



ASSEMBLÉE
RÉGIONALE
MER • ET
LITTORAL

31 janvier 2022


PRÉFET
DE LA RÉGION
PAYS DE LA LOIRE
Calmer
Égalité
Favoriser


PRÉFET
MARITIME
DE L'ATLANTIQUE
Calmer
Égalité
Favoriser

 Région
PAYS DE LA LOIRE

SOMMAIRE

OUVERTURE	3
1^{ère} partie / APPROCHE GLOBALE	7
1.1 / Le contexte et les enjeux au niveau international, européen et national	7
Le rôle de l'OMI et les avancées récentes des Comités de la protection du milieu marin	8
Le volet maritime du plan climat de l'Union européenne	13
La stratégie française pour l'énergie et le climat	19
1.2 / La filière des industries de la mer	26
1.3 / La coalition pour la transition écoénergétique du maritime (T2EM)	37
2^{nde} partie / DÉCLINAISON LIGÉRIENNE	50
2.1 / Portrait de l'écosystème ligérien	50
La recherche : technologies, environnement, sciences humaines et sociales	50
La formation, les métiers de demain	60
L'innovation	68
2.2 / Table ronde d'illustrations	73
Les actions du CEA sur le secteur maritime et notamment les systèmes de piles à combustible	74
La propulsion des navires par le vent	79
Les nouveaux carburants décarbonés ou carbonés d'origine renouvelable	83
Le volet décarbonation et transition énergétique du projet stratégique du port	87
L'analyse du cycle de vie	92
2.3 / Témoignage	95
Les enseignements de cette séance recoupés avec ceux du colloque « transport maritime décarboné » organisé à l'ENSM Nantes les 9 et 10 décembre 2021	
CLÔTURE	96



OUVERTURE

Claire HUGUES - Vice-Présidente déléguée aux affaires maritimes, Présidente de la Commission permanente du Conseil maritime de façade nord-atlantique – Manche Ouest

Rappel du contexte et des perspectives 2022-2023

Bonjour à toutes et à tous. En ce 31 janvier, il est encore temps, in extremis, de vous présenter tous mes meilleurs vœux en ouverture de cette séance 100% « distancielle », en exprimant le vœu de pouvoir nous retrouver « en vrai » prochainement.

Nous vous proposons cette deuxième séance de lancement de nos travaux 2022 qui seront consacrés à l'actualisation de l'ambition maritime régionale en étroite coordination avec le plan d'action du document stratégique de façade porté par l'Etat. A ce titre, il nous semble utile de partager en séance plénière des sujets majeurs qui ont pris un relief particulier ces dernières années et qui marqueront certainement nos travaux à venir.

Ainsi, le 8 décembre, autour du DSF, nous avons abordé les questions de la qualité des masses d'eau, de la gestion des risques littoraux et du renouveau du transport à la voile. Les actes de cette séance sont disponibles sur le site internet du Conseil régional (taper « ambition maritime » dans le moteur de recherche).

D'ici notre prochaine séance du 25 avril, un 1^{er} questionnaire en ligne vous sera proposé pour nous livrer avec le recul votre appréciation sur la stratégie « Ambition maritime 2018-2022 » et nous aider ainsi à sélectionner les sujets méritant un approfondissement. Des groupes de travail ciblés seront ensuite constitués pour alimenter notre réflexion d'ici l'automne 2022. A l'issue de ces six mois d'échanges, la stratégie actualisée pour 2023-2027 sera rédigée et arbitrée au sein du Conseil régional en vue d'une adoption au printemps 2023.

Une séance intégralement consacrée à la décarbonation

Je remercie Frédéric MONCANY de SAINT AIGNAN, président du Cluster maritime, qui est parmi nous. Malheureusement pour moi, il n'est pas là en présentiel, mais cela va revenir, Frédéric. En tout cas, merci d'être avec nous pour aborder ce sujet de la décarbonation dans le maritime, sur lequel tu œuvres fortement avec le Cluster depuis au moins deux ans. De notre côté, c'est un sujet qu'il nous paraissait important de porter dans une séance plénière de l'ARML, parce qu'il n'y a quasiment pas une journée qui se déroule sans qu'on parle de décarbonation, dans le maritime en particulier, que ce soit au niveau national — et je repense à un échange que j'ai eu il y a peu de temps entre les Régions de France et la ministre de la Mer —, que ce soit en région, dans les différents échanges avec différents interlocuteurs, dont le Grand port, qui vient d'adopter sa nouvelle stratégie, avec les acteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur.

Nous avons en région des Pays de la Loire des pépites dans ce domaine. Mais nous échangeons aussi avec différents acteurs des différentes filières, que ce soit le nautisme, les industries maritimes, la

pêche, etc. Ce sujet de la décarbonation, et de manière plus large, les grandes transitions environnementales sont le sujet au cœur de notre action régionale, renforcée depuis les dernières élections dans le cadre du démarrage de ce nouveau mandat. Nous sommes sur ce sujet convaincus que notre Région peut porter une écologie des solutions, une écologie d'innovation, du progrès et des projets concrets qui seront imaginés, portés et développés ici dans les Pays de la Loire. Et dans ce sujet, le sujet des transports est un sujet majeur.

C'est pour cela qu'il nous a paru important d'évoquer aujourd'hui ce sujet dans le cadre de notre Assemblée régionale de la mer et du littoral, à l'heure, et Frédéric en reparlera certainement, où la Région a souhaité apporter officiellement son soutien au programme « navire et port zéro émission » qui est porté par le Cluster maritime, avec à la fois une coalition pour la transition éco énergétique du maritime et le projet d'un institut national de décarbonation du maritime, que nous souhaitons fortement héberger à Nantes. En tout cas, un certain nombre de contacts et d'engagements sont pris en ce sens. Nous sommes convaincus que la Région des Pays de la Loire a en effet tous les atouts industriels, académiques, et de recherche et développement pour être le vaisseau amiral de cette dynamique collective, en phase avec l'ambition maritime de la Région. La Région des Pays de la Loire devrait être, par les annonces qui vont être faites cette semaine, la première Région française à rejoindre la coalition des partenaires de la transition éco énergétique du maritime et à s'engager dans le cadre de ses compétences pour la création de l'institut dont je vous parlais. Frédéric nous en parlera probablement dans son intervention.

En tout cas, merci aux uns et aux autres. Vous êtes un très grand nombre à vous être connectés cet après-midi. Merci à vous pour les riches échanges que nous allons pouvoir avoir autour de ce sujet. Voilà les quelques mots que je voulais vous dire en ouverture de séance. Je laisse maintenant la parole à Alexandre ELY, avant de donner la parole à Frédéric MONCANY de SAINT AIGNAN, pour commencer cette session.

Alexandre ELY - Directeur interrégional adjoint de la mer de la façade Nord-Atlantique – Manche Ouest (DIRM NAMO)

Merci, Madame HUGUES. Je me félicite de la reprise des travaux de l'ARML en 2022, de manière complémentaire et en écho à la plénière qui a eu lieu en décembre 2021. C'est l'occasion de rappeler les ambitions maritimes de la Région Pays de la Loire et de rappeler, à travers les travaux de l'ARML partagés avec l'ensemble des acteurs présents aujourd'hui, le fait que ces travaux conduisent également à faire connaître le document stratégique de façade et notamment son plan d'action. Cela permet également d'envisager la bonne appréhension de ce DSF, de son plan d'action et de sa déclinaison à l'échelle de la Région Pays de la Loire. C'est aussi la raison de la présence de l'État au sein de l'ARML de manière générale.

Cette thématique de l'ARML, cet après-midi, consacrée à la décarbonation est l'occasion de rappeler qu'il y a effectivement un certain nombre d'axes et d'actions clairement identifiés au sein du document stratégique de façade, qui viennent faire des focus caractéristiques sur cette problématique de la décarbonation. J'ai retenu quelques exemples directement issus du document stratégique de façade. Cela passe par le développement, la recherche et le soutien à l'innovation sur des sujets comme le transport maritime à la voile, l'éco conception des navires, le recyclage ou la réutilisation des matériaux issus de la déconstruction des navires. Cela concerne également le développement d'un vivier de main-d'œuvre qualifiée au sein de l'économie bleue durable, et en particulier de l'industrie navale et nautique avec un développement des formations et l'orientation aux métiers de la transition écologique, la promotion et l'accompagnement de l'économie circulaire maritime, notamment à travers les filières de récupération, de traitement, de recyclage des navires en fin de vie, l'accélération de la transition énergétique et écologique des ports de la façade en mettant l'accent sur le soutien à la transition

écologique du Grand Port maritime de Nantes-Saint-Nazaire et à la décarbonation des modes de transport routier, et au développement du report modal.

Des exemples de cette nature, il y en a beaucoup que je pourrais citer et essayer de mettre en perspective les uns par rapport aux autres, pour essayer de souligner combien les travaux de l'ARML et du DSF sont liés et ont partie liée pour pouvoir soutenir ces politiques de décarbonation et de favorisation de la transition énergétique. Ce panel n'est pas exhaustif, bien entendu. Mais il permet d'illustrer les liens directs avec la thématique du jour. Je souhaite donc que nos travaux puissent, à travers la programmation que vous avez décrite à l'instant, Madame HUGUES, c'est-à-dire la prochaine réunion du 25 avril puis les groupes de travail, être l'occasion d'échanges féconds et abondants, de sorte que l'ensemble des acteurs puisse trouver à s'exprimer et à proposer un certain nombre d'actions complémentaires sur la politique que vous souhaitez pouvoir développer sur le pas de temps que vous avez décrit, c'est-à-dire 2023-2027. Bien entendu, la DIRM sera aux côtés de la Région sur cette démarche. Merci.

Claire HUGUES

Merci à vous. Frédéric, je te remercie encore d'être parmi nous et je te laisse la parole pour compléter nos introductions.

Frédéric MONCANY de SAINT AIGNAN - Président du Cluster maritime français

Merci beaucoup Madame la Vice-présidente, merci Monsieur le Directeur adjoint. Effectivement, je suis ravi d'être parmi vous aujourd'hui pour un événement important. Claire, tu as commencé à le dévoiler. Nous allons le dire un peu plus précisément. Je serai assez bref, parce qu'il y aura une présentation beaucoup plus technique et que c'est le fonds qui est intéressant, beaucoup plus que de s'auto féliciter ensemble. Mais je crois que c'est vraiment un événement très important. En cela, la Région des Pays de la Loire, et je suis heureux d'être là, à l'ARML, est vraiment pionnière dans cette démarche de décarbonation, du moins de soutien à la décarbonation du transport maritime, et plus largement de la filière maritime.

La décarbonation, tu l'as dit, Claire, il n'y a pas une journée où on n'en entend pas parler sur tous les modes, selon tous les fonctionnements. Effectivement, le Cluster maritime français s'est saisi de ce sujet il y a maintenant trois ans, puisque nous avons lancé fin 2019 la coalition pour la transition éco énergétique du maritime de manière à ce que la filière maritime se décarbone, car c'est un objectif majeur et impérieux, et qu'elle soit également porteuse d'emploi et de richesse dans ce processus de décarbonation. Nous assistons à une révolution industrielle ; je pense que le mot n'est pas trop fort. Nous allons tous être obligés d'y passer, quels que soient nos modes de fonctionnement ou de transport. Cela veut dire qu'il va y avoir beaucoup de technologies à développer, beaucoup de technologies à déployer, beaucoup de technologies à vendre, beaucoup de savoir-faire à vendre, beaucoup de formations à vendre. Évidemment, c'est tout notre enjeu pour nos emplois et nos entreprises.

Comme on l'a dit, la décarbonation est un sujet majeur. C'est aussi un sujet de temps long. C'est pour cela que j'ai été heureux de l'entendre dire que dans la période 2023-2027, vous commencez à regarder ce plan de déploiement maritime. Puisque nous sommes vraiment sur ce pas de temps qui doit nous emmener jusqu'en 2030 et au-delà. Il faut bien voir que les enjeux de décarbonation sont, au-delà de l'aspect environnemental, aussi un aspect logistique, un aspect qui peut nous toucher tout un chacun. Puisque si nous ne rencontrons pas les objectifs de décarbonation qui vont être fixés par les réglementations internationale, européenne et nationale, nous pouvons assister à un dérèglement très fort de la chaîne logistique, de la chaîne d'approvisionnement. Cela veut dire que cela nous impactera à

la manière de ce que nous avons connu lorsque le canal de Suez a été bloqué pendant quelques jours, avec un manque de navires, de ports et de conteneurs. Nous risquons de connaître ce type de phénomène pendant longtemps et les enjeux de décarbonation peuvent en être un des accélérateurs. Voilà pourquoi il nous faut être absolument proactifs et au premier rang sur ces questions de décarbonation de l'industrie maritime. Et encore une fois, la Région est tout à fait motrice sur cet aspect.

Qu'est-ce que cela veut dire, la décarbonation de la filière maritime ? Cela veut dire 2400 milliards à dépenser sur l'ensemble de la planète pour décarboner la filière maritime dans les 20 ans qui viennent. C'est énorme. Nous devons donc mesurer la complexité de ces enjeux, qui touchent les navires, les ports, la production, le stockage, la logistique, mais qui, pour de nombreux domaines, n'ont pas encore de solution. Et il n'y aura pas une solution. C'est un mix de solutions, c'est un mix d'innovations, c'est un mix de réglementations. Tout cela, il faut y travailler. Il faut y travailler ne serait-ce que parce que les autres pays y travaillent. Là aussi, et c'est le rôle du Cluster maritime français, il s'agit de mettre en avant les atouts que nous avons sur nos régions, nos territoires. Et bien évidemment, la région nantaise, avec le pôle industriel de Saint-Nazaire, est au premier rang de ces atouts. C'est pour cela que c'est important que vous nous ayez rejoints, que vous soyez à la tête du combat pour vraiment mettre en avant tout cet écosystème, pour que nous soyons capables de rivaliser avec des centres de recherche au Danemark, en Angleterre, en Allemagne, à Singapour, dans notre industrie, notre écosystème industriel, pour proposer des solutions de propulsion, de production d'énergie, d'efficacité et de protection de la biodiversité pour les enjeux de demain.

Ceci appelle à un programme national, qui doit être dessiné territorialement parlant, bien évidemment. Tout ne se fera pas à Paris, cela semble assez évident. Il est important de mobiliser toutes les énergies. Et toutes les énergies, je les vois quasiment toutes autour de la table. Il faut mobiliser les centres de recherche et les centres académiques, les industriels, l'action publique, les politiques publiques. Il faut mobiliser les acteurs régionaux, les acteurs territoriaux, les pôles mer. Il faut mobiliser les banques, les armateurs, les centres de recherche, ceux qui innovent. Il faut mobiliser les écoles, les universités et les ports. Bref, il faut mobiliser tout le monde. Et pour mobiliser tout le monde, nous avons décidé de créer un institut de transition éco énergétique. Cet institut travaillera sur l'ensemble de la chaîne de valeur et sur l'ensemble du processus de production, c'est-à-dire du TRL1 au TRL10. C'est vraiment une démarche pionnière et dans laquelle vous nous accompagnez en pionnier, en vous engageant pour commencer à constituer les premières équipes, commencer à financer ces premières équipes et commencer à travailler sur des programmes ports et navires zéro émission, qui sont dans le respect du comité stratégique de filière, des feuilles de route de la filière des industriels de la mer, qui seront bien évidemment en partenariat avec les différents intervenants, je pense notamment au CORIMER, qui portent l'innovation maritime.

Le tissu industriel et de recherche et développement des Pays de la Loire est particulièrement riche, et c'est pour ça qu'on ne dévoilera pas de grand secret en disant que le pôle techno, nous souhaitons évidemment qu'il soit dans la région. Mais je ne vais pas être plus long que ça. Je laisserai la parole à Emmanuel-Marie PETON, qui est directeur de projet au Cluster maritime français et qui a fait un travail extraordinaire depuis maintenant trois ans pour arriver à structurer cette filière de décarbonation. Erwan JACQUIN également nous a rejoints plus récemment et à nos côtés, il a aussi fait un travail extraordinaire. Je vous conseille maintenant d'être attentifs au One Ocean Summit qui aura lieu la semaine prochaine, car c'est ici que nous lancerons officiellement avec le soutien du gouvernement cet institut de transition éco énergétique. Je vous remercie. Merci, Claire, de m'avoir donné la possibilité d'intervenir et de nous soutenir.

Claire HUGUES

Merci beaucoup, Frédéric. Sans transition, je laisse la parole à un autre Frédéric, puisque Frédéric RAVILLY, du Pôle Mer Bretagne Atlantique, va être notre animateur cet après-midi. Frédéric, je te laisse la parole.



1ère partie

APPROCHE GLOBALE

1.1 le contexte et les enjeux au niveau international, européen et national

Frédéric RAVILLY - Relais du Pôle Mer Bretagne Atlantique en Pays de la Loire via Atlanpole

Merci beaucoup, Claire, merci de la confiance de la Région. Nous allons essayer d'organiser cet après-midi autour de deux grands thèmes. Nous aurons d'abord une première partie qui sera une approche globale des choses. Nous avons la chance, vous l'avez vu sur le programme, d'avoir des représentants de l'OMI, des représentants à Bruxelles ainsi qu'une représentante de l'État pour nous expliquer comment ces différentes structures voient cet enjeu de décarbonation du maritime et quelles sont les évolutions qu'elles mettent en perspective pour répondre à ces enjeux.

Nous aurons ensuite une vision plus nationale à travers deux interventions, du délégué recherche et développement du GICAN, qui travaille au profit de la filière des industriels de la mer, ainsi que de la présidente du CORIMER, qui nous montrera quelles sont les actions aussi bien stratégiques que pragmatiques ou opérationnelles lancées au niveau national. On reviendra notamment sur les actions à très court terme dans lesquels les pôles mer sont très impliqués. Ce sera la première partie.

Nous ferons une petite pause de cinq minutes, parce que l'après-midi est long. Nous en sommes conscients. Puis nous redémarrerons sur une déclinaison plus régionale des choses, une déclinaison ligérienne pour vous montrer les atouts que la région possède. Claire parlait du Navire amiral. Nous allons essayer de vous le démontrer à travers trois interventions, aussi bien des acteurs de la recherche que de la formation que l'innovation en région, en lien avec ce thème. Avant une conclusion qui sera faite par un élève de l'ENSM, quelqu'un qui avait animé le colloque sur le transport maritime décarboné, et qui nous donnera son avis sur le fait que c'est ça génération qui mettra en œuvre ce que nous allons discuter aujourd'hui, nous aurons la chance d'avoir une table ronde d'industriels qui pourront nous expliquer de manière très opérationnelle comment cela se déroule au niveau des entreprises.

Comme Claire l'a dit, c'est un après-midi extrêmement dense. Nous sommes conscients que nous allons vous donner beaucoup d'informations. Vous aurez donc deux temps de questions-réponses. N'hésitez pas, comme l'a dit Claire, à poser vos questions en amont sur le chat. Puis nous avons la chance d'avoir Alexandre et Claire en tant que modérateurs. Profitons-en. Tout de suite, je vous

propose de démarrer avec une intervention de Monsieur CHEVALLIER, qui est le représentant français à l'OMI, qui va nous parler des avancées récentes des comités de la protection du milieu sur 2020-2021.

➤ Le rôle de l'OMI et les avancées récentes des Comités de la protection du milieu marin

Damien CHEVALLIER - Représentant de la France à l'OMI en charge des sujets de transition énergétique

Merci beaucoup de m'inviter à votre assemblée pour pouvoir vous présenter rapidement l'Organisation maritime internationale et les actions qui ont été réalisées par cette organisation. Je suis Damien CHEVALLIER, le représentant permanent adjoint de la France auprès de l'Organisation internationale maritime, de fait particulièrement engagée dans les négociations relatives aux questions climatiques.

The infographic features the OMI logo (Organisation Maritime Internationale) and text describing its role as a specialized UN institution since 1948. It lists its mandate areas: security, safety, environmental protection, human element, and legal. It also provides statistics: 115 member states, 18 conventions, 15 organizations, 2 committees, 130 working groups, 30 sessions per year, and 150 days of meetings. The graphic includes images of the OMI building, a meeting room, and a ship.

La première chose avant de rentrer dans les détails c'est peut-être de vous expliquer rapidement ce qu'est l'Organisation maritime internationale. L'OMI est une institution spécialisée des Nations unies comme l'OMS, l'UNESCO et bien d'autres. Elle a été créée en 1948, elle est basée à Londres, sur les rives de la Tamise. C'est l'autorité mondiale chargée d'établir les normes du transport maritime dans des domaines toujours plus larges.

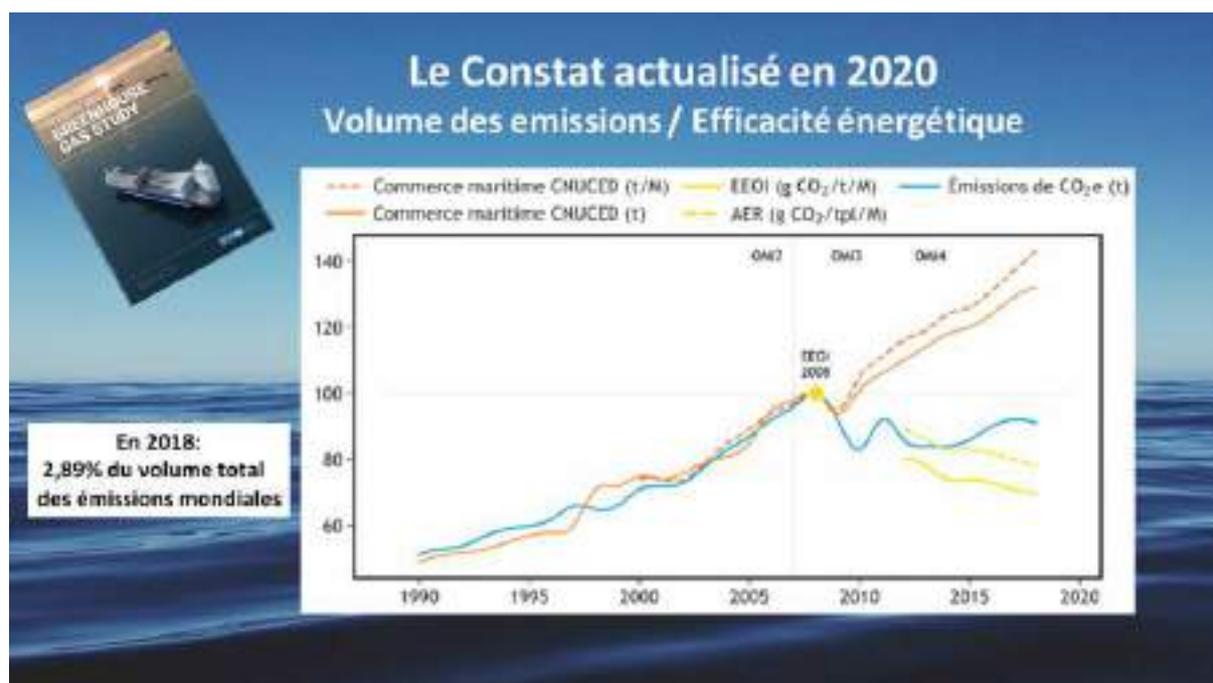
Historiquement, les premières conventions de transport maritime ont été basées sur des accidents que nous connaissons bien comme celui du Titanic, ou du Princesse Alice, au siècle précédent. Cela répond donc à la nécessité de développer une réglementation internationale parce que le transport maritime, depuis sa création, est par nature sans frontières et même si nous avons des pavillons, c'est parfois un petit peu difficile par rapport à ce que nous connaissons dans le domaine terrestre.

L'OMI est en charge en particulier de la sécurité, avec la première convention. Mais nous avons également les questions de sûreté, de piraterie, de trafics illicites, les questions de protection de l'environnement qui sont des questions qui se sont développées de plus en plus, avec en particulier le transport des hydrocarbures pendant des années 60-70, avec les conséquences des marées noires. Elle a également en charge l'élément humain, un facteur important qui est souvent la cause d'un certain

nombre d'accidents. Elle gère toutes les questions juridiques, les régimes de responsabilité, d'indemnisation des victimes en matière de pollution en particulier, et tout ce qui est simplification des formalités. Ce que nous avons derrière ce mot, c'est toute l'interface entre le port et le navire, et l'échange d'informations avant l'arrivée ou pendant les escales. Cela constitue un périmètre assez important.

L'OMI, aujourd'hui, c'est 175 États membres, trois États associés, mais ce ne sont pas uniquement des États. Nous avons aussi 85 organisations non gouvernementales, où vous retrouvez des représentants des armateurs, des sociétés de classification, des ONG environnementalistes et puis des organisations spécialisées dans un certain nombre de domaines techniques. On a aussi 67 organisations intergouvernementales, dont la Commission européenne, qui a un statut d'observateur. Vous retrouvez aussi un certain nombre d'agences des Nations unies ou de conventions régionales parmi ces 67 acteurs.

Le maritime, c'est une histoire très longue. On a déjà 25 conventions internationales. Ce qui représente un volume conséquent si vous comparez à l'aérien, basé à peu près sur trois ou quatre grandes conventions internationales. C'est beaucoup de standards, beaucoup de normes. L'OMI est organisée en cinq grands comités, dont celui de la protection du milieu marin, sept sous-comités, 130 groupes de travail environ par an. Cela représente 30 sessions par an, 150 jours de réunion et près de 3500 propositions qui sont examinées chaque année.



Dans le domaine des gaz à effet de serre, je vais essayer de présenter les actions lancées par l'Organisation. Tout d'abord, avant de prendre des actions, il faut avoir une vision, un constat des émissions du secteur maritime. La première mission de l'OMI en la matière, c'est avoir un état de référence. Parce que comme je le disais, le transport maritime ne connaît pas de frontières, on ne peut pas raisonner sur une approche par État. Donc, on raisonne sur une approche par secteur. L'OMI a fait de nombreuses études sur les émissions. Cela a commencé dans les années 2000. En 2020, nous avons publié la quatrième étude de l'Organisation, qui permet d'établir qu'en 2018, le secteur maritime a représenté 2,89 % du volume total des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'origine anthropique. On peut dire, vu comme cela, que ce n'est pas grand-chose. Mais pour vous donner une autre idée par rapport à ce pourcentage, le volume total des émissions de l'Allemagne, c'est 2,2 %.

Pour le Japon, c'est 3,4 %. Le transport maritime se situe donc à peu près entre la cinquième et la sixième place des contributeurs étatiques, si on devait résumer le secteur maritime à un État. Nous sommes donc quand même sur un volume forcément important.

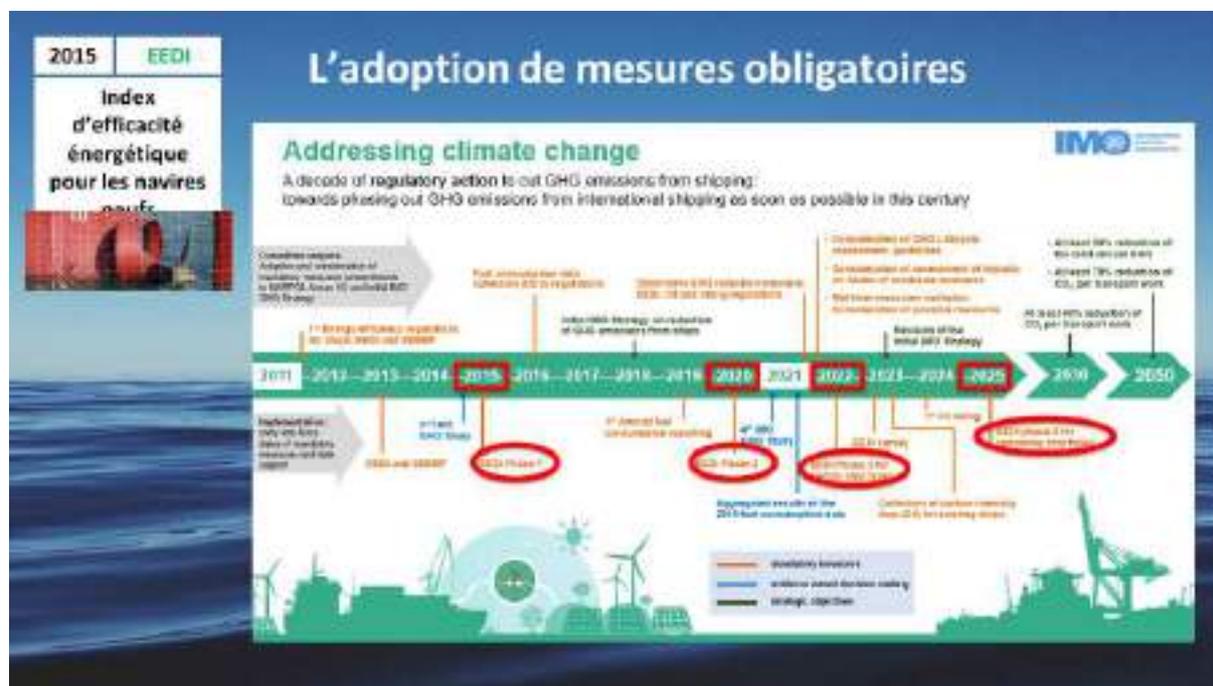
Je ne vais pas vous expliquer en détail ce petit schéma. Vous pouvez voir, en courbe orange, l'évolution en tonnes du transport maritime depuis les années 90. Le secteur du transport maritime est en croissance quasi constante. On prévoit dans les années futures de continuer cette croissance, liée aux échanges mondiaux. En bleu, vous avez les émissions totales de CO2 du transport maritime. Vous voyez que depuis 2008, on a amorti la courbe. Malgré la croissance du transport maritime, les émissions continuent à augmenter, mais pas dans la même proportion que celle de la croissance. Cela s'explique par les petites courbes jaunes qui sont l'amélioration de l'efficacité énergétique des navires à la tonne transportée depuis 2008. Pourquoi 2008 ? Parce qu'en 2008, nous avons eu une crise importante du cours du baril de pétrole, qui a incité les armateurs et le secteur à investir dans le développement de nouvelles technologies et à optimiser un peu plus les navires. Aujourd'hui, ce que nous arrivons finalement à faire, en améliorant cette efficacité énergétique, c'est contenir le volume total des émissions de façon à peu près constante, avec une augmentation d'à peu près 3 % par an. Mais disons que c'est beaucoup plus faible que le taux de croissance.



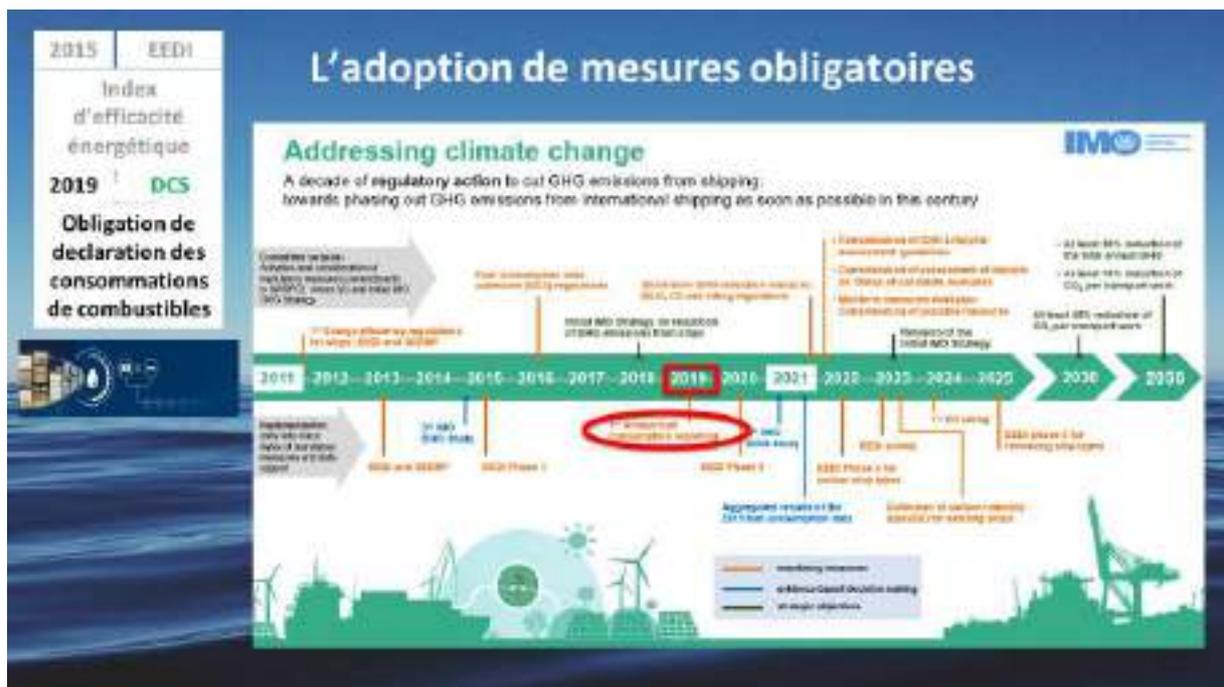
Bien entendu, aujourd'hui, la priorité est de réduire les gaz à effet de serre. L'OMI a donc adopté en 2008 une stratégie. C'est une première étape. Avec 175 États membres, vous imaginez bien qu'il est difficile de négocier, que cela peut être long. La première chose sur laquelle s'entendre, c'est définir des objectifs chiffrés en matière de réduction. Cette stratégie adoptée en 2008 contient deux grandes lignes. La première, c'est la question de l'intensité carbone. Comme vous l'avez vu, il s'agit de pouvoir permettre une amélioration à la tonne transportée de cette intensité carbone pour améliorer l'efficacité énergétique des navires. Nous avons deux grandes cibles dans cette stratégie : faire -40 % en 2030 par rapport à l'année de référence 2008, et -70 % en 2050. Cela nécessite donc, comme l'a expliqué Frédéric, une véritable révolution industrielle dans les technologies, dans l'architecture navale, et un énorme besoin en matière de recherche et développement.

Mais améliorer l'intensité carbone, ce n'est pas suffisant. Comme vous l'avez vu, l'augmentation de la croissance du transport maritime nous pousse à devoir trouver d'autres solutions que la simple

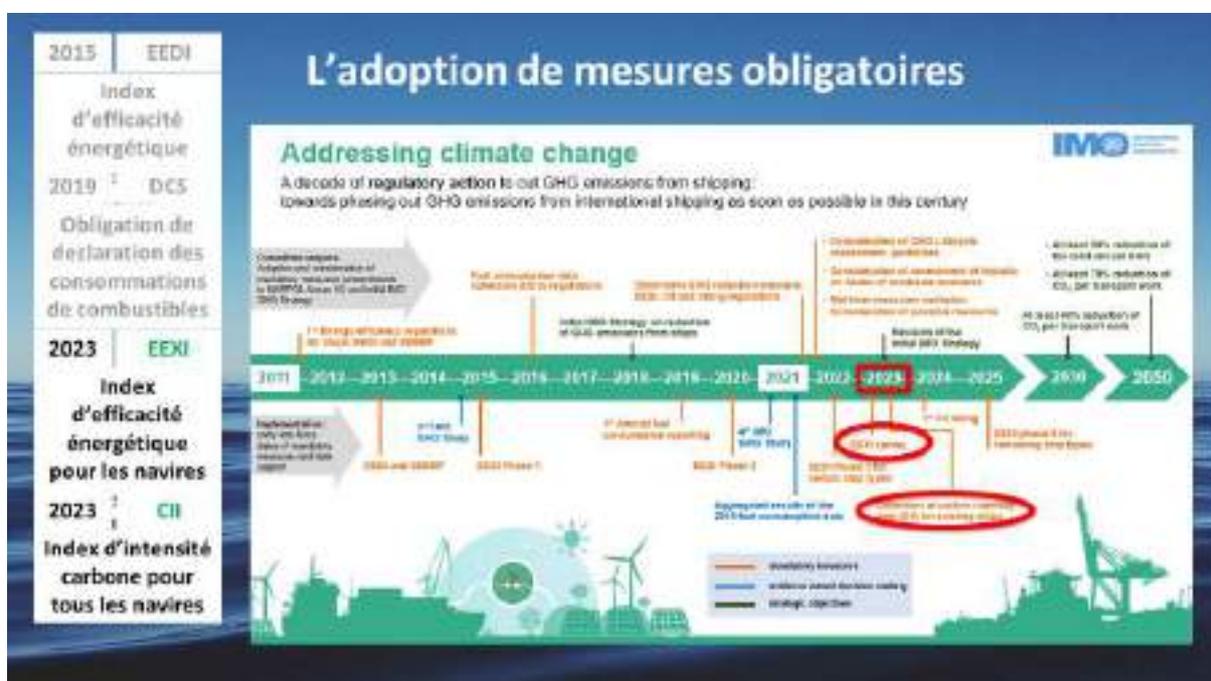
réduction de l'intensité carbone. Parce que si on arrive à améliorer l'intensité pour un navire individuel, si on augmente le nombre de navires au total, le résultat fait qu'on arrive à un résultat à peu près nul en matière de décroissance des émissions. Nous avons donc un objectif de réduction sur le volume total de ces émissions, qui est un objectif de -50 % à l'horizon 2050 par rapport à l'année de référence de 2008. Par rapport à cela, nous avons donc défini différentes mesures de court terme, de moyen terme et de long terme. C'est ce que je vais essayer de vous détailler.



Je ne vais pas vous expliquer dans les détails toute la feuille de route de l'OMI. Je vous l'affiche pour que vous puissiez regarder ensuite en détail tout ce qui a pu se passer. Nous avons démarré depuis un certain temps des réflexions sur la réduction des gaz à effet de serre dans le secteur. La première date importante a été, en 2015, l'adoption de ce qu'on appelle un index d'efficacité énergétique pour les navires neufs. C'est-à-dire que depuis 2015, tous les gros navires du transport maritime international qui sont mis en service doivent respecter un certain niveau d'efficacité énergétique. Ce niveau évolue dans le temps. Vous avez donc une phase 1 de l'EEDI, une phase 2, une phase 3, en 2020 et 2022. À ces différentes étapes, nous avons donc un niveau de plus en plus contraignant. Ce qui permet d'améliorer l'efficacité énergétique des navires neufs et d'inciter au développement de nouvelles technologies. Mais cette disposition ne concerne que les navires neufs.



En 2019, nous avons également adopté un autre élément important, qui est l'acquisition de données. Parce que pour pouvoir mettre en place des normes, des standards incitant les armateurs à réduire, il faut connaître la situation réelle. Nous avons donc adopté en 2019 un data collection system, c'est-à-dire une obligation de déclaration des consommations de combustibles. Ce qui nous permet d'avoir un état très précis au niveau de la flotte mondiale, mais aussi au niveau d'un navire donné, pour connaître les émissions réelles.



L'autre élément important, qui va entrer en vigueur dans un an, et qui est très contraignant pour la flotte mondiale, c'est, d'une part, un nouvel index appelé l'EEXI, qui est l'index d'efficacité pour les navires existants. C'est à peu près le même index que celui entré en vigueur en 2015, mais cette fois-ci, il va s'appliquer à toute la flotte existante. Sur un navire existant, vous ne pouvez pas refaire toutes ses formes de carène, vous ne pouvez pas en modifier toute l'architecture propulsive. Cela va en particulier

conduire à l'installation de limiteurs de puissance, et donc à des réductions potentielles de vitesse des navires, pour diminuer les émissions totales et améliorer l'efficacité énergétique de ces navires.

Le second point qui rentrera en vigueur en 2023, c'est le CII, un index d'intensité carbone, qui lui aussi va s'appliquer à tous les navires, mais pas uniquement par rapport au design. Il va en effet tenir compte de l'exploitation réelle des navires, c'est-à-dire de la consommation réelle des navires. C'est effectivement une petite révolution parce qu'à l'issue d'une année de mise en service de ce dispositif, nous allons classer tous les navires de la flotte mondiale avec un système que nous connaissons bien dans d'autres domaines par exemple l'électroménager, où on va classer tous les navires avec une notation qui ira de A à E. En fonction du résultat annuel de ces navires, ils devront mettre en place des plans d'action pour toujours rester dans les meilleures catégories. On va donc vers un système très contraignant qui pourra conduire à l'arrêt d'un certain nombre de navires, et qui incite à aller de l'avant. Sachant que bien entendu, comme tous ces index, plus le temps avance, plus ils deviennent contraignants. On espère donc par ces moyens avoir une flotte qui abandonne progressivement les combustibles carbonés pour aller vers de nouvelles technologies.

Maintenant, sur ce dernier transparent, je ne vais pas rentrer dans les détails. Mais aujourd'hui, on travaille sur ce qu'on appelle les mesures de moyen et long terme, c'est-à-dire la mise en place d'instruments de marché, peut-être ce système de taxes. Et on travaille également au développement et à la mise en œuvre de nouveaux moyens de réduction, ou d'incitation en tout cas sur l'usage de fioul décarboné. Ce sont les négociations qui sont en cours et qui seront, on l'espère, adoptées et décidées dans les prochaines années.

Voilà très rapidement, pour essayer de vous donner une vision d'ensemble de ce qui est conduit au niveau international. Merci.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Monsieur CHEVALLIER. Merci pour toutes ces informations qui sont vraiment très importantes, vous l'avez compris, pour cette démarche très volontariste. Vous êtes un peu à l'origine de toutes les évolutions. Vous le verrez dans les interventions suivantes, avec toute cette communauté qui se mobilise pour essayer de répondre à ces enjeux et à ces futures obligations.

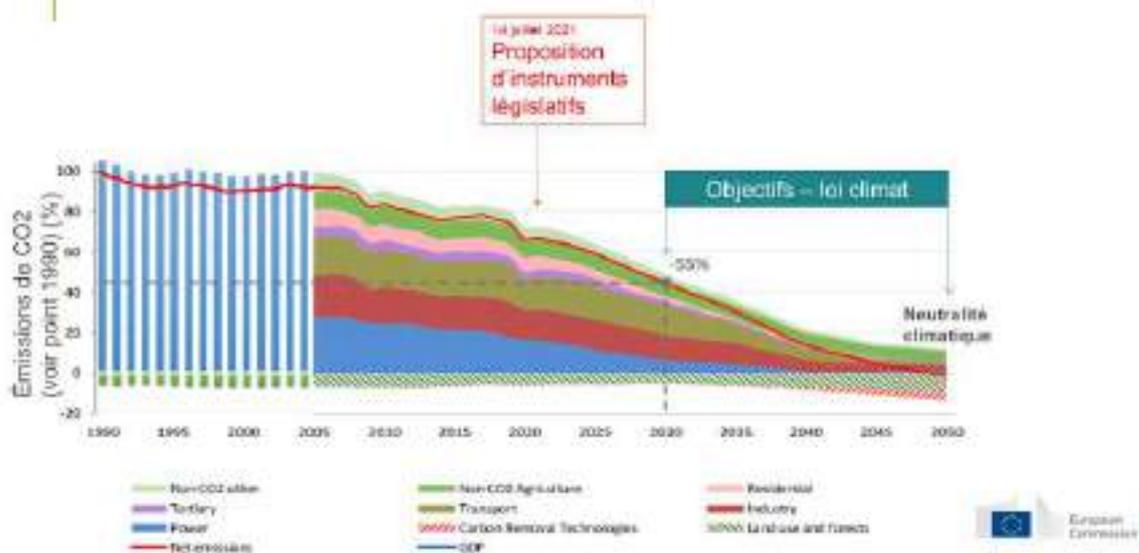
Nous allons maintenant passer à l'échelon de l'Europe, avec l'intervention de Monsieur Timothée NOËL. Nous vous laissons la parole pour 10 minutes, pour présenter le plan Europe concernant le transport maritime.

➤ Le volet maritime du plan climat de l'Union européenne

Timothée NOËL - DG CLIMA, Unité B.3 Marché carbone international, aviation et maritime

Bonjour à tous. Je voudrais déjà vous remercier pour votre invitation. Je suis ravi d'être avec vous cet après-midi. J'aimerais, à travers ma présentation, vous présenter les différentes mesures qui ont été proposées dans le secteur du transport maritime par la Commission dans le cadre de la mise en œuvre du Pacte vert.

Faire du pacte vert pour l'Europe une réalité



Déjà, je voudrais rappeler les objectifs du Pacte vert. À travers ce nouveau Pacte et la loi européenne sur le climat, l'Union européenne s'est engagée à être le premier continent à parvenir à la neutralité climatique d'ici 2050. Nous nous sommes également engagés à réduire nos émissions de 55 % d'ici 2030 par rapport à l'année de référence de 1990. Ces objectifs sont des objectifs ambitieux. Il faut savoir qu'aujourd'hui, on a réussi, avec nos efforts, à réduire les émissions de gaz à effet de serre d'environ 24 % par rapport à cette année de référence. Il nous faudra donc dans le futur faire plus en moins de temps. Mais bien sûr, ce niveau d'ambition est important et nécessaire pour répondre aux urgences climatiques en face de nous, et nécessaire afin d'atteindre les engagements que nous avons pris dans le cadre de l'Accord de Paris. C'est pourquoi le 14 juillet de l'an passé, la Commission européenne a fait une série de propositions concrètes afin de modifier le cadre législatif européen pour mettre en œuvre le Pacte vert.

Le volet maritime – un ensemble de mesures



- **Tous les secteurs de l'économie doivent contribuer.**
- **Objectifs:** mettre en place les incitations appropriées pour stimuler la décarbonation du secteur -
 - Améliorer l'efficacité énergétique;
 - Utilisation accrue de carburants renouvelables et à faibles émissions de carbone.
- Lever les divers obstacles au moyen d'un **ensemble de mesures.**
- **Faire progresser les discussions au niveau mondial** et s'assurer du bon fonctionnement du marché du transport maritime de l'UE.



L'idée est d'engager l'ensemble de l'économie européenne, l'ensemble de la société européenne dans une transformation qui se doit d'être profonde, mais aussi équitable, compétitive, parce que l'objectif est évidemment aussi d'assurer la compétitivité de notre économie. Il faut qu'elle soit verte parce qu'il nous faut des cadres, une législation qui protègent également la nature, la biodiversité. Car ce sont des thèmes qui sont extrêmement liés à la problématique du dérèglement climatique.

Ce qui est certain, c'est que si nous voulons arriver à cet objectif de réduire nos émissions de 55 % par rapport à 1990, nous n'avons pas le choix : l'ensemble des secteurs doit contribuer à cet effort, que ce soit le secteur de l'industrie, les producteurs d'électricité, l'agriculture ou le secteur du transport, dont le transport maritime, pour plusieurs raisons. La première raison est que le transport maritime, comme le secteur du transport en règle générale, est un secteur qui pèse au niveau des émissions de gaz à effet de serre. Aujourd'hui, le transport maritime représente 3 à 4 % des émissions totales de gaz à effet de serre de l'Union européenne. On prévoit que si on ne fait rien, ces émissions devraient augmenter dans le futur, notamment parce qu'on prévoit un accroissement de la demande de transport maritime dans le futur. On prévoit donc une augmentation, si on ne fait rien, de 30 % des émissions entre 2015 et 2030.

Aujourd'hui, il faut savoir que la plupart de ces émissions du transport maritime ne sont pas reprises dans les politiques climatiques de l'Union européenne. À présent, ce qu'on a comme obligation, c'est l'obligation pour les opérateurs de navires de venir suivre, déclarer et vérifier leurs émissions de gaz à effet de serre de manière annuelle auprès de la Commission européenne. Mais on n'a pas de mesures claires incitant à réduire les émissions. C'est pour cela qu'en juillet dernier, la Commission européenne a proposé un certain nombre de mesures afin d'inciter le secteur du transport maritime à se décarboner. Ce qui passe par plusieurs actions, notamment améliorer l'efficacité énergétique des navires, faire en sorte qu'ils consomment moins d'énergie. En parallèle de cela, on se doit d'avoir des mesures qui vont venir favoriser l'utilisation accrue de carburants alternatifs, de carburants renouvelables et à faibles émissions de carbone qui, on le sait aujourd'hui, ne sont presque pas disponibles sur le marché et coûtent beaucoup plus cher que du carburant fossile.

L'idée de ce paquet de mesures liées au transport maritime, c'est de lever les différents obstacles qui existent aujourd'hui sur le marché, que ce soit des obstacles réglementaires de marché, des obstacles économiques ou des obstacles technologiques typiquement liés à déploiement d'énergies alternatives. En parallèle, notre objectif est évidemment de continuer à faire progresser les discussions au niveau mondial, comme l'a expliqué Damien CHEVALLIER préalablement. Parce qu'on sait que c'est un secteur mondial. En règle générale, la problématique du dérèglement climatique nécessite aussi une coopération internationale, une réponse mondiale et notre objectif est aussi d'assurer le bon fonctionnement du marché du transport maritime au niveau de l'Union européenne.

Le volet maritime – en pratique



Au niveau des mesures concrètes que nous proposons, vous retrouvez ici l'ensemble des mesures que nous proposons. Nous avons un premier groupe de mesures qui a pour objectif de favoriser l'émergence de carburants alternatifs sur le marché, leur production et leur distribution. Parmi les mesures qui ont vocation à accélérer le déploiement des carburants alternatifs, on retrouve typiquement une proposition pour la révision de la directive sur les énergies renouvelables, qui a pour objectif d'atteindre en 2030 que 40 % d'énergie proviennent de sources renouvelables. Je pense également à la révision de la directive sur la taxation de l'énergie, qui a pour vocation de ne plus exonérer les carburants utilisés dans la navigation maritime et d'inciter à utiliser les carburants alternatifs. Je pense aussi à la proposition de réviser la directive sur les infrastructures pour les carburants alternatifs. Ce sont trois propositions qui vont permettre d'accélérer l'offre de carburants alternatifs sur le marché.

En complément à ces trois mesures, nous avons une nouvelle initiative qui s'appelle l'initiative FuelEU maritime, qui a pour vocation d'accélérer la demande de carburants alternatifs. On propose également d'étendre le système d'échange de quotas d'émissions sur le transport maritime afin de donner un prix aux émissions de carbone, d'inciter les investissements bas carbone dans le secteur, et de garantir la contribution du secteur aux objectifs climatiques européens. En plus de ces mesures, nous souhaitons évidemment continuer à soutenir les efforts nécessaires en termes de recherche et d'innovation par des programmes européens spécifiques, notamment le programme Horizon Europe, et de continuer notre coopération au niveau de l'OMI.

Étendre le Système d'échange de quotas d'émission de l'UE au transport maritime

- Ursula von der Leyen : « **La pollution doit avoir un prix** ».
- Impose un **plafond d'émissions** pour les émissions des installations et activités relevant du SEQE qui est réduit chaque année.
- **Signal prix**
- Les **revenus** des échanges de quotas favorisent la transition et l'innovation.

- Pour le secteur du transport maritime:
 - ✓ navires d'une jauge brute supérieure à 5 000 tonnes;
 - ✓ Couverture de l'ensemble des émissions intra-UE et la moitié des émissions liées aux voyages débutant ou se terminant en dehors de l'UE;
 - ✓ dès 2023 avec une phase de transition;
 - ✓ plus de revenus pour soutenir la transition et l'innovation.



17

Je voudrais, en complément de cette information, rentrer dans le détail de deux mesures en particulier. La première mesure, c'est l'extension du système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne au transport maritime. L'objectif visé par cette extension, c'est de faire en sorte que le prix du transport maritime reflète l'impact qu'a le secteur sur le climat. C'est une proposition qui est tout à fait en phase avec le principe de pollueur-payeur et en phase avec l'esprit général d'appliquer une tarification carbone à l'ensemble des secteurs de l'économie, en tout cas les principaux secteurs économiques de l'Union européenne. Comme le dit la présidente de la Commission européenne, Ursula VAN DER LEYEN, toute pollution doit avoir un prix. On est bien dans cette logique. Ce n'est pas un système nouveau, il existe en Europe depuis 2005. Aujourd'hui, ce système d'échange de quotas d'émissions concerne plus de 11 000 installations. Il concerne également le transport aérien et il couvre in fine plus de 40 %, déjà, des émissions émises en Europe. L'idée est d'étendre ce système-là au secteur du transport maritime.

Ce système a plusieurs avantages et le principe est relativement simple à comprendre : quiconque pollue l'atmosphère avec une molécule de dioxyde de carbone ou de gaz à effet de serre se doit d'acquérir et de restituer des quotas d'émissions. On peut voir les quotas d'émissions un peu comme un permis de polluer. Les États membres, l'Union européenne mettent sur le marché tous les ans un certain nombre de quotas d'émissions, et tous les ans, ce volume de quotas d'émissions diminue. Ce qui fait qu'avec cette diminution des quotas d'émission, cela nous permet de plafonner, de réduire les émissions de gaz effet de serre.

Le deuxième avantage, en plus du plafonnement des émissions, c'est le signal prix. C'est-à-dire qu'en faisant payer la pollution, les émissions de gaz à effet de serre, on envoie un signal prix. Ce qui veut dire que les entreprises qui polluent moins vont devenir plus compétitives sur le marché. Les investissements dans des solutions bas carbone vont aussi devenir plus intéressants d'un point de vue financier, avec un retour sur investissement plus intéressant. Le différentiel qui existe au niveau du prix entre de l'énergie alternative, du carburant interactif et du carburant fossile va aussi être amoindri. Le troisième avantage de ce système, c'est qu'il crée des revenus. Ces revenus sont utilisés pour favoriser la transition et favoriser l'innovation.

D'un point de vue très concret, qu'est-ce qu'on propose sur le maritime ? C'est d'intégrer à ce système-là les émissions des navires importants, d'une jauge brute supérieure à 5000 t. On propose de couvrir l'ensemble des émissions liées aux voyages entre ports européens, mais aussi la moitié des émissions liées aux voyages débutant et terminant dans l'Union européenne. On propose d'avoir cette extension à partir de 2023, avec une phase de transition. Évidemment, il s'agit d'avoir plus de revenus pour soutenir la transition et l'innovation.

L'initiative "FuelEU Maritime"

- Accroître la **demande de carburants renouvelables et bas carbone**.
- Une **neutralité technologique**:



- Une **obligation d'utiliser l'alimentation électrique à quai** pour certains navires.
- **Caractéristiques**: une approche «du puits au sillage», même couverture que pour l'extension du SEQE en termes de voyage, la possibilité d'une conformité groupée.



18

La deuxième initiative que je voulais souligner à travers mon exposé, c'est l'initiative FuelEU maritime. Comme je vous l'ai expliqué précédemment, c'est une initiative qui a pour vocation d'accroître la demande de carburant renouvelable et bas carbone en complément des autres mesures qui visent à accroître l'offre de carburant alternatif sur le marché. C'est une initiative qui utilise une approche neutre d'un point de vue technologique. On ne va pas préconiser l'utilisation de certains types de carburant auprès des opérateurs de navires. C'est-à-dire que les opérateurs de navires seront libres d'utiliser des biocarburants, de l'hydrogène vert, du méthanol vert, de l'ammoniaque, mais ils auront l'obligation tous les ans de calculer l'intensité moyenne annuelle de leurs émissions de gaz à effet de serre, de l'énergie utilisée à bord. Cette intensité carbone moyenne devra être sous un seuil fixé par la législation européenne. Ce seuil a pour vocation à être réduit d'année en année, avec des pas de cinq ans, avec une année de référence de 2020 et avec, comme vous le voyez sur la diapositive, un seuil qui diminue de 2 % par rapport à 2020 en 2025 et jusqu'à -75 % en 2050. L'idée, c'est de donner un signal fort, un signal long terme aux industriels, aux acteurs du marché, que ce soient les opérateurs de navires, mais aussi des entreprises qui sont derrière la production d'énergies alternatives, pour enclencher les investissements nécessaires qui doivent être mis en place rapidement afin qu'on puisse avoir une transition énergétique qui s'opère dans le secteur.

En plus de cela, cette initiative FuelEU maritime propose des obligations en termes d'utilisation de l'alimentation électrique à quai pour un certain nombre de navires, ceux qui polluent le plus. Et elle utilise une approche assez spécifique pour calculer l'intensité carbone de l'énergie utilisée à bord. Elle prend typiquement en considération les émissions non seulement de dioxyde de carbone, mais aussi de méthane, de protoxyde d'azote. Elle utilise aussi une approche « du puits au sillage », c'est-à-dire qu'on prend en considération les émissions amont liées à la production d'énergie ainsi que les émissions aval liées à la combustion de ces carburants fossiles. On propose aussi une certaine

flexibilité au niveau de la conformité afin de mettre en avant et de soutenir les solutions les plus performantes et les carburants alternatifs les plus performants.

Voilà pour ma présentation : j'ai essayé de vous présenter rapidement les différentes mesures proposées par la Commission européenne. Je crois que je ne me suis pas complètement présenté au début de ma présentation. Je veux juste rappeler que je travaille à la Commission européenne, et plus précisément à la Direction générale de l'action pour le climat, dans une unité en charge des émissions du transport maritime et du transport aérien notamment. Je vous remercie beaucoup pour votre attention.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Monsieur NOËL. Effectivement, j'aurais dû vous présenter. Je vous présente mes excuses pour cela. Merci pour cet exposé très clair. Nous voyons qu'il y a là aussi des objectifs très précis, très ambitieux. Nous avons déjà quelques questions et je remercie ceux qui les ont posées. J'invite les autres participants à ne pas hésiter non plus. Nous les notons et nous les poserons tout à l'heure. Monsieur NOËL, si vous avez la gentillesse de rester avec nous jusqu'à ce moment-là, sachez que vous avez déjà quelques questions qui vous attendent. Merci beaucoup, Monsieur NOËL.

Je vais maintenant passer la parole à Emmanuelle PATIGNY-BASTIN, qui fait partie de la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement en Région Pays de la Loire, pour nous donner cette fois-ci la vision française, en tant que représentante de l'État, de ce sujet de la stratégie climat énergie.

➤ La stratégie française pour l'énergie et le climat

Emmanuelle BASTIN - Mission énergie et changement climatique de la DREAL des Pays de la Loire

Bonjour à toutes et à tous. La DREAL est un service de l'État porteur des politiques du ministère de la Transition écologique et du ministère de la Cohésion des territoires. Cet après-midi est également présent Julien CUSTOT, qui est le directeur adjoint de la DREAL, qui pourra éventuellement aussi répondre à vos questions, parce que je devrai vous quitter un peu après ma présentation pour rejoindre d'autres réunions. J'en suis désolée. Je vais essayer de broser en quelques minutes le paysage français en matière de stratégie énergie-climat. Ma présentation sera sans doute un peu plus générale que les deux orateurs précédents, qui étaient vraiment ciblés sur le maritime. Mon objectif est plutôt de vous donner les grandes lignes nationales en matière de stratégie bas carbone.

Limiter le réchauffement climatique entre +1,5 et +2°C à l'horizon 2100

COP 21 à Paris en 2015/2016 (193 signataires à ce jour)



NB : Le transport maritime non concerné par les engagements nationaux lors de l'accord de Paris :

- sujet international
- faible lien entre la nationalité des entreprises de la filière et le pavillon des navires

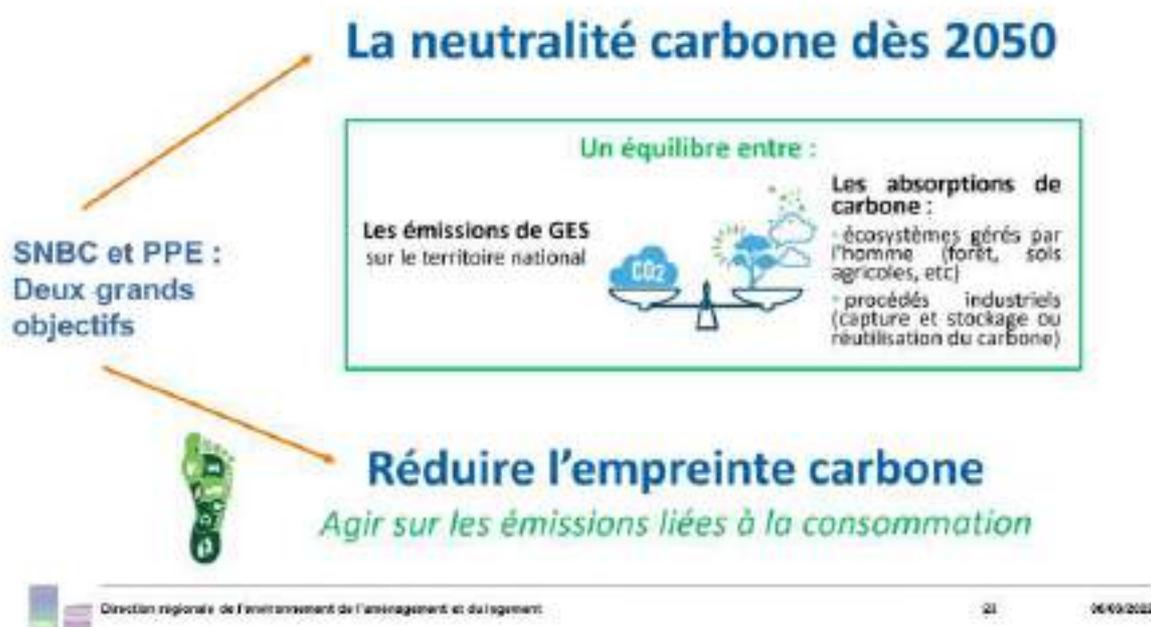
→ négociations renvoyées au sein de l'OMI

Mais la stratégie nationale a des impacts directs et indirects sur le secteur maritime (industrie, énergie,...)

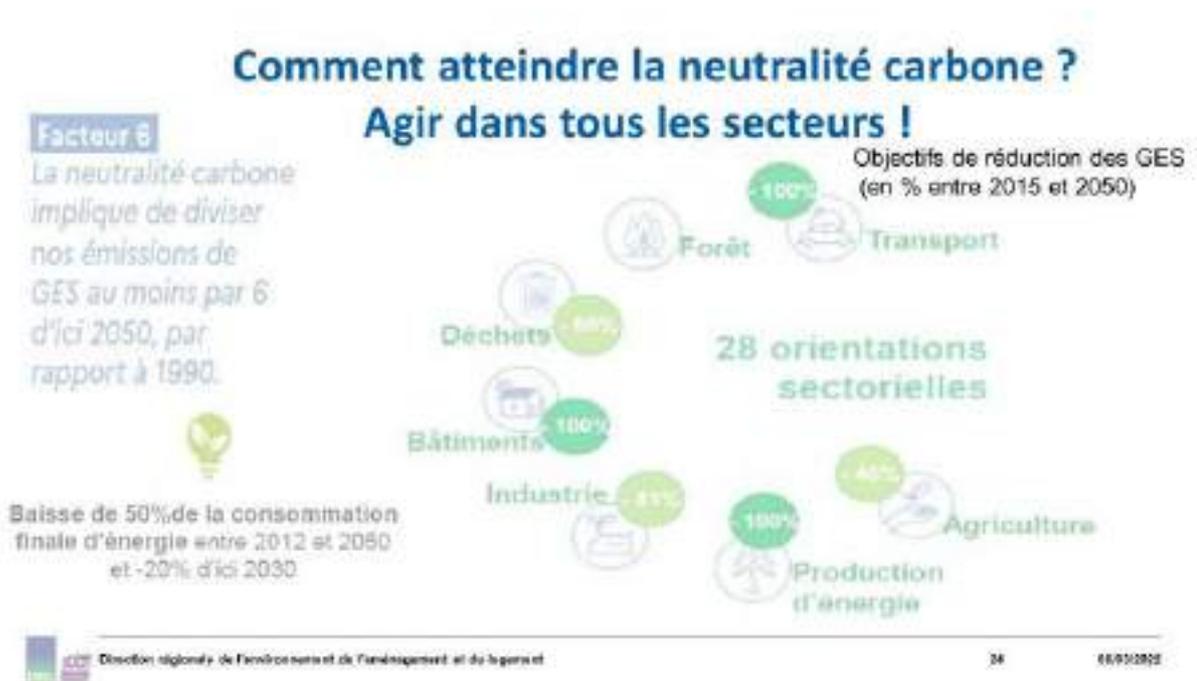
D'abord, rappeler que cette politique s'inscrit vraiment dans la droite ligne de la COP 21, qui visait à prendre des orientations et des engagements pour limiter le réchauffement climatique entre 1,5° et 2° à l'horizon 2100. C'est important de rappeler la finalité de toutes nos actions. Dans le cadre de cette COP 21, il y avait quand même 193 États ou organisations signataires. Dans le cadre de ces négociations, les engagements nationaux qui ont été pris ne concernaient pas le transport maritime spécifiquement, puisque c'est un sujet vraiment transfrontalier qui a été renvoyé au sein de l'OMI notamment. Monsieur CHEVALLIER a pu expliquer les avancées sur ce secteur particulier. Cela dit, le secteur maritime, ce n'est pas que le transport maritime. Derrière, c'est un ensemble de filières industrielles. Cela renvoie également au développement d'énergies marines. Toutes ces filières vont être concernées directement par cette stratégie nationale bas carbone.



La politique française en matière d'énergie et de climat est définie très grossièrement par ces trois plans. Il y a d'abord la stratégie nationale bas carbone qui va définir notre feuille de route, avec un certain nombre d'orientations qui visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre sur notre territoire à horizon 2050. Il y a un deuxième document qui est important, dont je vais également parler cet après-midi. Il concerne plutôt l'énergie. C'est la programmation pluriannuelle de l'énergie, qui va donner pour les 10 ans à venir le mix énergétique vers lequel la France veut tendre. Enfin, il y a un troisième document qui est important, dont on parle trop peu à mon avis, qui est l'adaptation au changement climatique, le plan national d'adaptation. Quoique l'on fasse de toute façon, le changement climatique est en route. On sera donc confronté forcément, à un moment donné, à devoir s'adapter à ces changements climatiques. Là aussi, c'est un ensemble d'orientations qui visent à essayer d'inciter les acteurs à s'adapter à ce changement climatique.



Là, je vais développer très rapidement les deux premiers points. Concernant d'abord la stratégie nationale bas carbone, cette feuille de route vise deux choses : la neutralité carbone dès 2050 en France, en premier lieu. Cela veut dire qu'on ne va pas émettre plus de gaz à effet de serre que nos écosystèmes sont capables d'absorber. Cela veut dire que l'ensemble des activités qui sont menées sur notre territoire national ne doit pas conduire à un excès de gaz à effet de serre, qui ne pourra pas être absorbé par nos forêts, nos prairies, nos sols agricoles, par des procédés industriels de stockage de carbone par exemple. On parle beaucoup de l'ingénierie d'absorption de carbone, mais ce sont des solutions qui restent encore à inventer. Cette neutralité carbone en 2050 concerne les émissions de notre territoire national. Mais évidemment, ce n'est pas suffisant puisque nous sommes dans une économie mondialisée. Il faut donc aussi s'intéresser à ce que l'on consomme, qui n'est pas produit sur notre territoire, et qui émet aussi des gaz à effet de serre. Il y a également des objectifs en termes de réduction de notre empreinte carbone, pour agir justement sur les émissions qui sont liées aux consommations importées.



Comment atteindre cette neutralité carbone ? C'est vraiment le sujet de la décarbonation. Le premier moyen, c'est déjà de réduire notre consommation d'énergie. Dans cette stratégie nationale, il y a une forte ambition de baisse de 50 % des consommations d'énergie entre 2012 et 2050, et de 20 % de consommation d'énergie d'ici 2030. Cela concerne absolument tous les secteurs d'activité. Cela concerne vraiment l'ensemble des secteurs. Outre cette réduction des consommations d'énergie, cela veut dire aussi qu'on change de mode d'énergie. C'est là où nous arrivons à la décarbonation de l'ensemble des secteurs, avec là aussi des objectifs très ambitieux.

Pour le transport par exemple, on vise 100 % de décarbonation. Cela veut dire, en 2040, la fin des ventes de véhicules thermiques. Cela veut dire également 100 % de décarbonation dans le bâtiment. Cela veut dire aussi d'autres modes de chauffage. Dans l'industrie, c'est -80 %. Toutes ces baisses d'émission de carbone passent par un changement de mode énergétique et essentiellement une électrification pour l'industrie ou un passage à d'autres modes de production d'énergie comme l'hydrogène par exemple pour les transports lourds. Cet objectif de neutralité carbone implique que dans chaque secteur, il va falloir diviser nos émissions de GES en moyenne par 6 d'ici 2050 par rapport à 1990. L'ambition est donc très forte.

Réduire l'empreinte carbone des français



▲ 11,2 tonnes eqCO₂ par français

Objectif 2050 = entre 1,6 et 2,8 t

les émissions associées aux **importations** (dont transport maritime) ont augmenté de 1,7 % par an en moyenne depuis 2010,

les **émissions du territoire métropolitain** (ménages et activités économiques hors exportations) ont baissé de 1,6 % par an en moyenne durant la même période.

Je vous ai parlé de la neutralité carbone. En ce qui concerne les émissions, c'est une réduction drastique des émissions liées aux activités qui se trouvent sur notre territoire national. Mais comme on l'a vu, ce n'est pas suffisant. Il faut aussi s'intéresser à notre empreinte carbone globale. Si on regarde l'empreinte carbone moyenne d'un Français, elle est de 11 t à peu près par an. Nous voyons sur cette diapositive l'empreinte carbone des Français depuis 1995. Chacun de nous, dans nos consommations, dans notre vie courante, émet environ 11 t d'équivalent carbone par an. Cette empreinte carbone a plutôt tendance à être à la hausse et vous voyez que cette empreinte carbone est liée à deux choses : évidemment, nos productions nationales et nos importations. On voit que cette part d'importation est plutôt en augmentation. Monsieur CHEVALLIER et Monsieur NOËL en ont parlé également. Cette partie-là a plutôt tendance à augmenter au fil des ans et elle intègre également le transport maritime, même si cela reste probablement une part qui n'est pas prépondérante dans cette masse d'émissions. Cela dit, cela partie, cela fait partie de cette empreinte carbone des Français qu'il va falloir réduire.



La prochaine PPE fixera de nouveaux objectifs pour l'éolien en mer :

→ scénarios RTE, en 2050, les capacités éoliennes en mer en F entre 22 et 62 GW

→ stratégie offshore de l'UE : 300 GW d'éolien en mer d'ici 2050

Il y a des objectifs assez forts en termes de décarbonation. On sait évidemment que l'empreinte carbone et les émissions de GES en France sont principalement liées à l'énergie, à la consommation d'énergie. Aussi, la stratégie nationale bas carbone est assortie d'une programmation pluriannuelle de l'énergie qui va fixer notre trajectoire énergétique pour les 10 ans à venir. Cette programmation prévoit plusieurs choses. C'est déjà la sobriété énergétique comme je l'ai présentée précédemment, mais également un objectif assez ambitieux de baisse des consommations d'énergie fossile, les produits pétroliers et le charbon notamment. Cela passe aussi par la fermeture de nos centrales charbon, et la baisse des importations de produits pétroliers.

Cela va passer surtout par le développement des énergies renouvelables. Sur les énergies renouvelables, l'ambition est d'atteindre 33 % de renouvelables dans notre consommation finale d'énergie. Cela va passer vraiment par le développement de toutes les énergies renouvelables, dont ce qui vous intéresse principalement cet après-midi plutôt, les énergies marines renouvelables. Dans la PPE actuelle, jusqu'en 2028, il est prévu de développer entre 5 et 6 GW d'éolien en mer. Mais cette programmation pluriannuelle de l'énergie va être révisée dès cette année pour pouvoir prévoir l'exercice des cinq ans à venir. On pressent déjà que cette ambition maritime sur le développement des énergies renouvelables va aller plutôt en s'amplifiant.

Dans les différentes études qui sont sorties récemment, vous avez entendu parler des différents scénarios énergétiques notamment portés par RTE en 2050. Tous ces scénarios affichent une ambition très importante en termes de capacité d'éolien en mer en France, entre 22 et 62 gigawatts. Par ailleurs, au niveau européen, il y a une stratégie également offshore qui prévoit 300 GW de développement d'éolien en mer d'ici 2050. Là aussi, sur cette programmation pluriannuelle de l'énergie, il y a un potentiel important pour le secteur maritime, et notamment le secteur de l'éolien.

Je voulais vous présenter vraiment très brièvement cet ensemble, cette trame française, cette ambition de décarbonation, cette ambition de développement des énergies renouvelables, notamment des énergies marines renouvelables. Comme on peut le voir, l'ambition est forte. C'est à la fois un défi, mais c'est aussi beaucoup d'opportunités, à terme, en termes d'innovation, en termes de développement de filières industrielles, en termes de recherche-développement. C'est plutôt porteur d'espoir, ces éléments de stratégie bas carbone. Je suis à votre disposition si vous avez des questions.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Madame BASTIN. Cela clôt la première partie de cette approche globale.

Je vais prendre juste une question dans le chat. Nous pouvons peut-être laisser la parole à Erwan JACQUIN, qui la reprendra tout à l'heure. Je vois des questions sur les problématiques d'investissement par rapport au discours tenu notamment par Monsieur NOËL.

Erwan JACQUIN

Oui, j'avais une question sur les émissions du transport maritime aujourd'hui, qui ne sont prises en compte au niveau national que dans une toute petite part, sur le transport intérieur, reportant du coup la responsabilité sur des organismes internationaux. N'est-ce pas un frein à l'investissement d'un pays pour décarboner le transport maritime, au sens large, et qui pourrait vouloir se concentrer sur ses indicateurs propres qui vont faire baisser son empreinte carbone ? C'est ma première question.

J'avais également une question sur l'EU ETS. Il était écrit dans la présentation qu'il s'agissait de favoriser le financement de l'innovation. J'ai compris, dans les dernières discussions, que ce n'était pas du tout acquis aujourd'hui qu'il y ait un retour de l'EU ETS vers la R&D et l'innovation. Merci.

Frédéric RAVILLY

Monsieur CHEVALLIER, Monsieur NOËL, pouvez-vous essayer de répondre, mais dans un format assez synthétique s'il vous plaît ?

Damien CHEVALLIER

Merci. Sur la première partie de la question, je comprends bien votre inquiétude du fait de la motivation des États potentiellement, puisque nous sommes en dehors du cadre UNFCCC. Cependant, il serait très difficile de rattacher les émissions du transport maritime international. Comment le ferait-on ? C'est la nature du pavillon ? Dans ce cas-là, ce serait le Panama, le Libéria, etc. C'est la nationalité ? Sur cette question de la répartition des transports maritimes dans les objectifs nationaux, cela avait été la décision au niveau de la COP 21 de laisser l'OMI la gérer séparément pour pouvoir mettre en place des normes et des standards adaptés par rapport à des lignes de référence. On considère aujourd'hui que c'est très compliqué.

Frédéric RAVILLY

Merci, Monsieur CHEVALLIER. Monsieur NOËL, avez-vous un complément ? Parce que je crois que dans votre intervention, vous parliez de la quantité de gaz à effet de serre prise en compte en fonction des arrivées et des départs depuis l'Union européenne.

Timothée NOËL

J'ai expliqué dans mon exposé les mesures que la Commission européenne a proposé de mettre en place pour réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur du transport maritime en couvrant les émissions intra européennes entre les ports européens, mais aussi les émissions qui sont liées aux voyages connectant des ports européens avec des ports hors de l'Union européenne. Ces mesures-là sont en phase avec l'article 4 de l'Accord de Paris, qui demande clairement aux pays développés de montrer l'exemple, de mettre en place des objectifs de réduction sur l'ensemble de l'économie. Et le transport maritime fait partie de l'économie européenne. J'entends le point qui a été soulevé par Monsieur JACQUIN, mais je ne suis pas sûr que ce soit nécessairement aujourd'hui le frein le plus important. En tant que pays développé, dans le cadre de l'Accord de Paris et de l'article 4, il est important d'avancer sur ce point-là.

Après, je peux peut-être répondre également à la question qui avait été évoquée sur l'ETS et l'utilisation des revenus. Une partie des revenus générés par le système d'échange de quotas d'émissions de CO2 est utilisée pour favoriser l'innovation, notamment dans le cadre d'un programme européen qui s'appelle le fonds pour l'innovation, qui est financé via la vente de quotas d'émission et qui est un programme directement géré au niveau européen, où l'argent est distribué sous la forme d'appels à projets. Nous avons différents types d'appels à projets, pour des projets de petite taille, avec des investissements jusqu'à 7,5 millions d'euros, ou des projets avec potentiellement des investissements beaucoup plus conséquents. Aujourd'hui, ce fonds est valorisé en termes de quotas d'émissions à plus de 10 milliards d'euros sur la décennie à venir, et on propose d'augmenter ce budget-là avec la révision de l'ETS. Ceci dit, un grand nombre de quotas d'émission, des revenus générés vont directement aux États membres. Et les États membres utilisent ces revenus pour favoriser la transition dans leur pays, mais pas uniquement sur un aspect innovation. C'est aussi sur un aspect aide à l'investissement pour la mise en

place de solutions bas carbone, que ce soit sur la rénovation par exemple du parc de bâtiments ou d'autres solutions.

Je pense qu'il y avait aussi une question qui avait été soulevée par rapport à la prise en compte des solutions liées à la force vélique dans le cadre de la proposition FuelEU maritime. Il y a eu un élément de réponse qui avait déjà été apporté par un des participants. La force vélique est prise en considération en utilisant un facteur de correction, quand on calcule l'intensité carbone moyenne de l'énergie utilisée à bord des navires. Ce qui vient corriger cette intensité carbone en fonction de la puissance vélique disponible à bord du navire.

Frédéric RAVILLY

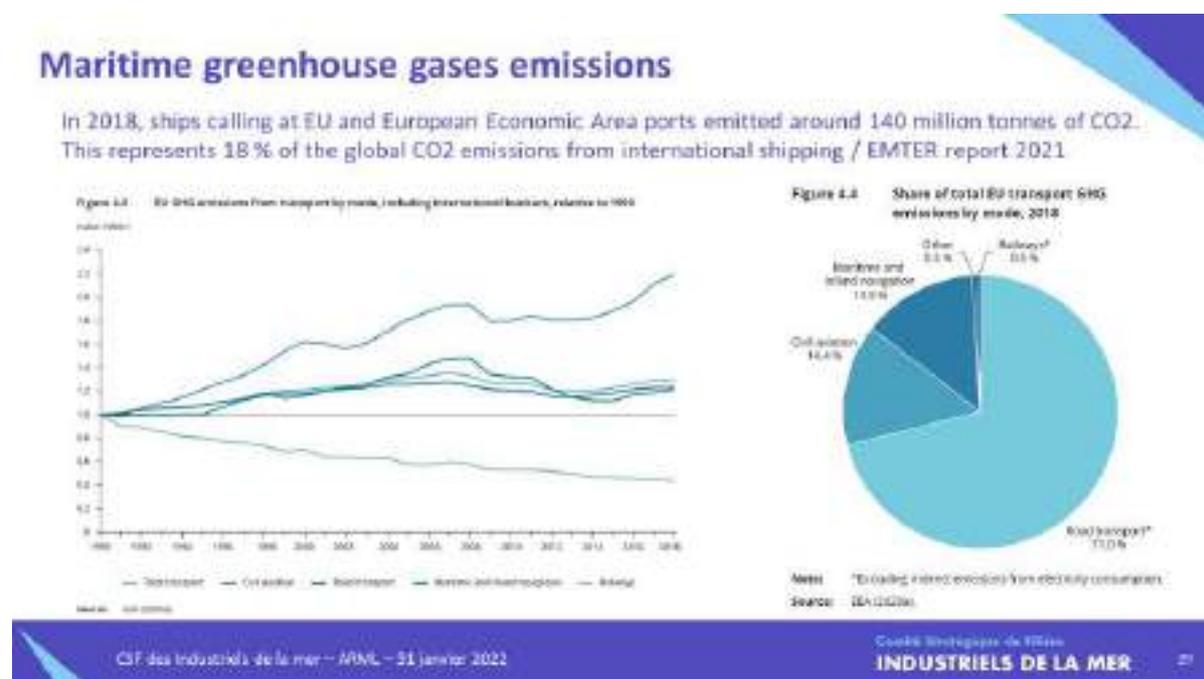
Merci beaucoup, Monsieur NOËL. Je suis désolé, je vous coupe un peu. Effectivement, cette réponse avait été apportée, avec un commentaire. C'est un peu a minima. Merci à tous les trois. Je vous propose de rester encore un peu avec nous pour au moins aller jusqu'à la fin de cette première partie.

Je vous propose maintenant de passer à la seconde séquence de cette approche globale en donnant la parole à Timothée MOULINIER, le directeur R&D et innovation du GICAN, qui est très impliqué sur les sujets de filière. Ensuite, nous laisserons la parole à Madame TRAMIER, si vous voulez bien.

1.2 La filière des industries de la mer

Timothée MOULINIER - Délégué Recherche et Développement, Innovation et Numérique du GICAN

Bonjour à tous. Merci beaucoup. Ici, l'idée est de présenter un peu comment la filière des industriels de la mer aborde ce sujet de la décarbonation du maritime.



Les grands chiffres ont été donnés, une partie en tout cas, au niveau de l'OMI. Il y a peut-être quelques compléments à donner, avec un focus sur l'Europe, avec l'évolution des émissions des différents moyens de transport depuis les années 90. On voit qu'il y a eu un pic en 2008, comme cela a été

rappelé par la personne de l'OMI. Aujourd'hui, par rapport au transport routier ou à l'aviation, c'est 13 % des émissions européennes, de l'Europe. C'est assez important dans le cadre du paquet EU FIT for 55 qui va être mis en place, qui est en discussion. Cela donne un peu l'ordre de grandeur aussi du challenge qui est représenté par notre filière des industriels de la mer.

Filière des industriels de la Mer

Composantes de la filière des industriels de la Mer

- Industrie navale civile et militaire ;
- Énergies marines renouvelables ;
- Offshore ;
- Industries et services nautiques.



Dans les industriels de la mer, et cela fait aussi écho à la présentation de la DREAL, il y a bien sûr l'industrie navale, civile et militaire. Il y a aussi toutes les énergies marines renouvelables et plus globalement, tout ce qui est offshore, toutes les plateformes, le para pétrolier, l'exploration des grands fonds. Il y a aussi toute la filière nautique, qui représente aussi une industrie importante pour notre pays. Voilà quelques chiffres ici sur l'importance de cette filière industrielle en France et aussi dans la balance commerciale, puisqu'on voit qu'environ 60 % du chiffre d'affaires de cette filière est réalisé à l'export. C'est beaucoup d'emplois, d'emplois directs, 125 000.



Comment est construite cette filière des industriels de la mer ? Pour mémoire, le Conseil national de l'industrie a fixé 19 filières, avec l'arrivée de solution Industrie du futur qui complète l'ensemble des filières un peu traditionnelles. Avec cette constitution, il y a un contrat de filière signé entre les organisations représentatives de la filière, comme la Fédération nautique ou le GICAN, avec l'État, et qui fixe un certain nombre d'actions et de comités.

Vous les voyez. Ce qui nous intéresse aujourd'hui, c'est notamment le comité décarbonation, sur lequel nous reviendrons ensuite. Il y a le comité R&D, le comité hydrogène maritime. Et il y a un certain nombre d'organes et d'organes paritaires où justement, l'État et la filière se structurent ensemble pour porter un soutien commun et avoir, d'un côté, des dispositifs de l'État adaptés à notre filière et de l'autre côté, les industriels qui se mobilisent sur les enjeux prioritaires.

Là, nous sommes dans une assemblée régionale mer et littoral et il est aussi important de rappeler le rôle du Comité France maritime qui sert d'organe d'échange sur ces sujets, sous la supervision du Secrétariat général de la mer et du Comité interministériel de la mer.



EVOLEN **GICAN** **SER**

Décarbonation du Maritime

Evolution du contexte réglementaire OMI / EU Fit for 55 / FR : Enjeux de la filière des industriels de la Mer

- Soutien aux ambitions du pacte vert : nécessité et opportunités dans une concurrence internationale
- Accès aux fonds collectés afin d'encourager la recherche et l'innovation pour les navires et infrastructures
- Incertitudes sur les voies technologiques : **approche basée sur les objectifs** et sur les émissions de carbone sur les cycles de vie des énergies utilisées, depuis leur production à leur utilisation
- Protéger et encourager les **premiers investisseurs** dans les innovations technologiques
- Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières : **effets négatifs pour la filière en l'état**. Augmentation du coût des matières premières et navires exclus du principe renforçant la compétitivité des producteurs étrangers en amont, alors qu'ils bénéficient déjà de subventions déguisées

CBF des Industriels de la mer – ARML – 31 janvier 2022

Société Industrielle de Filière
INDUSTRIELS DE LA MER

Un point important pour faire la transition avec ce qui a été annoncé avant : la filière soutient vraiment les ambitions du Pacte vert. De notre point de vue, c'est vraiment une nécessité et surtout une opportunité. C'est un défi, bien sûr, d'arriver à tenir ces objectifs, mais pour notre industrie européenne et française, cette décarbonation est une façon de gagner en compétitivité et de mettre en valeur nos savoir-faire dans une compétition qui par excellence, dans le milieu maritime, est internationale. On le voit d'ailleurs, même au niveau français, dans le rapprochement des acteurs entre les armateurs, les ports et les industriels. Globalement, dans les projets, on voit qu'il y a beaucoup plus d'actions communes. Cela a rapproché l'ensemble des acteurs du maritime. Les industriels veulent vraiment prendre leur part et par rapport au sujet notamment de la collecte des taxes carbone, en effet, un des gros enjeux pour notre filière, c'est l'accès aux fonds collectés, notamment pour encourager la recherche et l'innovation dans les navires et dans les infrastructures.

L'innovation fund tel qu'il existe aujourd'hui, par ces évaluations, fait que de facto, certains navires peuvent être exclus, ou en tout cas être désavantagés par rapport à d'autres industries. Avec

l'intégration de notre filière et de notre secteur dans la cotisation à ces budgets, il apparaît normal de venir amender les règles de fonctionnement pour que notre filière puisse y contribuer. C'est un enjeu pour nos filières au niveau européen, avec l'innovation fund notamment. Mais il y aura aussi une partie de cet argent qui sera disponible pour les États. Aussi, savoir comment l'État français va utiliser ces revenus, ces ressources est également un enjeu pour notre filière, pour qu'elle y ait accès et qu'elle puisse aussi se décarboner, avec ce soutien.

Sur les voies technologiques, on le voit, pour notre secteur, il y a des incertitudes très fortes. C'est-à-dire qu'aujourd'hui, quand on regarde toutes les perspectives, les voies technologiques qui apporteront demain les solutions pour remplir les objectifs de 2030-2050 ne sont pas du tout figées. C'est pour cela que nous soutenons de façon très forte une approche basée sur les objectifs et sur les émissions carbone de l'ensemble du cycle de vie des énergies utilisées. C'est le cas dans FuelEU maritime.

Malheureusement, aujourd'hui encore, dans les propositions telles qu'elles ont été avancées, ce n'est pas le cas dans l'ensemble du paquet FIT for 55. C'est pour nous un enjeu. Par exemple, les émissions liées à l'électricité ne sont pas prises en compte dans l'utilisation de cette énergie. Il y a donc un travail assez minutieux à regarder la cohérence globale des textes, notamment au niveau européen, pour valider cette approche cycle de vie des énergies utilisées. Cela nous paraît très important. Il s'agit de protéger et d'encourager les premiers investisseurs. C'est-à-dire que ces innovations technologiques comportent un fort risque pour ceux qui les adoptent en premier. C'est en ce sens qu'il faut vraiment avoir des mesures d'incitation forte pour aller au démonstrateur. On ne peut pas faire du prototypage à échelle réduite de façon simple comme c'est le cas dans d'autres filières. On ne peut pas faire de grands navires qui ne soient pas exploités commercialement. Ce sont forcément des démonstrateurs qui vont naviguer et qui vont être utilisés. C'est pour cela qu'il y a vraiment un besoin spécifique de notre filière, qui est à très forte valeur de ce qu'elle produit et à très faible volume. C'est-à-dire qu'on ne produit pas des millions et des millions de bateaux en Europe. C'est en ce sens qu'il y a des vrais outils à mettre en place pour encourager cette mise en place.

Et enfin, je conclurai sur l'analyse de notre filière vis-à-vis du mécanisme d'ajustement carbone. Il peut y avoir des effets négatifs pour la construction française et la construction européenne. C'est-à-dire qu'avec l'augmentation du coût des matières premières et avec le fait que les navires étrangers venant naviguer sur les eaux européennes ne seront pas pour importés au sens du mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, ils viendront de facto peut-être défavoriser, si les mesures sont prises en l'état, un certain nombre de nos acteurs. Alors même qu'aujourd'hui, dans les foreign subsidies, on peut déjà faire état d'un certain nombre de subventions un peu déguisées au niveau international dans certains pays. Voilà un peu notre analyse de ces enjeux des réglementations et des politiques françaises et européennes.

Avenant au contrat de filière - 8 décembre 2021

Décarbonation du Maritime

4 Projets structurants de la filière des Industriels de la mer pour y contribuer :

- Décarboner les activités maritimes et industrielles
 - Volet usages
 - Volet procédés industriels
 - Déconstruction et économie circulaire
- Une R&D dynamisée autour du CORIMER ;
- Produire, transporter, utiliser l'hydrogène renouvelable en mer ;
- Anticiper les besoins en compétences et en volume d'emplois ;

D'un point de vue pratique, comment cela se passe pour la décarbonation du maritime dans l'avenant au contrat de filière ? Il y a vraiment quatre projets structurants qui rentrent pleinement dans cette feuille de route : la décarbonation des activités maritimes et industrielles, avec un volet usages, un volet procédés industriels, déconstruction et économie circulaire, une R&D dynamisée autour du CORIMER.

Nous croyons à l'usage de l'hydrogène, parce que notre filière est capable d'en produire à partir notamment des EMR. Cela peut être intéressant de l'utiliser sur certaines flottes de navires. Cela peut être très pertinent. Enfin, et comme cela a été indiqué, il y a l'enjeu de la formation à ces nouveaux métiers. On peut mentionner l'intégration de nouvelles technologies telles que les nouveaux carburants. Cela nécessitera une adaptation de nos métiers.

Avenant au contrat de filière - 8 décembre 2021

Décarbonation du Maritime

Engagements de la filière:

Volet procédés industriels :

- Démarche visant à définir une méthode d'évaluation des émissions de la filière, de façon à produire un premier bilan d'ici fin 2022
- Compiler les leviers existants pour réduire ces émissions pour construire une trajectoire de décarbonation
- Mobilisation des outils mis en place par l'Etat (soutien à la décarbonation)
- Déconstruction et économie circulaire

Sur le volet industriel, et c'est très en phase avec la stratégie nationale bas carbone, notre filière, comme les autres, doit vraiment rentrer dans cette démarche. Aujourd'hui, nous n'avons pas été les plus précurseurs parce que nous ne sommes pas ceux qui représentent le plus d'émissions en pourcentage dans nos moyens de production. Nous sommes vraiment au niveau de l'évaluation précise des émissions de la filière, de voir comment actionner des leviers afin de les réduire. C'est vraiment l'enjeu. C'est aussi, pour les outils mis en place par l'État et par les Régions, et c'est aujourd'hui un message à vraiment faire passer, faire en sorte qu'ils soient ouverts à nos acteurs, à nos chantiers, à nos équipementiers. Ensuite, l'enjeu de la déconstruction de l'économie circulaire, c'est un enjeu pour l'ensemble des composantes. On peut notamment penser à tout ce qui est en cours dans la Fédération des industries nautiques pour recycler une partie des composites.

Avenant au contrat de filière - 8 décembre 2021

Décarbonation du Maritime

Engagements de la filière:

Volet Usage :

- Feuille de route décarbonation et navires écologiques / **GreenShip**
- Contribution l'initiative de la coalition pour la transition éco-énergétique du maritime (**T2EM**)
- Développer l'usage de l'**hydrogène maritime** et de ses dérivés (e-fuels i.e. e-méthane, e-méthanol, e-ammoniac)
- Plaidoyer pour la mise en place de dispositifs d'accompagnement pour le **financement du surcoût d'achat et d'installation des technologies de verdissement**



Sur le volet des usages, nous nous sommes vraiment structurés dans une feuille de route décarbonation et navires écologiques, que nous avons après abrégé sous la forme de GreenShip. Pour cela, il faut mobiliser l'ensemble de l'écosystème. Bien sûr, notre filière veut pleinement être impliquée dans le Cluster et souhaite vraiment le soutenir dans le but de mettre autour de la table l'ensemble des parties prenantes afin que des projets décarbonation soient faits avec toutes les retombées économiques pour la filière industrielle, les potentialités de développer de nouveaux équipementiers, d'être des leaders sur certains segments. En ce sens, cela nous paraît un enjeu très fort.

L'hydrogène maritime, je l'ai mentionné, cela peut vraiment être produit par les énergies marines. Et là, il y a toute une phase de démonstration à la fois de la faisabilité technique et de la logique économique en lien avec cela, pour voir comment, avec ces champs potentiellement EMR très éloignés des côtes, faire des hubs énergétiques aurait tout son sens. C'est vraiment à faire. Dans les années qui viennent, nous attendons beaucoup de travaux dans le cadre de notre filière pour développer cet usage et ses dérivés. Parce qu'à partir de l'hydrogène, on peut refaire certaines molécules qui pourront être utilisées dans des navires existants. On peut parler notamment du GNL, du méthanol, de l'ammoniac. Toutes ces molécules peuvent être synthétisées à partir de l'hydrogène, dans un cercle vertueux.

Enfin, et cela nous paraît très important, au-delà de la R&D, il y a aussi l'enjeu de l'accompagnement du financement du surcoût des achats et de l'installation des technologies vertes. Nous l'avons vu avec l'utilisation des revenus liés aux taxes carbone. Mais on peut penser aux équivalents de ce qui est fait

dans l'automobile, avec le soutien aux voitures électriques. On voit qu'il y a un certain nombre de dispositifs. Aujourd'hui, les navires gagneraient à en bénéficier. Cela accélérerait l'adoption des technologies de verdissage. C'est vraiment une demande forte de la part de nos industriels de pouvoir se développer sur ces nouveaux marchés grâce à un soutien au financement d'achats et d'installations de ces technologies dans nos chantiers.

Je laisse la parole à Carine TRAMIER, présidente du CORIMER, pour mettre un peu l'accent sur comment la filière se structure avec l'État sur ces enjeux de R&D et auprès de ce Conseil d'orientation et de la recherche des industriels de la mer. Merci à vous.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Timothée. Tu nous as donné beaucoup d'informations. Du coup, j'en profite pour dire que l'ensemble des slides sont disponibles aux participants. Vous pourrez regarder cela à tête reposée le cas échéant. Mais effectivement, il y a beaucoup d'informations extrêmement intéressantes. Merci pour la position de la filière.

Nous laissons la parole à Madame TRAMIER, la présidente du CORIMER, pour le même exercice. Merci.

Carine TRAMIER - Présidente du Conseil d'orientation de la recherche et de l'innovation de la filière des industriels de la mer (CORIMER)

Merci, déjà, à Timothée pour cet éclairage sur la filière des industriels de la mer dans sa globalité, et particulièrement sur le rôle actif de la filière dans la décarbonation du maritime. Bonjour à toutes et à tous, tous mes remerciements également pour cette invitation aux organisateurs de cette assemblée, sans oublier Frédéric pour cette animation dynamique. Nous avons démarré avec des présentations de qualité. J'en retiens nombre d'éléments. Aujourd'hui, on parle décarbonation du maritime. Permettez-moi donc de l'aborder sous l'angle du soutien à la recherche et à l'innovation, et à son accompagnement.



Comme vous le savez sans doute, le CORIMER, qui signifie conseil d'orientation de la recherche et de l'innovation de la filière des industriels de la mer, a été constitué en 2018. C'est un comité assez récent dans le cadre du comité stratégique de filière des industriels de la mer. Il s'adresse à l'ensemble des composantes de la filière, dont l'industrie nautique, qui est représentée par la FIN, la construction navale portée par le GICAN, les énergies marines renouvelables défendues par le SER et les services et activités offshore, plutôt représentés par EVOLEN. Cela inclut également les grands fonds marins, en ligne avec l'objectif 10 de France 2030 sur leur exploration et la biodiversité des grands fonds marins.

Le CORIMER bénéficie du soutien des services de l'État, le Secrétariat général pour l'investissement, la DGE, le SGmer, l'Éducation, l'Armement, la Transition écologique et solidaire, et également les sources de financement, dont le programme d'investissement d'avenir, la BPI, l'Ademe, Régions de France et Horizon Europe.



Ce qui est important, c'est de voir maintenant le rôle du CORIMER. Un travail dynamique et constructif entre la filière et les services de l'État a été mis en œuvre et trois missions sont relatives au CORIMER : rassembler les acteurs de la filière autour d'un agenda de recherche et innovation commun. On parle ici des feuilles de route technologiques qui sont établies par le comité R&D mentionné par Timothée. Il s'agit également de faciliter le pilotage du soutien public à l'innovation dans le domaine maritime, et enfin de faire émerger des projets structurants, des vrais projets structurants à la fois au travers d'un dispositif qui s'appelle l'appel à manifestation d'intérêt, et également par la supervision d'une cellule qui s'appelle la COP12S, qui est la cellule d'orientation des projets innovants qui sont sous les seuils de l'AMI. Cette cellule mobilise le comité R&D, dont les pôles de compétitivité, les opérateurs, BPI et l'Ademe.

Si je reviens rapidement sur l'AMI, il s'agit d'un outil unique d'orientation vers les guichets nationaux. Et les candidats auront environ trois mois pour postuler. Il y a un caractère répétitif chaque année. Le second dispositif, la COP12S vise plutôt à appuyer les porteurs d'une part vers les guichets de financement, et d'autre part à les rapprocher éventuellement vers d'autres acteurs ou projets pertinents, avec les structures d'accompagnement. Pour mémoire, les seuils de l'AMI sont de 2 millions d'euros pour une PME et de 4 millions d'euros de façon générale. La COP12S permet d'être en dessous de ces seuils.

Nous voyons ainsi que le CORIMER ouvre à toute la panoplie de financements, en travaillant aussi bien avec l'État qu'avec les Régions sur les sujets de recherche et d'innovation. Maintenant, bien évidemment, le CORIMER doit consolider ses acquis, continuer à stimuler le développement technologique de l'ensemble de nos composantes en s'appuyant toujours sur un soutien efficace de l'État et sur les acteurs actifs en région. Dans le cadre de cette assemblée, je reviendrai sur le rôle clé des acteurs des Pays de la Loire dans la décarbonation et les navires écologiques, sur la feuille de route GreenShip que vous commencez déjà à voir sur cette diapositive.

Des premiers contacts ont été pris avec certains services de l'État, et le CORIMER est aujourd'hui encouragé à être plus prescripteur, y compris sur les aspects techniques et technologiques, et à organiser aussi une communication commune plus élaborée autour des projets soutenus ainsi qu'autour du processus AMI. Cela englobe les outils existants. On devient ainsi un tiers de confiance et je promeus totalement cette vision. L'État a fait montre de grandes ambitions dans l'énergie, dans la décarbonation dans le cadre de France 2030. Les orateurs précédents l'ont brillamment indiqué. Notre filière a un rôle majeur à y jouer et pour mobiliser les dispositifs sur les enjeux, anticiper des schémas industriels pragmatiques et viables.

L'AMI vise des projets de recherche et développement portés par les entreprises de la filière des industriels de la mer jusqu'à la démonstration à l'échelle 1 de l'intérêt d'un système dans son environnement opérationnel. Derrière cette porte d'entrée unique, ce sont les volets structurels et dirigés des stratégies d'accélération pertinente du PIA4 qui sont mobilisés.



Axes de R&D de la Filière / Feuilles de Route

-  Nouveaux matériaux et chantiers intelligents (Smart Yard)
-  Bateaux intelligents et systèmes autonomes (Smart Ship)
-  Décarbonation et navires écologiques (Green Ship)
-  Industrie offshore de nouvelle génération (Next-Gen Offshore Industry)



2022

Pour miser sur l'innovation et l'excellence technologiques, et concevoir ainsi un avenir durable, quatre axes R&D d'innovation doivent permettre de saisir les opportunités de développement industriel, technologique et le développement de l'emploi dans nos territoires et répondre également aux défis de la diminution de l'empreinte carbone, de l'amélioration de la compétitivité et de l'utilisation des ressources et services associés à notre domaine, à la mer.

Vous les retrouverez sous les terminologies des quatre feuilles de route : Smart yard qui concerne les nouveaux matériaux, les chantiers et les usines intelligents, Smart Ship les bateaux intelligents et les

systèmes autonomes, Green Ship en lien avec la décarbonation et les navires écologiques et enfin le Next Gen Offshore Industry qui, comme son nom l'indique, et l'industrie offshore de nouvelle génération.

Les capacités d'innovation durable de notre pays et de nos régions doivent nous permettre d'incarner un leadership certain à court terme dans les enjeux notamment de réindustrialisation, de renforcement de la souveraineté énergétique et de la transition écologique.

Axe 3 : Décarbonation et navires écologiques / GreenShip

- Réduction du contenu carbone de l'énergie consommée
- Efficacité énergétique
- Eco Conception, économie circulaire et sobriété

Contribution active des acteurs ligériens / Evénements en lien avec les enjeux

WIND FORGOODS!

En partenariat avec :

2022

Maintenant, permettez-moi de mettre particulièrement en lumière l'axe Green Ship. Dans la feuille de route, c'est le fruit d'un travail auquel les acteurs des Pays de la Loire ont particulièrement contribué, et piloté par les chantiers de l'Atlantique pour le compte de la filière, et copiloté par le pôle mer Bretagne Atlantique.

Il y a trois axes prioritaires : la réduction du contenu en gaz à effet de serre et de l'énergie consommée, l'efficacité énergétique et la mutation de la flotte existante, en démarrant à l'éco conception, mais en allant jusqu'au démantèlement.

Les acteurs de la région animent également cette feuille de route au travers d'événements. Souvenez-vous de Wind for goods, qui était le rendez-vous du transport maritime écoresponsable qui s'est tenu en septembre dernier, et qui a également mis en avant par exemple les technologies védiques.

Au-delà de ces axes stratégiques auxquels vous contribuez et continuerez sans nul doute de contribuer, le CORIMER s'est fixé comme ambition pour cette AMI 2022 la montée en puissance des financements. Nous étions à 13 millions d'euros en 2020, autour de 35 millions d'euros en 2021, avec huit et bientôt neuf projets lauréats, et nous visons, pour concrétiser l'ambition de la filière, un nouveau doublement des financements en 2022. Ce qui les porterait à 60 millions d'euros, ce qui est loin d'être négligeable.

Lauréats 2021

8 projets lauréats (1 encore en instruction)
33M€ d'aides publiques

ZEST

DIGIT+

AMI 2022 ouvert : BtoB le 03/02, date limite 29 mars 2022

Cette illustration de votre écosystème régional montre trois projets lauréats : Digital+, Digi4mer et Zest, les lauréats 2021 pour votre région. Digital+ vise le développement d'interfaces utilisateur intelligentes et de modules experts à destination des exploitants. Il vise également la continuité des opérations par une maintenance facilitée grâce à la détection prédictive des défaillances. Deux feuilles de route sont suivies ici : Green Ship et Smart Ship. Sur Digi4mer, ce projet est orienté sur la navalisation, la digitalisation des formations pour les industries de la mer. C'est très axé sur la propulsion vélique. Enfin, Zest a quant à lui pour vocation la réponse aux besoins des opérateurs de champs éoliens, l'anticipation des futures opérations de transfert par grutage des personnels et la maîtrise des enjeux environnementaux de la filière. Ce projet couvre également deux feuilles de route, Green Ship et Next Gen Offshore Industry.

La deuxième ambition du CORIMER est de faire bénéficier la filière des taux de financement du PIA4, beaucoup plus intéressants cette année. C'est nouveau : la part des subventions est augmentée lorsque l'industrialisation des produits et systèmes est faite en France. Ce qui en fait un vrai levier de compétitivité et de différenciation, une reconnaissance à la fois du caractère stratégique des activités de la filière et de la création de valeurs sur le territoire national.

Enfin, le troisième objectif est de simplifier le processus de l'AMI avec une instruction optimisée en trois mois. L'objectif d'annonce des résultats pour un dépôt de projet fixé au plus tard au 29 mars est fixé à l'été 2022. Cet AMI bénéficie d'une mobilisation forte des services de l'État et des industriels de l'ensemble des composantes de la filière. Nous appelons aussi au rassemblement régional pour y répondre.

Pour conclure cette intervention, vous l'avez compris, tout est en place pour une valorisation de l'innovation dans la filière, avec une valeur ajoutée directe pour les régions. Nous sommes en ordre de bataille au CORIMER, avec tous nos partenaires. Je passe avec plaisir le témoin à Emmanuel-Marie PETON sur le sujet T2EM. Nous ne doutons pas de l'engagement opérationnel de la coalition dans le contrat de filière. Nous avons besoin d'être alimentés par cette feuille de route. Vous l'aurez constaté, le CORIMER ne se réduit pas à l'AMI. Nous sommes donc très à l'écoute de toute initiative permettant de fédérer les acteurs et les porteurs de projets. Merci pour votre attention.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Carine, pour cette information très complète. Nous avons effectivement deux dates à retenir sur l'AMI proprement dit et les rendez-vous B2B de jeudi prochain, et la clôture de cet appel à manifestation d'intérêt, le 29 mars. Merci à vous deux, merci, Carine, merci, Timothée, pour cette intervention.

Comme vous avez déjà passé le témoin, je laisse tout de suite la parole à Emmanuel-Marie et Erwan, qui vont vous faire cette présentation à deux voix.

1.3 La coalition pour la transition écoénergétique du maritime (T2EM)

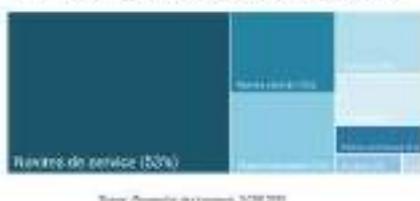
Emmanuel-Marie PETON - Directeur T2EM – Cluster maritime français

Merci, Frédéric. Merci, Carine et Timothée, pour cette introduction. Je vous propose de vous présenter la démarche. Comme cela a été dit, l'enjeu est de vous présenter les trois points clés en introduction de cette démarche que nous avons déjà lancée en décembre 2019, et qui n'a eu de cesse d'attirer encore de nouveaux partenaires, qu'ils soient industriels, académiques, scientifiques et maintenant la Région des Pays de la Loire, qui a été la première Région à embarquer dans cette aventure.

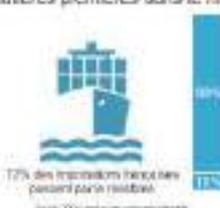
Le maritime en quelques chiffres clés

Un secteur-clé pour l'économie mondiale et française, avec un impact environnemental conséquent

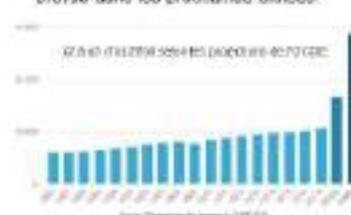
Une flotte mondiale de plus de 150 000 navires...



... qui transporte l'essentiel des marchandises et matières premières dans le monde...



... avec une croissance significative prévue dans les prochaines années.



De loin le transport le plus efficace en termes d'émissions de CO₂ à la tonne transportée par kilomètre...



... mais un impact non négligeable sur l'environnement en termes d'émissions...



... qui risque de s'accroître dans les prochaines années sans changements majeurs.



C'est une flotte de plus de 150 000 navires, avec la complexité de transformer cette flotte : on ne va pas pouvoir avoir 150 000 navires nouveaux à horizon 2050. C'est à la fois les rétrofits, les constructions neuves, la synchronisation entre ces rétrofits et ces constructions neuves autour de l'évolution des technologies qui sont très différentes en fonction des types de navires, en fonction des profils énergétiques, du niveau de consommation, du niveau d'autonomie, de puissance, en fonction des profils opérationnels, des lignes, du type de flotte, captive, de service ou au tramping, pour lequel il est plus difficile de construire des supply chain énergétiques.

Finalement, c'est une question qui est doublement complexe parce qu'il ne s'agit pas uniquement de trouver des solutions technologiques, mais aussi de trouver des solutions de financement et des

solutions sur l'ensemble des services à apporter, que ce soit dans la supply chain énergétique, mais aussi dans le cadre réglementaire à faire évoluer, et dans les formations. Tout ceci repose aussi sur des nouvelles compétences, que ce soit dans la production de ces nouveaux navires, leur construction, leur conception, où que ce soit dans les énergies, dans les ports et dans les services.

Les éléments clés de la transition énergétique du maritime

Le cadre réglementaire du maritime évolue et pousse la filière à développer des solutions décarbonées.

Un arsenal réglementaire, en application dès 2023, pour la réduction des émissions de CO₂ et l'inclusion dans le dispositif de taxe carbone ETS...



... qui va impacter fortement le maritime...



... et nécessiter des investissements colossaux pour la production / distribution d'énergie et l'adaptation des navires...

2 400 milliards €

Estimation du coût de la décarbonation du secteur mondial
 1 700 milliards €
 600 milliards € pour le transport maritime
 100 milliards € pour les infrastructures

... pour développer en quelques années des solutions encore non disponibles et non matures.



Cette complexité touche le maritime, qui est donc triplement concerné. Très souvent, quand on parle du maritime et de la transition énergétique, on se dit que sur le maritime, un navire pollue dans un port et qu'il ne faut plus de fumée noire. Mais le maritime est déjà engagé depuis très longtemps, parce que nous n'avons pas attendu les grands textes de loi de l'OMI, même si la stratégie 2018 et le paquet climat de l'Europe sont des éléments déclencheurs, tout comme le contexte de la Covid. Mais il y a également la nécessité de toute façon pour le maritime de répondre à la demande énergétique. C'est la croissance des énergies marines renouvelables et de la production aussi à partir de ces énergies marines renouvelables d'énergies alternatives. On pense en particulier à l'hydrogène et beaucoup de projets qui sont pilotés et lancés actuellement. On pense aussi à la transformation profonde que la transition énergétique requiert à la fois des armateurs et des ports. Et la Région Pays de la Loire, avec le Grand Port maritime de Nantes Saint-Nazaire, est vraiment au premier plan, puisqu'aujourd'hui, plus de 50 % des revenus des ports sont constitués des produits pétroliers et des produits des énergies fossiles. Il s'agit donc de voir comment le maritime va à la fois transformer les flux avec de plus en plus de nouvelles énergies qu'il va falloir transformer en mer, et des nouvelles énergies qu'il va falloir faire venir dans les ports et produire aussi depuis les ports.

C'est pour cela que sur les 2400 milliards qui ont été évoqués tout à l'heure, 80 % de ces investissements vont être dans des infrastructures de production d'énergie et d'adaptation des ports. La synchronisation est donc fondamentale. Si nous n'arrivons pas à mêler navires et ports ensemble autour de la réduction des émissions, ce sera un échec. En France, nous avons suffisamment de typologies d'armateurs et de typologies de ports sur des lignes maritimes nationales, parce qu'il faut développer le short sea au niveau national ; Wind Ship ne dira pas l'inverse. Il faut aussi le développer au niveau européen et sur les lignes internationales. Nous avons cette possibilité d'attirer un certain nombre d'investissements pour tester massivement un certain nombre de ces solutions, qui sont nécessaires pour décarboner. Sans quoi nous aurons un problème. Je passe la parole à Erwan sur ce sujet.

Erwan JACQUIN - Consultant expert de la transition énergétique du maritime

Trois raisons qui rendent indispensable de décarboner le maritime

Impact sur l'économie mondiale, part importante du transport maritime dans les émissions mondiales et porter le moyen de transport le plus sobre



Un possible dérèglement de l'économie mondiale, avec 95% des biens et marchandises transportés par le maritime qui va devoir réduire la vitesse des navires et donc les capacités de transport dès 2023 - 2025.

Le dérèglement de l'économie mondiale est dû à la crise sanitaire qui a bloqué le canal de Suez et qui a un impact majeur sur l'économie mondiale. L'arrêt de l'économie mondiale est dû à la pandémie, l'arrêt de l'économie mondiale est dû à la pandémie, l'arrêt de l'économie mondiale est dû à la pandémie.

Il est essentiel d'agir pour décarboner le transport maritime. Les émissions de CO2 du transport maritime sont de 1,1 milliards de tonnes en 2019, soit 3% des émissions mondiales. Mais quel sera l'impact d'une baisse de vitesse des navires et donc des vitesses réduites sur l'économie mondiale en France ? Quand 72% des importations françaises sont tirées et des

Émissions globales de CO2



Un impact majeur sur les émissions de CO2 qui pourraient croître en valeur relative dans les prochaines années ou réduire les efforts d'autres secteurs.

Les émissions globales de CO2 sont de 36,4 milliards de tonnes en 2019, soit 3% des émissions mondiales. Mais quel sera l'impact d'une baisse de vitesse des navires et donc des vitesses réduites sur l'économie mondiale en France ? Quand 72% des importations françaises sont tirées et des

Le transport maritime est le plus efficace en termes de CO2 par tonne-kilomètre. Mais quel sera l'impact d'une baisse de vitesse des navires et donc des vitesses réduites sur l'économie mondiale en France ? Quand 72% des importations françaises sont tirées et des



La sobriété énergétique passe d'abord par l'utilisation du transport le plus efficace énergétiquement, alors que l'énergie primaire décarbonée va être une donnée précieuse.

Le transport maritime est le plus efficace en termes de CO2 par tonne-kilomètre. Mais quel sera l'impact d'une baisse de vitesse des navires et donc des vitesses réduites sur l'économie mondiale en France ? Quand 72% des importations françaises sont tirées et des

Merci. Cela a déjà été un peu évoqué tout à l'heure dans les présentations. Il y a trois raisons principales pour lesquelles nous pensons qu'il est vraiment urgent d'agir. La première, c'est un possible dérèglement de l'économie mondiale. Aujourd'hui, 95 % des biens et des marchandises sont transportés par le maritime. Il y a plus de 70 % de l'importation française qui passe par le maritime, 40 % de l'énergie importée par le maritime. C'est colossal. Les petits dérèglements que nous avons vus avec le canal de Suez ou tout simplement la Covid, avec des congestions portuaires, ont montré un impact incroyable, notamment jusqu'à de l'inflation au niveau national. Ces éléments, si nous ne trouvons pas de solution pour décarboner le maritime, concrètement, il va falloir baisser la vitesse des bateaux. Baisser la vitesse des bateaux, c'est baisser les flux. Baisser les flux, c'est tout simplement ralentir les échanges mondiaux. C'est donc un enjeu majeur au-delà du maritime.

Le deuxième élément est qu'il y a un impact aujourd'hui de 3 % en moyenne au niveau européen et qui pourrait croître si le maritime ne se décarbone pas aussi vite que les autres moyens de transport. C'est un problème qui pourrait augmenter assez vite.

Le dernier point sur lequel je pense qu'il faut insister, c'est la sobriété énergétique. Le problème que nous allons avoir sur toute la décarbonation du transport et de la mobilité, c'est le recours à l'électricité décarbonée. Cette conversion en électricité, en hydrogène ou autre e-carburant va avoir des rendements énergétiques assez faibles, et donc un besoin d'énergie colossal. Je rappelle que la sobriété pourrait passer simplement par le moyen de transport le plus efficace en termes de grammes de CO2 par tonne au kilomètre, qui est le maritime de très loin. Si on ne réussissait pas la décarbonation maritime, on assisterait à un report modal inversé. On arriverait à transporter des containers sur des camions. Ce qui serait une catastrophe au niveau du besoin global d'énergie.

Une transition environnementale très complexe

A terre (production d'énergie décarbonnée et distribution jusqu'au port) et en mer (navire à basse émission)

La complexité de la transition énergétique du maritime réside dans le fait que :

1. Les différentes composantes constituant la chaîne de valeur sont interdépendantes ;
2. La majorité des technologies sont sur des niveaux de maturité encore bas, ou à des capacités trop faibles pour les besoins du maritime ;
3. Les besoins en énergie et puissance embarqués sont très supérieurs à ceux des de la mobilité terrestre et aérienne, rendant le problème spécifique au maritime.



Concernant la complexité, nous en avons déjà parlé. Elle est aussi bien à terre qu'en mer. Le projet qui est porté par l'Institut pour la transition environnementale et énergétique du maritime porte vraiment sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Cette complexité amène des raisonnements dans différents pays ou des moyens d'action qui sont assez divers.

Emmanuel-Marie PETON

Que font les autres pays et places maritimes ?

Face à cette complexité, les principales nations maritimes se sont organisées à travers des centres d'étude et de R&D

	Partenaires fondateurs	Effectifs	Organisation & budget	Soutien État à la tête
2015		35	<ul style="list-style-type: none"> Sans CRC (CR) mais à la demande du navire 1 Md € en fonds R&D (navire) 	<ul style="list-style-type: none"> 1 Md€ R&D depuis 2015 dans le domaine de la propulsion Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020
2020		100	<ul style="list-style-type: none"> 100 M€ de budget (hors financement par projets) financé par les États 1000 M€ de projets de R&D (hors financement par projets) 	<ul style="list-style-type: none"> Financement de 1000 M€ de projets de R&D (hors financement par projets) Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020
2019		25	<ul style="list-style-type: none"> Centre de recherche dédié dans le cadre du Fraunhofer IPT 10 M€ de budget (hors projets) 	<ul style="list-style-type: none"> Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020 Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020
2018		200	<ul style="list-style-type: none"> Mobilisation de moyens académiques (universités) et industriels (armateurs, constructeurs) 1000 M€ de projets de R&D (hors financement par projets) 	<ul style="list-style-type: none"> Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020 Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020
2017		70	<ul style="list-style-type: none"> Centres de recherche dédiés à la propulsion 100 M€ de budget (hors projets) 1000 M€ de projets de R&D (hors financement par projets) 	<ul style="list-style-type: none"> Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020 Programme opérationnel de 1000€ par an de 2016 à 2020

Cette slide montre qu'il y a un trou en France, et à partir de la France aussi sur la Méditerranée. Nous voyons qu'il y a quand même énormément de pays qui depuis 2015 ont lancé une double approche : d'une part, soutenir leurs industriels avec des académiques et des scientifiques qui viennent soutenir et éclairer leurs choix technologiques. À partir de cela, les États définissent des grands plans de soutien industriel qui leur permettent ensuite, à partir des réalisations concrètes de leurs armateurs, de leurs

chantiers et de leurs énergéticiens, d'influer la réglementation, que ce soit au niveau européen ou au niveau international.

Nous avons vu la dynamique assez magistrale des pays du nord de l'Europe, en particulier la Norvège ou le Danemark qui, depuis 2019, maîtrisent un certain nombre d'initiatives au niveau international, notamment la création de corridors verts portés à la COP 26 de Glasgow. Nous ne pouvons donc pas, en France, rester avec autant de compétences. Parce que nous avons énormément de compétences, que ce soit au niveau académique, au niveau scientifique. On pense à tous les centres de recherche, qui sont d'ailleurs impliqués dans la démarche. On pense également au niveau industriel. Nous n'avons peut-être pas tous les acteurs sur tous les niveaux de la chaîne de valeur, et nous citons assez régulièrement les motoristes, qui ne sont pas présents en France. Mais nous avons suffisamment d'acteurs. Aucun pays ne peut se targuer d'avoir toute la chaîne de valeur présente sur son territoire et pour cela, nous devons véritablement créer une dynamique française qui permette à la France de dire « voilà quelle est la vision de la France sur la décarbonation du shipping, voilà le plan de soutien à la transformation du shipping en France ». Vous avez compris que c'est non seulement les industriels, dynamisés notamment par le CSF et le CORIMER, mais aussi des armateurs, les ports et l'ensemble des acteurs liés aux énergies notamment.

Erwan JACQUIN

Des solutions identifiées mais des verrous difficiles à lever

L'égalité de Kaya adaptée au transport maritime exprime les émissions de CO₂ du transport maritime comme une multiplication des principaux ratios énergétiques et d'activité. La baisse imposée des émissions (terme de gauche) doit être réalisée sur les trois termes de droite impliquant une combinaison de réduction du contenu en CO₂ de l'énergie utilisée, de gain d'efficacité énergétique et enfin le recours à de la sobriété tout en garantissant ce compte les contraintes et enjeux économiques d'un transport maritime par lequel passe 85% des importations et exportations françaises.



Les défis que nous avons à relever sont colossaux. On peut écrire, en s'inspirant d'une égalité qui s'appelle Kaya, un économiste japonais, que les émissions de CO₂ sont les émissions de CO₂ divisées par l'énergie, multipliées par l'énergie divisée par le lieu de transport, multipliées par les unités de transport. Nous avons donc une égalité qui permet de faire intervenir des termes intermédiaires. Malheureusement, c'est mathématique et l'OMI, les États et notre engagement sociétal visent à réduire le terme de l'égalité de -50, -100 %, peu importe, d'ici 2050. Ce qui veut dire qu'il va falloir réduire d'autant les termes de droite. Nous avons donc le choix. C'est assez simple : c'est le contenu en CO₂ d'énergie. Nous avons des axes sur les biocarburants, les e-carburants, l'électrification sous réserve que l'électricité soit décarbonée, la capture ou le stockage de CO₂ ou de gaz à effet de serre, la réduction directe ou l'utilisation directe d'énergies renouvelables à bord, la propulsion vélique. Les principaux leviers sont là.

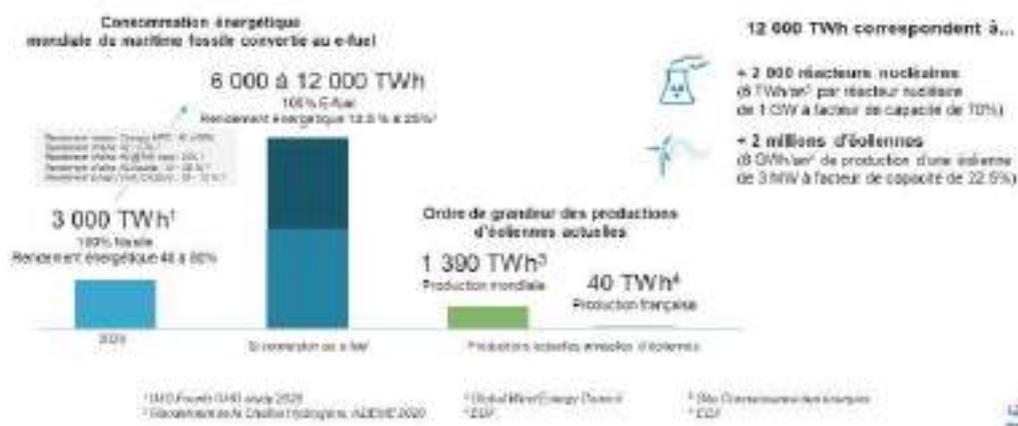
Il y a un second levier qui est l'efficacité énergétique. Du coup, nous en avons à la fois sur le design et les opérations qui correspondent bien aux mesures de l'OMI, que sont l'OEDI et l'EXI. Nous allons retrouver ces deux axes directement avec des capacités de gains assez variables. L'énergie reste l'énergie. Nous n'allons pas pouvoir la réduire de façon nulle.

Le dernier point, c'est la sobriété. Si on ne trouve pas de solution sur les éléments précédents, c'est la réduction de vitesse. Ce sont des mesures qui ont déjà été mises en œuvre depuis 2008. Les principaux gains aujourd'hui sur la baisse du CO2 du transport maritime mondial résident dans la réduction de la vitesse, et non pas dans les gains énergétiques. C'est primordial de le comprendre parce que cela veut dire que si on ne trouve pas de solution technologique ou opérationnelle dans les années qui viennent, nous allons encore réduire la vitesse. Vous vous souvenez ce que nous avons dit tout à l'heure : réduire la vitesse, c'est réduire les échanges mondiaux, réduire les flux, ou alors multiplier par deux, demain, la flotte mondiale de navires. Ce qui, d'un point de vue écologique ou économique, n'a pas beaucoup de sens. Sur chacun des leviers, nous avons de vraies difficultés, de vrais verrous aujourd'hui, qu'il faut lever.

Des besoins énormes en électricité décarbonée

Le seul passage au e-fuels nécessiterait une production d'énergie électrique décarbonée colossale

La flotte mondiale consomme aujourd'hui autour de 3000 TWh¹ d'énergie à travers des moteurs à combustion disposant de rendements énergétiques de l'ordre de 50%. Le passage au e-fuel, solution probable de décarbonation de l'énergie, s'accompagnera d'une perte de rendement sur la chaîne globale amenant à une multiplication par 2 à 4 des besoins énergétiques primaires (électricité verte).



Là, faisons un focus sur une hypothèse, qui serait à la conversion en hydrogène ou en e-carburant de l'ensemble de la flotte mondiale. Aujourd'hui, la flotte mondiale, c'est 3000 TWh, 100 % fossiles, avec un rendement énergétique au niveau du navire de l'ordre de 45 à 50 %. Ce sont des moteurs diesel marins ultra efficaces, optimisés. On ne peut pas faire mieux aujourd'hui. Les rendements de conversion en énergie hydrogène, eFuel et autres sont beaucoup plus faibles. Vous voyez les chiffres de l'Ademe sur des rendements de la chaîne H2, liquéfiés, gazeux, voire de rendement sur la production d'eFuel, qui amèneraient une consommation mondiale d'énergie à 6000 ou 12 000 TWh. Ce serait par exemple le besoin en électricité verte produite pour le maritime, un besoin additionnel. Ce serait 2 millions d'éoliennes ou 2000 réacteurs nucléaires.

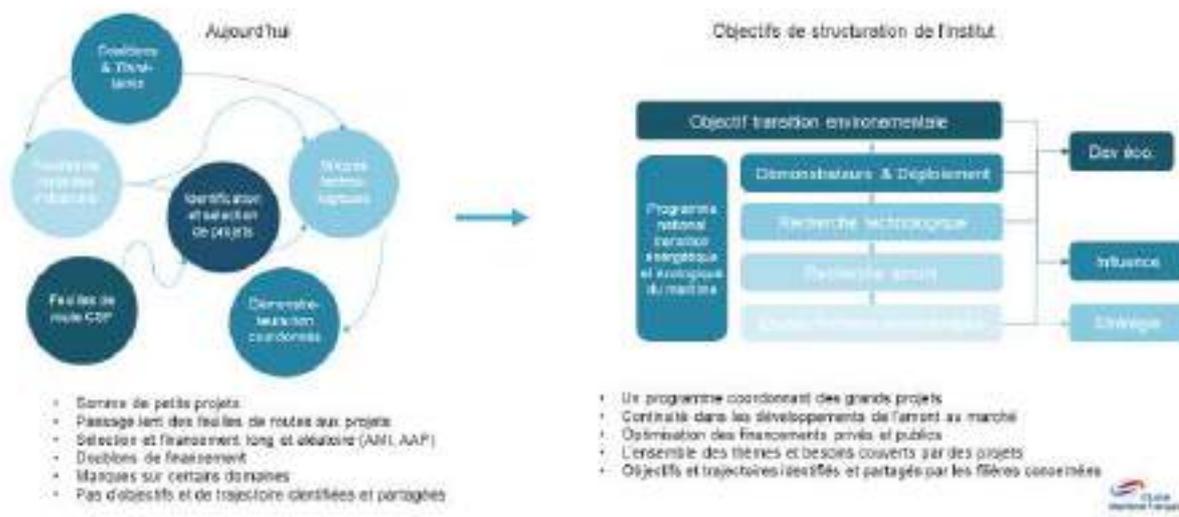
Tout cela pour dire, quand on les compare aux ordres de grandeur de la production mondiale d'éoliennes, ou française par exemple, que nous avons un petit problème d'ordre de grandeur. Cette solution simple qui voudrait dire que nous n'avons qu'à prendre de l'hydrogène est un leurre. Cela ne suffira pas. Il faut aller beaucoup plus loin que cela. Il faut optimiser, trouver des solutions, réduire la consommation à bord des bateaux et utiliser tous les dispositifs qui vont être à notre disposition. C'est extrêmement complexe de coordonner tout cela.

C'est pour cela que nous pensons qu'il faut, au-delà d'une somme de petits projets, travailler vraiment dans une notion de programme avec des objectifs sur l'ensemble de ces leviers. Parce que manquer un levier serait une erreur assez fondamentale.

Emmanuel-Marie PETON

Des feuilles de route à un programme et des projets structurants

L'Institut Atlantique a assisté dans la continuité des travaux réalisés ces dernières années pour définir les feuilles de route et regrouper des industriels autour de la transition environnementale



L'objectif, comme vient de le dire Erwan, mais comme le disait Madame BASTIN juste avant, est qu'aujourd'hui, il y a vis-à-vis des pouvoirs publics, mais aussi d'autres filières industrielles une difficulté à comprendre les besoins concrets du maritime en énergie, les volumes d'énergie utilisés par des navires, les navires qui vont vers le zéro émission. Puisque c'est l'objectif visé.

Et aujourd'hui, nous avons différents types de feuilles de route. Il y a la feuille de route du CSF industriel de la mer, qui a déjà été évoqué. Il y a la stratégie nationale portuaire, il y a les stratégies en région, et on voit de plus en plus de stratégies liées notamment aux écosystèmes territoriaux hydrogène. Tout ceci constitue des socles fondamentaux sur lesquels nous pouvons appuyer des expertises et le développement de nouvelles expertises pour nous dire quelles sont les trajectoires pour le secteur maritime. Nous avons les objectifs macro de l'OMI, de l'UE.

Concrètement, qu'est-ce que cela signifie pour les armateurs ? Quelles sont les réductions attendues très concrètement en termes notamment et principalement de CO2 à un an, deux ans, cinq ans, dix ans ? Comment allons-nous synchroniser ces différentes feuilles de route ? Comment allons-nous synchroniser ces différentes stratégies ? Comment allons-nous leur donner un sens, un sens collectif parce que nous allons dire que la France maritime doit aller à tel objectif dans 18 mois, 24, 36 etc. ?

Et c'est là où il y a un enjeu fondamental de changer aussi l'approche, ce qui est en train de se faire de la part notamment des armateurs qui sont venus au cluster pour embarquer dans la démarche. À une époque, on se disait qu'on était trop différents pour pouvoir travailler ensemble. La réalité est que nous avons beaucoup de petits armateurs qui peuvent tester aujourd'hui des solutions, qui vont être progressivement embarquées sur des plus gros usages jusqu'aux plus gros navires qui ont des grands besoins en énergie et en autonomie. C'est donc un sujet collectif autour de ce programme, avec des objectifs à l'instar d'autres filières, notamment l'aéronautique, qui a un avion décarboné en 2030.

Erwan JACQUIN

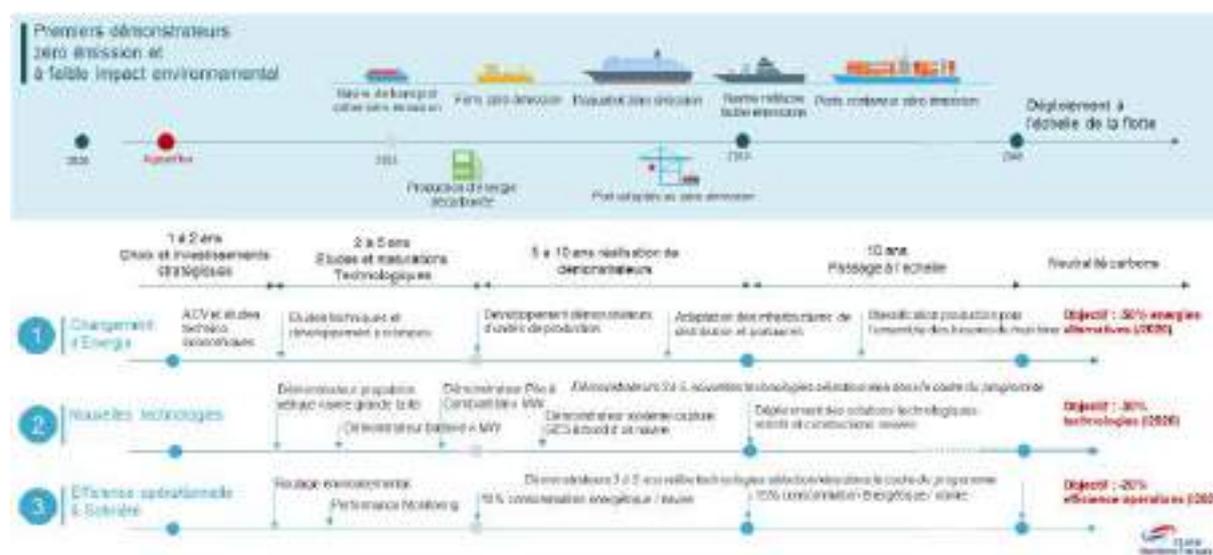
La méthode mise en œuvre pour maximiser les chances de succès

Des démonstrateurs industriels aux projets organisés dans un Programme structuré en 5 axes couvrant les leviers et verrous



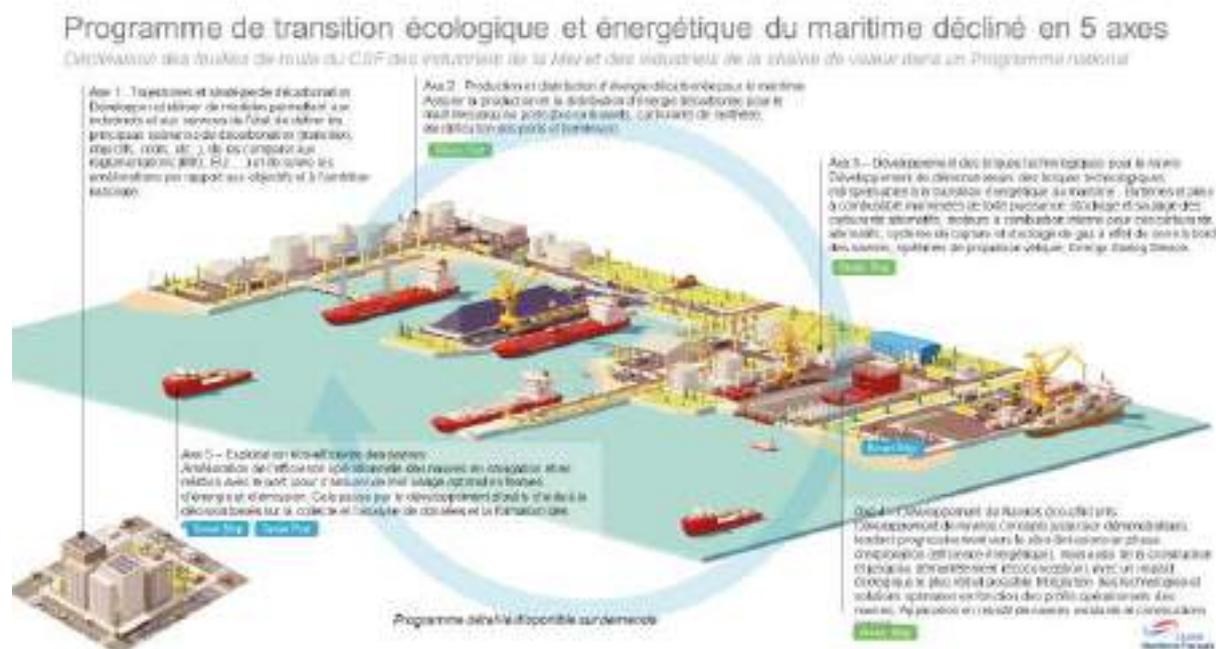
Du coup, la méthode de travail que nous avons mise en œuvre depuis plusieurs mois avec l'ensemble des partenaires autour de ce projet, c'est d'identifier une vraie stratégie nationale et d'apporter une solution au-delà des appels à projets. Il s'agit d'identifier les navires-démonstrateurs qui vont permettre de façon représentative de décarboner l'ensemble de la flotte au niveau national. C'est d'identifier chacun des verrous, et savoir quelles sont les mesures que nous pouvons mettre en œuvre d'un point de vue académique, industriel, pour arriver à les nommer. Cela a donné lieu à un programme structurant avec des objectifs, des enjeux et derrière, une somme de projets qui ont été identifiés.

Un Programme national pour décarboner le maritime



Vous voyez un exemple ici du travail qui est en cours avec un échelonnement dans le temps des différents objectifs sur le changement d'énergie, les nouvelles technologies, l'efficacité opérationnelle

et la sobriété. C'est cette mécanique que nous essayons de mettre en œuvre avec l'ensemble de la filière.



Le programme aujourd'hui est décliné en cinq axes. Nous avons un axe sur la partie trajectoire de décarbonation, suivi, développement de modèles, identification des impacts de la réglementation, anticipation des changements. Nous avons un second axe sur la production et la distribution d'énergie décarbonée pour le maritime. Là, nous avons vraiment les énergéticiens et les ports qui sont au cœur de ce dispositif complètement stratégique. Nous avons un axe trois sur le développement des briques technologiques pour navires, où nous devons développer des solutions pour amener les équipementiers à des niveaux de maturité suffisants en termes de puissance pour être compatibles avec les enjeux. L'axe quatre, c'est le navire éco-efficace, à la fois en construction, démantèlement et au niveau de son usage à bord. C'est le développement de navires-concepts basé sur de la simulation, de la modélisation et des lancements de projets démonstrateurs. Puis l'axe cinq porte plutôt sur les armateurs, et concerne l'exploitation éco-efficace des navires avec l'ensemble des dispositifs qui sont aujourd'hui connus et que nous devons développer pour arriver à atteindre les objectifs.

Exemples de sujets académiques pour soutenir les développements des projets

Physique et simulation

- Matériaux composites** : optimiser la structure pour la fabrication des systèmes de propulsion, réduire les coûts de fabrication, autres systèmes de réduction d'énergie (cage aux structures, etc.)
- Vibro-acoustique et hydroacoustique** : optimisation de la position des hélices, du design, réduction de bruit, etc.
- Bi-matériaux** : Propriétés dynamiques, formes adaptatives, réduction de l'échouement

- Structure et coque** : Fluides/structure permettant la simulation de systèmes complexes : coque de stockage de carburant, air intaking, structure, impact de choc, etc.
- Modélisation de systèmes énergétiques multi-échelles** : Inter-préhension et modélisation part et entière en un temps, un coût, un confort en termes de simulation (développement logiciel, matériel, systèmes et composants de navire (hydrologie))
- Chimie et procédés** : pour le développement des matériaux, le développement des procédés de fabrication, la capture et le stockage des gaz (CCUS, etc.)

- Mécanique des fluides** : Optimisation numérique de la performance des hélices, réduction de la consommation de carburant, hydrodynamique
- Etat de surface** : Intégration des effets de l'écoulement de fluide autour des hélices et de la coque sur la stabilité, les performances, les émissions, etc.

Données et modèles

- Collecte de données spécifiques au navire en mer** : Capteurs embarqués, traitement des données, IA, traitement, stockage de données, etc.
- Modèles de performance énergétique du navire** : basés sur des données, l'optimisation de la consommation, des données et du résultat de simulation

- Analyse des données** : L'optimisation des performances, les modèles de prédiction des performances, les modèles de maintenance, etc.
- Réduction de modèles** : Réduire les coûts de simulation, améliorer la précision, les temps de calcul, etc.

- Modèles de prévision de l'environnement** : à l'échelle du navire, de la zone, de la route, de la météo, etc.

Algorithmes et Optimisation

- Recherche d'optimisation** : Optimisation des performances, réduction des temps de calcul, etc.

- Optimisation multi-objectif** : Optimisation des performances, des coûts, des émissions, etc.

- Automatisme et contrôle** : Optimisation de la consommation, de la stabilité, etc.

Liste des sujets académiques et activités académiques présentées par Kavayit



Cela repose sur un certain nombre d'enjeux et de sujets académiques qui sont fondamentaux. Vous voyez ici des exemples de l'ensemble des sujets qui doivent être traités et levés. Certains sont encore à des niveaux de TRL assez bas, d'autres à des niveaux beaucoup plus élevés. Nous nous appuyons aujourd'hui, dans le cadre du programme, sur le réseau académique national. Il y a l'UIML, l'ENSM, l'École Centrale, Nantes université et d'autres qui sont membres du projet. Derrière cela, nous avons des centres technologiques comme le CEA, les IRT, qui sont parties prenantes et avec qui nous travaillons sur l'ensemble de ces problématiques.

Opportunités de développement d'activités industrielles sur les territoires

Production d'énergie

Projet : Développement d'énergie décarbonée sur le territoire
Intervenants : TotalEnergies, EDF, ONA, etc.

Part fuel énergétique

Projet : Développement d'énergie décarbonée et stockage pour les navires de croisière
Intervenants : TotalEnergies, etc.

PAC & Réseaux

Projet : Développement d'énergie décarbonée et stockage pour les navires de croisière
Intervenants : TotalEnergies, etc.

Bateau solaire

Projet : Développement d'énergie décarbonée et stockage pour les navires de croisière
Intervenants : TotalEnergies, etc.

Storage

Projet : Développement d'énergie décarbonée et stockage pour les navires de croisière
Intervenants : TotalEnergies, etc.

Propulsion vélique

Projet : Développement d'énergie décarbonée et stockage pour les navires de croisière
Intervenants : TotalEnergies, etc.

Offshore énergétiques spécialisés

Projet : Développement d'énergie décarbonée et stockage pour les navires de croisière
Intervenants : TotalEnergies, etc.

Navires

Projet : Développement d'énergie décarbonée et stockage pour les navires de croisière
Intervenants : TotalEnergies, etc.

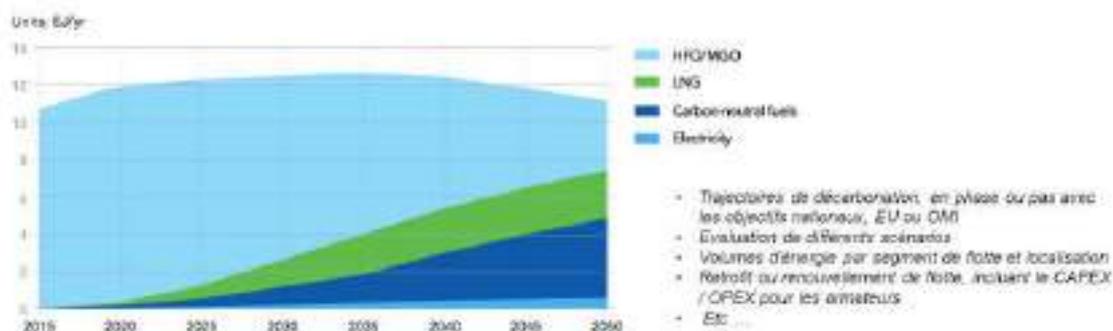
Travail d'évaluation de la taille des marchés et des acteurs en cours



Le dernier axe important, c'est l'impact économique. C'est fondamental. Nous en avons parlé. Nous identifions aussi, sur chacun des axes du programme, les retombées économiques sur la partie énergie, la partie équipements, le stockage, la propulsion vélique, tous les services associés en termes d'efficacité énergétique et opérationnelle, sans parler de la construction navale au sens large.

Exemple trajectoires de décarbonation et impact sur les besoins énergétiques

Finalisation première version d'un modèle simplifié en cours.



En dernier point, nous travaillons, à la suite de la coalition T2EM, sur le développement d'un modèle énergétique qui permet de modéliser les changements d'énergie, des usages en intégrant la dynamique temporelle. Il ne suffit pas de décider de changer d'énergie. Il faut l'approvisionner, changer les bateaux avec un taux de renouvellement lent. Un bateau peut durer plus de 25 ans. Du coup, cette dynamique dans la transition est fondamentale pour savoir si on atteindra ou pas les objectifs de décarbonation.

Emmanuel-Marie PETON

Un Institut pour assurer les trois éléments fondamentaux d'une transition environnementale réussie

Une approche fondée sur les besoins de l'écosystème et les expériences menées à l'international

1. Synchroniser le développement des solutions en intégrant l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur



2. Réduire la durée des cycles d'innovation et de mise sur le marché

1. Mettre en place un programme consacré portant sur les différents filières concernées et permettant d'optimiser les moyens humains et financiers dans une approche dirigée par les donneurs d'ordre industriels et les experts du domaine
2. Assurer une continuité des développements par l'ensemble des TRL, de la recherche amont au démonstrateur, avec un objectif de mise sur le marché
3. Assurer une continuité de financement public/privé sur le long terme, de la recherche amont et technologique jusqu'aux fonds propres des entreprises ou start-ups

3. Approche Science-Based, trans-filière, Sea-Proven & Market-Oriented

1. Science-Based : approche scientifique pour développer et évaluer les solutions
2. Trans-filière : bénéficier le plus possible des avancées des autres filières de transport et de l'énergie, en concentrant les efforts sur les besoins spécifiques du maritime ou la « ministration » de technologies
3. Sea-Proven : la complexité du milieu marin nécessite des technologies fiables avec une durée de vie de plus de 25 ans
4. Market-Oriented : les solutions de demain seront performantes mais devront être économiquement viables et time-to-market



Nous vous passerons les slides, et vous pourrez voir les objectifs. Les missions de l'Institut sont vraiment de piloter ce programme national, en complément de toutes les feuilles de route, de développer des méthodologies d'expertise parce qu'aujourd'hui, les choix technologiques n'ont pas d'assise toujours scientifique. C'est fondamental. Il s'agit de pouvoir, avec le CORIMER, renforcer le lobbying auprès des guichets de financement public et puis être un peu le représentant de la France, notamment à l'étranger. Puisque souvent, les autres pays arrivent en équipe, et nous pas toujours. On

ne sait pas toujours à quelle porte frapper en France. Il s'agit de faire en sorte de valoriser et d'être l'interface avec des centres équivalents dans le monde.

Pourquoi un Institut pour assurer la transition environnementale du maritime ?

Raison d'être : Permettre à la France de réaliser la transition énergétique de son activité maritime et la protection de sa biodiversité, afin de tenir ses engagements internationaux, grâce à un programme national assurant le développement de solutions technologiques contribuant à la réindustrialisation des territoires.

Objectifs

1. Définir les objectifs environnementaux et réglementaires en trajectoires et objectifs de transition en lien avec les engagements des industriels et de l'état ;
2. Mettre en œuvre les stratégies et feuilles de routes (industriels, CSF Industriels Mer ...) existantes dans un programme national autour de projets structurants ;
3. Synchroniser et mutualiser les efforts de la filière maritime sur l'ensemble des niveaux de TRL et de l'ensemble de la chaîne de valeur.

Missions

1. Piloter la mise en œuvre du programme national et le suivi des projets structurants ;
2. Développer des méthodologies et expertises au profit des industriels et politiques publiques ;
3. Structurer et optimiser les financements publics et privés des projets structurants, à travers le CORMER et au-delà ;
4. Coopérer avec les centres équivalents en Europe et dans le monde ;
5. Renforcer l'influence de la France dans les instances de réglementation et de normalisation.



Erwan JACQUIN

Un Institut pour coordonner un programme sur l'ensemble des TRL

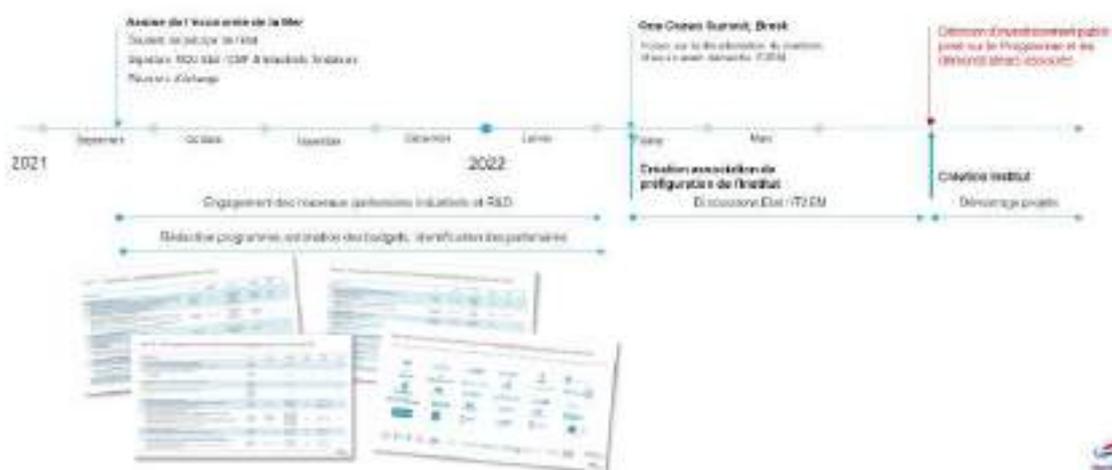
Des études technico-économiques au produit industriel en passant par les phases de concept, prototype et démonstrateur



Rapidement, ce sont les TRL au niveau des études prospectives, technico-économiques, au niveau de la recherche, du développement fondamental avec les acteurs académiques, au niveau du développement de prototypes jusqu'aux démonstrateurs et aux produits. On intègre cette notion de continuum de financement sur l'ensemble de la chaîne de valeur. Il s'agit de savoir comment financer de façon continue les TRL bas jusqu'à la levée de fonds d'une société qui doit porter une innovation technologique sur le marché.

Emmanuel-Marie PETON

Etapes clés du projet



Dans les étapes clés du projet, la prochaine étape, c'est The One Ocean Summit, avec le lancement des travaux. Dans la foulée, ce sera la création de l'association de préfigurations de l'institut, comme cela s'est d'ailleurs produit pour l'IRT Jules Verne, avec qui nous travaillons main dans la main, de façon à ce que la France puisse très vite avoir son institut pour valoriser l'excellence de nos entreprises, de nos territoires, des académies, de nos contributeurs, dont vous voyez tous les logos.

Une démarche de filière portée par les industriels et l'écosystème du maritime

Premiers rendez-vous à la rédaction d'un programme national et au projet d'institut pour la transition éco-énergétique du maritime



Merci beaucoup à celles et à ceux qui sont autour de la table et qui ont contribué à ce travail. Merci, Madame la Vice-présidente, Claire, pour votre écoute et votre soutien, qui se manifestent aujourd'hui. Merci à Bernard également pour le suivi du dossier au sein de la Région. Merci.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup à vous deux pour cette information. Elle est importante parce que nous voyons bien que depuis le début de cet après-midi, nous parlons des enjeux, des objectifs et des contraintes qui vont nous arriver. Nous voyons aussi que les solutions et les méthodologies pour trouver des solutions commencent aussi à se mettre en place. C'est plutôt une très bonne nouvelle. Merci à tous.

Nous n'avons pas beaucoup de questions. J'espère que ceux qui en ont posé ne vont pas m'en vouloir : nous n'allons pas les poser. Nous les gardons et nous essaierons d'y répondre a posteriori, parce que nous avons un peu de retard. Nous allons quand même nous laisser cinq minutes de pause parce que comme nous vous avons donné beaucoup d'information, il est quand même important que vous puissiez prendre une petite pause chacun de votre côté. Nous reprendrons dans cinq minutes. En attendant, nous allons vous diffuser un petit film de présentation de la Région. Je vous donne rendez-vous dans cinq minutes. Merci à tous.



2^{de} partie DÉCLINAISON LIGÉRIENNE

2.1 Portrait de l'écosystème ligérien

Frédéric RAVILLY

Après ce court intermède, nous avons repris un peu de temps sur notre timing. Merci à tous de votre participation, encore une fois.

Nous avons vu les choses de manière globale. Nous avons vu les interventions au niveau international, au niveau européen, au niveau national. Nous avons vu un bel exemple également d'initiative pour commencer à mettre en œuvre des solutions et à les développer industriellement. Nous allons maintenant passer à la déclinaison régionale des enjeux autour de la décarbonation du maritime. Nous avons souhaité, pour vous les présenter, les articuler autour de trois axes que nous avons l'habitude de voir ici en Région Pays de la Loire : les sujets de recherche, de formation et d'innovation.

Pour démarrer cette partie, je vais laisser la parole à Franck SCHOEFS, le directeur de l'IUML.

- **La recherche : technologies, environnement, sciences humaines et sociales**

Franck SCHOEFS - Directeur de l'Institut Universitaire Mer et Littoral (IUML)

Merci, merci à Bernard pour l'invitation. Je ne vais pas faire tout le plan, mais je vais présenter très rapidement ce que je souhaiterais que vous reteniez à l'issue de cette présentation, à savoir la

dimension stratégie de la recherche qu'on porte, quelques exemples de recherche opérationnelle et puis l'importance du réseau dans cette recherche.



Recherche et Innovation
appliquée à une filière: recherche et innovation responsables

- Impulser et nourrir l'innovation par la recherche (3 à 10 ans)
- Anticiper les risques liés aux ruptures (technologiques, organisationnelles, sociétales, économiques) (quelques mois à 2 ans)

Par

- Une approche disciplinaire (TRL bas): simulation numérique, prédiction par le modèle/donnée (économie, mécanique, hydrodynamique), stratégies SHM
- Une approche interdisciplinaire (TRL plus haut): réglementation, monitoring, analyse de faisabilité, incertitudes et risque, études technico-économiques

Avec une certitude

Les innovations (brevets) se font de plus en plus aux frontières des disciplines
avantage: maturité disciplinaire et de la perception)

Sur la recherche innovation appliquée à une filière, nos objectifs vont être évidemment d'impulser une réelle innovation par la recherche. Nous sommes sur des échéances de trois à dix ans. Il s'agit aussi et surtout d'anticiper les risques liés aux ruptures technologiques, organisationnelles, sociétales ou économiques. Là, on peut aller de quelques mois à deux ans et c'est ce qu'on va appeler la recherche et innovation responsable.

Vous avez le petit logo GRRIP en haut à droite, qui est le projet européen dans lequel nous sommes avec quatre autres clusters européens, et sur lequel nous nous posons la question de l'anticipation des risques liés aux ruptures et de l'interrogation du monde socio-économique et sociétale pour permettre de réaliser ces ruptures dans les meilleures conditions. Pour cela, nous pouvons avoir une approche disciplinaire, en étant plutôt sur des TRL bas, avec des sujets liés à la simulation numérique, à l'hydrodynamique, etc., mais aussi une approche interdisciplinaire. C'est notamment celle que nous portons avec des TRL plus hauts, qui tiennent par exemple à des problèmes de réglementation, d'analyse de faisabilité, d'incertitude et de risque et d'études technico-économiques. Nous avons une certitude, c'est que les innovations, les brevets notamment, se font de plus en plus aux frontières des disciplines. L'avantage est qu'en général, nous avons une maturité disciplinaire et de perception assez forte, permettant de régler un certain nombre de problèmes.



Sur les planches suivantes, il s'agit simplement de dire que cela se fait notamment en Région Pays de la Loire parce que nous nous sommes structurés depuis plus de 40 ans. Nous avons aggloméré petit à petit au niveau de l'institut tout un tas d'organismes qui permettent à l'heure actuelle d'avoir une double labellisation du CNRS côté sciences pour l'ingénieur, mais aussi sciences humaines et sociales. Ce qui est rare, voire rarissime en France. Puis nous avons un certain nombre d'organismes comme Centrale Nantes, Nantes université, l'ENSM, qui sont présents au sein de l'institut universitaire mer et littoral.

Qui sommes nous? 14 JAN 2021

IUML
INSTITUT UNIVERSITAIRE
MER & LITTORAL
18 CNRS LABS

Objectifs

- Structurer et valoriser l'offre en matière de recherche et de formation en Pays de la Loire.
- Stimule le développement de travaux interdisciplinaires.

auprès de

+ de 800 personnels (15% en SHS) et 22 unités de recherche

Logos: Nantes Université, CNRS, Ifremer, Centrale Nantes, Le Mans Université, ENSM, UBS.

Notre objectif est de structurer et de valoriser l'offre en matière de recherche et de formation en Pays de la Loire, mais aussi de stimuler le développement de travaux, notamment entre les laboratoires, de manière à ce qu'une fois de plus, on arrive à lever les verrous le mieux possible. Ce n'est pas toujours facile, parce que nous avons 800 personnels dans nos différentes structures au total, dont 15 % en sciences humaines et sociales et 22 unités de recherche. Cela demande une animation

plus amont au niveau des matériaux et couplages, sur le contrôle commande, l'instrumentation, la propulsion et l'efficacité énergétique, mais aussi de plus en plus les jumeaux numériques et la cyber sécurité. Enfin, sur la partie droite, vous avez des sujets très importants liés aux routes maritimes, au type de trafic, au lien avec les COMU, la planification et le partage activité. Vous avez en bas à droite les trois organismes essentiels en région qui travaillent sur ce sujet-là. Ce qui est entouré en vert, ce sont les laboratoires membres de notre fédération. Vous voyez que nous travaillons en collaboration avec deux laboratoires qui ne sont pas membres de la fédération, qui sont en association, soit le LTEN, un laboratoire en énergétique, et le LSNN, un laboratoire en sciences du numérique.

 IUMI
MER & LITTORAL
 ENSM
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE LA MER

Transition et optimisation énergétique des Navires
 ENSM
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE LA MER

Cette équipe mène une activité de recherche et d'expertise sur la modélisation des systèmes énergétiques à bord, avec pour objectif l'augmentation de l'efficacité énergétique et la décarbonation du transport maritime.

Illustration : « La systémique et l'énergie en action »

Une réduction des GES peut être obtenue de plusieurs manières :

- telle que l'optimisation de la forme de la carène et des hélices afin de diminuer la puissance propulsive ou l'amélioration du rendement des différents systèmes
- Elle peut être obtenue en agissant sur le profil opérationnel en réduisant par exemple la vitesse.

Cette baisse de la consommation des moteurs pourrait entraîner un débranchage des moteurs pour réduire le niveau de puissance et ainsi ré-augmenter la consommation globale de fuel du navire.

Cette approche système permet de gérer la nature complexe des navires. Le concept d'énergie permet une meilleure caractérisation des différents processus énergétiques à l'œuvre et une meilleure évaluation des gains énergétiques potentiels. L'équipe utilise la simulation numérique pour modéliser les composants énergétiques du navire. Son travail se concentre sur la modélisation de scénarios d'exploitation réalistes. Pour cela, elle collabore sur des initiatives avec les offices de la marine marchande de l'ENSM.



Sur les planches suivantes, je vais passer très vite. J'ai trois exemples. Le premier est lié à la transition et à l'optimisation énergétiques des navires. Il va s'agir d'évaluer les gains énergétiques potentiels réels sur un navire.

 IUMI
MER & LITTORAL
 Nantes
Université

« Caractérisations mécaniques avancées »
 Gm

Le laboratoire dispose de toutes les compétences utiles pour développer les nouvelles solutions de gréement et de voiles des futurs navires : conception, choix des matériaux, conduite d'essais en laboratoire et monitoring en navigation. Il met en œuvre des moyens d'essais spéciaux de fortes capacités de charge et des dispositifs de mesure de dernière génération : instrumentation par fibres optiques et extensométrie par traitement d'images.

Essais spéciaux et instrumentation en service

Grande dalle d'essais pour tester des structures à plusieurs dizaines de tonnes de chargement, banc de traction-compression jusqu'à 100 tonnes.

Exemples : Instrumentation du mât par fibres optiques
Essais sur lattes avec les Chantiers de l'Atlantique pour le projet Solid Sail, « Coupe de l'Amérique » avec les équipes Team New Zealand et Prada, « PERFECTO » avec Armel Tripon.




Sur la planche suivante, il y a une spécificité que nous avons en région, sur la capacité à faire des essais sur des vrais prototypes, des structures de grande dimension. Cela a été notamment le cas avec le projet Perfecto avec Arnel TRIPON, mais aussi avec des projets liés à la Coupe de l'America, avec les équipes de Team New Zealand et Prada. Plus récemment, cela a été le cas sur le projet Solid Sail des chantiers de l'Atlantique.



IUML
MER & LITTORAL



Nantes
Université



Lemna
Laboratoire de Recherche en
Economie Industrielle et
Management

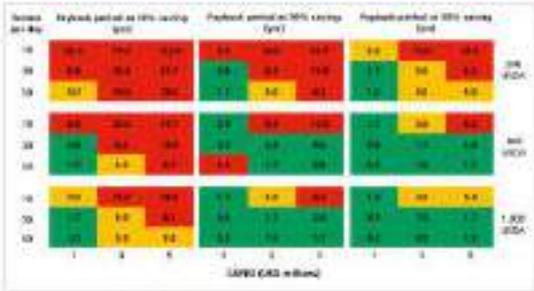
Economie de la propulsion vélique

Problématique. Etude du modèle micro-économique d'affaire du navire à voile.
Méthodes d'évaluation du navire à voile coûts-bénéfices directs-indirects: économies en carburant, émissions de carbone et de particules ultra-fines évitées, nouveaux marchés, nouvelles routes, nouveaux ports, effets macro-économiques et sociaux associés.

Facteurs de maturité commerciale selon les experts

Le niveau de maturité commerciale sera atteint aux alentours de 2040, lorsque

- 1) de nouveaux navires auront intégré la flotte (les renouvellements sont plus coûteuses que l'installation sur les nouvelles constructions) et
- 2) que les coûts en capital auront baissé davantage en raison des effets d'apprentissage et des économies d'échelle.



L'ASPE (€20 millions)

https://www.wind-efia.eu/fr/content/uploads/2021/02/Wind_powered_slides_2020_1_F.pdf

Le troisième exemple montre aussi la diversité des sujets que nous sommes capables de traiter, sur l'économie de la propulsion vélique. Là, sans détailler ce qui est présenté dans le graphique, sur la partie droite, il s'agit de vous montrer que sur cette étude économique, le temps de retour sur investissement a été calculé en fonction des économies de carburant, de la consommation journalière de carburant, du CAPEX et des prix du pétrole, avec différentes hypothèses qui permettent de valider ou pas des scénarios à un instant T. Par rapport à ce qu'a dit Erwan tout à l'heure, c'est évidemment à décliner en fonction de l'âge des flottes et en fonction du temps.



L'atout que nous avons également en région, ce sont les plateformes technologiques. Vous en avez un certain nombre ici, qui sont plus ou moins bien connues, mais qui vont permettre de travailler sur différentes échelles au niveau matériaux, mais aussi sur des prototypes en mer, y compris en intégrant potentiellement des Biotechs par exemple sur un navire. Il y a une présence au sein de l'institut Carnot et puis évidemment au sein de l'institut Initiative Next. Vous remarquerez au passage que je n'ai pas remis les logos de l'université à jour. Il s'agit maintenant de Nantes université.



Le second sujet sur lequel je voulais insister concernant nos spécificités en région, c'est la question de la bancarisation des données, de l'analyse de l'impact sur les flottes et sur le trafic, notamment au niveau de l'économie portuaire, avec le GIS VALPENA, qui regroupe un certain nombre de données, la Chaire maritime, mais aussi un certain nombre de sujets qui sont évoqués au sein de Capacités sur la bancarisation de données, mais d'économie plus internationale.



J'ai indiqué tout à l'heure la nécessité d'avoir une recherche innovation responsable et notamment ce qu'on fait de plus en plus en engageant le citoyen dans la réflexion, de telle manière à voir où pourraient être les ruptures, notamment de perception du citoyen., Là, c'est une enquête que nous avons faite dans le cadre du navire du futur, dans le cadre de la Fête de la science à l'automne, avec l'appui de Wind ship. Nous nous sommes posé par exemple la question auprès du citoyen du type de transport qu'il envisageait à l'avenir. Là, c'est 60 % de transport de marchandises. Ce qu'il souhaite voir sur son océan, c'est de privilégier une voilure de type mat et une coque de navire plutôt futuriste. C'est une initiative que nous avons prise avec cette enquête à l'automne. Mais nous allons de plus en plus généraliser ces enquêtes dans le cadre des salons professionnels, de telle manière à mieux saisir les besoins de l'industrie.



La transmission de l'information se fait aussi au travers de conférences plus ou moins grand public. La Mer XXL est évidemment grand public, en 2019, sur la gauche. Au centre, vous allez voir une conférence que nous allons réorganiser en 2023, Oceanext, sur les grands enjeux de l'océan du futur. Nous l'avons déjà organisée deux fois à Nantes. Puis une conférence que nous allons aussi organiser en 2023 et qui s'est faite dans le cadre du projet d'excellence européen Human Sea, porté par Nantes, la conférence Marisk, qui aborde notamment les sujets interdisciplinaires liés aux risques maritimes.



Je finirai par cette planche simplement pour montrer que nous sommes en région, mais que nous sommes en réseau. Nous avons un réseau académique notamment au niveau national, parce que nous sommes une des neuf universités fondatrices des universités marines. Il y en a 17 actuellement. Au niveau européen, nous sommes membres de l'European marine board qui nous permet d'éditer des technical report, des briefs pour la Commission européenne. Avec un certain nombre d'universités internationales, comme celle du Massachusetts, ou l'institut France Québec maritime qui va se réunir à Nantes en juin, ou l'institut maritime de Singapour, nous avons également commencé des discussions.

Sur le plan innovation et industrie, en région, nous avons une collaboration étroite avec Neopolis, qui est membre de notre comité des acteurs socio-économiques. Sur le plan interrégional, nous avons une collaboration avec le Pôle Mer, qui est membre de notre comité opérationnel et duquel nous sommes vice-présidents depuis dix ans. Au niveau national, nous travaillons avec le Cluster maritime français, dont nous sommes membres depuis plus de quinze ans. Je dois aussi souligner notamment le fait que l'IRT Jules Verne est membre de Nantes université, ce qui favorise énormément l'efficacité du dialogue et de la concertation en région sur nos sujets. Je devais évoquer aussi le rôle de Capacités, mais aussi des chaires, et notamment celle portée par l'École Centrale avec Man et le Bureau Veritas.




Conclusion

- Capacité à mobiliser, fédérer les acteurs, animer les interactions (WEAMEC)
- Nécessité d'un pilotage collégial de la stratégie recherche – innovation: mise en place d'un CS?
- Approche interdisciplinaire amont nécessaire pour accompagner les innovations/ruptures
- Enjeu sur la coordination des plateformes (multi-échelle, hybridation des essais)
- Enjeu sur bancarisation des données: visibilité mais aussi croisement
- Vraie compétence autour du suivi opérationnel et de la réglementation (CEN)

En conclusion, nous avons une capacité à mobiliser et à fédérer les acteurs, et à animer les interactions, comme nous l'avons fait d'ailleurs dans le cadre du lancement de WEAMEC au niveau des énergies marines renouvelables. Nous avons besoin d'un pilotage collégial de la stratégie de la recherche, par la mise en place, par exemple, de conseils scientifiques qui permettent d'avoir une vision long terme. L'approche interdisciplinaire en amont est nécessaire pour accompagner les innovations et les ruptures. Nous sommes de plus en plus certains de ce fait. Il y a également un enjeu sur la coordination des plateformes. Vous avez vu la variété des plateformes tout à l'heure. Leur coordination est un enjeu assez important, notamment pour travailler sur l'hybridation des essais, sur le multi échelles, sur le passage du laboratoire à l'essai en mer. Puis il y a aussi un enjeu sur la bancarisation des données, sur la visibilité des données disponibles, mais aussi leur croisement, qui nous permet souvent d'améliorer la connaissance. Il y a aussi une vraie compétence, et je voulais finir par cela, autour du suivi opérationnel, au travers de l'instrumentation par exemple, de la mesure et de l'analyse de données, mais aussi de la réglementation. Parce que nous avons plusieurs chercheurs qui sont impliqués notamment dans les comités européens de normalisation. Nous savons donc aussi faire passer des messages au niveau de la réglementation. Je vous remercie de votre attention. N'hésitez pas à poser des questions si nécessaire.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Frank. Effectivement, je pense que l'important à retenir est, d'une part, l'aspect réseau de l'université de Nantes, qui a des connexions évidemment à l'interrégional, au national, au niveau de l'Europe et à l'international. Si nous voulons pouvoir partager et travailler sur ces sujets de réduction des émissions de carbone, c'est évidemment à l'échelle de la planète que cela doit se faire. Les collaborations qui commencent au niveau universitaire sont aussi de bonnes opportunités pour aller ensuite sur des collaborations, y compris industrielles. Merci beaucoup pour tout ce travail et cette présentation synthétique.

Je vais maintenant laisser la parole sur l'aspect formation à Dominique FOLLUT, le directeur de la recherche de l'ENSM.

➤ La formation, les métiers de demain

Dominique FOLLUT - Directeur de la recherche de l'École nationale supérieure maritime (ENSM)

Bonjour à vous tous. Je vais vous présenter un panorama des formations en relation avec la transition énergétique.

Les cycles de formation

1 diplôme d'ingénieurs, 2 spécialités :

- ✓ Ingénieur navigant
- ✓ Ingénieur génie maritime

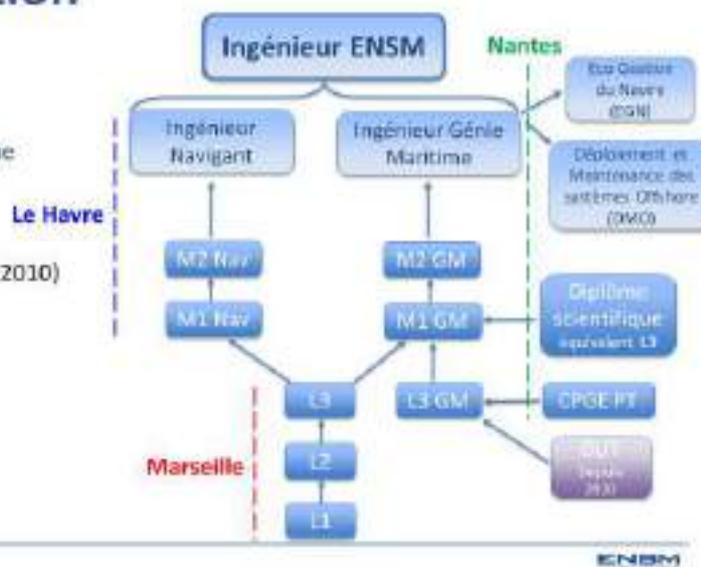
Accréditations CTI :

- 2011 pour la filière navigant (rétroaction 2010)
première promotion diplômés ingénieurs navigants 2015
- 2016 pour la filière génie maritime
première promotion diplômés ingénieurs 2018
- 2022 pour la filière par Apprentissage
première promotion diplômés ingénieurs 2024

3 des 4 sites concernés :

- Cycle L à Marseille (commun)
- Cycle M au Havre et à Nantes

ENSM
Le Havre



Je vais aller très vite sur les formations de l'ENSM, notamment les formations ingénieur, avec deux formations, ingénieur navigant et ingénieur en génie maritime. Ce sont deux formations où l'on intègre la mise en œuvre des systèmes, l'accompagnement et la gestion du navire pour tout ce qui est écogestion et génie maritime. Pour les formations comme l'écoconduite du navire pour les ingénieurs navigants, cette dimension transition énergétique et naviguer autrement prend en compte la dimension à la fois rejet gaz à effet de serre et consommation des navires.

ECO GESTION DU NAVIRE

DOMAINES GENERAUX



DOMAINES TECHNIQUES

- Eco-conception
- Construction
- Optimisation des énergies
- Optimisation de l'exploitation
- Traitement des rejets
- & déconstruction



ENSM

ENSM

Un petit focus sur l'écogestion du navire : c'est une formation qui aborde l'écoconception, la construction, l'optimisation des énergies, l'optimisation de l'exploitation, mais également le traitement des rejets et la déconstruction, c'est-à-dire tout le cycle de vie du navire. C'est une formation qui est sur le site de l'ENSM à Nantes et qui est complètement intégrée en région avec des travaux d'étudiants et d'enseignants en partenariat avec d'autres acteurs du territoire.

ECO GESTION DU NAVIRE

QUELQUES TERRAINS D'EMPLOIS

- Compagnie de navigation



- Chantier naval



- Grands groupes



- Société d'ingénierie ou consulting



- Start-up



- Société de classification



ENSM

ENSM

Voilà les terrains d'emploi et les gens chez qui nos jeunes diplômés trouvent du travail. D'ailleurs, ils trouvent tous du travail. Il y a 100 % d'emploi à la sortie de la formation.

Genèse du projet DIGI4MER

Les industries de la mer

- Industrie navale civile et militaire
- Exploitation des énergies en mer **122 000 emplois en 2020 et**
- Industrie nautique **137 000 en 2030 en France**

Au sein du Comité Stratégique de Filière, CINAV est l'opérateur du domaine Emploi, Formation et Compétences

65 000 recrutements d'ici 2030 dont 15 000 créations nettes d'emplois

Autour de la digitalisation des formations destinées au maritime, le projet DIGI4MER répond à la nécessité d'aller plus loin pour satisfaire les besoins en compétences des industriels de la filière.

Un projet financé par le PIA avec le soutien des Pays de la Loire et la Bretagne, qui ont également contribué à son financement, ainsi que la Normandie, la Nouvelle-Aquitaine et Sud/Provence-Alpes-Côte d'Azur.



Un autre projet, c'est le projet DIGI4MER, qui est accompagné par la Région des Pays de la Loire. L'objet est de faire un référentiel sur la propulsion vélique. Là, nous sommes complètement dans cet enjeu de transition et de décarbonation afin de permettre, en partenariat avec le CINAV et Wind Ship, de proposer un référentiel de formation à la conduite de navire à propulsion vélique.

Origine WP2

➤ Contexte

- Fortes évolutions réglementaires pour décarboner la flotte maritime d'ici 2050 dont des mesures court terme imminentes (1^{er} janvier 2023)
- Changements majeurs dans les modalités d'opération des navires par l'introduction des propulsions alternatives / 1,65 millions de marins
- La propulsion par le vent : une solution technologique mature aujourd'hui & une filière industrielle émergente poussée par la France
- Conforter la place de leader de la France dans cette filière en mettant en place les conditions de formation ad hoc



Le contexte : les évolutions réglementaires sont fortes pour décarboner la flotte. Il va y avoir des changements majeurs que l'on peut attendre dans les modalités d'opération des navires, avec des propositions alternatives. On imagine que cela va toucher presque deux millions de marins. La propulsion par le vent, c'est une solution technologique qui est mature avec une filière industrielle émergente poussée par la France. On en a parlé tout à l'heure. Et puis un des objets est d'aller jusqu'au bout de l'exercice, en plus de la solution technologique, en positionnant la France comme un leader, en intégrant également les conditions de formation adaptées à cette rupture technologique.

Finalité du projet WP2

- Développer une première contribution à la formation sur un marché prometteur
 - Fortes évolutions réglementaires pour décarboner la flotte maritime d'ici
Construire le référentiel de formation pour les navires à propulsion principale ou assistée par le vent => modules en e-learning peuvent être fléchés par un écosystème d'acteurs pour accélérer l'adoption de la propulsion par le vent
 - Développer un jumeau numérique du comportement d'un navire propulsé par le vent => vers un simulateur pour les écoles de formation maritimes et les compagnies maritimes : 1^{re} étape pour positionner les entreprises françaises sur le marché des outils de la décarbonation

ENRM

ENRM

Il faut mettre en place un certain nombre de modules de formation, notamment accessibles en e-learning afin de pouvoir les déployer assez rapidement, y compris à des marins qui sont en situation d'emploi. Il faut favoriser aussi l'adoption de cette propulsion vélique, mais également aller vers un simulateur de navigation qui intègre la propulsion vélique et qui soit un outil de support à la formation. Cela passe par un jumeau numérique d'un navire qui serait propulsé par le vent.

Livrables du projet WP2

- Livrables attendus
 - Formation prête pour la mise en navigation des 1ers navires français propulsés par le vent
 - Formation théorique sous forme de modules / testée et validée par un panel d'officiers
 - Spécifications pour la construction et le paramétrage du simulateur
 - Restitution auprès des opérateurs maritimes partenaires du projet (TOTAL, Compagnie Maritime Nantaise, Neoline, Zéphyr & Borée, Grain de Sail) & recommandations pour leurs plans de formation

ENRM

ENRM

Concernant les livrables attendus, c'est un projet qui est en cours, avec une formation théorique, des modules testés et validés. Le simulateur a toutes les spécifications pour la construction et le paramétrage. Puis nous devons prendre les recommandations et l'intégration dans leur plan de formation d'un certain nombre d'opérateurs qui seraient les premiers consommateurs et utilisateurs de ces modules de formation.

WP2 - Partenaires

- Ecole nationale supérieure maritime
 - Réalisation du référentiel pédagogique
- D-ICE Engineering
 - Spécifications techniques pour le simulateur de passerelle
- Association Wind Ship
 - Mobilisation des acteurs, communication, gestion du projet

ENSM 29/11/2021

ENSM

Les trois partenaires, comme je vous l'avais dit, sont l'École nationale supérieure maritime, D-ICE et l'association Wind Ship.

Opérateurs maritimes utilisant la propulsion des navires par le vent ou intéressés



ENSM

ENSM

Il y a un certain nombre d'opérateurs maritimes qui se sont déjà positionnés, qui exploitent ou vont exploiter ou en projet l'exploitation de navires propulsés par la voile.

Les formations de l'ECN



Mastère spécialisé® Acteur Pour la Transition Énergétique

Master Atlantique en Opération et Ingénierie Navale

Master Énergétique et Propulsion



Nous allons faire un petit focus sur les autres formations du territoire, les formations de l'École centrale de Nantes, avec un Master spécialisé acteurs pour la transition énergétique, un Master Atlantique en opération et en ingénierie navale et un Master en énergétique et en propulsion, qui intègrent toute cette dimension de transition énergétique et d'intégration de nouveaux modes pour la propulsion et les énergies.

UN e-SEA: former les acteurs du secteur maritime aux problématiques environnementales



- Une cellule de développement de formations hybrides et à distance *Masters / Certifiants d'université / Formations courtes*
- Une offre construite et pilotée par l'Institut Universitaire Mer et Littoral
- Un partenaire de la Région des Pays de la Loire, de Nantes Métropole, et de l'École Nationale Supérieure Maritime
- Une porte d'accès à l'expertise du territoire pour l'international

Objectif:

Optimiser le temps et les conditions de formation tout en atteignant un haut niveau de qualité et d'actualisation des contenus



Concernant les formations, nous allons faire un petit focus sur l'université de Nantes, qui a pour but de former les acteurs du secteur maritime aux problématiques environnementales. C'est une offre qui est pilotée par l'IUML en partenariat avec la Région des Pays de la Loire, Nantes métropole et l'ENSM. L'idée est également de porter l'expertise du territoire à l'international, avec une formation qui peut se faire à distance.

Droit et Sécurité des Activités Maritimes et Océaniques



- Masters en 1 an **100% à distance**
- Unités d'enseignement **accessibles en formation courte**
- **Parcours personnalisés** selon les acquis personnels et professionnels de chacun
- Sont formés:
 - Les navigants
 - Les services de l'Etat
 - Les administrations territoriales
 - Les personnels des ONG et des bailleurs de fonds
 - Les cadres et salariés d'entreprises
 - Boatng
 - Transports de passagers
 - Bunkers
 - Professions libérales
 - Autres



Une autre formation, droit et sécurité des activités maritimes et océaniques est un Master en un an qui est à 100 % à distance. C'est une formation courte, avec la volonté de personnaliser les parcours pour les acquis de chacun des apprenants. Les principaux formés sont des navigants, des personnels des services de l'État, des personnels des administrations territoriales, mais également du personnel des ONG, des bailleurs de fonds et puis un certain nombre de cadres et de salariés d'entreprise dans des secteurs très variés comme le navire, le transport de passagers ou les professions libérales.

Certificats Risques Maritimes Environnementaux



5 modules de 15 heures

Introduction aux risques naturels et anthropiques dans le système océanique

L'océan et ses usages / Les espèces marines / Les objets technologiques en mer / Les écosystèmes côtiers / Introduction aux risques

Défaillances des systèmes technologiques en mer Typologie des événements de mer et risques

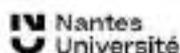
Contexte géo-économique des risques pétroliers
Technologie, risques et impacts associés à la production d'hydrocarbures
Technologie et risques associés au transport d'hydrocarbures
Acceptation réglementaire de la défaillance

Impacts des pollutions sur les espaces marins et côtiers Les impacts directs et indirects / Impacts sur le vivant/ résistance des milieux aux pollutions / Pollutions chroniques

Prévention des risques : le rôle des organisations internationales et institutions maritimes

Gestion des pollutions

Protection des écosystèmes : de l'évaluation aux solutions techniques existantes



Concernant les certificats de risques maritimes et environnementaux, c'est un ensemble de modules de quinze heures, organisé en partenariat avec l'université de Nantes, l'IFREMER et l'ENSM, avec un module sur l'introduction aux risques naturels, la position de l'homme dans le système océanique, les défaillances des systèmes technologiques en mer, l'impact des pollutions sur les espaces marins et

côtiers, la prévention des risques avec notamment le rôle des organisations internationales, des institutions maritimes, et les solutions techniques pour la prévention des écosystèmes.

Approche systémique et prospective des sujets de formation



Cette diapositive reprend le retour d'expérience sur une formation sur la station balnéaire durable en 2050, avec la capacité à avoir un parcours de formations adaptées, une facilité à construire des formations ad hoc pour répondre à des besoins des différents opérateurs maritimes et des opérateurs de territoires.

Des « nouveaux » sujets

- Eco conduite du navire
- Gestion d'outils de supervision du mix énergétique
- Routage optimisé
- Hypervision du Navire
- Gestion de flotte
- Mise en œuvre de nouveaux carburants et risques associés
- Propulsion vélique
- Sécurité des opérations et process de certification
- ...

Il y a des nouveaux enjeux qui apparaissent au travers de toutes ces formations. Là, je vous ai fait un panorama rapide et qui n'est pas exhaustif. Mais de nouveaux sujets s'invitent inévitablement dans le domaine de la formation : l'écoconduite du navire, les manœuvres, leur optimisation, l'optimisation de la consommation énergétique du navire. Nous sommes en train de développer à l'ENSM un simulateur d'écoconduite avec une formation dédiée. Il y a également des outils de supervision du mix énergétique

qui vont voir le jour à bord. Certains existent déjà. Il va falloir les gérer, il va falloir les opérer en mer, il va falloir également imaginer tous les modes de reprise lors de défaillances, puisque dans un domaine maritime, il faut imaginer aussi qu'ils sont opérés par un équipage restreint, isolé. Sur le durcissement et la robustesse de tous ces équipements, il y a donc un véritable travail. Il y a un certain nombre d'algorithmes, et Emmanuel-Marie en parlait tout à l'heure avec le routage optimisé, où nous allons chercher des choses du côté de la recherche opérationnelle par exemple. Il s'agit de voir comment mettre en place ces outils et les formations pour la mise en œuvre de ces outils, et l'exploitation de ces outils dans un contexte opérationnel.

C'est également tout le travail sur l'hypervision des navires, qui va au-delà de la supervision. C'est-à-dire qu'il faut voir le navire comme un système global et une interaction de tous les sous-systèmes que l'on peut superviser dans un même et unique système. C'est donc une vision un peu différente du navire, très fortement connecté, très fortement instrumenté afin d'optimiser le système lui-même et les interactions qui le composent. Il y a également de la gestion de flotte, qui est un domaine de plus en plus présent. Nous avons signé un partenariat avec une société qui s'appelle Obsilog, dont le métier est clairement de récupérer de la data maritime, de la data d'exploitation des navires et de développer une activité économique de conseil et d'assistance à la gestion d'une flotte. On va avoir des métiers du domaine des capteurs, du domaine du data Scientist, mais également de l'économie qui apparaissent pour aider justement cette gestion de flotte.

Ce sont également des formations sur la mise en œuvre de tous les nouveaux carburants, avec leurs spécificités et les risques associés à ces nouveaux carburants. Sachant que ceux qui sont dans les starting-blocks sont très explosifs, ou très corrosifs, ou un peu des deux. Il y a bien sûr la propulsion vélique, je vous en ai parlé. Ce sont également des formations sur la sécurité de toutes ces opérations. Il y a un travail aussi sur les plateformes, sur les prototypes autour des process de certification pour tous ces nouveaux équipements, ces nouveaux moyens qui vont être déployés au service de la transition énergétique.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup. Au-delà des enjeux sociétaux et environnementaux que nous voyons, qui peuvent paraître un peu déprimants, parce que nous voyons bien que nous sommes dans une situation critique, ce sont aussi des opportunités, cette transition énergétique. Ce sont des nouveaux métiers qui arrivent, peut-être encore avec plus de sens. Nous avons cette chance aussi en région d'avoir des acteurs de la formation qui comprennent bien cela et qui proposent des opportunités à nos jeunes pour rentrer dans ces nouveaux métiers.

➤ L'innovation

Je vais garder la parole pour passer sur la troisième lettre, l'aspect innovation, après la recherche et la formation. Je ne vais pas rentrer dans le détail de tous. L'idée, pour moi, était d'abord de vous parler un peu d'écosystèmes d'accompagnement dont disposent les entreprises, très riches en région des Pays de la Loire. Cela peut paraître même touffu à certains endroits, mais c'est extrêmement efficace parce que nous avons cette chance en région de bien nous entendre et de travailler ensemble. Il y a évidemment les pôles de compétitivité, dont le pôle Mer Bretagne Atlantique fait partie. Mais il y a d'autres pôles comme les pôles autour de l'énergie ou des matériaux et des technologies avancées de production, comme S2E2 ou EMC2 qui vont pouvoir accompagner les entreprises innovantes à travers des projets collaboratifs. Il y a la technopole, notamment Atlanpole, qui rayonne sur les deux départements de Loire-Atlantique et de Vendée.

POLE MER
BRETAGNE ATLANTIQUE

Innovation Maritime en région Pays de la Loire

- Les acteurs de l'innovation un écosystème très riche largement actif via les projets collaboratifs




44

Puis il y a des équivalents dans les trois autres départements, même si évidemment, n'étant pas territoires maritimes a priori, ou moins littoraux, ils ont certainement moins d'activité. Mais on trouve quand même de belles entreprises en lien avec le secteur maritime dans les trois départements non littoraux, en Pays de la Loire. Il y a la Chambre de commerce et d'industrie, évidemment, qui depuis des années accompagne les entreprises de toute nature. Et puis il y a des structures d'accompagnement plus institutionnelles comme Solutions&Co au niveau régional, Nantes Saint-Nazaire Développement pour le bassin d'emploi Nantes Saint-Nazaire, ou bien encore Les Sables-d'Olonne Développement.

Tous ces acteurs travaillent ensemble, en réseau, pour fournir aux entreprises qui veulent venir sur notre territoire et qui veulent travailler notamment sur ces nouveaux métiers des connexions rapides, un accompagnement dans tous les domaines. Ce qui leur permet « d'atterrir » dans notre région, pour les nouveaux arrivants, de la manière la plus efficace possible. Pour les porteurs de projets ou les futurs créateurs d'entreprise, cela leur permet d'avoir des outils pour se développer.

Nous menons au sein du pôle Mer Bretagne Atlantique une enquête, une pesée économique tous les deux ou trois ans, qui se destine à mesurer l'emploi et le nombre d'établissements qui correspondent au secteur maritime. Là, j'ai fait une petite extraction, qui correspond uniquement à la région des Pays de la Loire, sur l'un de nos six domaines, le naval et le nautisme. C'est déjà presque 12 000 emplois sur ce domaine-là. Évidemment, c'est amené à croître étant donné la perspective que nous avons dressée cet après-midi.

POLE MER
INNOVATION ATLANTIQUE

SOLID SAIL 2.0

Voile rigide pour le marché des paquebots nouvelle génération

Partenaires :

- Entreprises**
 - Multiplex, Vannes
 - BTX France, Saint-Nazaire
 - O-Sea Design, Lorient
 - Avertach, Brest
 - Mer West, Plo-Lo-Parik
 - Tecladec, Brest
 - Ocean Data System, Lorient
- Centre de recherche**
 - EMSTA Bretagne, Brest

Financiers :

- Conseil régional de Bretagne (FEDER)

Labellisation : 01/06/2018

Budget global : 994 k€




CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE

45

Après, il s'agissait pour moi de vous présenter quelques exemples de réalisation en cours ou passés en lien avec la thématique de cet après-midi. La première, vous la connaissez. Aujourd'hui, vous pouvez la voir en allant sur le pont de Saint-Nazaire. Puisque le mat Solid Sail est aujourd'hui monté sur la base vie des chantiers de l'Atlantique. C'est une réalisation en conditions réelles d'une future voile rigide des chantiers. Des tests ont déjà été menés sur certains navires, notamment du Ponant. C'est une entreprise du territoire, les chantiers de l'Atlantique. Cela se fait aussi en collaboration avec d'autres entreprises, notamment en région, avec des écoles d'ingénieurs en région Bretagne.

POLE MER
INNOVATION ATLANTIQUE

ANTARTICA

Convertir la chaleur fatale des moteurs en froid pour améliorer l'efficacité énergétique des navires

Partenaires :

- Entreprises**
 - Equium, Saint-Herblain
 - Les Chantiers de l'Atlantique, Saint-Nazaire
- Centres de recherche**
 - Ecole Nationale Supérieure Maritime (ENSM)

Financiers :

- Conseil régional des Pays de la Loire

Labellisation : 28/06/2019

Budget global : 1 200 k€





46

Autre entreprise, cette fois-ci soutenue par la Région des Pays de la Loire, la société Equium, en partenariat avec l'École nationale supérieure maritime, qui développe des technologies utilisant de la chaleur fatale, c'est-à-dire nos déchets aujourd'hui, pour produire du froid. Cédric FRANÇOIS, que vous voyez à l'image, réalise déjà du chiffre d'affaires sur des applications terrestres. L'objectif est de pouvoir

mobiliser ces outils sur des applications maritimes. C'est extrêmement intéressant puisque la géométrie de son équipement doit pouvoir être compatible avec un encombrement réduit au sein d'un navire, et passer les différents outils de son système dans des zones qui ne sont pas forcément utilisées au sein du navire. Pour de la production de froid à bord des navires, c'est une belle opportunité. Il est déjà en lien avec les chantiers de l'Atlantique. Dans la future version, dans le projet qui suit, il sera aussi en contact avec Naval Group.



POLE MER
Atlantique

TEMOPORT

Des bômes de propulseurs électroportatifs pour annexes dans les ports de plaisance pour remplacer les moteurs thermiques

Partenaire :

Entreprise

- SAS Sea Proven, Saint-Jean sur Mayenne
- ASMI Prototypage, Montaga
- Axadus, Nantes
- Sirena, Nantes

Centre de recherche

- Icom, Carquefou

Financier :

- Conseil Régional des Pays de la Loire

Labellisation : 26/06/2020

Budget global : 162 k€



WINNER!

DAME R&D
DESIGN & MANUFACTURE

TEMG





47

Je voulais également vous parler des projets autour du nautisme. Nous l'avons dit, cela fait aussi partie de la transition éco énergétique du maritime. Même si, évidemment, en termes d'émissions, on ne se situe pas au même endroit. C'est-à-dire que les émissions dans le secteur du nautisme notamment sont plutôt sur des phases de construction et de déconstruction que sur des phases d'usage. Néanmoins, les évolutions réglementaires, les évolutions sociétales qui font que les gens sont de plus en plus respectueux et sensibles à leur propre impact font que c'est aussi une opportunité pour produire de nouveaux produits. Là, vous voyez l'exemple de la godille électrique, produite par la société Temo, société accompagnée par Atlanpole et en très forte phase de croissance aujourd'hui.



OPÉRATION ATLANTIQUE

OPTNAV

Optimiser les performances hydrodynamiques des navires pour améliorer leurs performances et réduire leurs consommations énergétiques



Partenaires :

Entreprises

- HydroOcean, Nantes
- Bureau Veritas, Nantes
- Bureau Veritas, Paris
- Sirena, Nantes
- STX France Solutions, Saint-Nazaire

Centres de recherche

- Ecole Centrale de Nantes (ECN), Laboratoire de Mécanique des Fluides, Nantes

Financiers :

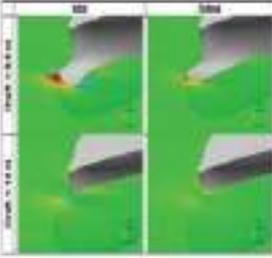
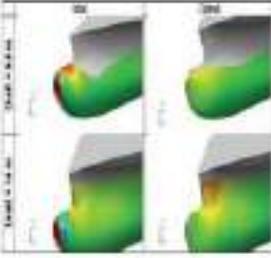
- Fonds Unique Interministériel
- Conseil régional des Pays de la Loire

Labellisation : 21/11/2008

Budget global : 1 609 k€

Retombées :

- 3 publications scientifiques et séminaires techniques à l'international
- 3 emplois créés au cours du projet
- 10 postes d'ingénieurs dans les 3 années à venir



48

Je peux faire un petit clin d'œil à Erwan JACQUIN, puisque c'est un projet qu'il connaît bien, qui avait été mené par la société qu'il a créée, Hydrocéan, qui appartient maintenant à Bureau Veritas. C'est un projet complètement dans le thème d'aujourd'hui, puisqu'il consiste à dessiner des bulbes d'étrave de navires plus efficaces, plus adaptés à la vie réelle des navires pour en réduire l'impact environnemental et réduire la consommation énergétique. Nous sommes vraiment sur de la sobriété grâce par un appendice adapté à l'avant des navires. Ce qui a permis notamment à la CMA de réaliser plusieurs millions d'euros d'économies chaque année en termes de consommation de carburant. C'est donc autant d'émissions de gaz à effet de serre qui n'ont pas été mises dans l'atmosphère.



OPÉRATION ATLANTIQUE

CAPNAV

Caractérisation des émissions de particules fines des navires

Partenaires :

Entreprises

- Brittany Ferries, Roscoff
- Ecogas, Boulogne-Billancourt
- Les Chârtiers de l'Atlantique, Saint-Nazaire
- MAN Energy Solutions, Saint-Nazaire
- Pen Ar Bed, Brest

Centres de recherche

- Estaca, Saint-Quentin en Yvelines
- Ecole Nationale Supérieure Maritime, Nantes
- IMT Atlantique Bretagne-Pays de la Loire, Brest

Financiers :

- Adena

Labellisation : 16/10/2018

Budget global : 334 k€






49

Le dernier exemple concerne l'école d'ingénieurs Estaca, dont nous avons une antenne du côté de Laval. Encore une fois, il s'agit de dire que tout ne se passe pas sur le littoral. Cela consiste en un

système de mesure des émissions de particules fines sur les navires à partir de systèmes déjà éprouvés dans le monde de la mobilité aéronautique et terrestre. Nous avons aussi tout intérêt à nous inspirer de ce qui existe déjà dans d'autres sujets de mobilité, en dehors du maritime. Nous pouvons reprendre ces technologies en les adaptant au secteur maritime, évidemment très particulier. Il y a là aussi des moyens et des idées qui doivent nous permettre d'aller plus vite dans nos développements. Voilà un bel exemple avec l'école Estaca. Là aussi, l'ENSM est présente, ou Man Energy Solutions à Saint-Nazaire, tout comme d'autres partenaires.

Ce ne sont que quelques exemples, mais l'idée était de vous montrer qu'il y a des enjeux, des évolutions réglementaires, des contraintes qui viennent à nous, mais qu'il y a déjà des solutions qui existent et qui commencent à se déployer, y compris sur notre territoire. D'où la position de navire amiral qui arrive et qui se pose pour notre région, en considérant que nous avons un certain nombre d'atouts pour cela.

2.2 Table ronde d'illustrations

Cela conclut l'avant-dernier temps. Nous nous rapprochons doucement de la fin de notre ARML. Nous voulions terminer en donnant la parole notamment à des acteurs du territoire, des acteurs industriels en particulier. Je vais proposer à Guénaël LE SOLLIEC, Lise DETRIMONT, Frédéric MEYER, Lucie TRULLA et Stéphane LEPOCHAT de nous rejoindre pour aborder ce dernier temps de table ronde autour de ce thème de la décarbonation du maritime. Merci à tous les cinq d'être présents pour cette table ronde. C'est toujours délicat, une table ronde à distance. C'est toujours moins dynamique, mais nous allons quand même avoir quelques slides. C'est important pour nos participants de pouvoir les raccrocher aux discours qui vont être tenus. Nous allons essayer de présenter les choses de manière didactique et dynamique.

Nous allons commencer par donner la parole au CEA et à Guénaël LE SOLLIEC, pilote innovation thématique marinisation des systèmes énergétiques au CEA. Pouvez-vous, pour démarrer et brosser les aspects plutôt technologiques de ce sur quoi le CA peut travailler, nous donner la liste des grands sujets autour des propulsions alternatives ? Pouvez-vous également nous parler des activités plus globales du CEA, pour que chacun sache mieux en quoi le CEA peut participer aussi aux sujets maritimes ? Ce qui n'est pas forcément le fluvial, a priori.

➤ Les actions du CEA sur le secteur maritime et notamment les systèmes de piles à combustible

Guénaël LE SOLLIEC - Pilote innovation thématique « marinisation des systèmes énergétiques » – CEA Tech



Bonjour à tous. Le CEA, pour ceux qui connaissent peu ou pas, c'est tout simplement le premier centre de recherche technologique en France avec, sur le territoire, 20 000 collaborateurs environ. Il y a neuf centres de recherche, sept plateformes régionales, dont une à Nantes. Les quatre domaines majeurs de recherche au CEA sont l'énergie décarbonée, et notamment le nucléaire, la défense et la sécurité du pays. Il y a aussi énormément d'activité en recherche fondamentale et, ce qui nous intéresse plus aujourd'hui, en recherche technologique. Il y a une direction recherche technologique qui comporte à peu près 4500 collaborateurs dont la vocation est de faire du transfert d'innovation et de technologie auprès d'industriels, d'entreprises françaises et ce dans des domaines extrêmement larges. Pour schématiser, il y a trois instituts principaux qui sont l'un sur les nouvelles technologies de l'énergie, sur le numérique et qui adresse principalement des problématiques d'industrie du futur, et sur la microélectronique.

Pour en arriver sur le sujet, en termes de nouvelles technologies, le CEA porte principalement des développements sur des batteries, sur les technologies de l'hydrogène à travers les piles à combustible notamment, via l'institut LITEN, qui est en grande partie à Grenoble. Plus localement, à Nantes, nous sommes ce qu'on appelle une base avant. Nous cherchons à avoir une approche un peu plus filière. C'est-à-dire que nous regardons, par rapport aux écosystèmes des régions, comment traiter spécifiquement cette problématique de transfert, d'innovation, pour des filières spécifiques.

Moi, je suis responsable de la thématique marinisation des systèmes énergétiques. Nous avons un focus techno bien particulier, par l'ADN du CEA, sur les systèmes hydrogène et les batteries, et nous regardons comment nous pouvons contribuer aux enjeux de ces filières. Je résume souvent notre action par une vision que nous pourrions avoir en 2050, où pour répondre à cette problématique de décarbonation du transport maritime, nous pourrions imaginer qu'il y ait à terme des plateformes offshore dites farshore, éloignées, qui produisent, via de l'électrolyse, de l'hydrogène. Cet hydrogène

pourrait être transformé en d'autres carburants décarbonés, qui seraient utilisés pour boucler un cercle vertueux dans des navires à forte efficacité énergétique.

Frédéric RAVILLY

C'est intéressant. Nous voyons bien que toute l'expérience et l'expertise depuis de nombreuses années que le CEA existe peuvent être mises aussi au service du secteur maritime. Cette expérience aujourd'hui, vous l'utilisez pour travailler sur les nouveaux modes propulsifs. Peux-tu nous dire un mot sur les opportunités que ces nouveaux modes propulsifs peuvent offrir pour le maritime, les navires, et sur quoi le CEA peut travailler ou travaille d'ores et déjà ?

Guénaël LE SOLLIEC



Ce que je vous propose, c'est de prendre un peu de hauteur sur le sujet. Ce qu'il faut bien avoir en tête, c'est qu'aujourd'hui, c'est ce qui rend la chose complexe et à la fois intéressante d'un point de vue R&D, c'est qu'il y a trois leviers principaux pour décarboner le transport maritime. Je vais paraphraser et résumer des choses qui ont pu être dites aujourd'hui, mais c'est déjà évidemment de réduire le besoin à la source. Il y a l'optimisation des vitesses, les nouveaux designs, avec des technologies de plus en plus intéressantes qui arrivent sur la propulsion et l'assistance vélique. Après, une fois que c'est optimisé, il y a la problématique du carburant et du choix de la technologie à utiliser. Il faut bien avoir en tête que par rapport à cela, le secteur maritime est dans une situation assez inédite dans son histoire.

Par le passé, il y a eu des révolutions... sans parler de troisième révolution industrielle, nous sommes quand même les deux pieds dedans. Par le passé, il y a eu les turbines à vapeur et ensuite les moteurs à combustion, forts de l'exploitation de carburants fossiles. Mais les transitions, d'un point de vue technologique, ont été relativement simples. Aujourd'hui, il y a un panel de choix et de questionnements associés qui est extrêmement large. Du coup, en termes de carburant, on parle de l'hydrogène, bien sûr, mais ce ne sera jamais la solution ultime pour beaucoup d'applications. Il y a donc potentiellement d'autres carburants à rechercher, d'autres carburants décarbonés. On parle beaucoup de l'ammoniac, du e-fuel, etc.

Après, au regard de cela, au regard de l'évolution des carburants potentiels, des enjeux associés de disponibilité de ces carburants, quel système mettre en place ? Du coup, on est plus sur notre cœur de métier au CEA, de savoir comment assister la transition depuis des systèmes traditionnellement tournés vers des moteurs thermiques diesel. Depuis pas mal d'années, on assiste à un début d'électrification des navires, avec l'utilisation de moteurs électriques pour la propulsion, assistés de moteurs thermiques utilisés comme des groupes électrogènes. Aujourd'hui, il y a un panel de solutions en termes de propulsion électrique, en termes d'usage potentiel de piles à combustible pour utiliser de l'hydrogène, de batteries pour avoir du stockage électrique, pour exploiter de la recharge à quai, des solutions globales d'architecture électrique qui sont très diverses.

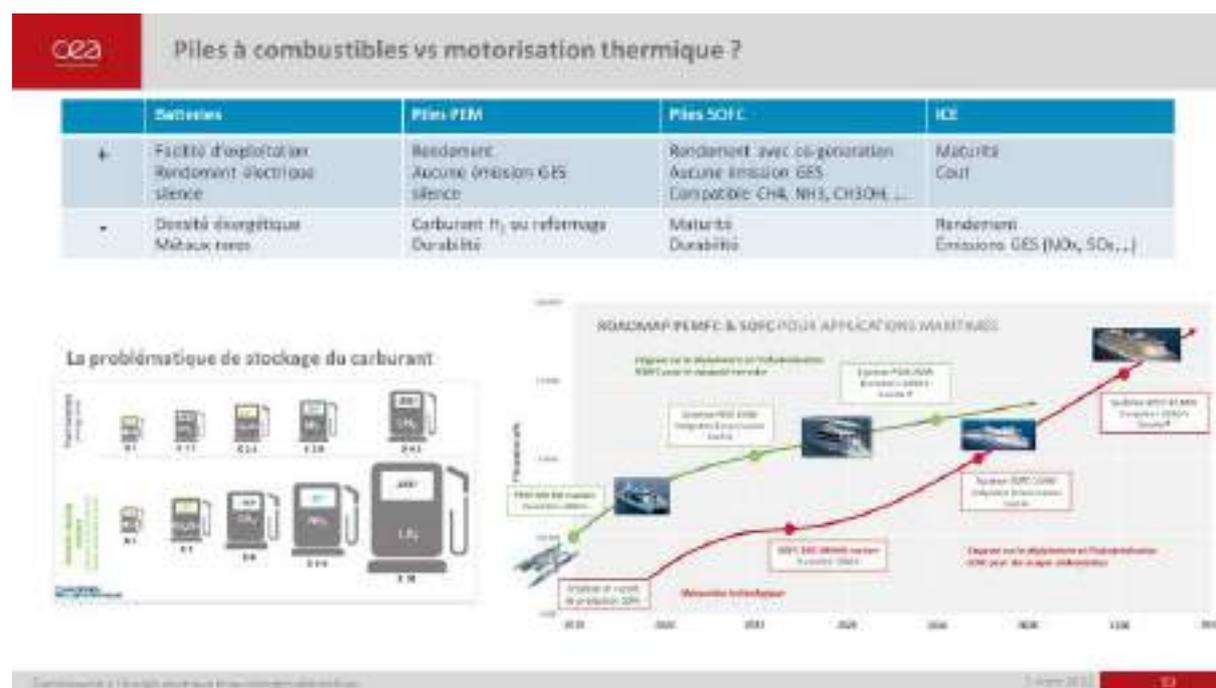
Et aujourd'hui, il n'y a pas une solution ultime. Il y a différentes architectures possibles. Souvent, on schématise les différents types de navires dans un cadran, qui est montré sur cette slide, qui dépend de la puissance et de l'énergie nécessaire à bord. En fonction de ces architectures, on va tendre vers tel ou tel besoin. Certains bateaux vont garder très longtemps des moteurs thermiques, d'autres plus petits vont assurer rapidement une transition vers des architectures tout électriques. Du coup, nous assistons, d'un point du système, au choix de cette technologie et à son industrialisation spécifiquement par rapport aux enjeux du maritime.

Frédéric RAVILLY

Effectivement, tu confirmes ce que disait Frédéric en introduction, que les sujets de l'hybridation vont être au cœur de toutes ces nouvelles technologies. Parce que ce sont des multiples sources que nous allons devoir utiliser. Ce sont aussi des sujets autour des missions des navires, puisqu'en fonction de la taille, ce sont des missions différentes. Ce sont aussi des localisations géographiques différentes, avec des petits ou les grands voyages. Cela va être une grille de lecture assez complexe que les armateurs vont devoir essayer de traduire pour leurs futurs investissements.

Si on fait maintenant un focus plutôt sur les aspects pile à combustible, comment cela s'articule ?

Guénaël LE SOLLIEC



Les piles à combustible, si on tente de les comparer, globalement, par rapport aux motorisations thermiques aujourd'hui, le gros avantage de la motorisation thermique, c'est la maturité. Cela fait des années que nous l'utilisons. C'est également son coût. Les gros inconvénients du point de vue du bilan énergétique, c'est le rendement. Nous sommes globalement entre 30 et 40 % de rendement sur des moteurs qui sont bien optimisés sur des usages stationnaires. Et nous avons des problématiques d'émissions de gaz à effet de serre.

Face à cela, il y a les technologies de piles PEM, qui ont de meilleurs rendements. Nous sommes plutôt autour de 50 ou 55 % de rendement. On tend rapidement vers une amélioration à 60 %. Il n'y a aucune émission de gaz à effet de serre. Parce que ce qu'il faut voir aussi, au-delà du CO₂, que si on décarbone le carburant, un moteur thermique va continuer à émettre des gaz à effet de serre. Un moteur thermique, par sa combustion, va émettre des Nox, etc. C'est donc une problématique qui doit être traitée dans tous les cas par un post traitement. Cela complexifie l'affaire là où des piles à combustible n'émettent pas de gaz à effet de serre.

D'un point de vue confort, les piles sont silencieuses à bord. L'inconvénient des piles, en tout cas des piles PEM, c'est le carburant. Aujourd'hui, une pile PEM n'accepte que de l'hydrogène. Sinon, cela nécessite un système de reformage qui va transformer d'autres carburants « hydrogénés » en de l'hydrogène compatible pour les piles PEM. Cette problématique est illustrée dans le graphe en bas, que je me suis permis de reprendre dans une présentation des chantiers de l'Atlantique, très parlant visuellement sur la comparaison des densités énergétiques du vecteur énergétique, du diesel à l'hydrogène liquéfié... où on est quatre fois moins dense en hydrogène liquéfié, en termes de densité volumique. Quand on rajoute tout le système de stockage, les choses se compliquent d'autant plus. On voit là que le gros inconvénient des piles PEM qui seraient utilisables aujourd'hui avec de l'hydrogène, et plus largement de l'utilisation de l'hydrogène sur un bateau, c'est la capacité de stockage à bord et la contrainte que cela induit en termes d'autonomie des navires.

Je devance une question tout de suite, de plus en plus récurrente, qui est « Quid de l'hydrogène sur les moteurs thermiques ? » Ce qu'il faut voir, c'est que les deux inconvénients qui sont indiqués pour les moteurs thermiques seront toujours les mêmes, seront toujours présents avec de l'hydrogène. Même si un moteur thermique est, d'un point de vue maturité, plus rapide à mettre en œuvre avec de l'hydrogène, en termes de coûts, nous aurons toujours ces deux inconvénients. L'inconvénient du rendement notamment fait que sur des applications relativement contraintes en termes d'autonomie, on va « se tirer une balle dans le pied » d'un point de vue stockage. Parce que comme le rendement sera globalement plus bas, il va falloir stocker plus d'hydrogène pour rester à ISO autonomie. C'est le gros inconvénient en termes de comparaison par rapport aux piles. Par contre, le moteur thermique, sur des grosses applications, des gros bateaux, va vivre relativement longtemps par rapport à des piles si on trouve rapidement des filières d'exploitation, d'autres carburants décarbonés comme l'ammoniaque, pour ne citer que cette hypothèse qui a le vent en poupe actuellement.

Je voudrais juste préciser une chose sur mon schéma. À plus long terme, on parle aussi des piles haute température. C'est une perspective à long terme en termes de maturité. Les piles SOFC permettront à terme, en tout cas sur le papier, de trouver le bon compromis. Parce que les piles ont des rendements aussi bons, voire meilleurs que des piles PEM en cogénération, par leur mode de fonctionnement. Et a fortiori, elles sont moins dépendantes de la pureté de l'hydrogène. Potentiellement, à terme, en travaillant dessus, elles seront relativement facilement compatibles avec d'autres carburants comme le bio méthane, l'ammoniaque, etc. Il y a énormément d'études aujourd'hui qui poussent à évaluer l'exploitation de ces piles à grande échelle, c'est-à-dire à grande puissance, pour des grosses applications. Mais ce n'est pas pour tout de suite, en tout cas, ce n'est pas pour du court terme. C'est vraiment sur des perspectives de long terme, de remplacement des moteurs thermiques.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup. Je crois néanmoins que les chantiers de l'Atlantique, sur leur technologie d'avenir, ont une petite pile SOFC qui a été installée.

Guénaël LE SOLLIEC

Oui, cela commence à être évalué.

Frédéric RAVILLY

cea La Halle SEA*NERGY à Nantes

Plateforme systémique et synergique dédiée à la caractérisation et intégration de systèmes énergétiques marins

<p>Caractérisation et qualification de composants fortes puissances (batteries, piles à combustible, ...)</p> <p>Banc électrique 800 kW Chambre climatique 55 m³ Alimentation H₂ jusqu'à 24 kg/h Conditionnement d'air saigné / poivre Thermo-régulé</p>		<p>Durabilité des matériaux</p> <p>Moteurs d'essai électrodynamique bipolaire 10 kW Électro-essai hydraulique 100 kN Essais de fatigue + broilard saigné Spray in situ par imagerie PIV d'un essai de fatigue Modélisation des mécanismes de rupture</p>	
<p>Intégration et évaluation pour système (Power H2)</p> <p>Banc machine électrique 750 kW Modules de puissance AC & DC (15 - 30 kW) Modélisation et alimentation système (Matlab, Simulink, ...) Simulation temps réel haute fréquence (TPGA) Prototypage contrôlé / commande</p>		<p>Caractérisation en environnement saigné / corrosion</p> <p>Boîtier saigné jusqu'à 7,8 m³ Enceinte climatique Exécute UV Microscopie AEE+EDX Electrochimie Modélisation des mécanismes de corrosion</p>	

Document communiqué à l'Assemblée Régionale Mer et Littoral le 27/01/2022

Page 10

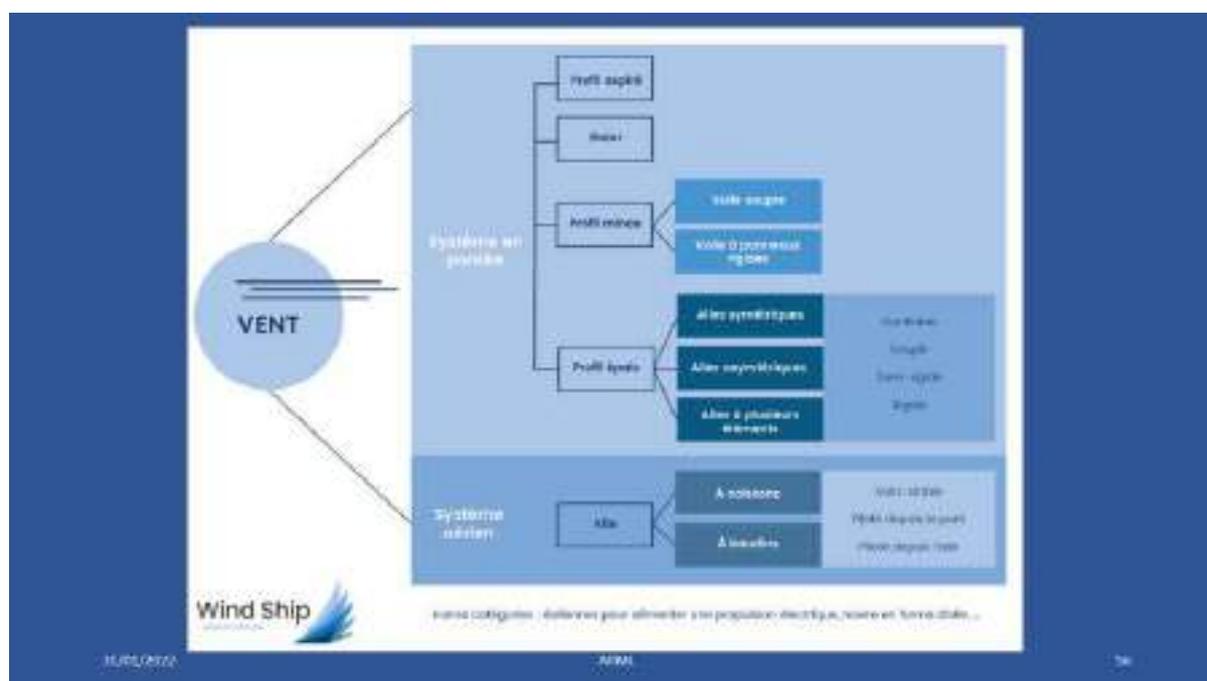
Merci beaucoup, Guénaël. Ta dernière slide consiste à expliquer un peu les outils dont dispose le CEA Tech. Je propose qu'on la passe, mais simplement pour dire que nous avons cette chance sur la région d'avoir des laboratoires avec des outils et des ensembles climatiques qui permettent de tester beaucoup de choses. C'est disponible pour les entreprises qui souhaitent développer des projets grâce à vous et avec vous. Il ne faut pas hésiter à se connecter avec le CEA.

➤ La propulsion des navires par le vent

Je vous propose qu'on passe maintenant à une autre source d'énergie, qui est utilisée depuis des milliers d'années, le vent. Je remercie Lise DETRIMONT, la déléguée générale de l'association Wind Ship, de nous avoir rejoints. Lise, puisque vous avez sorti un livre blanc récemment décrivant les grands enjeux autour de la propulsion par le vent, ce qui est intéressant ici, en effet miroir avec le CEA qui nous a parlé de piles à combustible, d'hydrogène et de nouveaux carburants, c'est de savoir quelles sont les grandes technologies qui se développent aujourd'hui et auxquelles Wind Ship et ses acteurs participent. Quelles sont les grandes tendances que l'on voit aujourd'hui sur ces propulsions véliques en France, en Europe et dans le monde ?

Lise DETRIMONT - Déléguée générale de l'association Wind Ship

Merci, Frédéric, de nous avoir proposé de prendre la parole dans cet échange. Très rapidement, Wind Ship est une association créée en septembre 2019 et qui regroupe des acteurs parmi les pionniers de la propulsion par le vent en France et qui souhaite promouvoir ces transports maritimes décarbonés et propres en utilisant la propulsion des navires par le vent.

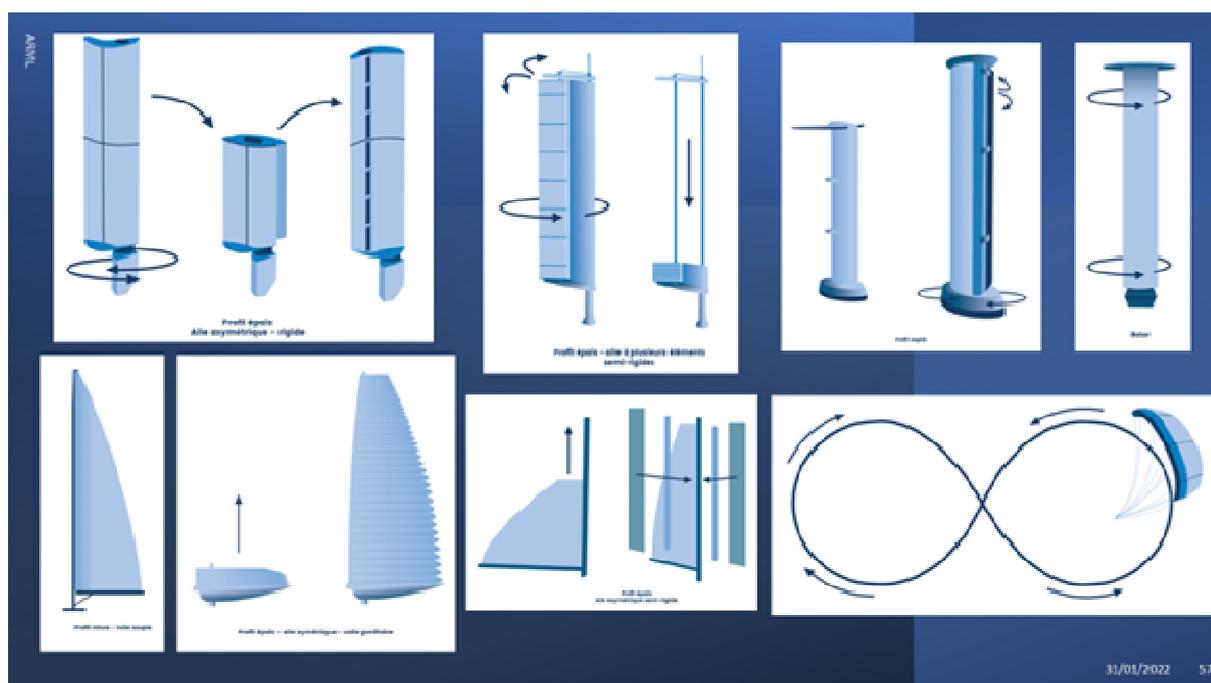


Avant tout, quand on parle de vélique, pour rebondir sur ce que disait Monsieur LE SOLLIEC, on parle d'une source d'énergie qui va permettre d'éviter les émissions, de réduire les besoins énergétiques du navire et qui est finalement une porte d'entrée pour décarboner les transports maritimes, mais qui n'est pas une solution idéale ou magique. Il y a effectivement ce besoin de compléter une source d'énergie intermittente qui est le vent, avec d'autres sources d'énergie. C'est pour cela que tout le travail exposé est extrêmement important. Par contre, ce qu'il faut avoir en tête, c'est que la propulsion par le vent est compatible avec absolument n'importe lequel carburant alternatif qui sera développé demain.

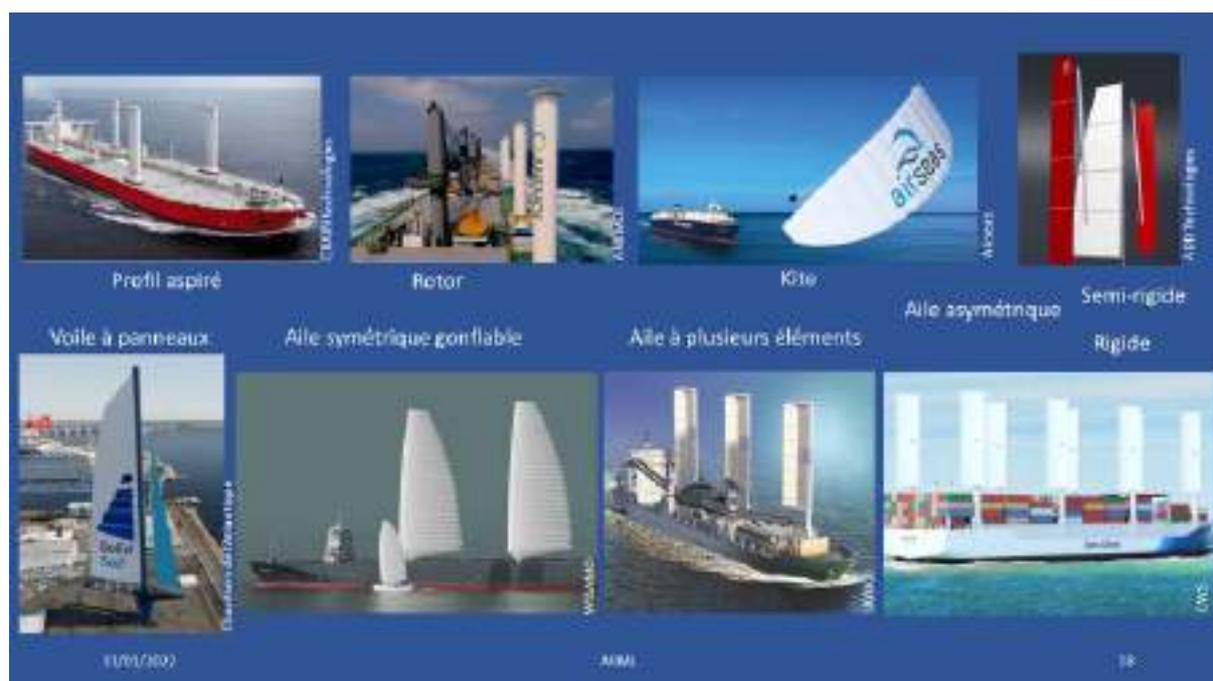
Concernant les technologies qui sont développées aujourd'hui, c'est vrai qu'on a abandonné la propulsion par le vent il y a une centaine d'années. Mais au XXe siècle, on a continué à quand même travailler sur des systèmes de propulsion. On a développé, dès les années 1920, ce qu'on appelle le rotor, un cylindre métallique posé sur le navire qui, étant mis en rotation, génère une force de portance.

Puis il y a d'autres modèles comme les profils aspirés dans les années 80, puis plus récemment, en s'inspirant de la course au large et de l'aéronautique, on a retravaillé sur les kites.

On peut classer ces technologies en cinq grandes catégories, selon qu'elles soient sur le pont ou aériennes, comme le kite, qui va aller chercher des vents plus hauts, à près d'une centaine de mètres au-dessus du navire, donc des vents plus forts et plus stables, plus constants. Sur les premières catégories, nous avons, dans les systèmes sur pont, des systèmes assez compacts. C'est ce qu'on appelle les profils aspirés, qui ont été développés par l'équipe du commandant Cousteau dans les années 1980, une aile avec un système d'aspiration tout le long du profil qui permet d'optimiser l'écoulement et la portance du système. Et puis il y a les rotors, dont je vous ai parlé tout à l'heure, qui sont deux systèmes qui nécessitent un apport d'énergie extérieure pour être mis en rotation ou en aspiration, mais qui sont des systèmes très compacts. Ils répondent bien à un besoin sur des ponts qui peuvent être relativement encombrés. Ensuite, nous avons des systèmes inspirés des voiles, des ailes, qui sont soit des profils minces soit des profils épais. Sur les profils minces, on va retrouver des voiles classiques, des voiles souples, mais aussi une nouvelle catégorie de voiles comme celle développée par les chantiers de l'Atlantique, typiquement, avec des systèmes plus rigides, mais qui peuvent prendre un profil optimal. Mais ce système va être beaucoup moins sensible à la fatigue. Puis il y a tout un panel de profils épais, avec des systèmes de symétrie ou d'asymétrie, avec les capacités du profil ou non à prendre le bon profil selon l'orientation du vent.



À la slide suivante, dans les deux premières images à gauche, ce sont les profils épais. Ensuite, vous avez sur la droite ce qui est profils aspirés et rotors. En bas, vous avez un profil épais gonflable, développée par Michelin notamment, avec un équilibrage des pressions sur tout le profil. Ce qui fait que là aussi, on a beau avoir un textile, il sera beaucoup moins sensible à la fatigue. En bas à droite, c'est ce qu'on appelle des kites, des cerfs-volants qui vont être dans un vol dynamique, mis en mouvement avec un système de huit qui va générer une force de traction très importante. Tous ces systèmes peuvent être complémentaires. Ils s'adressent finalement à des typologies de vents, de navires qui peuvent être différentes. Aujourd'hui, il n'y a pas de meilleure technologie. Il faut vraiment examiner la typologie de la route, le segment de navires qu'on souhaite équiper, etc.



Ce qu'il est important d'avoir en tête, c'est que tous ces systèmes, on peut les installer sur des navires existants. On rentre déjà dans cette capacité de rétrofit, sachant qu'on a déjà plus de 50 000 navires qui ne seront pas envoyés en démantèlement. Il y a 25 ans de vie pour un navire, a minima. Il faut donc pouvoir équiper la flotte qui existe. Vous avez quelques images de ces systèmes de voiles. Puis ce sont des systèmes qui peuvent être optimisés quand on les intègre dès la conception du navire. Quand on parle de niveau de décarbonation, sur du rétrofit, on est entre 5 et 20 %. Sur des nouveaux navires, on peut aller de 30 à 40 % et même 80 %. Là, cela dépend des modalités d'exploitation du navire, et notamment du facteur vitesse dont on parlait tout à l'heure. Il est clair que la vitesse modérée favorisera une propulsion optimale par le vent.

Un autre élément important est que nous avons un niveau de maturité qui est assez fort aujourd'hui sur tous ces projets en France. On avait recensé dans le livre blanc neuf développeurs de technologie. Il y en a quelques autres qui viennent aussi. Cette classification que je vous ai montrée est générale, mais nous avons des sous-catégories qui se créent encore aujourd'hui, avec des nouveaux projets qui émergent. Nous avons toujours besoin de la R&D pour améliorer les choses, et notamment sur ces travaux d'hybridation entre du vélique et d'autres sources d'énergie. Mais nous sommes aujourd'hui finalement dans un enjeu très fort et un challenge d'équiper des démonstrateurs, des navires avec des premiers prototypes. C'est un véritable sujet, un sujet de production industrielle de ces équipements. C'est également un travail sur les performances, et l'évaluation des performances. Nous voyons un certain nombre d'initiatives. La Région Pays de la Loire en finance une d'ailleurs sur un système de performance vélique. Il est extrêmement important aujourd'hui d'avoir un travail d'harmonisation sur ces différents projets, parce que si chacun y va de son interprétation, cela va devenir très compliqué. C'est justement l'objet de Wind Ship de travailler sur ces collaborations.

Ce que je voulais souligner en conclusion, c'est qu'on est ravi au sein de Wind Ship de voir que la propulsion par le vent devient un véritable sujet, notamment auprès de la Région des Pays de la Loire. Le CORIMER a cité des projets que nous avons organisés l'année dernière, avec Nantes-Saint-Nazaire Développement, et le montage du projet DIGI4MER. J'ai constaté que l'ENSM présente ce projet que Wind Ship a monté en 2021 en utilisant les présentations que j'avais préparées pour l'audition auprès de la Caisse des Dépôts. C'est une très bonne chose. C'est un projet extrêmement important. C'est un sujet majeur et c'est ce type de sujet duquel finalement aucun acteur traditionnel ne s'était emparé.

D'où l'action de Wind Ship de proposer un projet de formation des marins en impulsant le mouvement de la part des acteurs traditionnels. Parce qu'il y avait là un frein au développement de la propulsion par le vent. Je pense que dans les projets extrêmement intéressants que nous voyons aujourd'hui, il y a justement ce projet d'institut sur la transition énergétique du maritime. On échange avec Erwan, avec Emmanuel-Marie. Ils intègrent la propulsion par le vent dans les sujets et je pense que cette démarche est extrêmement intéressante d'avoir une avancée collaborative sur la décarbonation du transport maritime.

Frédéric RAVILLY

Juste une dernière question, Lise : quel gain énergétique peut-on imaginer grâce à ces systèmes ? Je sais que la fourchette est assez large.

Lise DETRIMONT

Oui, la fourchette est assez large et on attend encore, évidemment, des retours suite à l'équipement de ces démonstrateurs. On a aujourd'hui à peu près seize grands navires de charges qui sont équipés. Les premiers retours étaient de l'ordre de 10 % sur un pétrolier qui avait utilisé pendant un an ce système de rotor. On vise des niveaux bien supérieurs sur des navires nouvellement construits et on a aujourd'hui des outils. Là, c'est la fameuse gamme estimée entre 5 et 20 % sur du rétrofit et au-delà de 30 % sur des navires nouvellement conçus.

Frédéric RAVILLY

Globalement, avec des bateaux natifs à propulsion à vélique principale comme Neoline par exemple ?

Lise DETRIMONT

Là, clairement, on est à 70 ou 80 %. Aujourd'hui, il y a des projets qui revendiquent le fait d'être vraiment en propulsion principale et de n'utiliser finalement le moteur thermique classique que sur la partie manœuvre, etc. Là, clairement, on va être sur un niveau de décarbonation extrêmement important. Et on a aujourd'hui des outils auprès de l'Organisation maritime internationale pour estimer les gains. On a des indicateurs d'efficacité énergétique qui permettent de simuler les gains de performance.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Lise, pour cette intervention. Je signale juste que pour les gens que cela intéresse, l'entreprise nantaise Airseas achève à Saint Nazaire l'installation de sa première voile de traction sur la proue du navire « Ville de Bordeaux » qui transporte les tronçons de l'Airbus A 320 vers les Etats Unis. C'est un bel équipement qui permet aujourd'hui de déployer le kite R6. Pour ceux que cela intéresse, n'hésitez pas à aller faire un tour sur le port. Il y a plein de choses à voir en ce moment, en plus des éoliennes qui sont toutes stockées avant d'être montées sur le parc de Saint-Nazaire. Merci beaucoup, Lise.

➤ Les nouveaux carburants décarbonés ou carbonés d'origine renouvelable

Monsieur MEYER, du groupe Total, merci de votre présence avec nous aujourd'hui. Vous êtes responsables stratégie de la division Marine Fuels de TotalEnergies. Encore une fois, merci de votre présence parce que c'était important pour nous d'avoir la vision d'un groupe énergétique, TotalEnergies, sur ces nouveaux carburants. Vous pouvez peut-être commencer par nous présenter rapidement le groupe, parce qu'il évolue après les dernières communications de votre PDG, Patrick POUYANNÉ. Par la suite, l'intérêt de votre intervention et des questions que nous avons à vous poser concerne votre vision de ces nouveaux carburants. Si on se projette un peu dans l'avenir, comment cela va-t-il se passer ? Quels seront les carburants, selon vous, que nous verrons disponibles sur nos ports, ou ailleurs ? Quel sera le paysage dans quelques années avec ces nouveaux carburants ?

Frédéric MEYER - Directeur de la stratégie Marine Fuels chez TotalEnergies

Merci déjà pour l'invitation. Effectivement, c'est un sujet qui nous préoccupe au sein de TotalEnergies Marine Fuels. On essaie d'imaginer, à travers des exercices de prospective, quels pourront être l'évolution et le mix énergétique pour répondre à la demande et accompagner la transformation et la décarbonation. C'est vrai que la compagnie est devenue TotalEnergies à travers une transformation assez profonde de certaines de ses activités. On le sait moins, mais il y a eu effectivement un certain nombre de nouvelles activités qui sont venues se greffer aux activités plus traditionnelles ou conventionnelles, notamment avec un certain nombre de créations de business units, que ce soit sur l'hydrogène, le Biogaz, le bio méthane, la capture du CO₂, pour n'en citer que quelques-unes. Nous avons la chance de pouvoir avoir un panorama et une vision assez complète de toute la chaîne de valeur, qui nous permet à nous, TotalEnergies Marine Fuels, qui sommes vraiment au bout de la chaîne, avec l'exécution et le service rendu aux clients, d'apporter ces carburants et ces futurs carburants.

One Shipping @TotalEnergies: Offering Integrated Marine Decarbonization Solutions



À travers des différentes entités qui composent TotalEnergies, nous allons essayer de vous montrer comment on peut agir et quelle expertise on peut amener et partager avec toute la filière. Cela commence très en amont avec cette nouvelle branche, One Tech, qui regroupe à la fois toute la R&D et un certain nombre d'expertises techniques. Nous sommes amenés à nous retourner vers cette entité

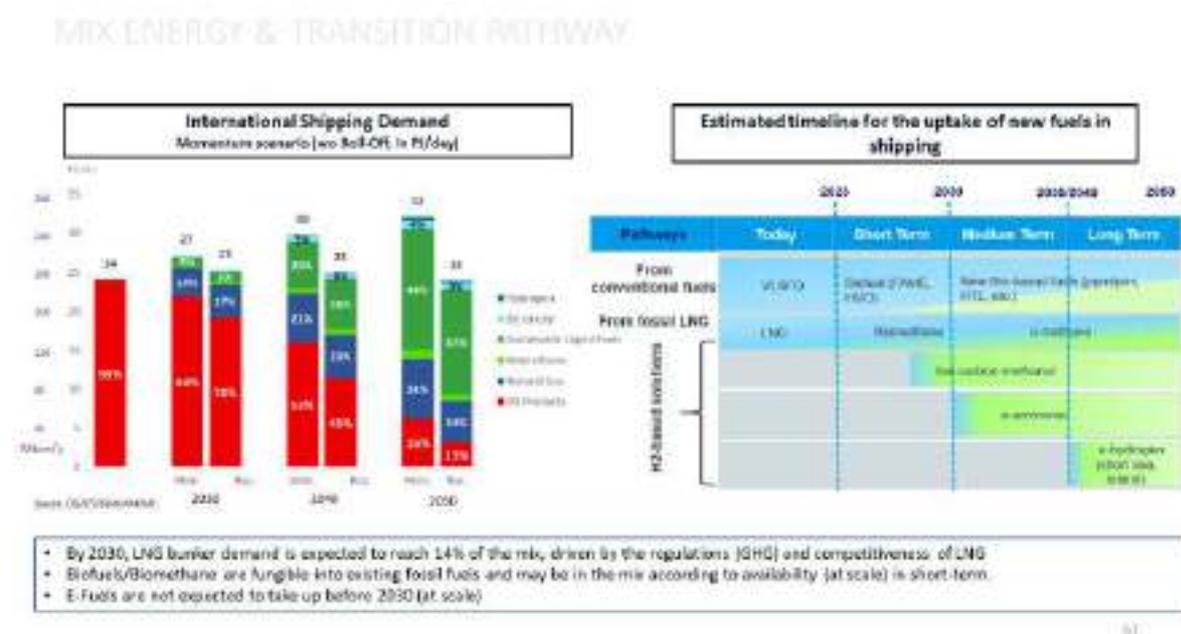
dès qu'il s'agit d'imaginer ou d'élaborer et développer des solutions et des technologies qui sont encore peu matures. Mais on peut avoir également en parallèle des soutiens techniques et d'expertise sur des fuels existants par exemple la participation à un groupe de travail de normalisation sur les bio fuels. C'est un élément clé et absolument indispensable pour développer ces nouvelles technologies de bas TRL.

Ensuite, nous avons la branche raffinage et chimie. Historiquement, c'est la branche qui produisait et qui produit toujours les carburants, mais qui s'organise différemment avec la création d'une BU qui s'appelle les carburants renouvelables, notamment chargée des biocarburants. Depuis peu, elle a des sujets nouveaux comme le méthanol, qui est vraiment à un stade préliminaire, mais qui est regardé.

Dans l'autre branche, qu'on appelle gaz, énergies renouvelables et électricité, on retrouve essentiellement le développement d'énergies renouvelables, surtout aujourd'hui sur l'éolien et le solaire, mais également le LNG historiquement, qui est logé dans cette entité. Cette branche s'est vue accompagner par la création d'une nouvelle business unit Biogaz et bio méthane, assez récente, avec des équipes qui sont là pour faire croître et développer cette offre de bio méthane auprès de nos clients.

La branche suivante est celle où nous nous trouvons, TotalEnergies Marine Fuels. Autour de cet écosystème shipping marin, on a aussi d'autres entités qui couvrent des business mondiaux comme les lubrifiants marins. Il y a également les additifs, une activité de batteries qui a été intégrée à TotalEnergies avec SAFT. C'est vraiment ici qu'on essaye d'élaborer l'approche. Le contact marché se fait à travers cette branche.

Et enfin, à travers la branche trading et shipping, on a des besoins de transport, que ce soient principalement des produits pétroliers ou du gaz. On a donc besoin de s'adapter. C'est la branche technique qui nous permet aussi de comprendre les évolutions du marché, de la demande, puisqu'ils sont eux-mêmes engagés à transformer les bateaux qui sont utilisés pour transporter ces produits et à aller vers une trajectoire de décarbonation. On a, à travers ces différentes entités, branches et business units, un panorama assez vaste et qui nous permet de composer avec toutes les différentes expertises.



Ce qui nous amène donc à faire ce travail, dans chaque secteur du mode de transport. Ici, j'ai fait un extrait de la partie shipping, mais uniquement la demande internationale, qui nous préoccupe

essentiellement. On ne traite pas le marché domestique avec autant de détails. On essaye, à travers nos deux scénarios, le momentum, représenté par la première barre verticale, mais également le scénario de rupture, qui imagine des trajectoires de décarbonation plus ambitieuses et certainement en ligne avec les ambitions de l'OMI par exemple, de décliner, dans ce mix énergétique, les différentes énergies.

Là, ce n'est qu'une synthèse, puisque la difficulté de l'exercice est que la typologie du marché shipping est très complexe. On parle de différentes tailles de bateaux, de différentes routes, de différentes fonctions. Il n'y a pas du tout les mêmes besoins et les mêmes attentes selon les différentes segmentations de bateaux. On essaie donc d'intégrer ces contraintes. Cela reste un exercice de prospection, mais cela donne une tendance dans laquelle on va retrouver ce qu'on appelle les fuels conventionnels, en rouge, plus récemment l'introduction du gaz naturel, qui a un rôle prépondérant, le bio méthane, qui viendra dans une trajectoire s'inscrire pour renforcer la baisse des émissions du LNG attendue.

Il y a ensuite tout un pavé des fluides durables ou renouvelables, dans lesquels on va trouver les électrofuels, les biocarburants marins et une portion liée à l'électricité et à l'hydrogène. Même si cela sert de briques élémentaires pour certains électrofuels, elle est traitée ici à part, dans une demande très particulière, telle que nous pouvons l'imaginer.

Dans les différentes trajectoires possibles, sur le graphe de droite, on part de ce qu'il y a aujourd'hui sur le marché, de ces fuels marins dits conventionnels, pour voir quelles peuvent être, dans une trajectoire de temps, les arrivées successives de nouvelles solutions. En partant des fuels marins aujourd'hui, on imagine que les biocarburants devraient pouvoir s'y incorporer, par mélange probablement. Mais on imagine qu'un peu plus tard, à moyen terme, il y aura un développement parce que ce n'est pas le cas aujourd'hui. Les biocarburants qui existent aujourd'hui sur le marché n'ont pas été développés pour la marine, mais pour d'autres transports. On imagine qu'on pourra, avec d'autres technologies, développer ce qu'on appelle un biocarburant dédié pour le shipping. Nous y travaillons avec nos équipes de R&D et des autres branches.

En partant du LNG, même s'il est relativement récent sur le marché, il est néanmoins une solution en forte progression. Il y a une très forte dynamique quand on suit les carnets de commandes. On imagine arriver assez tôt le bio méthane, qui va venir s'intégrer et « verdir » cette offre LNG pour réduire également les émissions. Nous aurons sans doute du méthane dit synthétique, qui viendra à partir d'hydrogène vert. Sur les nouvelles solutions, des commodités qui existent déjà aujourd'hui sur le marché, mais qui ne sont pas utilisées comme carburant marin, on imagine un développement de méthanol bas carbone, soit d'une filière électrofuel... il y a beaucoup de débats en ce moment sur le bon carbone, selon les différentes grilles de lecture sur ceux qui sont favorisés dans les différents textes réglementaires. Cela reste encore flou. Ou alors, il pourrait s'agir de bio méthanol, à partir du développement de biomasse.

L'ammoniaque, on en a beaucoup parlé. On le voit arriver plus tardivement, pour différentes raisons de maturité, mais aussi d'acceptabilité, toujours à partir de synthèse d'hydrogène vert, mais avec une simplification au niveau du process et du complément, qui est ici l'azote, qu'on pense être beaucoup plus facile à capter dans l'air que de trouver du CO2 bio générique ou recyclé.

L'hydrogène, on le voit plutôt dans des applications de courte distance, sur les côtes ou sur les fleuves. Il ne sera pas forcément développé au travers des moteurs à combustion, mais cela peut être des piles à combustible. Cela veut dire qu'il y a beaucoup de solutions. Un des participants disait que les solutions n'ont jamais été aussi ouvertes. Ce qui n'est pas le cas du transport routier et de l'aviation, où

c'est beaucoup plus fermé, où les mandats sont beaucoup plus guidés. Ce qui explique la difficulté d'amener des solutions au shipping, qui se traduit par des chemins sans doute plus complexes.

MARITIME INDUSTRY : From A simple to A complex market



Complexe est un mot que j'utilise assez souvent pour dire que la marine fait face à un défi qu'elle n'a jamais connu puisqu'elle partait d'une solution quasi unique, relativement simple, disponible à peu près partout, les sous-produits du raffinage, donc d'autant plus abordable d'un point de vue économique, et doit se transformer d'une manière assez forte, qui prendra du temps. On voit dans ce mix à peu près toutes les solutions se superposer, certes dans des échelles de temps différentes, mais elles seront disponibles, car il n'y aura pas de solution aussi simple que celle que nous avons connue avec les fuels conventionnels. Il faudra construire des infrastructures.

On a vu quelques chiffres, des estimations de ce que cela peut représenter si on ne parle que des électrolyseurs, par exemple, sans parler des infrastructures de soutage. Effectivement, nous voyons cette complexité arriver. Nous essayons donc d'y répondre en nous positionnant à peu près sur tous les maillons de la chaîne, en partant des réflexions de recherche et développement et jusqu'à la mise en place de ces infrastructures qui seront absolument nécessaires pour apporter des solutions, des produits, des carburants aussi différents les uns que les autres avec un enjeu sur la traçabilité des certifications, qui sera essentielle à mon avis pour l'incorporation et le développement à plus grande échelle de ces différentes solutions.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup. Vous confirmez donc la complexité des solutions. C'est intéressant, ce que vous disiez par rapport aux autres mobilités, aériennes ou terrestre, qui semblent peut-être plus simples à aborder. C'est vrai que la diversité à laquelle le secteur maritime est confronté fait que pour un armateur aujourd'hui, pour un investissement à venir à court ou moyen terme, le choix est un peu complexe. Merci beaucoup de votre participation, Monsieur MEYER.

➤ Le volet décarbonation et transition énergétique du projet stratégique du port

Nous allons maintenant interroger Lucie TRULLA, du Grand Port maritime. Lucie, tu es en charge du département environnement au sein du Grand Port. Le Grand port a récemment publié et validé son projet stratégique, confirmant ainsi sa volonté d'aller sur une trajectoire proactive et dynamique de décarbonation. Peux-tu nous en dire un mot ? Comment le port se projette-t-il dans cette décarbonation ? Sachant qu'un port, dans un sens, doit s'adapter aux nouveaux modes propulsifs, à la voile, aux nouveaux carburants. Quand on voit la complexité dont a parlé Monsieur MEYER, comment un port travaille-t-il pour se mettre en phase avec toutes ces évolutions ?

Lucie TRULLA - Responsable du service "Transition énergétique et écologie estuarienne" au Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire

Bonjour à tous. Je te remercie, Frédéric, pour cette introduction. Au préalable, peut-être rappeler que le Grand Port maritime de Nantes Saint-Nazaire est un établissement public de l'État qui bénéficie d'une gouvernance présidée par la Présidente de la Région Pays de la Loire.



C'est le quatrième Grand Port maritime français. C'est un port leader pour l'importation des matières premières pour l'alimentation animale. C'est également le premier port français pour les énergies marines renouvelables et c'est un port qui est devenu expert dans la logistique des colis de grande taille et dans la manutention industrielle. Sur la carte, vous voyez le périmètre du Grand Port maritime, qui n'est pas un seul port, mais constitué de différents terminaux qui se dispatchent de Nantes à Saint-Nazaire. Figure sur cette carte l'ensemble des grandes industries et des pépites industrielles de notre région. C'est un facteur de dynamisme pour notre économie, pour notre territoire et pour l'innovation. Le Grand Port, c'est à la fois un outil industriel de développement économique, c'est un aménageur du territoire, et c'est une plateforme multimodale internationale ouverte évidemment sur le monde.



Comme tu l'as dit, le 3 décembre dernier, le Conseil de surveillance a adopté le projet stratégique 2021-2026. C'était le fruit d'une démarche collaborative qui a été initiée il y a plus de deux ans déjà, avec l'ensemble des parties prenantes de l'activité portuaire. Cette ambition se résume en un mantra : devenir l'écoport national du Grand Ouest. Elle s'articule sur trois objectifs majeurs : le premier est de réussir la transition énergétique et écologique. Le second, de conforter le rôle de porte maritime du Grand Ouest et le troisième est de vraiment servir le développement économique et social de cette région Grand Ouest.



Les derniers trafics et la crise sanitaire montrent que le Grand Port est aujourd'hui face à un défi majeur, de pallier la baisse du trafic d'énergies fossiles, qui constitue pour un certain nombre de grands ports 55 à 70 % de la source de leurs revenus. Pour enclencher cette transition, le Grand Port a identifié plusieurs leviers à actionner, et notamment développer des trafics annexes comme le roulier, le vrac sec et les conteneurs, mais également poursuivre l'appui au déploiement des énergies renouvelables,

qui est une filière d'excellence dans notre région. Enfin, le troisième axe est la valorisation du domaine, puisque nous disposons d'un domaine de plus de 1700 ha. Sur ce domaine, le souhait du port est de pouvoir développer une offre immobilière, logistique tertiaire, décarbonée, au service de cette économie très dynamique sur la région. Voilà à peu près les grands leviers de croissance.

► **D'ici à 2026, agir en faveur de la transition énergétique et de la décarbonation du trafic maritime**



Par rapport au sujet sur lequel on a pas mal échangé cet après-midi, sur cette action en faveur de la transition énergétique et de la décarbonation du trafic maritime, dans le cadre du projet stratégique, le Grand Port, en l'état des connaissances actuelles puisqu'on vient de dire que la transition est assez complexe et qu'il est assez difficile de savoir aujourd'hui quels sont les filières, les e-carburants qui seront les relais de demain, en termes de proportions et de développement, même si on identifie bien les différentes grandes familles... dans ce contexte, il faut être en capacité d'accueillir les différentes sources d'énergies qui seront mobilisées pour le fonctionnement de cet écosystème portuaire, qui ira évidemment de l'accueil des navires à la desserte d'un hinterland par ferroviaire, par fleuve ou par terre, jusqu'à la manutention logistique et portuaire et la logistique.

On embrasse des activités assez étendues avec à chaque fois des maturités technologiques assez différentes, et donc un grand besoin d'ouverture sur les solutions. Dans ce cadre-là, le Grand Port a une attitude très ouverte en s'appuyant évidemment sur l'ensemble des partenaires de la région, des acteurs industriels et des nombreux pôles de recherche-développement. Nous avons identifié quatre leviers d'action possibles pour accompagner cette transition au bénéfice de la décarbonation du trafic maritime.

Le premier, c'est de diversifier et de décarboner le mix énergétique portuaire, les sources d'énergie mises à disposition de nos clients. Le premier point va être de déployer l'hydrogène sur le territoire portuaire. Dans ce cadre, nous avons engagé, avec l'appui de la Région, de la Banque des territoires et de France hydrogène notamment, une étude qui nous permet d'étudier à l'horizon 2030, avec des horizons intermédiaires en 2023 et 2025, les scénarios les plus pertinents de déploiement de l'hydrogène sur notre écosystème. L'hydrogène va pouvoir contribuer à décarboner la mobilité lourde. Mais cela a aussi un intérêt sur le stockage des énergies intermittentes renouvelables, la création de boucles de valeurs circulaires avec la valorisation de CO2 ou la contribution à la production d'e-carburants. Ce sont des solutions que nous étudions. C'est vrai qu'on a la chance d'accueillir sur nos territoires des productions d'énergie qui vont devoir justement accélérer ces mutations. Le sujet est de

savoir comment l'hydrogène peut servir pour décarboner les process industriels, qu'ils soient énergétiques ou logistiques, et accompagner cette décarbonation des différents transports maritimes fluviaux et en intégrant vraiment les produits dérivés. C'est le premier temps. On laisse dérouler cette étude, qui va nous permettre d'avoir un peu plus de visibilité et de compréhension sur les trajectoires les plus pertinentes à suivre avec les acteurs industriels portuaires.

Le deuxième sujet va être de faire émerger des solutions et des offres de services, notamment de navire à navire pour le GNL. Nous avons un terminal GNL sur le territoire. En 2019, nous avons aussi remotorisée la drague Samuel de Champlain, qui est fuel et GNL. Aujourd'hui, elle est avitaillée par un système camions et navires. Nous aimerions pouvoir étudier des solutions d'avitaillement navire à navire. Comme je le disais en évoquant l'hydrogène, il y a aussi le souhait d'accompagner d'ici à 2026 le développement des carburants alternatifs, en fonction de la maturité des solutions, pour accompagner ces projets sur le territoire.

Frédéric RAVILLY

Merci. Ce que je retiens de ce que tu dis, c'est l'ouverture du port par rapport à d'éventuelles propositions ou à des acteurs qui voudraient trouver des solutions au moins foncières, le cas échéant, mais aussi de collaboration avec le port. Sur ces enjeux de transition énergétique, j'entends que vous êtes ouverts à la discussion et que vous souhaitez jouer un rôle dans cette transition au profit de l'écosystème local.

Lucie TRULLA

Oui, complètement. Il y a cette approche écosystème local. Sur la question de l'hydrogène, l'objectif, en lien évidemment avec des réflexions sur des écosystèmes que nous connaissons portés par des acteurs comme Lhyfe, en région, puisque c'est quand même une dynamique assez forte en région autour de l'hydrogène... l'idée, à l'échelle de l'écosystème portuaire, c'est vraiment de voir comment on peut pacifier cette production d'hydrogène bas carbone, décarbonée et renouvelable pour qu'elle puisse attirer le développement des usages les plus pertinents. Il faut qu'elle puisse, par cette massification, offrir des coûts intéressants aux acteurs pour pouvoir envisager la bascule des flottes ou des équipements à l'hydrogène. C'est toujours dans cette logique de massification et de travailler avec le collectif en place.

Sur le deuxième point, Lise a évoqué la filière régionale dédiée au Green Ship. Là aussi, le Grand Port maritime souhaite pouvoir contribuer au développement durable du trafic maritime décarboné et offrir des services adaptés en avitaillement et en réparation navale. On soutient le développement de la filière de construction navale bas carbone, notamment avec les projets portés par Neoline, les chantiers de l'Atlantique, Neopolia et l'ensemble des entreprises du territoire portuaire. Sur la propulsion vélique, on se tient à la disposition évidemment des acteurs de la filière pour essayer de les accompagner sur leurs besoins et leurs attentes en matière d'exploitation.

Le troisième axe vraiment important, qui est la carte maîtresse de notre région depuis quelques années, c'est vraiment le développement des activités de production d'énergies marines renouvelables. Le port est par nature un port industriel tourné vers l'export. Notre enjeu est donc de développer des capacités de production industrielle sur le port dédiées à cette filière, dans un premier temps sur l'éolien posé, mais également sur l'éolien flottant, qui vont nécessiter des points de capacité d'accueil, de logistique et de structures particulières pour pouvoir assurer dans les mêmes conditions la chaîne logistique, amont et aval, tout cela dans des dimensions qui vont être assez importantes. Puisque nous sommes vraiment sur des colis de taille XXL. C'est le grand axe de développement du GPM. Nous restons aussi un port d'installation au service de la construction des parcs offshore du golfe de Gascogne, que ce soit le parc

du banc de Guérande ou les éoliennes en mer de l'île d'Yeu et de Noirmoutier. Cela va nécessiter de continuer à valoriser et à développer nos structures et nos savoir-faire.

Frédéric RAVILLY

Lucie, pour conclure ton intervention, sur les effets de l'électrification des activités portuaires, parce que ce sont des sujets que nous avons aussi évoqués cet après-midi, tu m'as parlé de la problématique de réduire les émissions à proximité du littoral et dans les ports. C'est un enjeu aussi pour le Grand Port, de ce que je comprends.

Lucie TRULLA

Oui, c'est un enjeu. Nous avons lancé une réflexion globale sur le courant quai et l'idée est d'éviter les surinvestissements colossaux sans être certain d'avoir des retours d'investissement avec des équipements qui seraient sous-utilisés faute de navires équipés. On voit que cela va arriver, mais que ce n'est pas encore le besoin. Nous avons lancé une expérimentation sur le terminal roulier avec Somaloir sur la distribution de courant à quai avec des solutions mobiles, soit à partir de groupes électrogènes mobiles alimentés soit par du gaz, du méthane ou de l'hydrogène, soit par des batteries. Nous sommes en train d'étudier ces différentes solutions. Par ailleurs, pour nos outillages évidemment, sur les quais de Saint-Nazaire, nous avons mis en place des solutions pour électrifier nos outillages à ce stade. Sur le courant à quai, le débat, c'est toujours la poule et l'œuf entre l'infrastructure et le besoin avéré, et le taux d'équipement des navires.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Lucie, de ta présentation. C'était très complet.

➤ L'analyse du cycle de vie

Je vous propose de terminer cette table ronde par le cabinet EVEA et son directeur R&D, Stéphane LEPOCHAT. Stéphane, merci de ta présence jusqu'à la fin de cette ARML. EVEA est un spécialiste notamment des analyses de cycle de vie. Peux-tu nous présenter, déjà, le cabinet ? Puis la question que je voulais te poser était de savoir, étant donné que le cabinet travaille sur d'autres activités que le secteur maritime, comment tu vois la position du secteur maritime dans ce contexte d'évolution et de décarbonation de ses activités, par rapport peut-être à d'autres activités industrielles. Par ailleurs, quels conseils tu aurais à donner, puisque tu collabores et que tu vois énormément d'activités différentes, à des industriels qui voudraient se lancer sur des projets liés à la décarbonation ? Vous travaillez sur des outils, ce genre de choses ? Quels sont les grands conseils que les gens devraient suivre pour pouvoir réduire les risques inhérents au développement de ce type de projet ?

Stéphane LEPOCHAT - Directeur de la R&D de EVEA conseil



Merci. En deux mots, EVEA est une société de conseil spécialisée d'une part en évaluation environnementale et sociale. Ce pilier de l'évaluation environnementale comprend l'ACV, qui est l'outil phare, mais pas uniquement. Nous développons d'autres outils. Le second pilier, c'est tout ce qui est accompagnement à l'écoconception, penser les systèmes, concevoir les systèmes, que ce soient des produits ou des services, à l'écoconception, et plus largement l'économie circulaire. Le siège social d'EVEA est à Nantes, mais nous sommes implantés dans différents endroits en France. Comme tu le disais, Frédéric, on travaille avec l'ensemble du spectre industriel.

Le regard que nous pouvons porter sur le secteur maritime, que pouvons-nous en dire ? Nous pouvons déjà dire que le secteur maritime, l'assemblée d'aujourd'hui en montre bien la complexité et la diversité. Si on focalise sur la maturité par rapport à l'évaluation environnementale à l'analyse de cycle de vie, on peut dire que le secteur maritime n'a pas fait partie des précurseurs. Mais il a largement rattrapé le niveau d'autres secteurs, comme l'automobile, l'aéronautique, le bâtiment, les industries agroalimentaires. L'outil d'analyse de cycle de vie est maintenant largement diffusé dans la filière, que ce soit au niveau des constructeurs de navires, que ce soit au niveau des énergéticiens, que ce soit au niveau des exploitants de ressources marines, que ce soit au niveau du nautisme. Même s'il y a

toujours quelques problèmes avec le nautisme. On peut dire que l'ACV est un outil largement diffusé maintenant.

Pour ce qui est de la problématique de décarbonation, je dirais que le secteur maritime, comme tous les secteurs, a emboîté le pas à la stratégie française et européenne de réduction monocritère avec un groupe focus sur les problématiques de gaz à effet de serre. C'est à la fois positif, parce qu'il y a une vraie dynamique. On sent vraiment que le problème est pris à bras-le-corps. Il y a quelques warnings néanmoins à garder en tête, c'est qu'il faudrait, dans cet effort de décarbonation de l'industrie, garder en tête certaines autres problématiques environnementales et ne pas aller vers des transferts d'impacts.

Et justement, l'ACV permet cette visualisation de potentiels transferts d'impact et permet de piloter en tout cas des arbitrages entre CO2, énergies et d'autres problématiques qui pourraient advenir, comme la biodiversité ou la problématique des ressources notamment. Par ailleurs, il me semble important aussi de mentionner, parce qu'on a parlé beaucoup d'énergie, et notamment de propulsion, qui reste peut-être la problématique principale... néanmoins, quand on parle de décarbonation de l'industrie maritime, il faut aussi garder en tête l'empreinte carbone des matériaux et ne pas sous-estimer la conception des systèmes, que ce soient des navires ou des systèmes énergétiques. Parce que cette empreinte carbone n'est pas négligeable, même si elle reste moindre que la problématique de la carburation. Mais c'est à ne pas négliger.

Puis il y a aussi la problématique de la fin de vie. On est certes souvent sur des métaux pour l'industrie maritime... hormis les composites, pour lesquels nous n'avons pas de solution. On a donc vite tendance à penser que comme c'est du métal, cela se recycle très facilement et que cela ne pose pas de problème. Mais ce n'est pas tout à fait vrai. La décarbonation est une très bonne chose, parce que c'est une voie bien tracée. Mais il ne faut pas oublier les autres problématiques. Justement, l'ACV permet de piloter et d'arbitrer un peu toutes ces problématiques les unes entre les autres.

Il y a aussi un point d'attention sur le fait que l'ACV est particulièrement bien adaptée quand on focalise sur des systèmes bien délimités comme une éolienne, comme un navire. Mais pour certaines problématiques un peu plus vastes du secteur maritime, peut-être que l'ACV n'est pas forcément toujours le bon outil et qu'il faudrait peut-être venir sur des outils d'analyse des flux, qui seraient un peu plus pertinents pour dresser la complexité du secteur maritime dans sa globalité.

Concernant les conseils pour se lancer, même si de nombreux acteurs du secteur maritime font déjà de l'ACV et se sont déjà lancés, si j'avais un conseil à donner, ce serait de commencer par répondre à la question de savoir si on veut internaliser ou non la compétence ACV. Parce qu'il n'est pas forcément nécessaire d'internaliser cette compétence. Il faut par ailleurs avoir conscience que si on internalise cette compétence, cela nécessite un minimum de ressources humaines, parce que les logiciels d'ACV ne sont pas forcément très simples à utiliser et qu'il faut rester à jour. Il faut pouvoir consacrer un minimum de ressources humaines. La question de l'internalisation de la compétence se pose réellement, pour savoir si on externalise ponctuellement lorsqu'on a besoin, par exemple dans le cadre d'appels à projets de recherche ou pour travailler sur des tâches spécifiques d'évaluation environnementale, ou si on souhaite internaliser.

On constate parfois, pour ne pas dire souvent, que l'internalisation d'analyses de cycle de vie peut être vécue comme le jeu de la patate chaude. C'est-à-dire qu'on désigne une personne en lui demandant de se charger de l'ACV et que ce n'est pas forcément très bien fait parce que les gens ne savent pas très bien comment manipuler cet objet. Au final, c'est donc mal fait. Aussi, le premier conseil, selon moi, serait vraiment de bien jauger le besoin de l'entreprise en termes d'internalisation ou d'externalisation de cette compétence.

Le second conseil, c'est tout simplement de commencer par un projet, un projet pilote. Sur ce point, ce ne sont pas les projets qui manquent parce que maintenant, comme vous le savez, quasiment tous les appels à projets, quelle que soit la ligne d'appels à projets, requièrent une tâche d'évaluation environnementale pour ce projet. Donc, quasiment tous les appels à projets de type R&D donnent l'occasion aux entreprises de tester un peu l'exercice d'analyse de cycle de vie.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Stéphane. Ce n'était pas un exercice facile parce que tu termines notre dernière table ronde. En tout cas, merci de ces précisions. Ce que je retiens de ces outils, c'est que si on veut améliorer une performance, il faut d'abord commencer par la mesurer. Pour la mesure environnementale aujourd'hui, les outils sont disponibles, déjà diffusés dans le secteur maritime, comme tu viens de le dire. Mais il y a quand même un besoin d'expertises et de compétences et peut-être aussi de nouveaux métiers qui arrivent autour de cela.

Stéphane LEPOCHAT

Si je pouvais juste donner un chiffre, pour donner un ordre de grandeur, et c'est une estimation personnelle, mais je considère qu'en dessous d'un demi-ETP d'ingénieur spécifiquement dédié à l'ACV, il ne faut pas se lancer dans de l'internalisation. Cela donne un peu un ordre de grandeur.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Stéphane. Merci de ton intervention. Merci à tous nos intervenants. Je sais que l'exercice n'était pas simple. Nous avons quasiment terminé, mais encore une fois, merci de vos interventions, de votre participation.

2.3 Témoignage

➤ **Les enseignements de cette séance recoupés avec ceux du colloque « transport maritime décarboné » organisé à l'ENSM Nantes les 9 et 10 décembre 2021**

Je voudrais juste conclure cette journée, avant de finir en laissant évidemment la parole à Claire, en donnant la parole à Julien PEROTTINO. Julien, tu as organisé un colloque, en novembre dernier, autour de la décarbonation du maritime à l'ENSM. Tu n'as pas pu être là au tout début de notre ARML, mais si tu devais retenir trois idées phares de ton colloque et de cet après-midi, quelles seraient-elles, toi qui devras les mettre en œuvre dans ta future carrière ?

Julien PEROTTINO - Président du Student Port de l'International Propeller Club de Nantes Saint-Nazaire

C'est exactement cela. Bonjour à toutes et à tous. Comme tu l'as dit, Frédéric, je n'ai pas pu assister à la première partie. Cependant, ce que j'ai vu de la deuxième partie était très intéressant. Cela rejoint beaucoup de thèmes abordés lors de notre colloque sur le transport maritime décarboné qui s'est tenu les 9 et 10 décembre derniers, à l'ENSM de Nantes.

Si je devais vraiment faire ressortir trois grandes idées des choses qui ont été beaucoup dites cet après-midi, la première est qu'il n'y a pas de solution miracle. Chaque technologie a ses avantages et inconvénients. Il faut miser sur un avenir hybride à l'aide justement de toutes les nouvelles technologies, des carburants alternatifs et adapter tout simplement les propulsions des navires en fonction des besoins et des différents types de navires, que ce soient les routes, etc.

Par ailleurs, j'ai vu qu'Erwan JACQUIN, du Cluster maritime français, a réagi là-dessus dans les commentaires : il faut agir sur l'ensemble. Le rendement, c'est vraiment l'ensemble de la chaîne, c'est-à-dire pas uniquement le navire en lui-même, mais le chantier naval, le combustible utilisé, le chargeur, les infrastructures portuaires, comme cela a été rappelé par Madame TRULLA. Puisque parfois, nous avons tendance à l'oublier, mais la décarbonation du transport maritime ne se passe pas uniquement lors de l'exploitation du navire. Forcément, quand on utilise un carburant comme de l'hydrogène vert ou un combustible synthétisé, il est important de savoir si en amont, c'est quand même un carburant qui reste plutôt propre de ce côté-là.

Si je devais finir par une dernière idée, c'est de continuer à mettre l'accent sur la recherche innovation, continuer à faire évoluer les référentiels de formation. J'ai bien entendu qu'on avait appuyé sur ce propos, puisque je l'ai vu en tant qu'étudiant : depuis que je suis arrivé à l'école il y a un peu plus de deux ans et demi maintenant, il y a eu une accélération vraiment très importante de tout ce qui touche à la décarbonation. Cela a impacté nos référentiels et je pense que c'est une bonne chose. Il faut continuer à aller là-dessus, puisque comme vous l'avez dit, en tant qu'étudiants, nous sommes les futurs managers, les futurs scientifiques sur cette thématique. C'est pour cela que nous avons organisé ce colloque, qui avait quand même réuni plus de 250 personnes en présentiel sur deux jours autour de six tables rondes, et qui avait été également diffusé en direct via la plateforme YouTube. Cela avait été un événement très important. Je pense que cela contribue à cette dynamique du territoire ligérien, et même au niveau national.

Frédéric RAVILLY

Merci beaucoup, Julien, pour ton intervention. C'est très éclairant. Encore une fois, j'ai été ravi d'avoir participé à ce colloque, vraiment éclairant.

Nous allons terminer cette ARML en laissant le mot de conclusion à Claire.



CLÔTURE

Claire HUGUES

Je vais être très rapide, parce que cet après-midi était dense. Nous avons à peu près réussi à rattraper le retard que nous avons pris. Mais c'était un temps utile. Je voudrais remercier tous les intervenants qui ont pu nous éclairer, en fonction des différentes strates d'organisation ou en fonction de la place que vous occupez dans les différents écosystèmes. Vous avez pu à chaque fois nous apprendre beaucoup de choses. Merci aussi à Julien d'avoir pris le temps de conclure avec un œil particulier, neuf. C'est assez chouette qu'il ait pu témoigner rapidement à la fin et poser son regard particulier.

Frédéric MONCANY nous a parlé de temps long en introduction, quand on parle de décarbonation. En tout cas, nous pourrions être optimistes et positifs, parce que nous voyons que sur différentes strates, dans différents univers, ce sujet est bien au cœur des préoccupations, des projets, des réflexions. Nous pouvons donc nous dire que si nous nous mobilisons, nous aurons peut-être la possibilité d'optimiser ce temps long au maximum pour perdre le moins de temps possible à nous adapter et à essayer collectivement de prendre les bonnes décisions pour l'avenir.

Merci à Monsieur ELY et merci bien évidemment à Bernard de CASTELBAJAC, qui est souvent dans l'ombre de toutes ces organisations de l'ambition maritime de la Région. Merci à Frédéric d'avoir animé cet après-midi, avec un programme que vous aviez concocté franchement ultra qualitatif.

Je vous donne à tous rendez-vous physiquement, je l'espère, le 25 avril prochain. Surtout, je compte sur vous d'ici là, puisque je vous l'ai dit, nous allons diffuser un questionnaire qui va nous permettre d'avancer sur la suite de nos travaux en région. Je compte sur vous pour vos contributions précieuses. Mais je sais que, les uns et les autres, quand on vous donne la possibilité de nous donner vos idées et vos avis, vous n'en manquez pas. Normalement, nous devrions pouvoir compter sur vous. En tout cas, merci pour cet après-midi très riche, et à très vite.