pour lequel ce dispositif est efficace. En complément, une évaluation du gain procuré par ce dispositif en tenue à la mer (réduction de tangage notamment) a été réalisée.

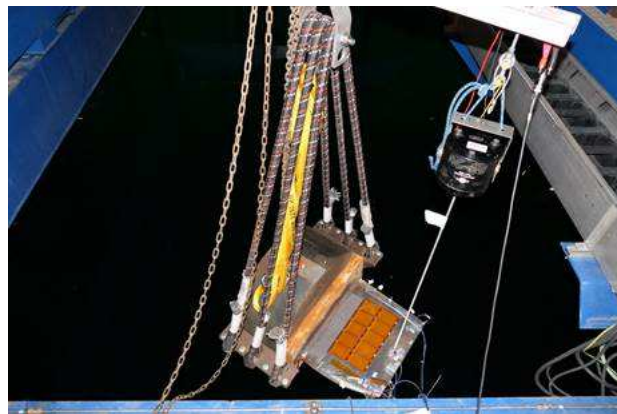


*Essai d'une maquette de frégate équipée d'un Hull Vane® au tableau arrière*



*Frégate équipée d'un flap*

Un axe important d'études amont de DGA TH, conduit en collaboration avec d'autres entités de la DGA, concerne l'amélioration des performances acoustiques de propulseurs ; un axe de travail actuel porte sur les évolutions de dessin et de conception offertes par de nouveaux moyens de fabrication (fabrication additive métallique par exemple) ou l'emploi de nouveaux matériaux (structuraux, fonctionnels). A titre d'exemple, un concept d'actionneurs piézoélectriques implantés sur une pale de propulseur a été testé ; le rôle de ces actionneurs (« patches ») est d'atténuer des modes vibratoires de la pale, et ainsi d'atténuer le bruit rayonné par couplage vibro-acoustique. Une qualification expérimentale (essais de sonnage en air puis en eau) de ce concept été réalisé dans le cadre d'un projet impliquant deux centres de la DGA (DGA TH et DGA TN) et un laboratoire du CNAM.

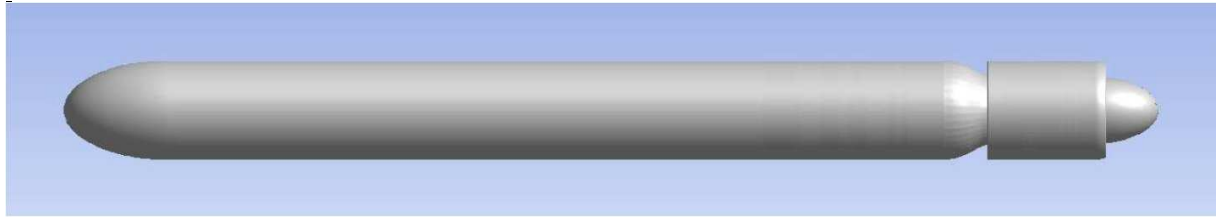


**Essai de comportement vibratoire de la pale équipée des patches piézoélectriques (surfaces orangées sur la pale)**

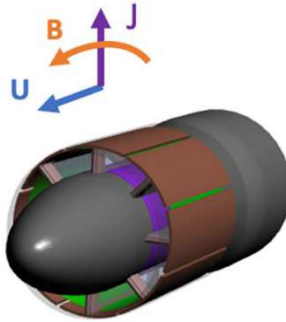
Une autre étude impliquant DGA TH porte sur la propulsion Magnétohydrodynamique (MHD) d'une plateforme navale ; ces travaux, de nature pluridisciplinaire, sont conduits en collaboration avec DGA Techniques Navales et des laboratoires de l'université de Grenoble. La propulsion MHD est un mode de propulsion par réaction étudié dès les années 60 pour réaliser une propulsion sans hélice ou autre pièce mécanique en mouvement. Au sein d'un canal où circule l'eau de mer (électrolyte), on impose un champ  $B$  généré par un aimant supraconducteur. En y faisant circuler une densité de courant  $J$ , on crée une force électromagnétique de valeur  $J \times B$ . Une force s'exerce par réaction sur les bobines créatrices du champ  $B$  et réalise la poussée du sous-marin.

Compte tenu des progrès technologiques des matériaux supraconducteurs, qui permettent de faire circuler un courant de grande intensité dans des bobines très peu volumineuses, ce système est à nouveau étudié aujourd'hui pour réactualiser un état des lieux de cette technologie appliquée à la propulsion navale.





*Géométrie académique d'un sous-marin sans appendices, et son propulseur MHD*



*Tuyère MHD du sous-marin avec champ  $B$  et  $J$*

### **La coopération :**

La coopération avec le Royaume-Uni (en application du traité de Lancaster House), portant sur le partage de moyens d'essais de DGA TH (GTH) et de QinetiQ (Bassin océanique à Haslar), n'est pas remise en cause par le Brexit. Deux campagnes d'essais conséquentes ont été réalisées en 2022.

DGA TH est impliqué dans divers groupes de recherche internationaux : Cooperative Research Ship (CRS), Cooperative Research Navies (CRNAV), International Towing Tank Conference (ITTC)...

### **LA REGLEMENTATION**

Dans le domaine réglementaire, l'OMI a pris différentes mesures. En matière d'émissions, l'indice d'efficacité énergétique pour les navires en service EEXI est entré en vigueur au 1 janvier 2022. Par ailleurs, elle a adopté des recommandations nécessaires à l'application des amendements à l'annexe VI de la MARPOL, sur le EEXI et CII, étape importante dans la mise en œuvre de la feuille de route pour la réduction des GES.



Enfin, elle a adopté les amendements à la convention MARPOL Annexe VI, créant une zone d'émissions contrôlées (ECA) pour l'ensemble de la mer Méditerranée pour les oxydes de soufre (SOx) et les particules. Dans cette zone, la limite pour le soufre dans le fuel oil des navires sera de 0.10% au lieu de 0.5% ailleurs. L'entrée en vigueur est prévue le 1er mai 2025.

Dans le domaine de la sécurité des navires, elle a établi d'un groupe de travail pour le développement d'un Code MASS non-contraignant et basé sur des objectifs ("goal based") en vue d'une adoption en 2025. Elle a également adopté des amendements à la convention SOLAS pour la modernisation du système GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) et approuvé des "Interim guidelines" pour la sécurité des navires utilisant des piles à combustible.

L'Association internationale des sociétés de classification (IACS) a prononcé l'exclusion du registre Russe en Mars 2022.

Elle a publié une exigence unifiée sur les Visites de Classe à Distance (UR Z29), entrée en vigueur le 1er janvier 2023. Une « visite à distance » est un processus de vérification qu'un navire et ses équipements sont conformes aux Règles de la société de classification où la vérification est réalisée ou partiellement réalisée sans la présence à bord d'un inspecteur.

On note également l'adoption de deux nouvelles UR E26 et E27 sur la cyber sécurité, applicables aux navires construits après le 1er janvier 2024 et le lancement d'un nouveau « Safe Decarbonisation Panel » pour soutenir l'emploi des nouveaux carburants et nouvelles technologies : ammoniac, hydrogène, captation et stockage du carbone, batteries, méthanol et éthanol.

Elle a publié une recommandation (Rec. No. 172) sur l'implémentation de l'index EEXI (harmonisation et clarification), une mise à jour de la recommandation (Rec. No. 34) sur les statistiques de houle avec l'utilisation de données récentes, prise en compte des pratiques de navigation