



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050

Journée collaborative « Électrification des navires et enjeux portuaires » Lorient, UBS, 18 sept 2024

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Remerciements



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024

Programme de la journée

9:00	Accueil café
9:30	MEET2050 - Méthodologie, Projets et objectifs de la journée
10:00	Vision - Électrification navires
12:00	Déjeuner networking sur place
13:00	Vision - Électrification dans les ports
14:00	Retours d'expériences des projets d'électrification navires
15:00	Retours d'expérience des projets d'alimentation navires à quai
15:30	Ateliers
17:00	Pause et networking
17:15	Restitution collective
17:45	Fin de journée

WIFI: 2024-09-18-electrification // MDP: e6udnm5z

Objectifs de la journée

Emmanuel-Marie Peton, Cofondateur / Dév & RP

La nécessité d'une approche collective et efficace

« Ils ne savaient pas que c'était impossible alors ils l'ont fait. »

1

Créer un cadre de collaboration et d'échanges

- Mobiliser les acteurs de la chaîne de valeur
- Structure juridique opérationnelle pour sécuriser les échanges
- Moyens humains mobiliser et faire collaborer

2

Créer un socle commun de connaissances

- Moyens humains pour chercher, comprendre, capitaliser
- RETEX échecs/réussites
- Formations, montées en compétences ...
- Fiabiliser et partage de données
- Disposer d'outils d'aide à la décision

3

Définir et mettre en place un plan d'actions partagé

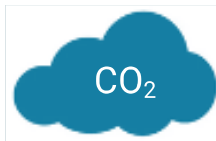
- Vision partagée public / privé
- Coordonnée sur l'ensemble de la chaîne de valeur
- Optimisant les moyens disponibles (qui seront insuffisants)
- Capitaliser sur les succès
- Pour lever les freins et verrous prioritaires sur tous les TRL
- Dans un projet

Présentation MEET2050

Emmanuel-Marie Peton, Cofondateur / Dév & RP

Les grands enjeux de la décarbonation du maritime

Une nécessité d'agir rapidement face à des enjeux nombreux et complexes



3 à 4% des émissions mondiales
(source OMI)

-70% à -100% ?
(source OMI / EU ...)

Coût mondial estimé à **2400 B\$**
(source BCG / GFMA)



3000 TWh d'énergie fossile
(source OMI / IEA)

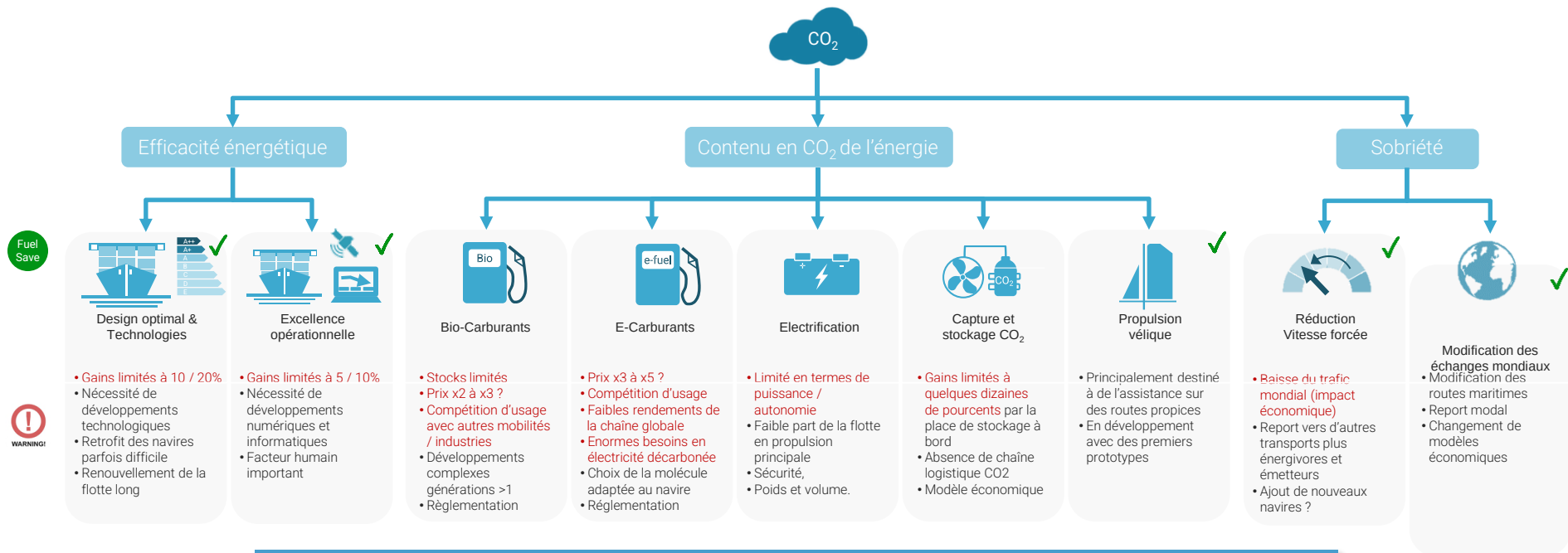
85% importations / exportations EU
(source EU Eurostat)

X2 prix fret **+0.7%** inflation
(source FMI 2022)

Principales solutions de décarbonation et leurs limitations

Des solutions identifiées qui restent à développer, tester, quantifier en termes d'impact et à déployer à l'échelle de la flotte

Les principaux leviers de réduction de la consommation des navires et/ou de leurs émissions sont répartis en trois grandes catégories. Baisser les émissions nécessite d'agir sur un ou l'ensemble des leviers qui présentent tous des limitations importantes au regard des solutions carbonées actuelles.

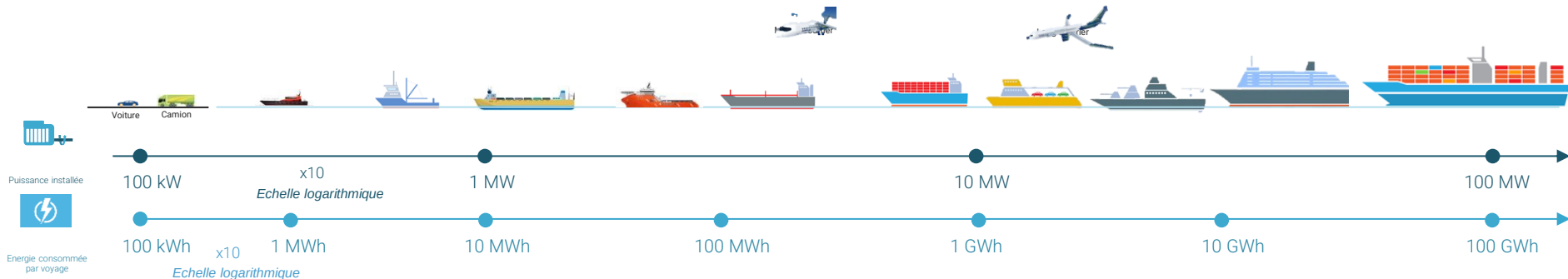


Forte complexité technologique, sans solutions immédiates, scalables, à des prix acceptables ou applicables à l'ensemble de la flotte

Avec des contraintes spécifiques par segment de flotte à décarboner



Une des difficultés de la décarbonation du maritime réside dans la **multitude de segments de flottes**. Les solutions de décarbonation et contraintes technologiques ou opérationnelles ne permettent pas le développement d'une solution unique. L'illustration ci-dessous met en évidence cette diversité, avec **des larges gammes de puissances et d'énergies à embarquer**, avec une comparaison aux autres mobilités qui montre la spécificité du maritime.



Exemple de types de navires et de solutions envisagées pour réduire leurs émissions

Navires portuaires	Navires de pêche / côtiers	Fluvial	OSV	Navire transport polyvalent	Ferry Zéro émission	Corvette / Frégate	Paquebot	Porte conteneur intercontinental
Concept : Hydrogène gazeux et PAC, batterie Longueur : 5-20 m Puissance : 0.5 à 5 MW Autonomie : 50 nm Date de livraison : 2030 Gains attendus : 0 émission	Concept : Hydrogène gazeux et PAC, batterie Longueur : 5-40 m Puissance : 0.5 à 5 MW Autonomie : 100 nm Date de livraison : 2030 Gains attendus : 0 émission	Concept : Hydrogène liquide et PAC, batterie pour pic shaving Longueur : 60 à 120m Puissance : 0.5 à 3 MW Autonomie : X nm Date de livraison : 2027 Gains attendus : 0 émission	Concept : Hydrogène liquide et PAC, batterie pour pic shaving Longueur : 80-90 m Puissance : 5-6 MW Autonomie : X nm Date de livraison : 2028 Gains attendus : 0 émission	Concept : E-fuel, optimisation énergétique, assistance vélue Longueur : 120 -150 m Puissance : 10 MW Autonomie : 500 nm Date de livraison : 2030 Gains attendus : 0 émission	Concept : ferry hybride bio-fuel puis e-fuel, batterie pour pic shaving Longueur : 120 -180 m Puissance : 25 MW Autonomie : 300 nm Date de livraison : 2030 Gains attendus : 0 émission	Concept : Navire militaire faible émission électrique, zéro-émission en patrouille. E-fuels, hybride, batterie pour pic shaving Longueur : 130 - 180 m Puissance : 30 MW Autonomie : 1000 nm Date de livraison : 2030 Gains attendus : 0 émissions en patrouille	Concept : 1^{er} paquebot à propulsion vélue, e-fuel et batterie, aux. hydrogène, efficacité technologique et opérationnelle maximale Longueur : 200 – 300 m Puissance : 40 MW Autonomie : 200 nm Date de livraison : 2030 Gains attendus : -50% émission	Concept : Navire Bio puis e-fuel, aux. hydrogène, courant à quai, efficacité technologique et opérationnelle maximale Longueur : 300 – 400 m Puissance : 60 MW Autonomie : 5000 nm Date de livraison : 2030 Gains attendus : -70% émission

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Plus d'une centaine de parties prenantes identifiées, hors entreprises, sans qu'il n'existe une instance représentative de l'ensemble des acteurs, centralisant une expertise transverse, disposant de moyens dédiés et pouvant apporter des services opérationnels aux acteurs du maritime pour les aider dans leurs transitions.

L'identification des acteurs clefs montre, au moins:

- 

- 

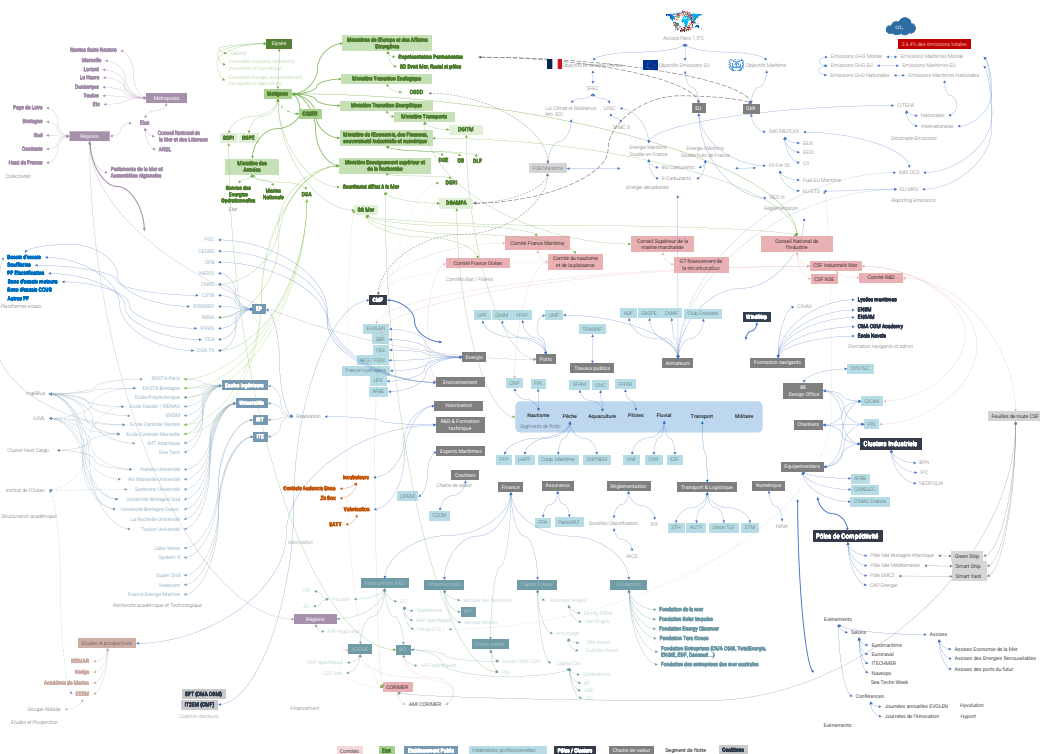
- 

- 

- 

- 

-



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Deux piliers pour remplir les six conditions de succès précédentes

Les six prérequis présentés précédemment ne se décrètent pas et notre rôle est de mettre en place les moyens qui vont permettre leur réalisation. Nous sommes persuadés, à l'instar des autres pays maritimes et de filières industrielles nationales, que la mise en place d'un grand programme national et la mise en place d'un centre d'expertise dédié et disposant de ressources permettront de favoriser la mise en place des six prérequis et d'atteindre les objectifs de décarbonation du maritime national.

1

Centre d'expertise dédié à la Transition Énergétique et Environnementale du Maritime



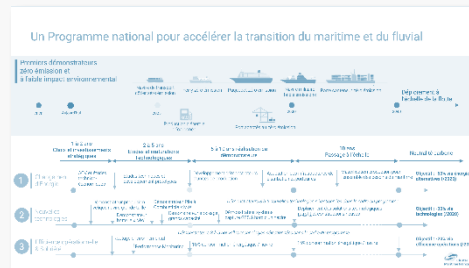
Regroupement des acteurs nationaux de la transition dans un Institut :

- **Services opérationnels centrés sur les projets** au bénéfice des parties prenantes : expertise, mise en place de projets, réalisation d'études, mobilisation de financements, capitalisation de connaissances, communication et influence, etc.
- **Personnels en propre et mis à disposition** des partenaires
- **Financement public / privé** à la hauteur des enjeux
- Localisation **Nantes** et **Marseille**¹, bureaux de relais à **Paris**

¹ Opportunité de rejoindre le centre CMA CGM Tangram comme annoncé au One Ocean Summit en février 2022

2

Programme National Navires & Ports Zéro Emissions



Regroupement des projets en lien avec la transition dans un Programme :

- **Coordonné** sur les différents leviers, segments de flotte et interfaces portuaires
- **Panifié** avec une montée en TRL entre les acteurs académiques et industriels
- **Financé** dans une logique public / privé avec une vision à moyen et long terme
- **Partagé** entre les acteurs de la chaîne de valeur
- **Visible** pour les pouvoirs publics, les acteurs et les partenaires

Que font les autres pays et places maritimes ?

Les principales nations maritimes se sont organisées avec des programmes ambitieux opérés par des centres de R&D

	Partenaires fondateurs	Effectifs	Organisation & budget	Soutien Etat à la filière
2015 2020 2010 2018 2022 ? 2021	Smart Maritime Maërsk Mac Kinney Decarbonation Center Fraunhofer Center for Maritime Logistics and Services Southampton Maritime Institute MEET2050 ? Global Center for Maritime Decarbonation & Singapore Maritime Institute	50 100 25 350 70	Sorte d'IRT (SFI) dédié à la décarbonation du maritime 3 m€ / an (projets R&D uniquement) 60 m€ budget initial + financement sur projets (apport industriel, national et EU) Sélection de projets par un board Diffusion des résultats (fondation) Centre de recherche dédié dans le cadre des Fraunhofer 3 à 5 m€ budget annuels projets Mutualisation de moyens académiques humains et physiques sur le maritime : recherche, formation, entreprise Coordination stratégie nationale et projets 100 m€ budget initial de fonctionnement public / privé + financement sur projets	1,9Mrds NOK depuis 2015 dans la décarbonation Programme spécifique de 75M€/an sur du zéro-émission Co-lead mondial sur le programme GreenRoute porté au MEPC avec plusieurs pays et instances internationales Programme global de décarbonation des transports de 360Mrds€, dont un volet maritime de 45M€ sur le zéro-émission "Clean Maritime Plan" création du MERAS: 1,6M€ pour définir le programme et une enveloppe de 25M€/an pour des projets sur le zéro-émission Plan national porté par la MPA avec un soutien de l'autorité

Six prérequis indispensables pour atteindre les objectifs

Les différents experts s'accordent sur le fait qu'il est indispensable de mettre en place des conditions de succès pour permettre la réalisation des transitions énergétique et environnementale du maritime. Les six principales sont présentées ci-dessous.



Collaboration

La collaboration entre acteurs de la chaîne de valeur, sur les différents segments de flotte, sur l'ensemble des TRL, en France et à l'international, est **indispensable** pour à la fois **développer les solutions**, mais aussi **les mettre rapidement sur le marché**.



Innovation technologique

Les gains attendus en termes de performance énergétique, d'efficacité opérationnelle, de capacité à produire de l'énergie décarbonée avec des rendements élevés, la capacité à les maîtriser en sécurité, etc ... **nécessitent des innovations technologiques majeures**.



Règlementations et politiques publiques

La réglementation et les politiques publiques sont cruciales pour **favoriser l'émergence de solutions innovantes**, pour **fixer un cadre compréhensible et atteignable** ou pour définir des politiques publiques permettant l'usage des moyens de transport les plus efficaces.



Marché / offre & demande

Le coût important des solutions de décarbonation limite aujourd'hui leur déploiement à l'échelle, car elles sont en compétition avec des solutions carbonées. **Régler le problème de l'offre et de la demande est un axe prioritaire pour permettre le développement de solutions**.



Financement

Le financement et l'investissement public ou privé joue donc un rôle clef, en permettant à la fois de soutenir la **recherche fondamentale et l'innovation**, en favorisant les tests **de prototypes et démonstrateurs**, en soutenant le **déploiement des solutions** à l'échelle du territoire et en permettant de **soutenir des solutions de décarbonation encore peu compétitives**.



Compétences et Formation

Le **changement de technologies** en très peu de temps, la recherche de solutions jusqu'alors non mises en œuvre, la prise en compte du **facteur humain au cœur des transitions**, vont nécessiter de disposer de **ressources compétentes et formées** aux nouveaux défis à relever.

MEET2050 en quelques mots



- **Institut** créé sous la forme d'une **association ouverte à tous**
- **70 membres fondateurs** (adhésions en cours!)
- Seule entité **regroupe l'ensemble de la chaîne de valeur** sur le sujet de la transition énergétique et environnementale
- **Méthode de travail innovante** pour **accélérer la transition**



- **Equipe d'une dizaine d'experts** sur les différents sujets : technologies, énergies, réglementation, opérations, institutionnel ...
- **Partenaires clefs industriels et académiques** qui soutiennent le développement de MEET2050



- **Portfolio de projets** pour accélérer les transitions
- **Mutualisation de moyens** pour mener des études technico-économiques, fiabiliser les données et développer des outils d'aide à la décision
- **Mise en place de projets** structurants pour mobiliser des financements FR ou EU



- Soutien des principales **fédérations professionnelles**
- Soutien de **l'état**
- Soutien des **collectivités**

Nos premiers Partenaires, Membres et Soutiens

Partenaires stratégiques



Partenaires institutionnels



Partenaires



Avec le soutien de



Et près de 50 entités membres

Actemium ; ASC Conseil ; Association Française du Bateau Electrique ; Armateurs de France ; Aronnax ; Beyond the Seas ; Brittany Ferries ; Bureau Veritas Marine&Offshore ; CEA ; Centrale Nantes ; CETIM ; CORSICA linea ; Crédit Maritime ; D2M ; Ecole navale ; Ecomer Data ; EDF ; ENSTA Bretagne & ENSTA Paris ; EVOLEN ; France Hydrogène ; Genevos ; GE Power Conversion ; IFPEN ; Knutsen France ; Louis Dreyfus Armateurs ; LMG MARIN ; Mauric ; Movin'On ; Nantes Métropole ; Neopolia ; Neuman ; Pôle Mer Bretagne Atlantique ; Principia ; Région Bretagne ; Région Pays de la Loire ; RTE ; SDI ; Sofresid Engineering ; Sogestran ; Tech&Sea Consulting ; TotalEnergies ; VPLP ; Windship ; Zéphyr&Borée

Une équipe expérimentée, pluridisciplinaire et engagée !



Erwan Jacquin
Président & Expert

Venture Partner IOC,
Ex Dir R&D CMA CGM, CEO BV Solutions
M&O, Fondateur & CEO Nextflow &
HydrOcean, expert prop. Navires DGA,
Centrale Nantes & PhD



Emmanuel-Marie Peton
Resp Développement & RP

Ex Resp Innovation et
transition CMF, GICAN, Min
Défense IRSEM
Assas, IHEI - Réserviste MN



Jean-François Sigrist
Resp Scientifique

Expert technique et
communication scientifique
Ex Naval Group
ENSTA Paris, PhD ECN & HDR



Frédéric Ravilly
Resp Opérations & Ecosystème

DR Pôle MerBretagne Atlantique,
Atlanpole. Ex TotalEnergie, R&D
Bostik
INP Grenoble, PhD, IAE



Klervi Keryhuel
Resp Projets

Ex Perenco Marine Manager, DT
Compagnie Océane, Resp Nav MN,
Allianz Global Marine Expert, Risk
engineer BV
ENSM



Philippe Renaud
Resp Technique

Ex Energy CMA CGM, R&D CMA
Ships, Total Lub Marine, Green
Tanker, Socatra,
ENSM



Claire Adam
**Resp Collectivités / Pêche /
Réglementation**

Région BZH
Ex International & Legal advisor
Maritime NZL, Min Env, DGAMPA
Sorbonne / Assas / Dauphine



Thibaud Millotte
**Expert H2 / Vélisque /
Modélisation**

Ex Flying Whales H2, Ariane
Group, Airbus,
Centrale Supélec



Olivier Hamelet
**Expert Terminaux /
Hydrogène**

Ex DT TGO, consultant Altran,
ingénieur Airbus
Univ. P&M Curie



Thibault Marzin
Expert Electricité / Hydrogène

Ex H2X-Ecosystems, Naval
Group, Naval Énergies
Polytech Nantes



Corinne Bonnard
**Environnement /
Réglementation**

Ex RSE et réglementation
CMA CGM, Ship Manager
ENSM

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024

Missions et services proposés par MEET2050

Les missions et services proposés par l'Institut MEET2050 couvrent l'intérêt général, le soutien aux politiques publiques, les services au profit des adhérents et de la filière ainsi que la réalisation de prestations de service.

Services d'intérêt général	Soutiens aux politiques publiques	Services au profit des adhérents et de la filière	Prestations de service
Développer des connaissances et faire connaître les enjeux liés aux transitions du maritime et favoriser l'atteinte des objectifs de décarbonation.	Apporter un soutien dans la mise en place de politiques publiques adaptées aux enjeux au niveau national ou des collectivités.	Accompagner les membres de l'Institut dans leurs transitions notamment à travers la mise en place de projets et de mutualisation de connaissances.	Répondre à des demandes d'études spécifiques sur la base d'un cahier des charges ou en réponse à un appel d'offre.

Principaux bénéfices :



Accéder à une expertise indépendante et des informations fiables



Gagner du temps et accélérer la mise en place de vos projets



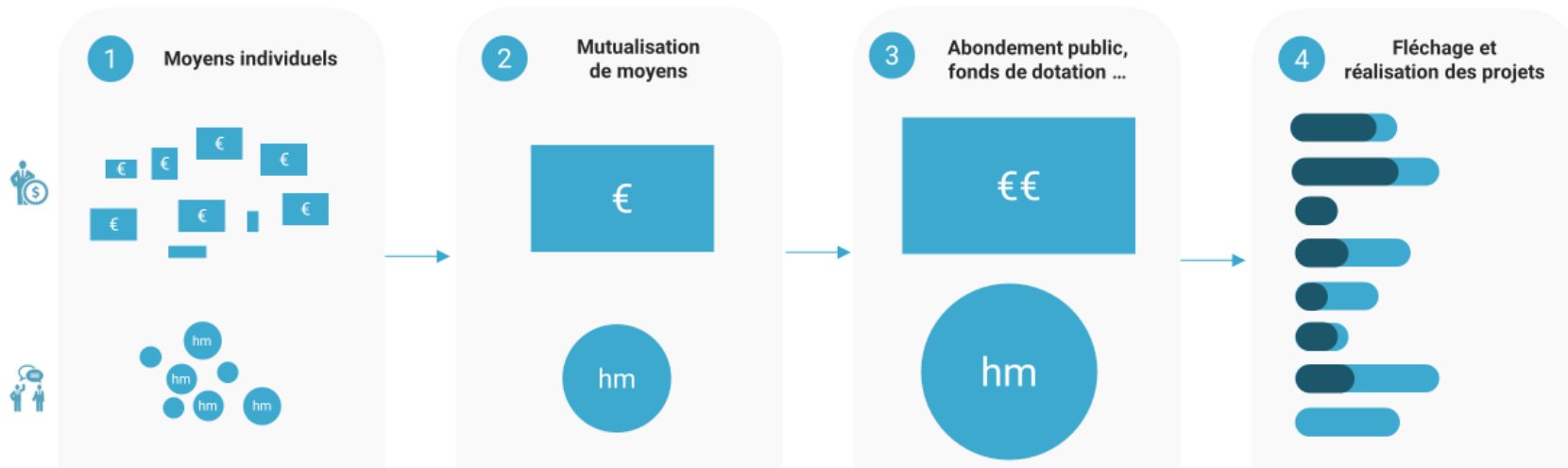
Bénéficier d'un effet de levier financier



Être plus forts collectivement

Projets Internes de MEET2050: la force du collectif

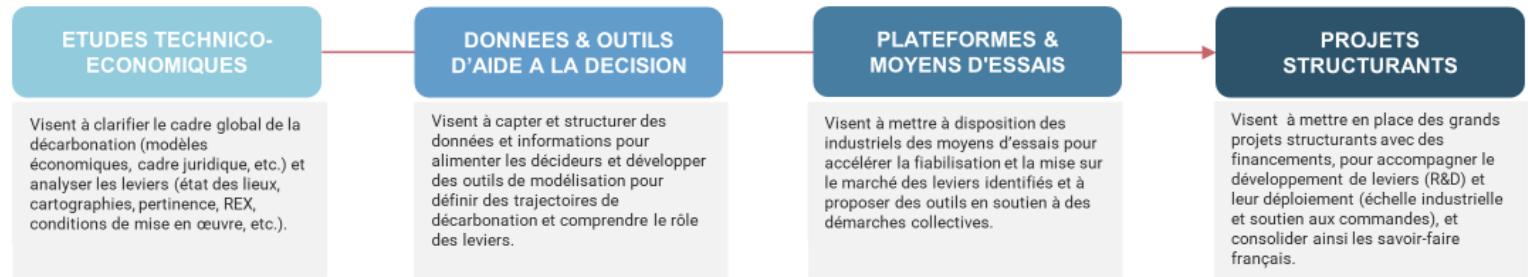
➤ MEET2050 propose de travailler sur un **nouveau modèle de collaboration** en s'inspirant des **bonnes pratiques d'autres organisations nationales** (PFA, CITEPH, IRT/ITE ...) **ou internationales** (CRS, FPSO Forum, centres de décarbonation étrangers ...).



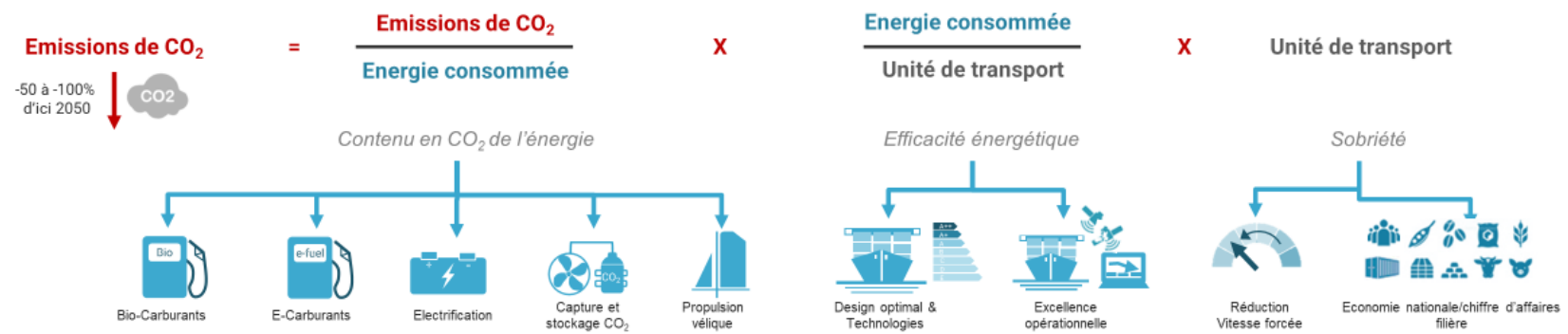
Retombées : effet de levier et démultiplication des capacités, fiabilité des études, partage et construction d'une vision partagée ...

Typologie des Projets Internes portés par MEET2050

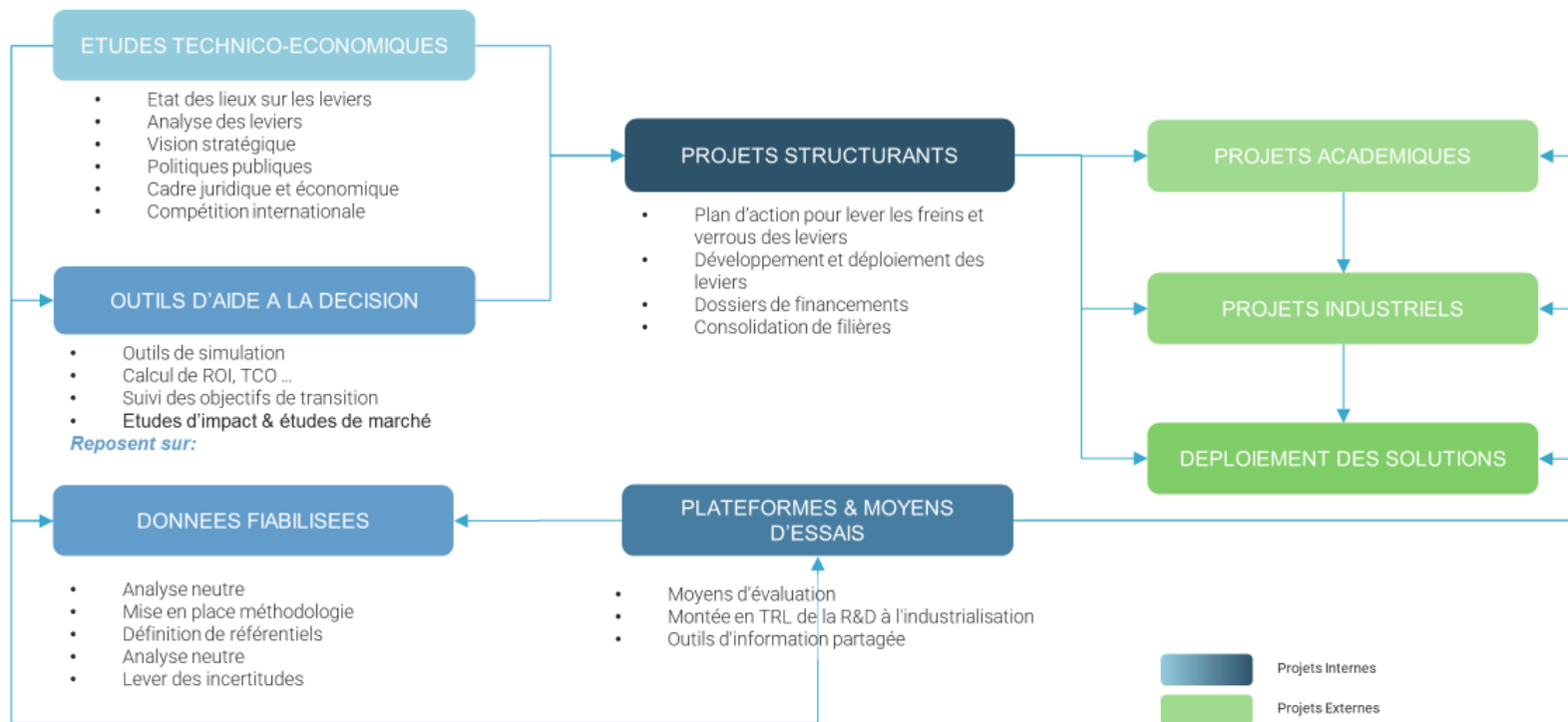
1 – Quatre types de Projets Internes portés par MEET2050



2 - Des projets pour accompagner la levée des freins et verrous sur les différents leviers de transition



Des Projets Internes pour accompagner la mise en place des projets de transition

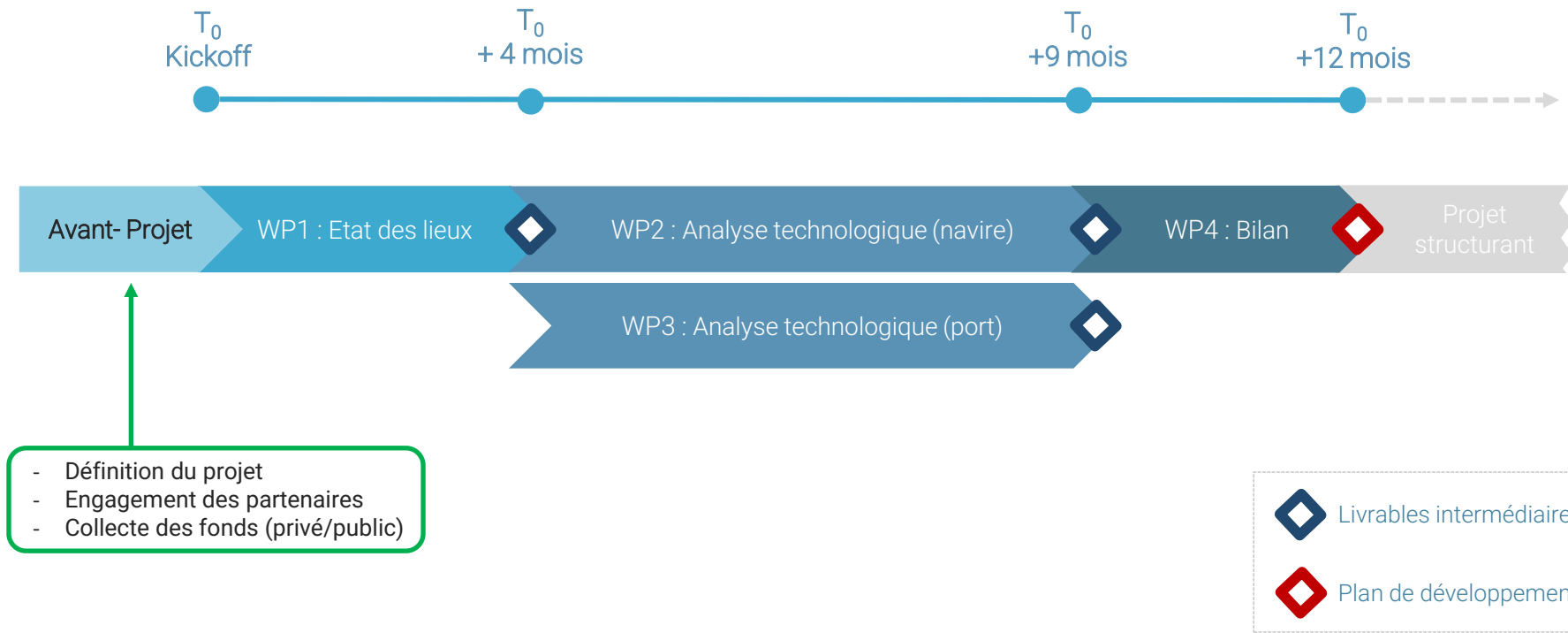


Projet MEET2050

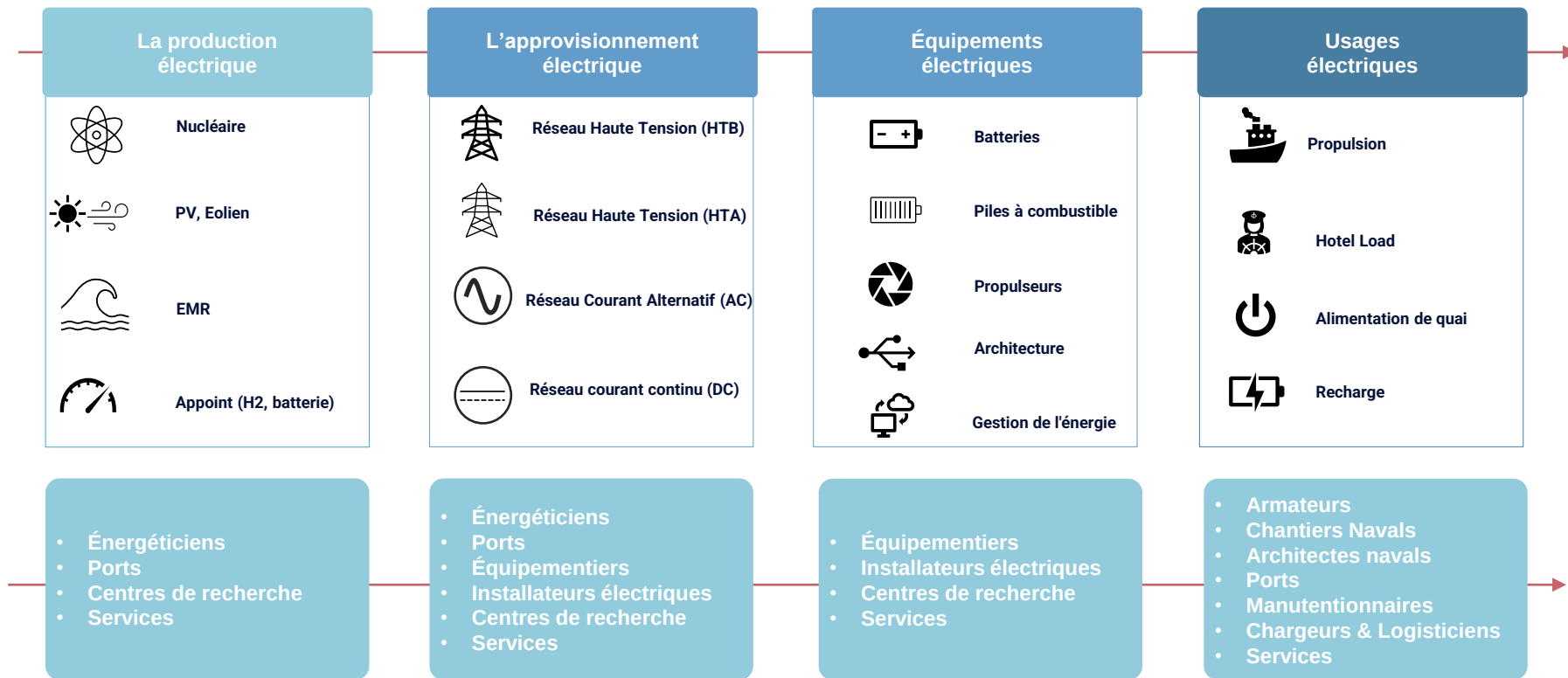
« Électrification navires et enjeux portuaires associés »

Thibault MARZIN

Planning prévisionnel du projet



La chaîne de valeur de l'électricité pour le maritime & fluvial



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024

Comment rejoindre MEET2050 ?

Statut des différents Membres et services associés

Trois niveaux d'adhésion donnant des droits différents pour l'accès aux services et la participation à la gouvernance

		Services accessibles en fonction du statut		
		Simple	Partenaire	Partenaire stratégique
1	Membre : Soutient l'Institut et la mise en place de ses missions, accède à une veille dédiée, intègre un réseau d'acteurs engagés pour la transition du maritime, participe à des événements dédiés ...	✓	✓	✓
2	Partenaire : En plus d'être Membre, accède aux connaissances développées par l'Institut, participe aux projets et accède à leurs livrables, peut proposer de nouveaux projets, bénéficie des services d'expertise et d'accompagnement de l'Institut.		✓	✓
3	Partenaire stratégique : En plus d'être Partenaire, s'engage significativement dans l'Institut, participe à la gouvernance et aux orientations stratégiques de MEET2050, contribue à son développement et à son rayonnement, tout en bénéficiant de services spécifiques pour l'aider dans ses objectifs de transition.		✓	✓
				✓
				✓

Les Partenaires et Partenaires stratégiques apportent une contribution financière et non financière (expertises, données, accès à des moyens d'essais ou laboratoires, etc.) permettant une partie du financement des Projets Internes de l'Institut et la réalisation de ses services et missions.

Grilles des cotisations et contributions financières

**Grille de cotisation annuelle
pour devenir Membre de MEET2050**

Entités	Adhésion
<i>Entreprises Selon le chiffre d'affaires</i>	<i>Tarif croissant</i>
CA < 1 M€	1 000 €
1 M€ < CA < 5 M€	1 500 €
5 M€ < CA < 10 M€	2 000 €
10 M€ < CA < 25 M€	2 500 €
25 M€ < CA < 50 M€	3 000 €
50 M€ < CA < 100 M€	3 500 €
100 M€ < CA < 500 M€	4 000 €
500 M€ < CA < 1 Mrd€	4 500 €
CA > 1 Mrd€	5 000 €
<i>Autres acteurs</i>	<i>Tarif unique</i>
Académiques: écoles et universités	1 500 €
Centres de recherche	
Collectivités	
Institutionnels: associations professionnelles, clusters, fédérations, fondations, Pôles de compétitivité ...	
Organismes publics (hors centres de recherche)	

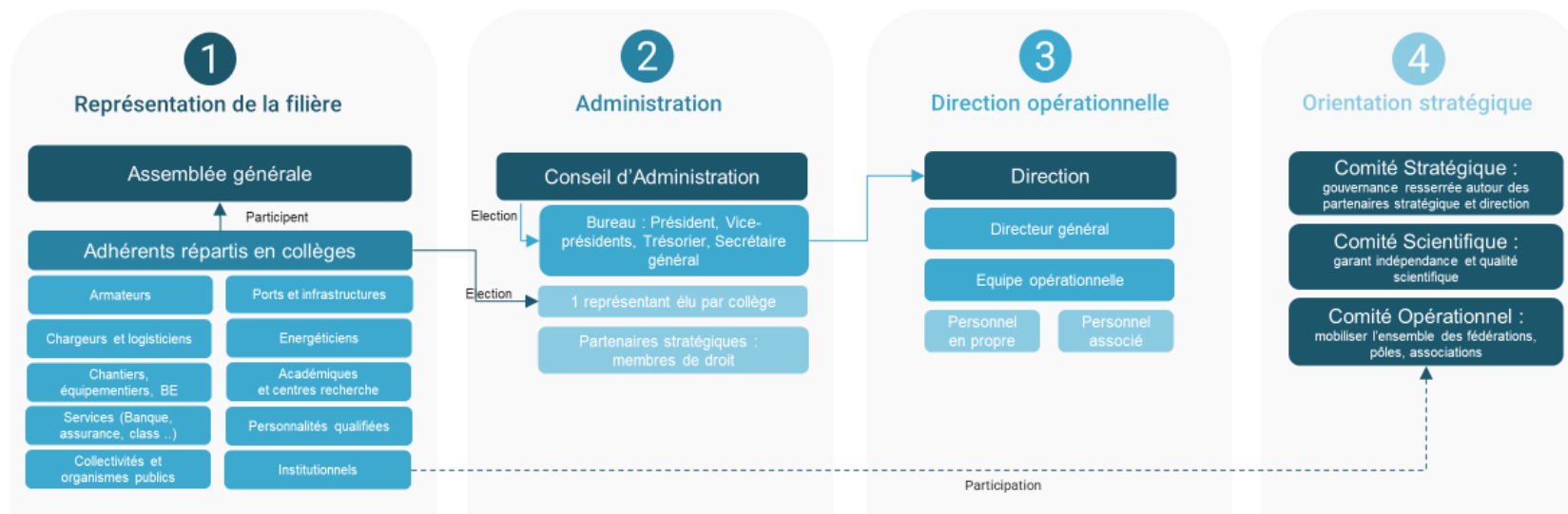
**Grille de contribution annuelle minimale
pour devenir Partenaire de MEET2050**

Secteurs	CA	Contribution
Armateurs	CA < 100 M€	20 000 €
	100 M€ < CA < 500 M€	30 000 €
	CA > 500 M€	50 000 €
Ports	CA < 50 M€	15 000 €
	50 M€ < CA < 150 M€	20 000 €
	CA > 150 M€	40 000 €
Energéticiens et associés	CA < 100 M€	20 000 €
	100 M€ < CA < 1 Mrd€	30 000 €
	CA > 1 Mrd€	50 000 €
Bureaux d'étude	CA < 1 M€	10 000 €
	1 M€ < CA < 5 M€	15 000 €
	CA > 5 M€	20 000 €
Chantiers	CA < 100 M€	10 000 €
	100 M€ < CA < 1 Mrd€	20 000 €
	CA > 1 Mrd€	40 000 €
Equipementiers	CA < 50 M€	15 000 €
	50 M€ < CA < 150 M€	20 000 €
	CA > 150 M€	30 000 €
Services	CA < 50 M€	15 000 €
	50 M€ < CA < 500 M€	30 000 €
	CA > 500 M€	50 000 €
Académiques et centres de recherche		Nous contacter
Institutionnels, collectivités et organismes publics		Nous contacter

Pour nous rejoindre comme Partenaire stratégique, avec des niveaux d'engagement plus importants, nous contacter directement: contact@meet2050.org

Une gouvernance simple et représentative de la chaîne de valeur

La gouvernance est constituée de quatre niveaux permettant la représentation large de l'ensemble des acteurs, son pilotage par un Conseil d'Administration équilibré entre les différentes composantes de la chaîne de valeur et les Partenaires stratégiques, une direction opérationnelle en charge de l'exécution des missions et services, qui s'appuie sur différents comités pour assurer l'efficacité et la cohérence des actions de MEET2050 au regard des enjeux et de l'ensemble de l'écosystème



Nos premiers Partenaires, Membres et Soutiens

Partenaires stratégiques



Partenaires institutionnels



Partenaires



Avec le soutien de



Et près de 50 entités membres

Actemium ; ASC Conseil ; Association Française du Bateau Electrique ; Armateurs de France ; Aronnax ; Beyond the Seas ; Brittany Ferries ; Bureau Veritas Marine&Offshore ; CEA ; Centrale Nantes ; CETIM ; CORSICA linea ; Crédit Maritime ; D2M ; Ecole navale ; Ecomer Data ; EDF ; ENSTA Bretagne & ENSTA Paris ; EVOLEN ; France Hydrogène ; Genevos ; GE Power Conversion ; IFPEN ; Knutsen France ; Louis Dreyfus Armateurs ; LMG MARIN ; Mauric ; Movin'On ; Nantes Métropole ; Neopolia ; Neuman ; Pôle Mer Bretagne Atlantique ; Principia ; Région Bretagne ; Région Pays de la Loire ; RTE ; SDI ; Sofresid Engineering ; Sogestran ; Tech&Sea Consulting ; TotalEnergies ; VPLP ; Windship ; Zéphyr&Borée



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050

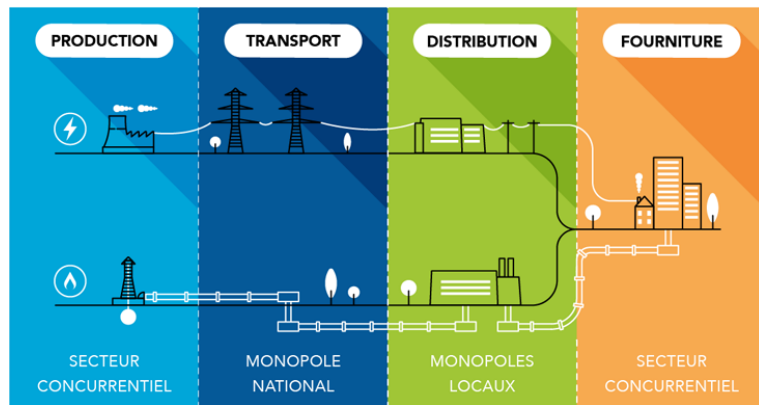
Electrification à quai et des navires

Le point de vue du gestionnaire de réseau de transport d'électricité

Christophe Crocombette (RTE)

RTE est le gestionnaire du réseau de transport d'électricité en France

1. Créé en 2000, RTE a la charge de gérer le réseau de transport d'électricité sur la plaque métropolitaine continentale
2. Le réseau, c'est environ **105 000 km de lignes** HTB (entre 63 et 90 kV) et THT (400 kV), 2800 postes électrique en exploitation ou co-exploitation, ~ 50 lignes d'interconnexion avec nos pays voisins
3. Le budget d'investissement de RTE (~2 Md€ en 2024) est validé par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) et RTE se rémunère via un Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Electricité (TURPE) également fixé par la CRE
4. L'effectif de RTE : ~9500 salariés



Les principales missions de RTE : développer, entretenir, exploiter, éclairer

GRANDES MISSIONS DE RTE

RTE assure le développement, l'entretien et l'exploitation du réseau public de transport d'électricité en France métropolitaine continentale, en garantissant aux consommateurs la qualité et la continuité du service, l'égalité de traitement et la péréquation tarifaire.

Au titre de ces missions, RTE contribue à la cohésion sociale et territoriale et au développement économique.

Cette fonction structurelle apparaît d'autant plus essentielle dans un contexte de très forte mutation des infrastructures énergétiques du pays, alors que la France est pleinement engagée dans la transition énergétique.

Afin d'atteindre les objectifs fixés par la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et par la stratégie nationale bas carbone (SNBC), **RTE, opérateur au cœur du système électrique, joue un rôle déterminant.**

+ « éclairer » : éclairer les choix énergétiques des pouvoirs publics



CONTRAT DE SERVICE PUBLIC ENTRE L'ÉTAT ET RTE

40 ENGAGEMENTS POUR UN RÉSEAU
DE TRANSPORT D'ÉLECTRICITÉ
AU SERVICE DE LA RÉUSSITE
DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Source : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/29.03.2022_contratRTE.pdf

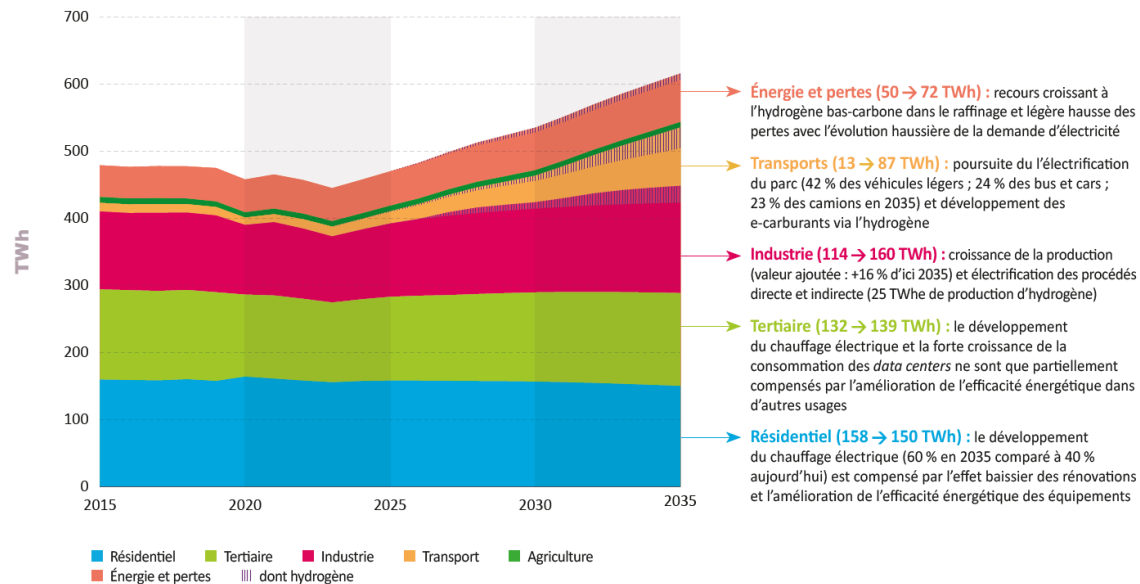


Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



L'électrification à quai et des navires s'inscrit dans un mouvement d'électrification général des usages énergétiques

Figure 2.16 Consommation intérieure d'électricité – trajectoire « A - référence » → Scénario d'atteinte des objectifs climatiques



475 TWh en 2019



615 TWh en 2035

Source : RTE (Bilan Prévisionnel 2023)

Les enjeux de l'électrification des ports et des navires pour RTE

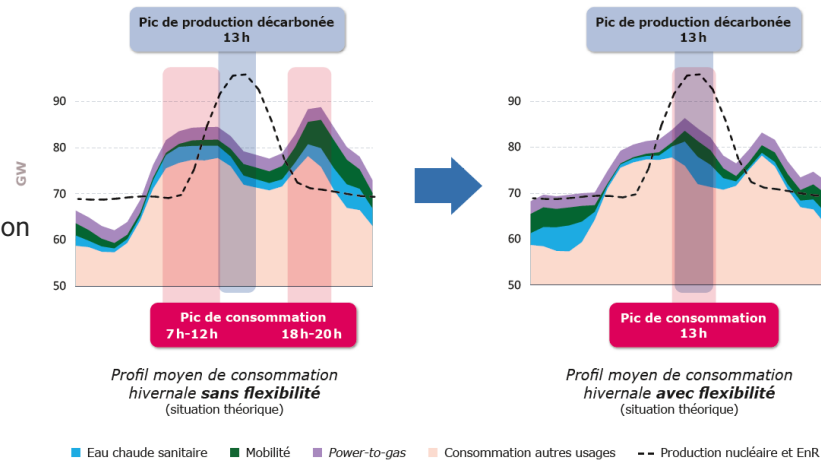
1. La question du raccordement des nouvelles consommations

- Raccordement à RTE pour les projets **au-dessus de 40 MW**, à Enedis pour les autres
- Les raccordements peuvent se positionner dans des zones avec une forte croissance de la demande de puissance de raccordement

2. Le besoin de flexibilité pour la gestion du réseau

- Le système électrique a besoin du développement des flexibilités de la demande
- « Les flexibilités de la demande contribueront à déplacer la pointe de consommation en milieu de journée afin de tirer profit du surplus de productible décarboné peu cher en France et en Europe »

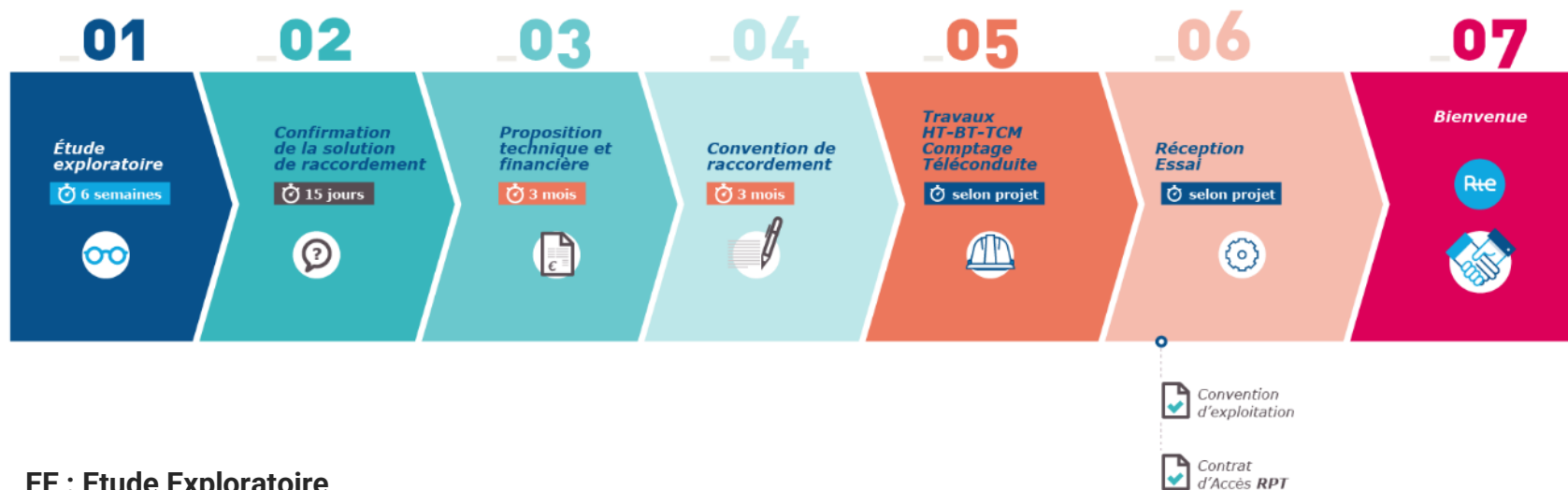
Figure 6.52 Illustration de l'effet des flexibilités sur le placement de la consommation lors des pics de production décarbonée



3. Le sujet de l'équilibre offre-demande

- A priori du second ordre (~qques TWh), mais besoin d'une évaluation plus précise pour les prochains exercices de prospective

Les étapes à parcourir pour un projet de raccordement au réseau RTE



EE : Etude Exploratoire

PTF : Proposition Technique et Financière qui engage RTE et permet au porteur de projet d'avoir une garantie sur la puissance de raccordement octroyée dans le futur selon les conditions financières et de délais fournies par RTE

<https://www.services-rte.com/fr/decouvrez-nos-offres-de-service/raccordez-vos-installations-consommation.html>

Contacts en région pour les développeurs de projet (directeurs des services commerciaux)

SC Lille : Mme Caroline LUBEK

SC Ile de France et Normandie : Mme Mélanie PETIT

SC Nantes : M. Laurent MAURICE

SC Toulouse : M. Grégory GOUDY

SC Marseille : M. Colas CHABANNE

+ BAL générique pour les demandes d'EE ou de PTF : rte-fcent-raccordement-conso-dist@rte-france.com

Synthèse

1. Nécessité d'anticiper le plus possible les besoins pour planifier les projets de raccordement car RTE fait face à une explosion des demandes et le développement des infrastructures prend du temps
2. Les possibilités d'effacement ou de flexibilité sont valorisables pour le système électrique
3. A l'échelle nationale, une estimation du gisement en énergie que représente l'électrification à quai et des navires intéresse RTE pour l'actualisation de ses études d'équilibre offre-demande

Merci de votre attention



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024





MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**

Electrification à quai et des navires

Le point de vue de l'Association Française du Bateau Électrique

Christophe Brusset / Gildas Olivier

Impacts environnementaux

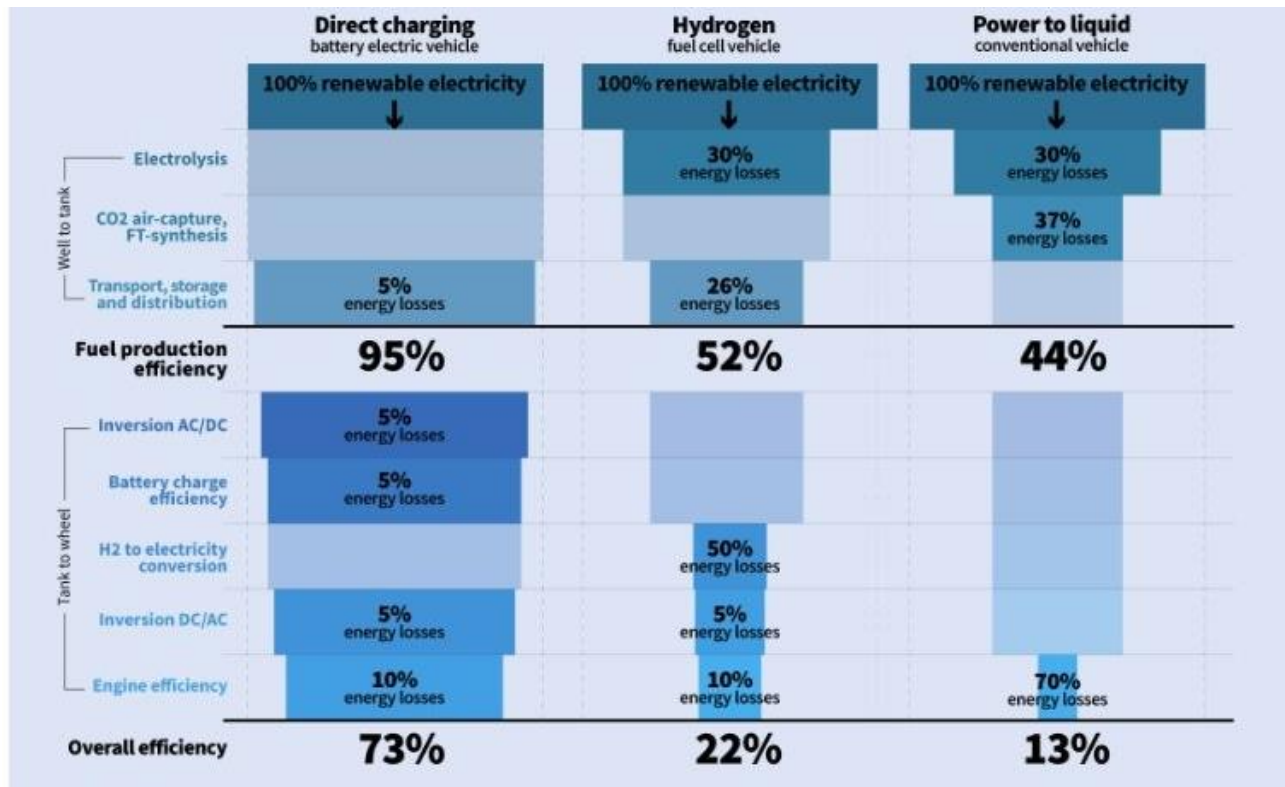
► Réduction des impacts

- Forte réduction des émissions de CO2
(cause du réchauffement climatique)
- Absence des NOx et des particules fines
(causes de maladies pulmonaires)
- Absence de fuite d'hydrocarbures et
réduction des nuisances sonores de l'eau
(bénéfiques pour la biodiversité aquatique)



- Un confort de navigation sans égal :
 - Sans bruit
 - Sans odeur
 - Couple disponible même à bas régime

Rendements énergétiques



**TRANSPORT &
ENVIRONMENT**

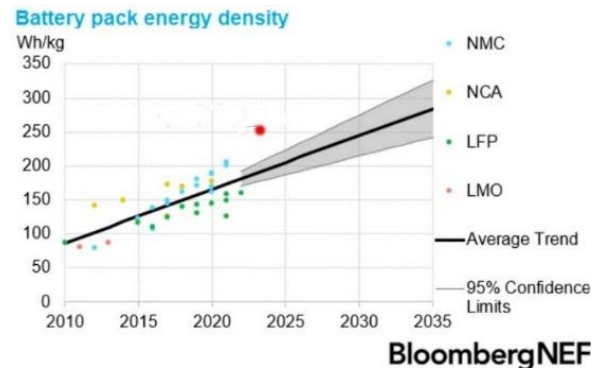
Source :
WTT (LBST, IEA, World bank), TW, T&E
calculations

Décarbonisation de la ligne propulsive:

MOTEUR	ELECTRIQUE (BLDC)	THERMIQUE
RENDEMENT	90-96%	30-45%
NOMBRE DE PIECES MECANIQUES	FAIBLE, PAS DE BALAIS (AIMANT PERMANENT)	IMPORTANTE *10
FAISCEAUX ELECTRIQUES	FAISCEAU PUISSANCE/SIGNAL/24V	MULTIPLE CAPTEURS/ 24V/ALTERNATEUR/COMMANDE
CIRCUIT	REFROIDISSEMENT (AIR/KC/EAU), ALIM BT	HUILE/EAU DE MER/GLYCOL/HUILE REDUCTEUR/CARBURANT/ECHAPPEMENT/ UREE/ ALIM BT
MAINTENANCE	SIMPLE (ROULEMENT 10000H), CHECK CONNEXION/FUSIBLE/RELAIS	LOURDE (TOUS LES 250H/500H/1000H/1500H/5000H/3ANS)
RISQUES	ELECTROCUTION, FEU ELECTRIQUE	BRULURE, FEU CARBURANT ET ELECTRIQUE, POLLUTION, DE PRISE
AVANTAGES DIESEL	CONFIANCE DES UTILISATEURS, LOBBY PUISSANT	
AUTRE AVANTAGES ELECTRIQUES 100% DECARBONE MAINTENANT	ENCOMBREMENT/2, COUPLE/POIDS *4, REGENERATION,COUTS D'ACHAT,ET INSTALLATION REDUITS , REACTIVITE, OPTIMISATION DU PILOTAGE (AUTOMATISATION)	

PARC LITHIUM: LIMITES ET EVOLUTIONS

- Lithium densité énergétique*2 en 15 ans (diesel 12kWh/kg , 4,8kWh/kg après combustion (*30 LFP),
- plomb 30-50, NiCd 45-80)
- 4000 Cycles (*3 en 15 ans :)
- Cout des modules :500-900€/kWh
- Poids d'un module:100 kg LFP= 3,3 L de diesel ➡ 10 kWh



Réussite d'un projet:

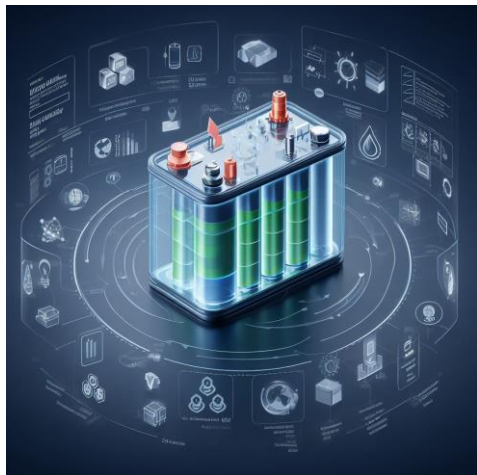
- Définition et adaptation de la vitesse, du parcours et du temps de charge (compromis à faire)
- Batterie à utiliser au maximum de leur capacité de cycles.
- Anticiper les charges à quai (mutualiser les installations)
- De chercher les optimisations de rendement (supprimer Genset, limiter autres batteries du bord)



Des progrès grâce à la filière routière

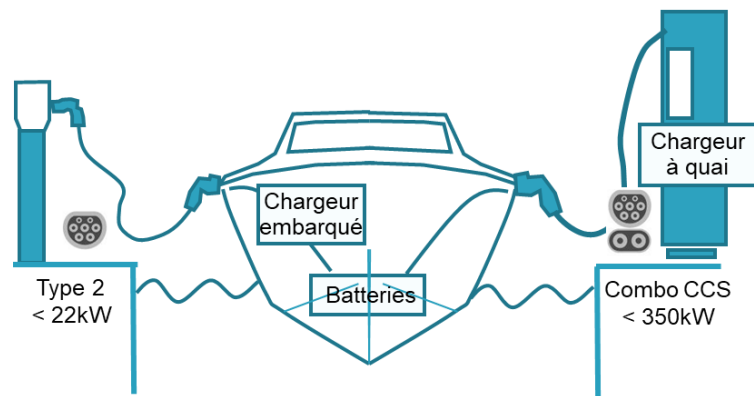
► Sur deux points majeurs :

- Les technologies de batteries et de leur sécurité
- Les solutions de recharge, et notamment de recharge rapide

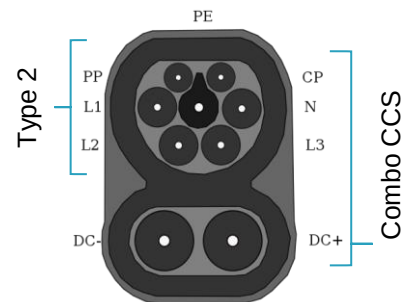


Recharge courant alternatif (AC)

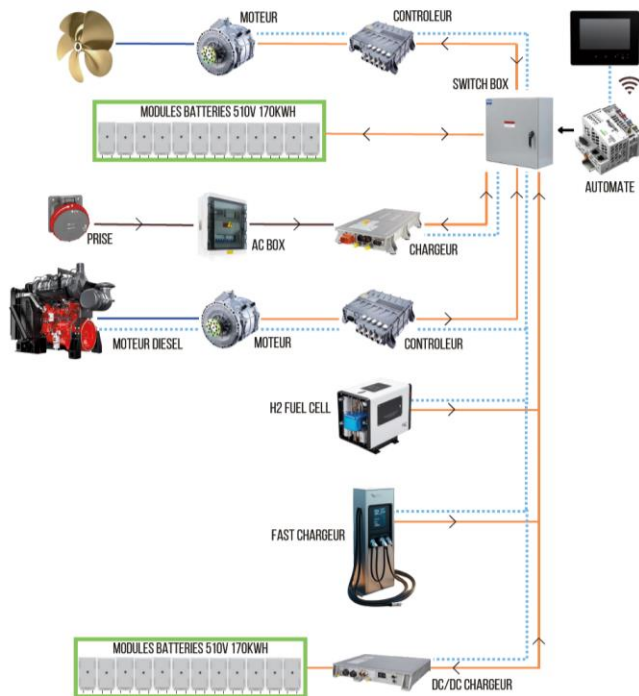
Recharge courant continu (DC)



Prise bateau combinant
Type 2 AC/DC Combo CCS
IEC 62196



EXEMPLES



Note de position

- ▶ **Fiscalité**
 - TICPE
 - Suramortissement
 - Création d'un guichet unique pour simplifier les démarches d'aides
- ▶ **Politiques publiques**
 - Formation des personnels
 - Conversion des flottes de service public
 - Aide à l'investissement pour la normalisation de la recharge
 - Interdiction motorisation 100% thermique embarcations fluviales < 15m
- ▶ **Coopération européenne**
 - Création de zone à circulation restreinte
 - Promotion/obligation de la norme de recharge





MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**

Hybridation et électrification des navires de commerce

Pierre-Antoine ROCHAS, Armateurs de France

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024





Flotte de commerce et armateurs français

Diversité et excellence



60 Compagnies maritimes
françaises (environ)



1200 navires contrôlés
au total* (environ)



438 navires sous
pavillon français**

* Statistiques Armateurs de France (2024)

** Statistiques de la Mission Flotte de commerce, navires de plus de 100 UMS

Une flotte diversifiée couvrant tous les segments du transport et des services maritimes

Une flotte jeune : navires de 7 ans d'âge moyen (contre 16,7 ans pour la moyenne mondiale)

Une excellence reconnue par *l'International Chamber of Shipping (ICS)* (environnement, sécurité, et respect des droits sociaux) et le label **Green Marine Europe**

Des leaders mondiaux : câbles sous-marin, transport de conteneurs, offshore

Des segments en forte croissance : transport de gaz, EMR, croisières de luxe



Décarbonation et renouvellement de la flotte

Quelle approche pour les armateurs ?



Pas de solution unique : Mix énergétique et technologique adapté selon le type de navire

Engagement des armateurs dans la transition

énergétique : R&D, expérimentations (biocarburants, solutions de propulsion par le vent, électrique, etc.)

Leviers de décarbonation déjà en place :

- **Excellence opérationnelle** (réduction de la vitesse, écoconduite)
- **Amélioration de l'efficacité énergétique** (carènes, systèmes propulsifs, gestion de l'énergie)



Décarbonation et renouvellement de la flotte

Contexte réglementaire



Organisation Maritime Internationale (OMI)

CII : Amélioration continue de l'intensité carbone opérationnelle du navire (depuis 2023)

EEXI/EEDI : Indice de rendement énergétique des navires existants (EEXI) ou neufs (EEDI)

Mesures de moyen terme : instrument technique pour réduire l'intensité des émissions de GES des carburants + instrument économique pour une tarification internationale des émissions de GES dans le secteur maritime (adoption prévue en 2025)



Union européenne (UE)

EU ETS : secteur maritime inclus dans le marché carbone européen depuis 2024

FuelEU maritime : Réduction de l'intensité en GES des carburants marins et recours accru des navires aux carburants renouvelables et aux technologies durables (entrée en vigueur en 2025)

Branchement électrique à quai (OPS) obligatoire pour les escales d'au moins 2h des **portes conteneurs** et des **navires à passagers** à partir de 2030 dans certains de ports de l'UE



Hybridation et électrification des navires de commerce

Contexte (armateurs français)



Atouts :

- **Zéro émission** directe
- **Technologie mature**
- **Hybridation** possible
- Réduction du **bruit**

Alimentation électrique à quai déjà opérationnelle dans certains ports et depuis plusieurs années chez certains armateurs français :

- **Express des Îles** (Antilles) depuis 1990
- **Orange Marine** (Seyne-sur-Mer) depuis 20 ans
- **La Méridionale** (Marseille) depuis 2017
- **CMA CGM** depuis plusieurs années

Electrification progressive des navires, avec l'installation de packs batteries, en particulier sur les navires de service et les ferries :

- **Louis Dreyfus Armateurs** depuis plusieurs années
- Prochainement **Brittany Ferries** et **DFDS**



Hybridation et électrification des navires de commerce

Cas d'usage



Navires de petite taille :

Propulsion électrique avec batteries pour les petits navires à passagers et navires de servitude en eaux fluviales/abritées.

Capacités de recharge à quai et faible besoin d'autonomie (fréquence des rotations)



Grands navires :

Électrification partielle : principalement pour les auxiliaires (jusqu'à 20 % de la consommation énergétique)

Ferries sur de courtes traversées : couverture de 95 % des besoins énergétiques avec des batteries (notamment en Manche ou dans les pays nordiques).

Navires de croisière de petite taille (le **Commandant Charcot de Ponant** est capable de fonctionner en mode tout électrique pendant 1 à 2 heures)



Hybridation et électrification des navires de commerce

Enjeux et défis à relever

Défis techniques :

- **Encombrement à bord** et difficultés de rétrofit
- Besoin de **standardisation**
- **Redimensionnement du réseau électrique** dans les ports

Enjeux de sécurité et réglementaires :

- Maîtrise des **risques incendie**
- Adaptation de la **réglementation OMI**



Soutien à l'investissement et aides publiques :

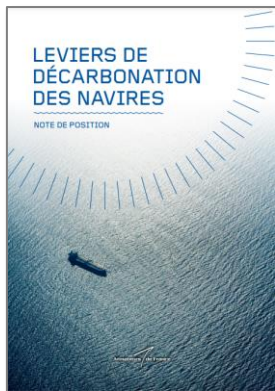
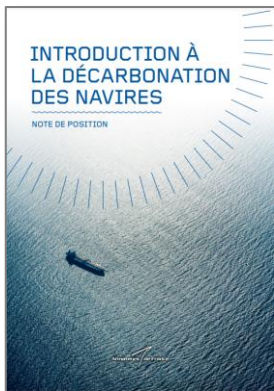
- **Coûts** d'installation et de raccordement élevés
- Faciliter le **retour sur investissement**

Déploiement cohérent et rapide d'infrastructures de recharge dans les ports :

- Limiter les **contraintes d'accostage**
- Adapter les **modèles de tarification** de l'électricité



Merci de votre attention !



Contact :

Pierre-Antoine ROCHAS

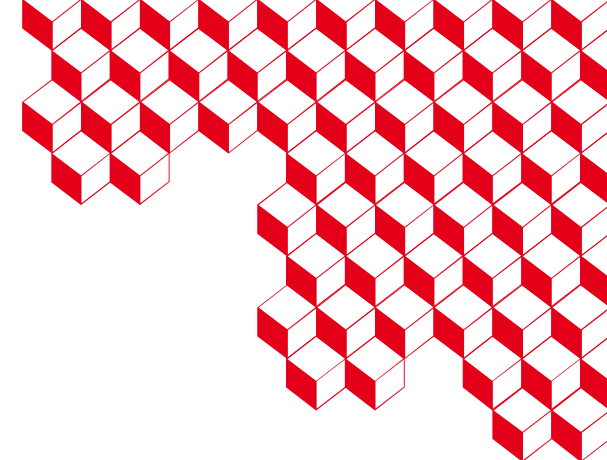
Responsable Environnement,
Sécurité, Sûreté et Ports

pa-rochas@armateursdefrance.org

Pour en savoir plus...



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050



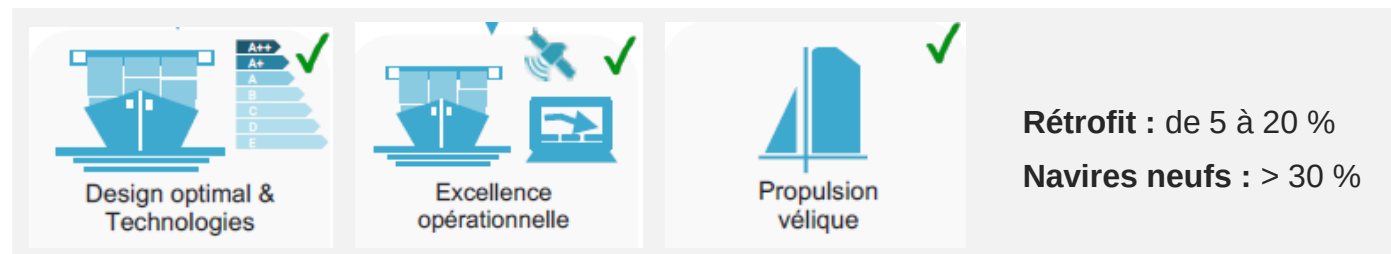
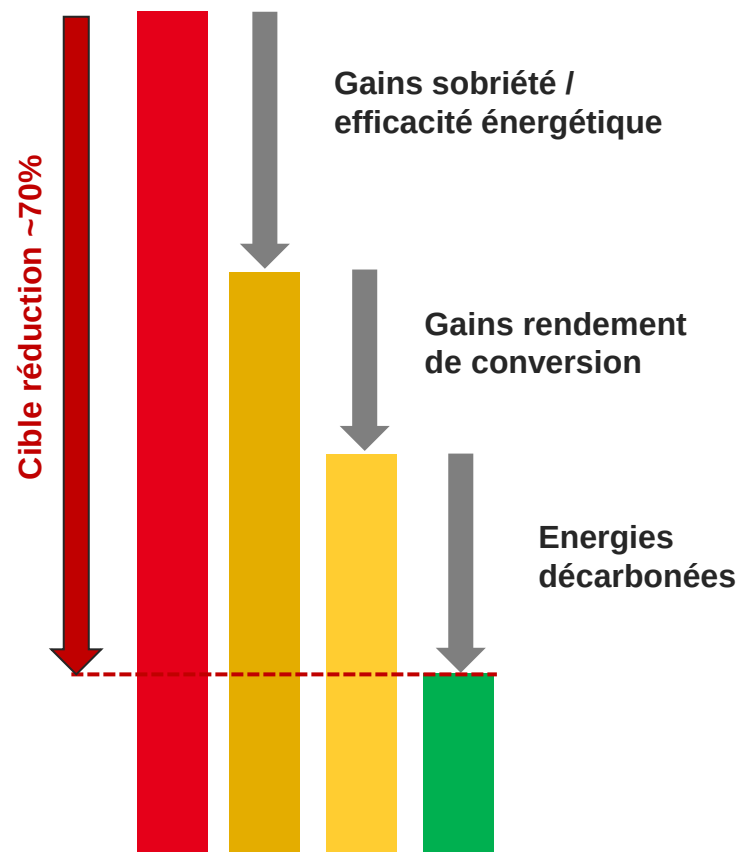
Électrification navires & enjeux portuaires associés

Solutions technologiques à bord

Guénaél Le Sollicec - guenael.lesollicec@cea.fr

Les leviers de décarbonation en quelques chiffres

Emissions CO₂ / GES
« Business as usual »



Rendement du réservoir à l'hélice :

- ✓ Moteurs MCI + transmission mécanique : **40-50%**
- ✓ PEMFC H₂ + propulsion électrique : -> **60%** (avec hybridation batteries)
- ✓ Batteries + propulsion électrique : -> **90%** (avec intégration/conversion DC dédiée)

Densité volumique	MGO	LH2	Batterie Li-ion
Energie stockée	10 kWh/L	2.4 kWh/L	0.2 kWh/L
Energie électrique transmise	4 kWh/L	1.2 kWh/L	0.2 kWh/L

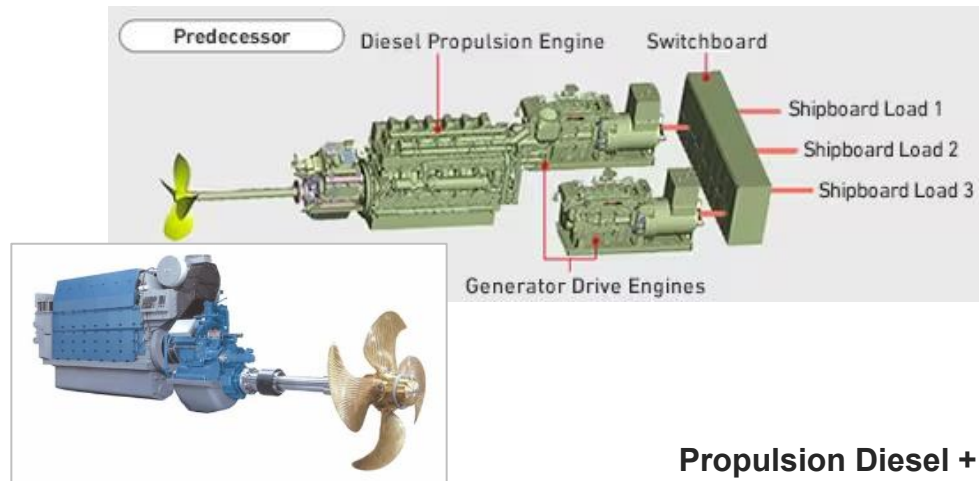
Electrification des navires

Pour quels modes de propulsion ?

Déterminant pour :

Le choix et dimensionnement des sources électriques
La nature (DC vs AC) et la définition de l'architecture
Le dimensionnement des convertisseurs et protections
La gestion à bord (contrôle, sécurité, ...)

Diesel : Le réseau électrique alimente uniquement les besoins à bord

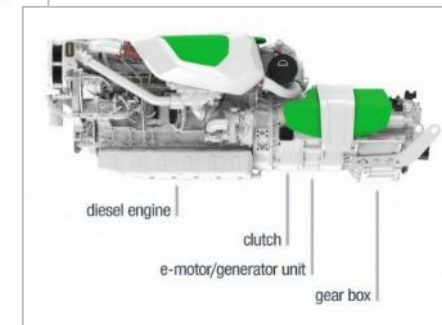
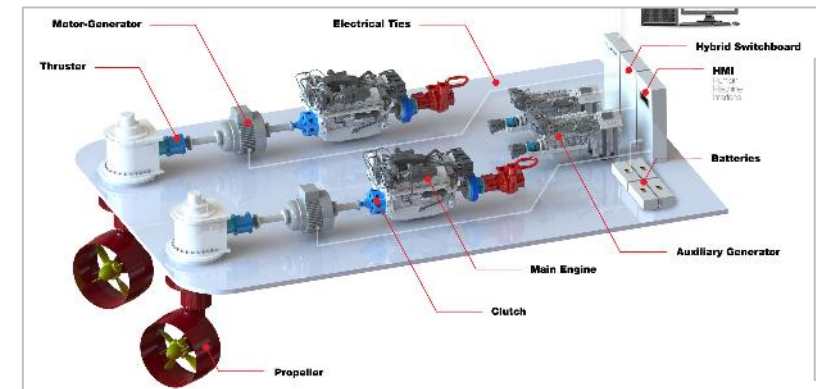
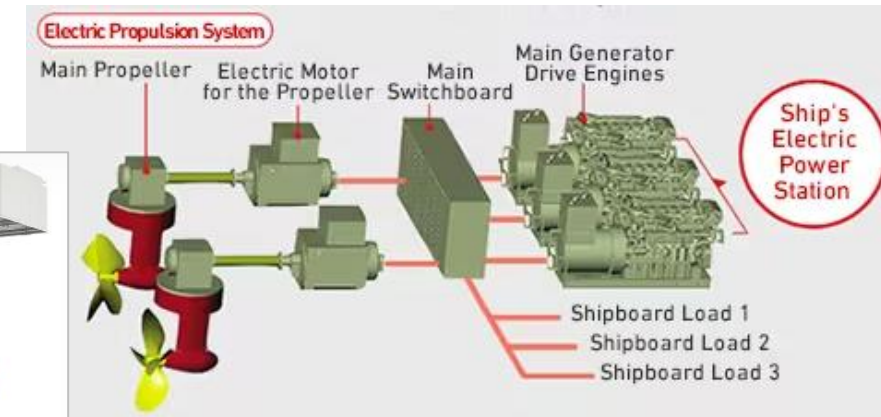


Hybride : Propulsion Diesel + ME sur l'arbre

Le réseau électrique alimente les besoins à bord et assiste la propulsion Diesel selon différents modes (boost, full-electric, regenerative, ...)

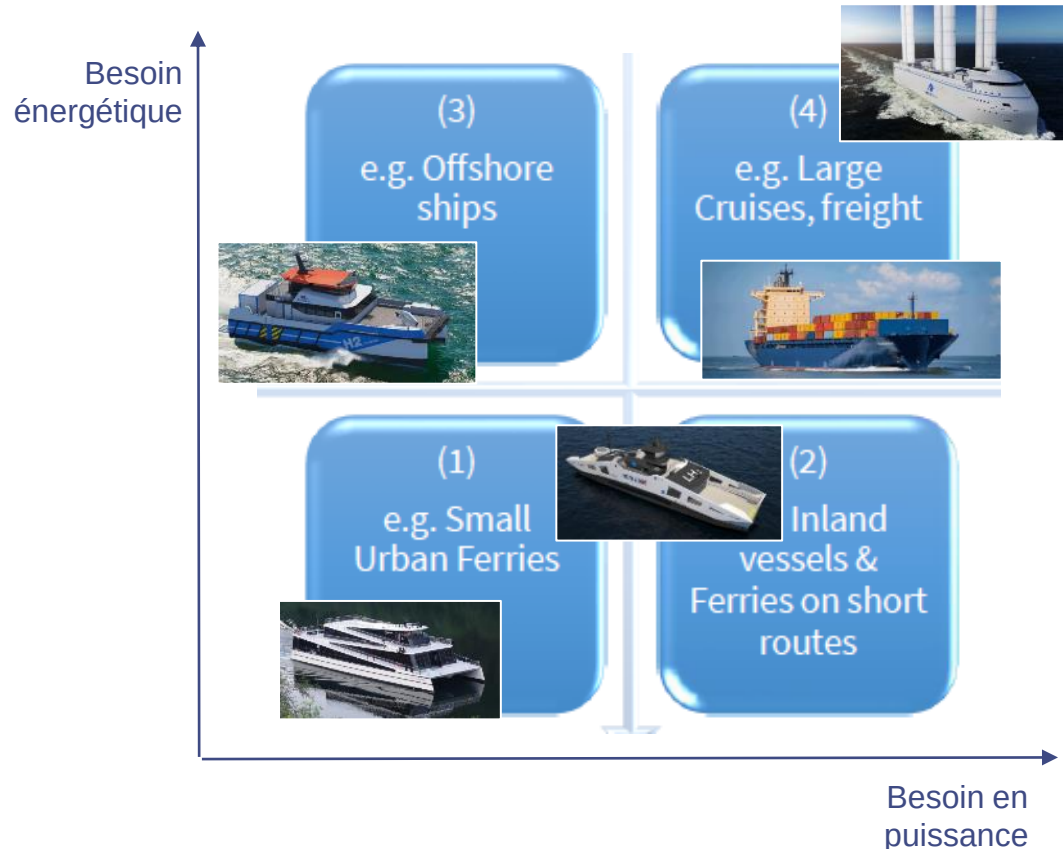
Electrique : Le réseau électrique alimente la propulsion et les besoins à bord via des générateurs (GenSet) et/ou autres solutions de stockages centralisés

Les sources électriques peuvent être hybridées (par exemple batteries et piles à combustible)



Electrification des navires

Quels enjeux, Pour quels navires et usages ?



La nature de l'électrification va dépendre :

Du besoin énergétique à bord

- ✓ Petits ferries / RoPax : « éligible » au tout-électrique avec batteries
- ✓ Bateaux de services (Offshore, tugboat, ...) : durée des missions et/ou capacité d'intégration à bord qui demandent une hybridation des sources d'énergie
- ✓ Paquebots / Porte-conteneurs : nouveaux carburants + branchement quai

Du ratio entre besoins propulsion et à bord, par ex :

- ✓ paquebots / grand ferries : centrale électrique pour l'ensemble des besoins
- ✓ Porte-conteneurs : centrale électrique pour les besoins à bord principalement

Du besoin en puissance, qui détermine la nature du réseau de bord

- ✓ DC vs AC : Efficacité optimale en DC, a fortiori avec nouvelles technos.
- ✓ Du niveau de tension nécessaire : basse / moyenne / haute tension ?

Des évolutions réglementaires

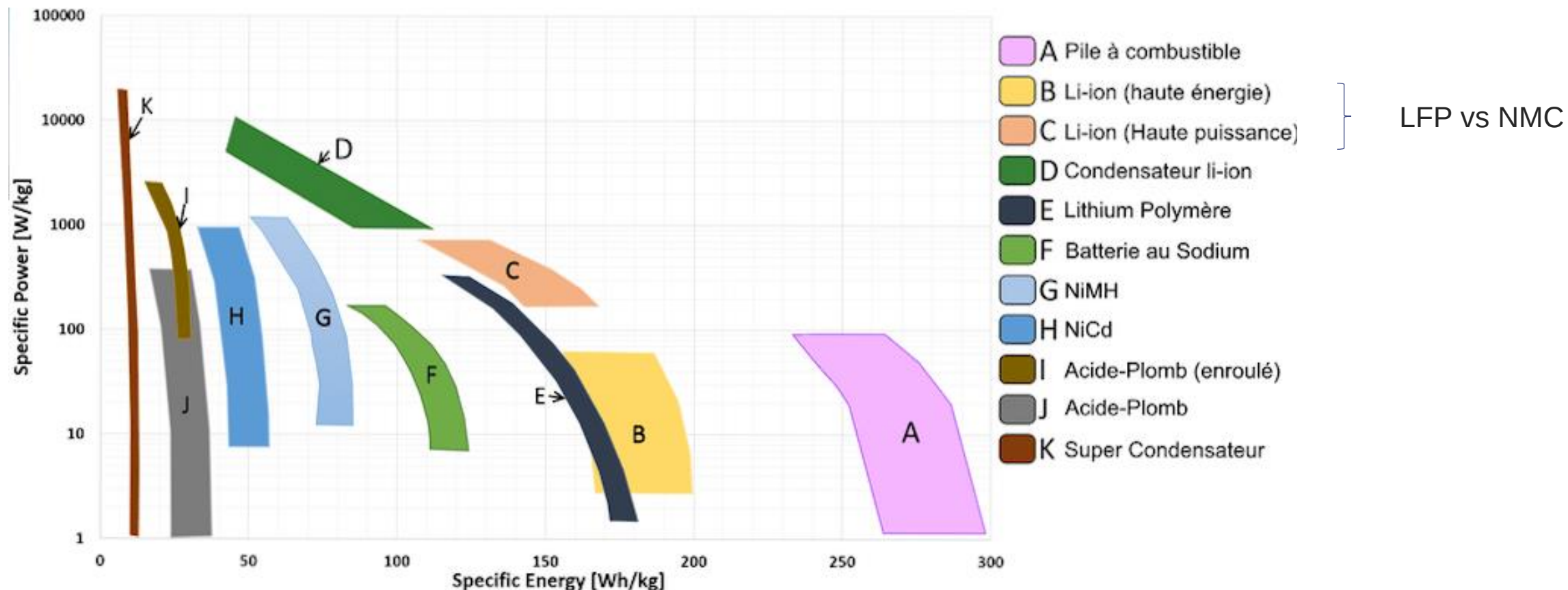
- ✓ Application réglementation FuelEU sur le branchement quai en 2030

Enjeux applicatifs / industriels :

- Disponibilité des solutions de stockage et infrastructures à quai
- Maturité / industrialisation des technologies à l'échelle
- TCO (CAPEX, OPEX)
- Fiabilité, sécurité et durabilité
- Réglementations, normalisations

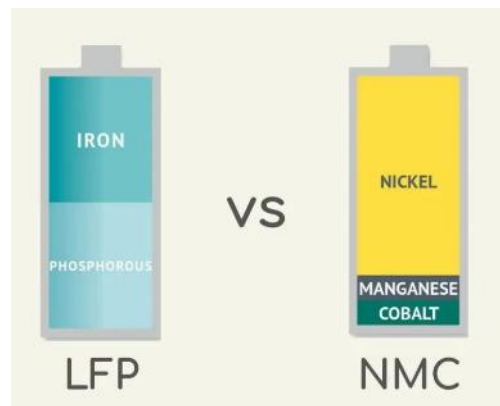
Stockage électrochimique

Comparaison des densité de puissance et énergétique de différentes technologies

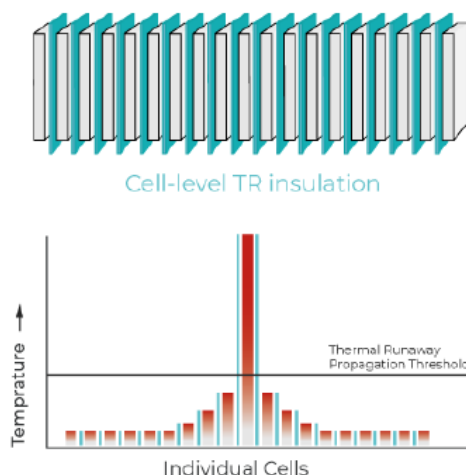


Stockage batterie

Un choix multi-critères : cas des batteries LFP vs NMC



	LFP	NMC
😊	- Stabilité de la chimie du phosphate de fer / risque minimal d'emballement thermique. - Longue durée de vie / grand nombre de cycles - Cout des matériaux	- Densité énergétique plus élevée - Performances équilibrées en termes de puissance et de capacité énergétique. - Plus légères
😞	- Densité énergétique plus faible - Légèrement plus lourdes	- Durée de vie relativement plus courte - Risque d'emballement thermique



- ✓ **La technologie NMC** est aujourd'hui favorisé pour la mobilité fort de ses performances et plus grande densité, mais est relativement chère et potentiellement instable en conditions extremes.
- ✓ **La technologie NCA** (Nickel Cobalt Aluminium) est une alternative plus économique que le NMC mais avec des contraintes similaires de stabilité thermique
- ✓ **La technologie LFP** lui est préférée pour des applications stationnaires de fortes capacités ou la densité est moins contraignante.

➤ Pour des applications maritimes :

- les solutions NMC et NCA intègrent une isolation passive entre cellules pour limiter les risques d'emballement thermique.
- A l'échelle système, les solutions LFP peuvent combler leur déficit de densité par une intégration intra-module plus compacte et une isolation passive à l'échelle d'un module

Stockage batterie

Une offre dédiée maritime mature



Corvus Energy

Leader mondial des batteries pour le maritime (Norvège)



- Une gamme adaptée au maritime
 - Différentes chimies (NMC, LFP, NMA)
 - Différents produits orientés puissance ou énergie
- Installations de batteries sur plus de 500 bateaux
 - + 650 MWh
 - + 7 000 000 heures de fonctionnement

Integration nouveau design :

Intégration modulaire dans une salle dédiée



Leclanché
Energy Storage Solutions

Marine Rack System (MRS) :

- Cellules G/NMC à haute énergie 60 Ah
- Intégration modulaire / racks
- Certifications DNV & Lloyd's Register



Integration retrofit :

Solutions en container (Type-approved)



Stockage H2 + conversion PEMFC

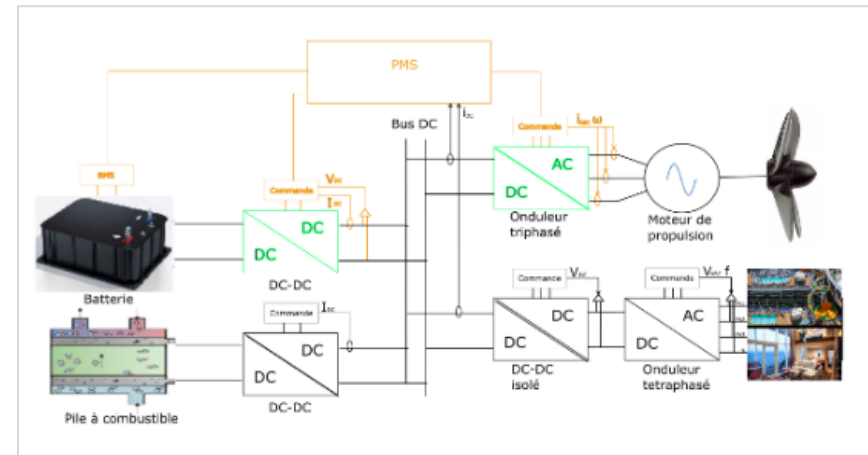
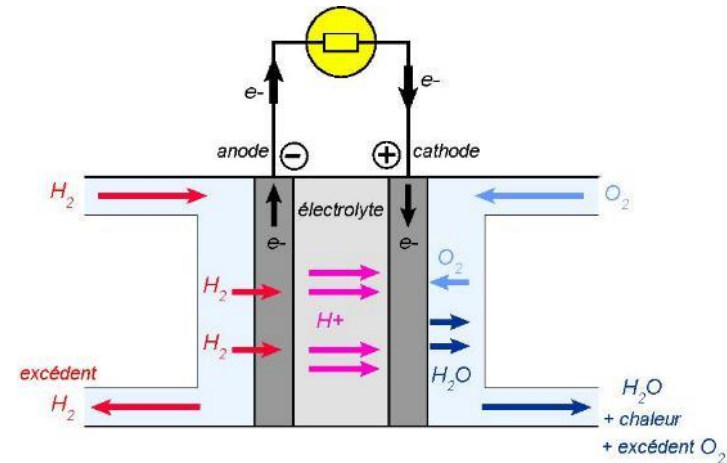
Solution « prolongateur d'autonomie » sur applications DC basse tension

- ✓ Les piles PEMFC offrent un meilleur rendement qu'une solution MCI, a fortiori avec une hybridation batteries
- ✓ Solution zero-CO2

Mais :

Disponibilité / infrastructures H2 vert

Contraintes fortes d'intégration / certification



Stockage H2 + conversion PEMFC

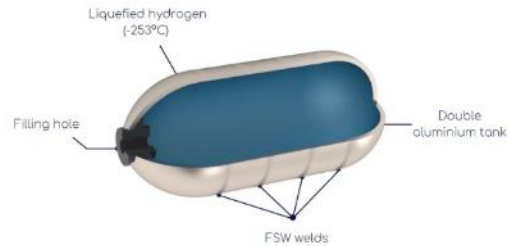
Une offre dédiée maritime en construction

Sur le marché : stockage H2 comprimé



*Réservoir type IV à 350 bars
796 litres / 19.1 kg d'H2
244 kg au total.
en matériau composite de
fibres de carbone*

En développement : stockage liquide



*Réservoirs cryogéniques
en aluminium (-253°C)*



*Hydrogénation de
molécules organiques ou
de synthèse liquide*

Piles à combustible PEM



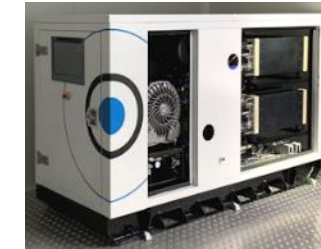
*Leader mondial pour
le maritime (Canada)*



Système **FCWave™**
200 kW certifié DNV
Partenariat avec ABB
pour le design d'un
système 3 MW



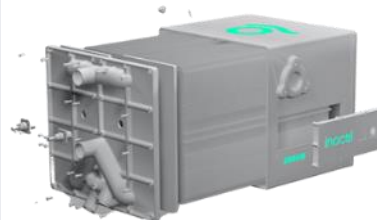
Filiale d'Alstom



Système **FC-RACK**
Stacks ~100 kW
intégration modulaire
BV et RINA approval



*Startup créé en 2022
(partenariat CEA)*



stack Z300 300 kW
Efficacité max 60%
100 kg / 110 litres
(sans auxiliaires)



Startup créé en 2018

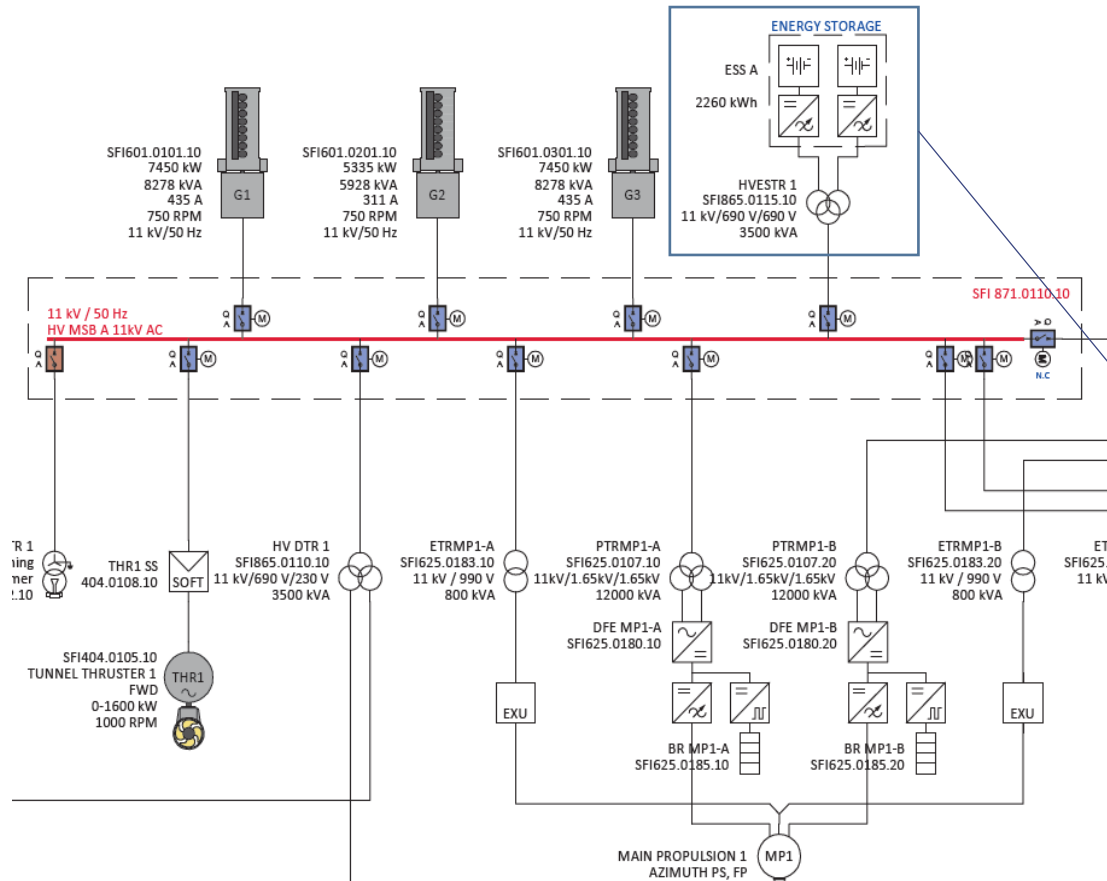


module complet HPM
250 kW
Efficacité max 52%
160 x 120 x 150 cm
930 kg

Intégration réseau de bord

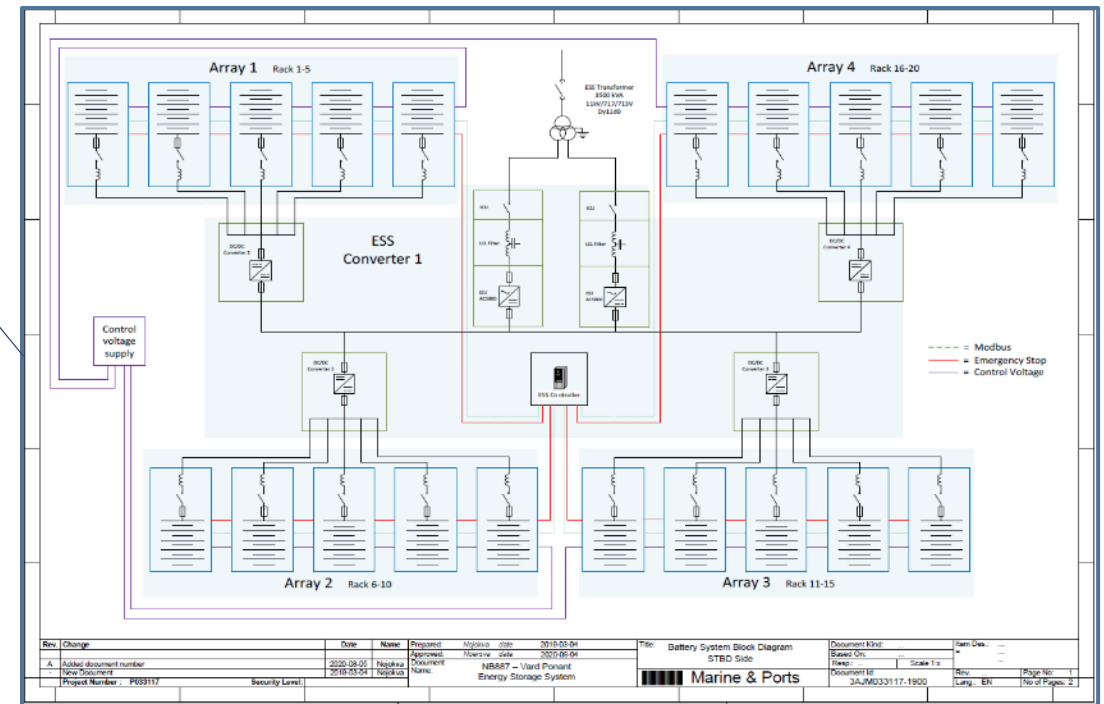
Cas du Commandant Charcot – Ponant

Réseau électrique centrale AC 11kV avec groupes Diesel + systèmes batteries 4.5 MWh



Intégration par grappes = 3 étages de conversion

- Une grappe : 5 racks de 110 kWh sur une convertisseur DC/DC
 - 2 grappes sur un convertisseur DC/AC
 - Puis transfo 11kW
- Une intégration non-optimale d'un point de vue efficience.



Intégration réseau de bord DC

Feuille de route : Transition vers des **réseaux électriques DC** pour optimiser l'utilisation de nouvelles technologies batteries et piles à combustibles, et le rendement global.

Enjeux :

Disponibilité des produits / convertisseurs en fonction de la tension de bus et puissances nécessaires

➤ Actuellement un enjeu fort sur la disponibilité de « DC-breaker » MVDC

Stabilité et protection d'un réseau DC « multi-sources multi-charges »

- Sélectivité et protection de service
- Reconfiguration

➤ Par exemple problématique d'impédance des sources (notamment PEMFC)

Changement de paradigme gestion en puissance (PMS) vs gestion en énergie (EMS)

Optimisation de l'architecture / Intégration modulaire pour :

- Faciliter la montée à l'échelle de puissance, l'intégration, la maintenance
- Une gestion optimale de l'énergie (rendement), répartition de puissance et vieillissement
- Standardiser l'utilisation de sources d'énergie hétérogène (hybridation de technologies)

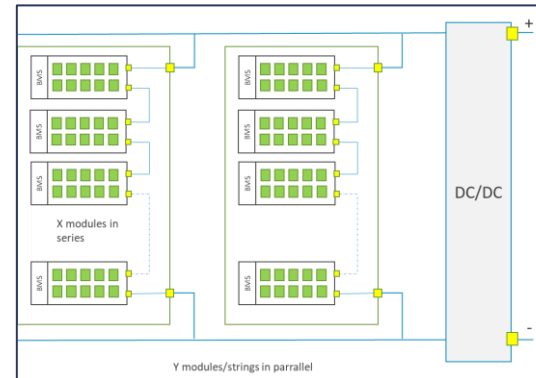
Problématique intégration forte puissance / capacité

Etat de l'art intégration modulaire : Intégration en racks des modules batteries avec mutualisation des auxiliaires à l'échelle système

Problématique : Quid de la conversion électrique pour l'intégration d'un système batterie forte capacité sur le réseau électrique (DC ou AC) ?

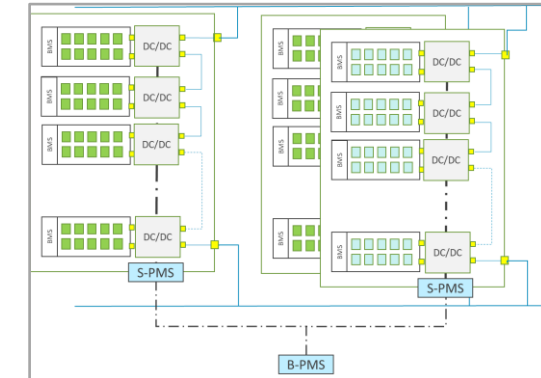
Solution de référence :

- Mise en série / parallèle de modules pour dimensionner la capacité et la tension du système
- Intégration réseau avec un seul convertisseur pour contrôler la puissance et découpler la tension.
- Contrôle directement par le PMS du navire



Solutions en développement :

- Intégration de solutions de commutation et/ou conversion à l'échelle des modules et/ou sous-systèmes
- Nécessite une couche de contrôle PMS dédiée au système de stockage



Avantages :

Facilite l'hybridation de technologies (différentes technologies batteries, de super-capacités, piles à combustible)

Contrôle de la répartition de puissance pour optimiser les performances et la durée de vie des modules.

Reconfiguration / continuité de service

Inconvénient : Compromis nombre de composants / sur-cout

Résumé

Les solutions de stockage batterie existent aujourd'hui pour des navigations « faibles distances » comme les navettes fluviales, ferry et RoPax

- ❑ De plus en plus de navires fonctionnent en tout électrique avec des batteries > MWh
- ❑ L'accélération du déploiement de ces applications à court terme dépend des infrastructures de recharge.
- ❑ L'accélération à moyen terme pour des applications de plus fortes capacités dépend de l'amélioration des caractéristiques des systèmes batterie : densité énergétique, stabilité thermique, intégration électrique.

Les solutions de conversion H2 + piles PEMFC se développent pour :

- ❑ Augmenter l'autonomie d'applications avec de plus forts besoins, comme les navires de services offshore
- ❑ Décarboner la production d'électricité pour les besoins à bord (hotel load)
- ❑ Mais ces applications souffrent d'un problème de disponibilité des infrastructures H2 vert et des contraintes actuelles de certification

Ces solutions s'intègrent aujourd'hui sur des réseaux DC basse tension (<1500 V) et patissent d'un besoin de conversion AC sur les navires déjà électrifiés via un réseau de bord AC moyenne tension et des générateurs électriques Diesel.

Le déploiement à un plus large panel de navires et d'applications passe par **une plus grande utilisation de réseaux DC moyenne tension** pour limiter la chaîne de conversion et maximiser le rendement. Mais cela demande aujourd'hui des développements :

- Sur les composants de protection des réseaux, et notamment les DC-breaker pour protection contre les surintensités.
- Sur l'architecture électrique afin notamment d'optimiser et faciliter l'utilisation de plusieurs sources (batteries, piles, PV, ...)
- Sur le contrôle des différents composants afin d'optimiser l'énergie et la durée de vie.

Plateforme CEA SEA'ENERGY

Marinisation des systèmes énergétiques

Nouveaux systèmes énergétiques et matériaux pour des applications maritimes

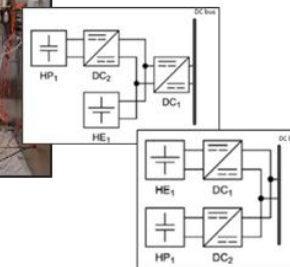
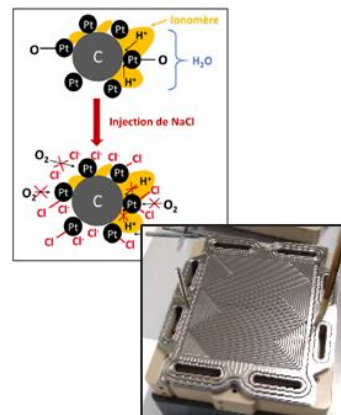
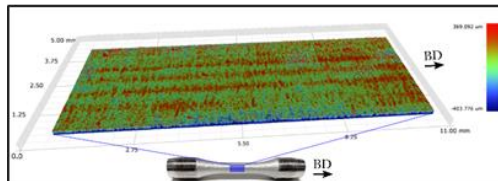
Méthodologies et moyens de conception et qualification

AXE 1 : Durabilité de nouveaux matériaux et technologies en environnement marin

- Matériaux métalliques et composites
- Piles à combustible (PEM & SOFC)
- PV flottant, électrolyseur

AXE 2 : Mise à l'échelle multi-MW de nouveaux systèmes énergétiques pour les navires

- Electrification / hybridation (batteries et hydrogène)
- Architectures électriques
- Production de nouveaux carburants (H_2 , NH_3 , Méthanol ...)



Matériaux

Composants

Briques technologiques

Systèmes

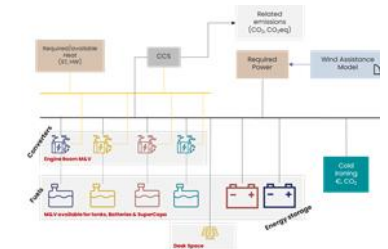
Chaînes énergétiques

Plateforme CEA SEA'ENERGY

Exemples de travaux

Evaluation et optimisation de chaines énergétiques

- ✓ Evaluation de chaines propulsives et énergétiques de navires au regard de l'évolution réglementaire de réduction des GES.



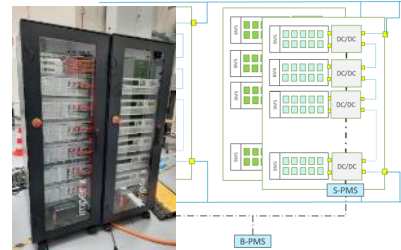
Validation d'un système complet en environnement d'usage

- Evaluation d'un système et son contrôle avec simulation temps réel du réseau électrique du navire et des appels de charge en fonction de différents profils opérationnels.
- ✓ Système hybride pile PEM 200kW + batterie
- ✓ Système batterie hybride 280 kWh (modules HE & HP)



Prototypage d'architectures électriques et contrôleurs

- ✓ Prototypage d'une architecture électrique d'un système batterie hétérogène 1 MWh (modules HE et HP)
- ✓ Evaluation d'une architecture hybride batterie tout solide + super-condensateurs
- ✓ Développement contrôle « power balancing ».



Briques technologiques

Systèmes

Chaines énergétiques



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**

saft Marine Business

Mathieu BELLE

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Mathieu BELLE

Ingénieur ENSAM

Saft depuis 1992

Production / Développement

Chef de projet batteries

Marketing-Business development & support technique

Division ADP Aerospace Defense & Performance



€1.2 B

revenues in 2023
+18% vs 2022



4300

employees
69 % men, 31 % women & 56 nationalities



3000

customers in 2023



€101 M

invested in
R&D in 2023



42

patents filed in 2023



Aerospace, Defense & Performance

- Communication, scientific and observation satellites
- Satellite launchers, space vehicles
- Defense ground vehicles
- Racing
- Commercial and military aircraft



Connected Smart Energy

- Smart metering
- Internet of Things
- Electronic Toll Collection
- Asset tracking
- Security systems



Energy Storage Systems

- Storage of renewable energy
- Support grid stability
- Frequency regulation
- Commercial & industrial back-up
- End user peak shaving



Industry, Mobility & Infrastructure

- Utilities & substations
- Industrial buildings
- Data Centers
- Off-road vehicles
- Rail rolling stock & trackside

Saft développe et produit
des accumulateurs li-ion et
des systèmes batteries complets,
incluant BMS et refroidissement



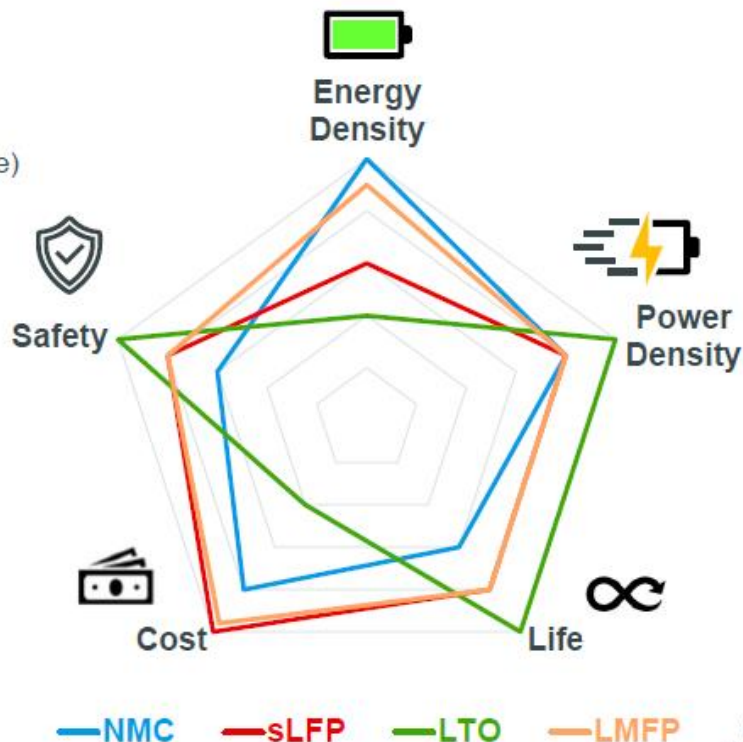
Lithium-ion technologies

CATHODE

NMC (Nickel Manganese Cobalt) 
sLFP (Lithium Iron Phosphate)
LMFP (Lithium Manganese Iron Phosphate)

ANODE

Graphite 
LTO (Lithium Titanate Oxide)



Cylindrical



Prismatic hard casing



Prismatic Pouch



Division **ADP**



- Satellites et lanceurs
- Constellations
- Torpilles
- Marine & Sous-marins
- Racing



Marine – Offre potentielle

ADP: batteries
embarquées sur navires



IMI: systèmes de manutention,
équipements terrestres



ESS: Réseaux « microgrid »
alimentation du port



Marine – Système batterie

Seanergy 2.1

Battery system performance		
Product range	Seanergy 2.1	
Module configuration	12S Air-cooled	
Number of independant branches	1	
Number of ESSU - Total / Per Branch	1	1
Number of modules in ESSU	24	
Maximum Voltage	1051 V	
Nominal voltage	927 V	
Nominal energy	247 kWh	
	180 Wh/l	110 Wh/kg
Minimum energy	247 kWh	
Continuous discharge power: 1 ESSU / Branch	124 kW	124 kW
1 ESSU Max Cont. Charge power	124 kW	
Height of ESSU	2 080 mm	
ESSU Footprint on floor w/o corridor	0,70 m²	
Length / Depth for 1 branch of 1 row	729 mm	960 mm
System weight (tons)	2 270 kg	
Parallel connection of ESSU (data only)	MBMM	Modbus

248 kWh



Bateaux équipés du système Seanergy 1.0



Sweden – Ballerina



France – Keolis

Application vessel:

- Norway: Supply vessel load smoothing
- Norway: Kystverket – 875 kWh
- UK: SDA Polar Vessel – 1.5 MWh

Hybrid ferry & mega yacht

- Glasgow: CMAL – 800kWh
- Italy: ZOZA – 3MWh

Hybrid Diesel Shuttle

- Bordeaux: Keolis – 140kWh

European projects

- Posezidon, Tefles
- Joules: ultra low emissions

Electric shuttles

- Paris: ICAD Shuttle – 140kWh
- Stockholm: Ballerina – 500kWh



Italy – ZOZA



UK – Sir David Attenborough



**MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050**

Electrification de la Flotte

Renaud Cornu

GE Power Conversion France



GE VERNOVA

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



GE Vernova: Notre portefeuille

12 BU

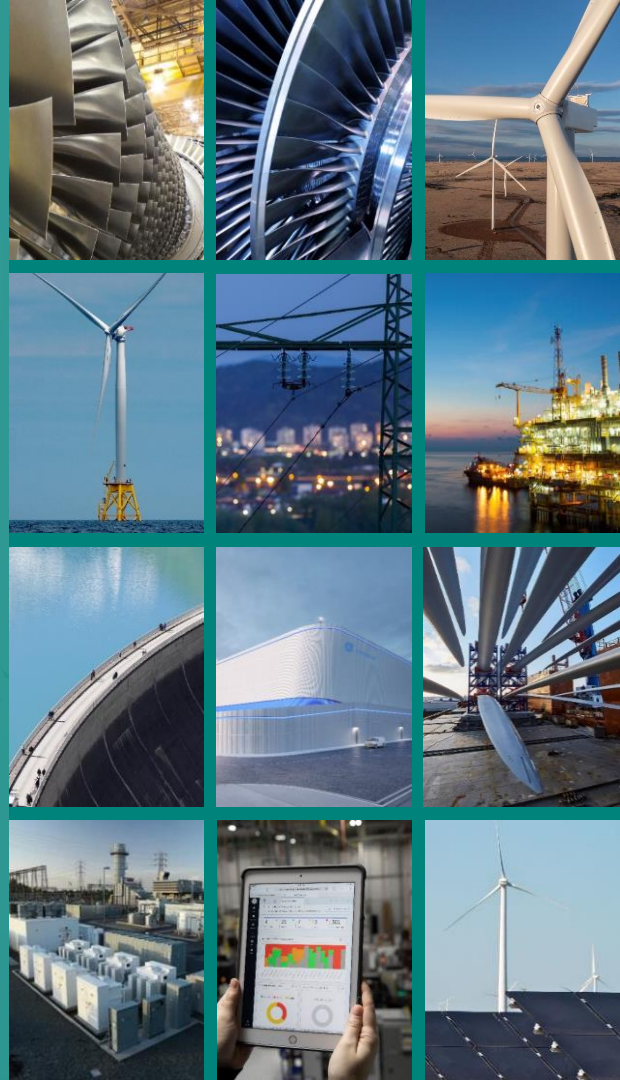
- Digital
- Energy Financial Services
- Gas Power
- Grid Solutions
- Hybrids Solutions
- Hydro Power
- LM Wind Power
- *Nuclear*
- Offshore Wind
- Onshore Wind
- **Power Conversion**
- Steam Power

7,000 turbines à
gaz d'installées

180 pays

52,000
éoliennes installées

1000+ systèmes
de propulsion à la mer



ELECTRIFICATION



DE LA FLOTT

POWER CONVERSION

LES SYSTEMES ELECTRIQUES SONT FLEXIBLES AVEC DE NOMBREUSES ARCHITECTURES & HYBRIDATIONS

ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

Moyenne ou Basse Tension

Alternatif ou Continu

Mise à l'échelle

GENERATION & PROPULSION

Machines tournantes

Convertisseurs et Transfos

Batteries

Piles à Combustible

Propulsion vélique

.....

AUTOMATISMES & SYSTEMES DE CONTROLE

Système de gestion de l'énergie

Suivi et diagnostic à distance

Solutions d'analyse pour de la maintenance
prédictive



HYBRIDATION ELECTRIQUE

Un champ de possibilités

- Intégration de solutions moins/non polluantes
- Distribution, Partage & Gestion de l'énergie
- Electrification partielle

SeaGreen™ PTO/PTI & Battery Energy Storage

- Un système simple et efficace pour améliorer les rendement et diminuer les emissions pour respecter les réglementations en vigueur

SeaGreen™ Fuel Cell Systems

- Piles à combustible PEM HT/BT ou SOFC pour opérer sur des profils spécifiques en zero emission

SeaCurrent™ Advanced AC and DC Architectures

- Basse Tension / Moyenne Tension
Courant continue / Courant alternatif





© 2024 GE Vernova and/or its affiliates. All rights reserved.

INTEGRATED VESSEL SYSTEMS

Nouvelles technologies

Haut rendement machines & convertisseurs

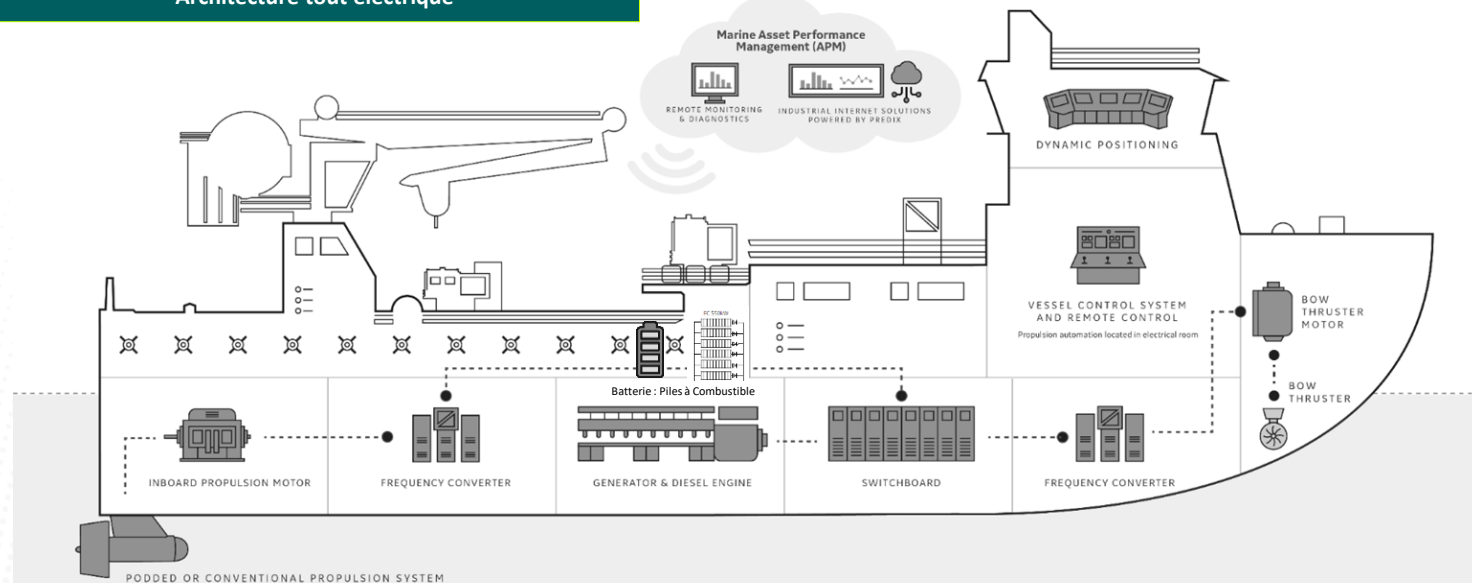
Réduction des émissions avec de nouvelles énergies

Electric grid to integrate energy storage and fuel cells

Gestion de l'énergie & disponibilité

Optimized processes and energy usage

Architecture tout électrique



© 2024 GE Vernova and/or its affiliates. All rights reserved.

Merci



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**

FILAE

IRT SAINT EXUPÉRY

Thomas DELSOL



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



FIT : 15 IRT et ITE, instituts thématiques pluridisciplinaires.

Notre vocation

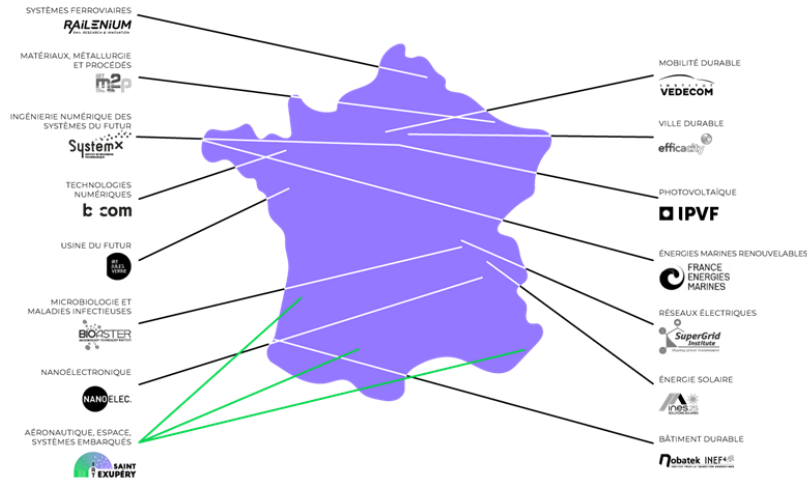
Renforcer la compétitivité
de l'industrie en France

Notre mission

Accélérer l'innovation et le transfert
technologique vers l'industrie

Notre cœur de métier

La recherche collaborative



L'IRT SAINT EXUPÉRY en quelques chiffres (2023).

42 M€

Budget
annuel

126

Membres
industriels

30

Membres
académiques

275

Publications &
communications

257

Collaborateurs IRT
dont 20 doctorants

366

109

Collaborateurs MAD

Notre stratégie.

12 compétences de l'IRT Saint Exupéry

- Énergie haute tension >
- Énergie haute fiabilité >
- Énergie haute densité >
- Matériaux métalliques et procédés >
- Surfaces / assemblages >
- Matériaux composites >
- Apprentissage avancé >
- IA pour les systèmes critiques >
- Connectivité & capteurs intelligents >
- Ingénierie Des Systèmes >
- Optimisation Multi Disciplinaires >
- Systèmes Embarqués Critiques >

4 Axes technologiques



FILAE



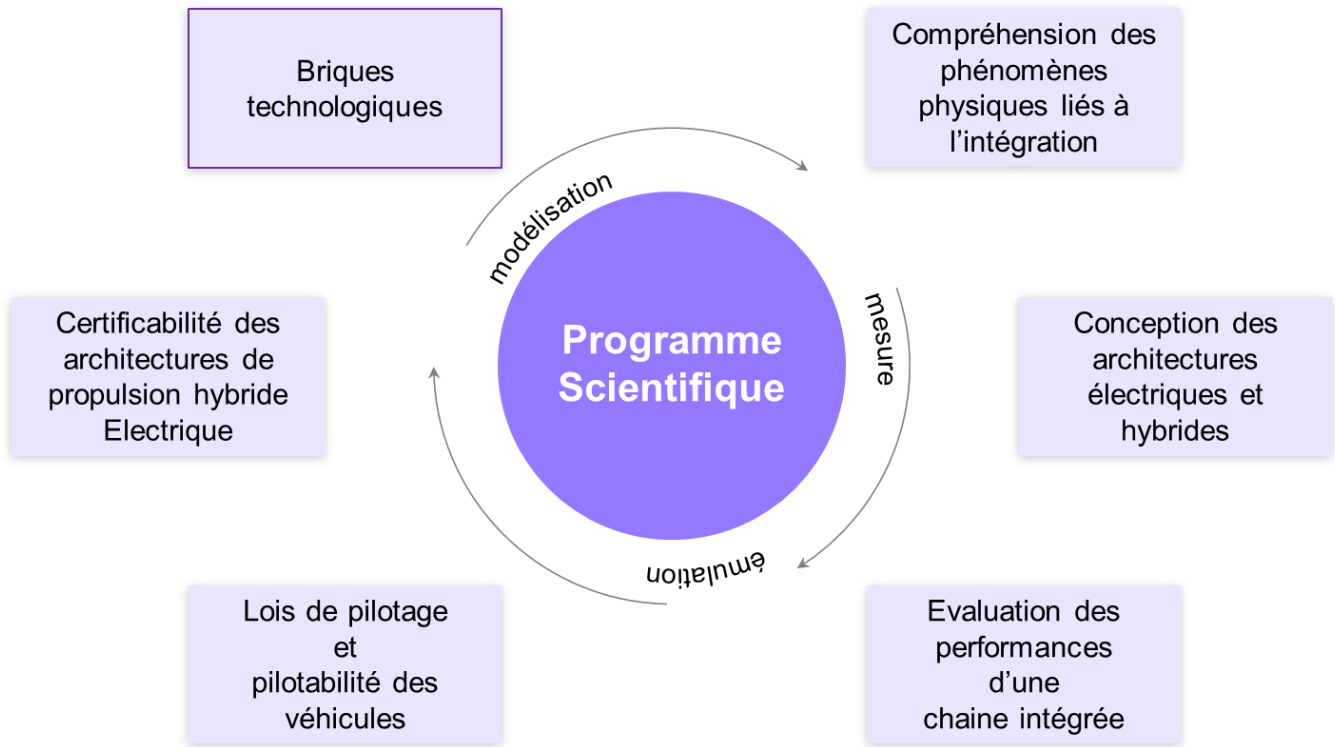
en soutien à la FILière Aéronautique Electrique et autres mobilités

Programme de soutien aux technologies d'électrification d'avions légers (CS23)
et préparation de l'électrification de l'aviation commerciale (CS25)



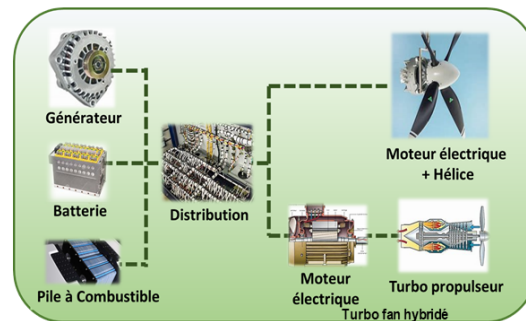
Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024





Compétitivité :

1. Contribuer à structurer une filière française et européenne en **électronique de puissance** (SiC/GAN) compatibles avec l'environnement aéronautique
2. Développer les activités de R&T pour supporter la gamme des avions CS23
3. Développer des briques de technologies clés pour une **chaîne électrique propulsive**



Ressourcement : contribuer à la mise en place de formations initiales et continues

1. « Graduate school » (EUR, Ecole Universitaire de Recherche)
2. Masters spécialisés
3. Modules de formations à destination des industriels
4. Amplification de l'écosystème Recherche avec le lancement de 30 thèses, 30 à 50 post doctorats & 50 stages et alternances

Coopération : positionner l'IRT Saint Exupéry comme un **opérateur** capable d'activer les **synergies** entre la filière aéronautique et les autres filières concernées (électronique, automobile, rail, ...), entre acteurs à la fois publics et privés.

2 thématiques décomposés en 12 projets

Thématique 1 : Electronique de puissance embarquée (grands gaps)

Thématique 2 : Densification et durée de vie des systèmes électriques, hors électronique de puissance

Projets	Sujets	Budgets projets (M€)	2023				2024				2025				2026				2027				2028				2029				2030				2031			
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
GRINHELEC	Isolants biosourcés de harnais de forte puissance	3,2																																				
SICRET+	Fiabilité des modules SiC	6																																				
REPOWERDRIVE	Phase 1 - CEM et filtres et méthodologies d'optimisation	1,5																																				
	Phase 2 - CEM et filtres et méthodologies d'optimisation	4,3																																				
SSB	Batteries tout solide	2,6																																				
MEL	Machines électriques	2,5																																				
THERMIX	Solutions de refroidissement	2,6																																				
HIGHVOLT 3	Phase 1 - Modélisation des arcs électriques (Thèse)	0,3																																				
	Phase 2 - Densification & haute tension	7																																				
GANRET+	Fiabilité des modules GaN	5																																				
SOLER 2	Fiabilité des assemblages	1																																				
SUMOT	Support à la montée en tension	2																																				
SOCOOL 3	Refroidissement diphasique	1																																				
HEMOWHY 2	Piles à combustible	1																																				
Total		40																																				

Tranche supplémentaire de 20 M€ à rediscuter

Merci pour votre attention



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**



BUREAU
VERITAS

ELECTRIFICATION DES NAVIRES

18 septembre 2024



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



SUMMARY



FuelEU



Sources

Batteries

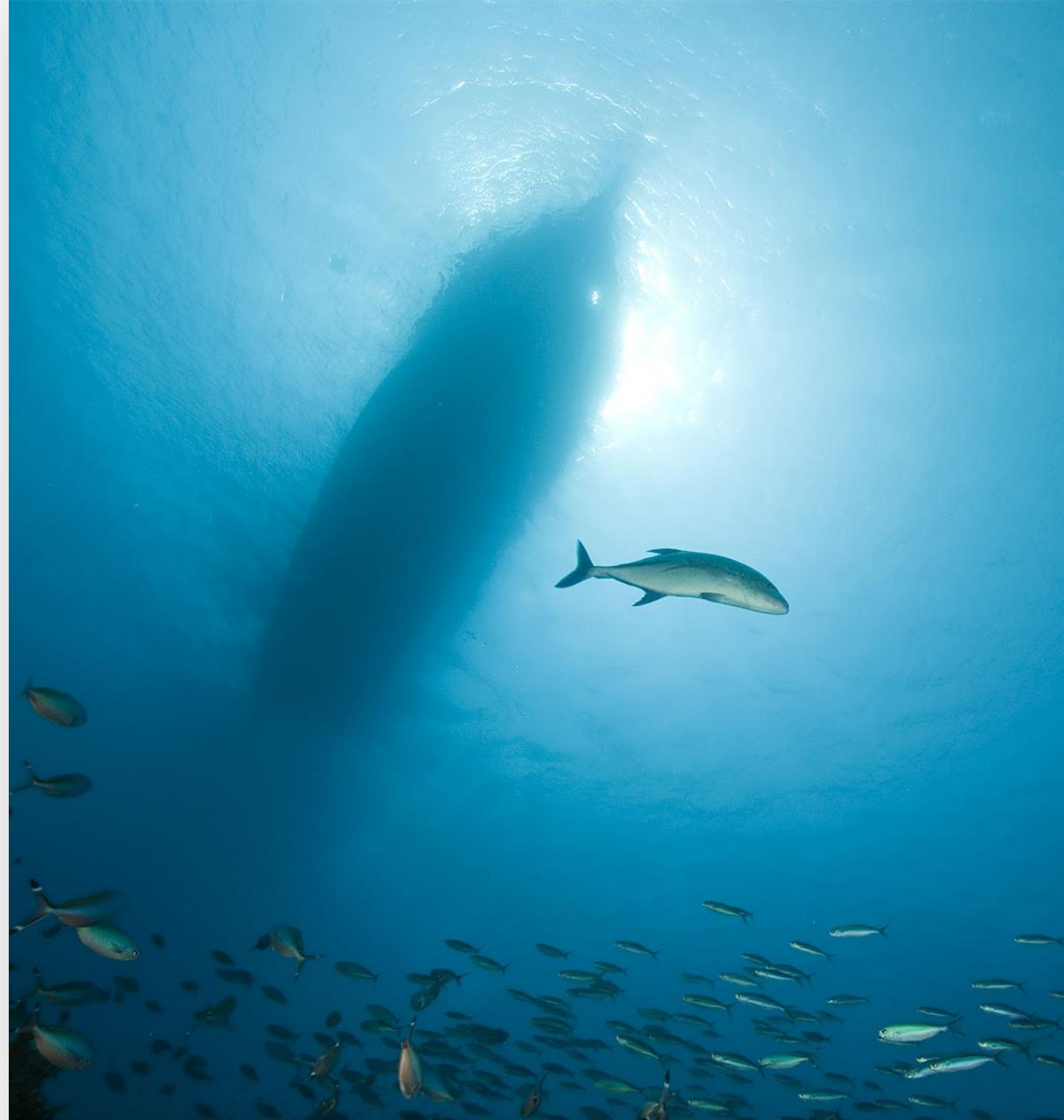
Alimentation par le Quai



Sécurité

Batteries et Transport

Fuel EU

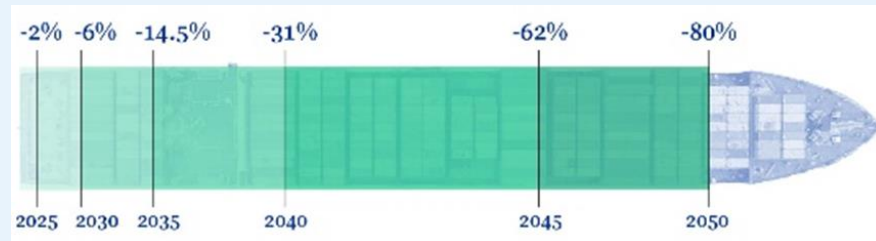


FuelEU MARITIME EN BREF

Scope: Navires > 5000 GT, intra-EU + 50% international, EU ports (55% des navires = 90% des émissions de CO₂ du secteur maritime)

2 mesures clés

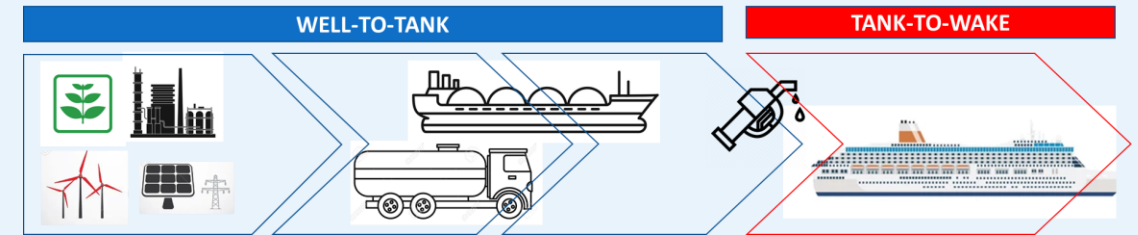
Mesure 1 : Réduire l'intensité des gaz à effet de serre de l'énergie utilisée à bord comme suit, par rapport à la moyenne de 2020 :



Mesure 2 : Utilisation de l'alimentation électrique à quai pour les porte-containers & les navires à passagers, à moins qu'ils n'utilisent une autre technologie à émission nulle. Ceci dans :

- tous les ports "AFIR" ports à compter du 1^{er} Janvier 2030.
- Tous les ports "non-AFIR" proposant une capacité OPS, à compter du 1^{er} Janvier 2035

- **Approche technologiquement neutre** : les opérateurs sont libres de choisir la technologie ou le type de carburant qu'ils utilisent



- **Intégration du CO₂, du méthane et du protoxyde d'azote dans une approche Well-to-Wake calculation** permettant une comparaison équitable des carburants
- **Mécanisme de flexibilité** via banking and borrowing: les excédents et (petits) deficits peuvent être reportés
- Mécanisme de **mise en commun volontaire** et ouvert pour inciter les plus performants
- **Non-conformité** – pénalité financière dissuasive
- Le suivi et le reporting sont basés sur l'approche **MRV**, avec quelques éléments supplémentaires

FuelEU MARITIME ET ALIMENTATION QUAI

- Containerships and passenger ships (>5,000GT) required to connect to onshore power supply, securely moored at berth, in all AFIR ports, as from 1 January 2030.
- Containerships and passenger ships (>5,000GT) required to connect to onshore power supply, securely moored at berth, in all non-AFIR ports, as from 1 January 2035, for all ports that develop OPS capacity.
- OPS obligation at anchorage excluded and made optional to MS whether to require this.
- Exemptions for:
 1. Short stays (<2hrs)
 2. Unscheduled port call due to safety
 3. Use of **zero emission technologies**
 4. Unavailable OPS connection in port
 5. Incompatible equipment in port
 6. In case of risk to the grid stability
 7. During emergency
 8. When requested by authorities for the purposes of maintenance/inspection.
- Limit on exemptions (4) and (6) from 1 January 2035, 10% of the port call that have taken place for a specific ship over a reporting period, rounded up to the nearest whole number, or to maximum 10 port calls during the reporting period, whichever is lower.



Courtesy : European Commission

SOURCES D'ÉNERGIE

BATTERIES

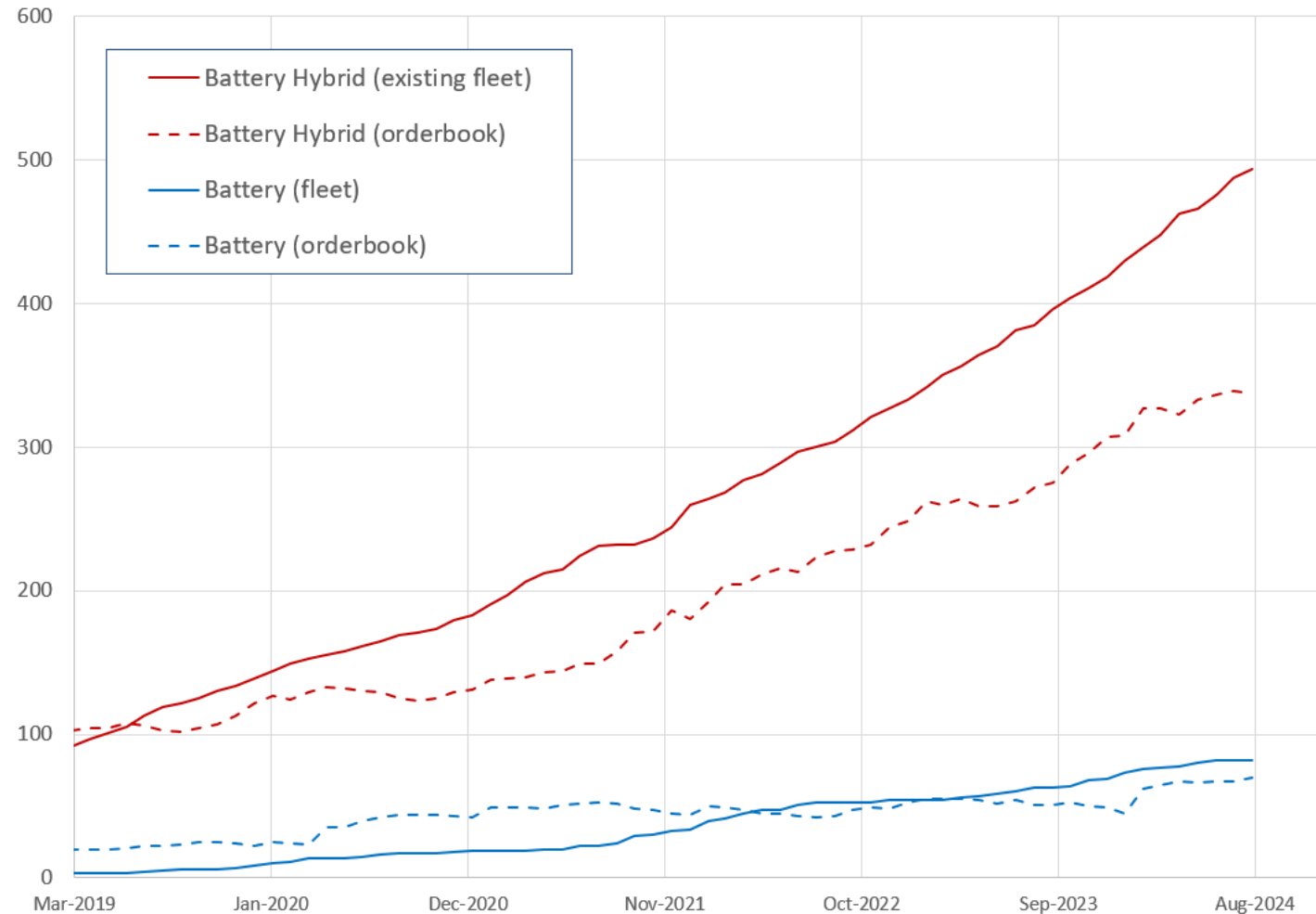
ET ALIMENTATIONS "PAR LE QUAI"



BATTERIES DU BORD - APERÇU DU MARCHÉ

- › Battery-Hybrid :
Flotte 500+, Carnet de commande 330+
- › 100% Batterie :
Flotte 80+ , Carnet de commande 70+
- › Tonnage moyen NC :
 - › Battery hybrid : 14 500 GT
 - › 100% batterie : 1350 GT

Source : Data Clarksons Août 2024



BATTERIES DU BORD - APERÇU DU MARCHÉ

› Capacité Moyenne :

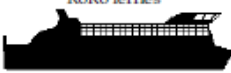
- › Inland cargo ships : 546 kWh
- › Coastal cargo ships : 1729 kWh
- › Deep-sea cargo ships : 466 kWh

› Approbation de type des batteries

- › Requis par la Classification (si >20kWh pour le BV)
- › Au total, 140 certificats sont émis à ce jour par les 8 principales sociétés de Classification (78 fabricants concernés)

Source : MBF

Figure 5. Example of ship types with suitable battery, source MDPI

Ship Type	Power (MW)	Electrical Service
 RoRo ferries	2-10	Load levelling Spinning reserve Full electric
 HSC ferries	1-15	Full electric Load levelling
 Cruises	20-70	Spinning reserve, immediate power Load levelling, grid stabilization Zero-emission short mission
 DP Class offshore vessels	30-50	Regenerative power Grid stabilization Spinning reserve
 Offshore Supply Vessels	10-20	Regenerative power Spinning reserve, peak levelling Grid stabilization
 Harbour tugs	2-4	Regenerative power Full electric Hybrid propulsion
 Fishing vessels	0.5-5	Load levelling, peak shaving Regenerative power Hybrid propulsion
 Shuttle tankers	10-20	Spinning reserve Peak shaving Load levelling
 Various with cranes	5-15	Regenerative power Load levelling, peak shaving Zero-emission short mission
 Yachts	1-30	Spinning reserve Peak shaving Load levelling Zero-emission short mission, port stay

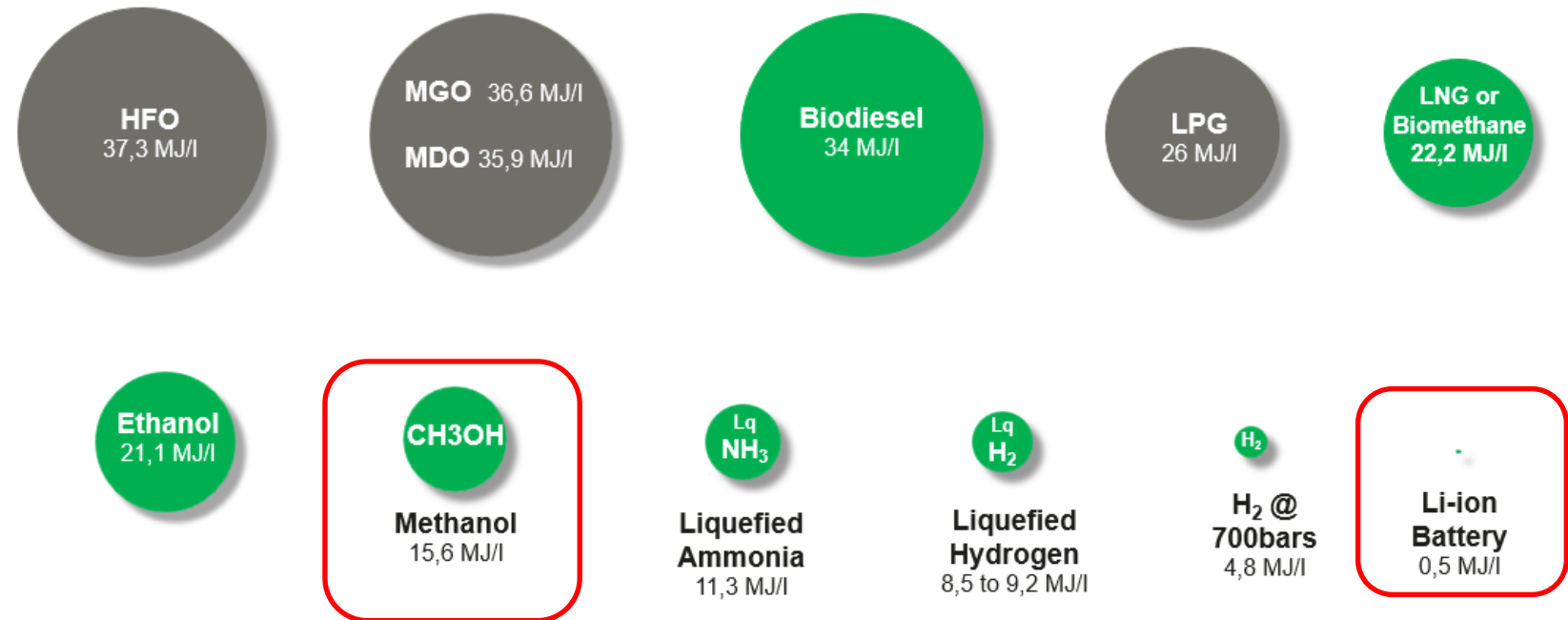
BATTERIES vs e-CARBURANT

Exemple de comparaison avec le e-méthanol

- › (+) La synthèse du e-methanol et son utilisation dans les MCI requiert 3,7 fois plus d'énergie que la charge et l'utilisation des batteries*

*Source : MMKMCZCS

- › (-) Densité énergétique :



INTÉGRATION À BORD

- Batteries à demeure sur le navire

- Batteries en « swapping » :

Unités porte-containers fluviales (Cosco 30 EVP, Alphenaar 2 EVP)

Volonté de standardiser le swapping à l'unité EVP (3MWh / 30t)

Facilités / Contraintes vs automobile :

(+) Gestion de la température, temps de charge, place

(-) Gestion risques incendie

Pour massifier la propulsion par batteries :

- › Adaptation des routes commerciales
- › Réduction des coûts (558€ / kWh en 2024, 378€ / kWh attendu en 2030)
- › Amélioration des techno (compacité)
- › Augmentation des stations de charge (à quai, en mer / éoliennes, en swapping, par barges ou e-tankers)



BATTERIES / NOTATIONS DE CLASSE BUREAU VERITAS

Battery system

- › Batteries utilisées comme équipement essentiel

Electric Hybrid

- › Navires équipés d'Energy Storage System (ESS) pour la propulsion ou la distribution

Electric Hybrid Prepared

- › Pour anticiper l'installation de batteries dans le cadre de la notation "Electric hybrid"

Hybrid Mechanical Propulsion

- › Dédiée au navire équipés à la fois d'une propulsion diesel et d'une propulsion électrique

ALIMENTATION « PAR LE QUAI »

Challenges : interconnectivité et inter-opérabilité, Concept : « Any ship, any port »

- **IMO :** June 2023, Interim guidelines on safe operation of onshore power supply (OPS) in port for international ships. (MSC.1/Circ.1675)
- **Europe :**
 - “Fuel EU Maritime” : Mandatory to use Onshore Power Supply in (2030 and 2035).
 - “EU Alt Fuel Infrastructure Regulation (AFIR)” : Mandatory to provide Onshore Power Supply.
 - Guidelines EMSA : « Shore-Side Electricity » - 2022
- **IEC :** IEC/IEEE 80005-1:2019: Utility connections in port – Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems
IEC/IEEE 80005-3.2(2024) : Utility connections in port - Part 3: Low Voltage Shore Connection (LVSC) Systems
 - › Densification des connexions quais :
 - › traditionnelles à quai, via des barges ou des e-tankers, ainsi que potentiellement en mer (éoliennes)
 - › Problématiques des fortes puissances vs énergie disponible

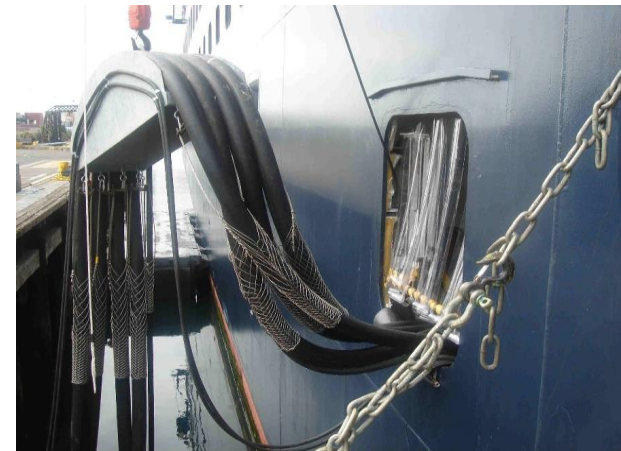


ALIMENTATION QUAI NOTATIONS DE CLASSE BUREAU VERITAS

OPS (U, f)

ONSHORE POWER SUPPLY pour haute et basse tensions + OPS Prepared (2024)

- Conformité IEC 80005
- Interface **Ship-to-Shore** : cable management, certification des prises
- Requis **Navire** : implantation du tableau, black-out, transfert de charge, arrêts d'urgence
- **Tests et essais** : Essais de type et de routine en conformité aux standards IEC et aux règlements BV



SÉCURITÉ NAVIRE

ET

TRANSPORT DE VÉHICULES ÉLECTRIQUES



SÉCURITÉ BATTERIES Li-ion DU BORD

Requis Classification Batteries Navire :

- › Protection par cloisonnement A60 si local adjacent « Cat. A Machinery Space » (*en cours d'évolution*)
- › Système d'extinction fixe, compatible avec les recommandations fabricant
- › Généralement Eau ou gaz + système de noyage
- › Système de détection de fumée, de chaleur, de gaz

Car Carriers : marque spécifique EVFP en cours de rédaction

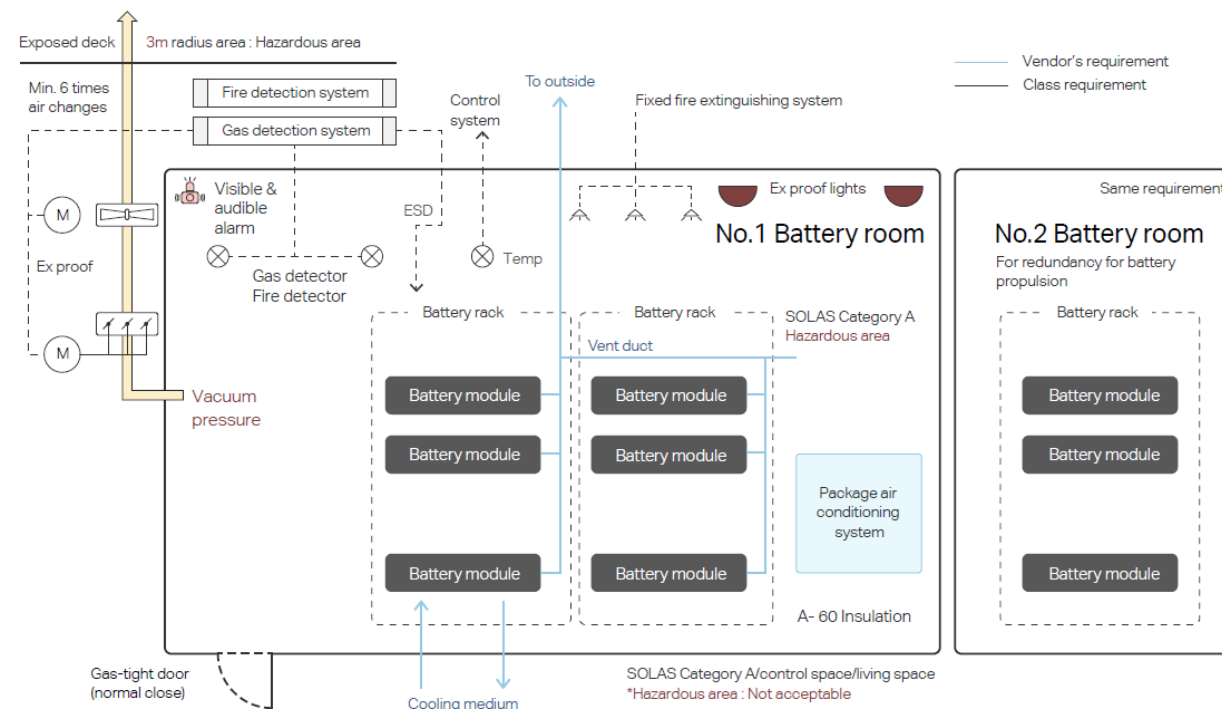


Illustration : Maersk Mc-Kinney Moler Center 2024

SÉCURITÉ TRANSPORT DE BATTERIES ET VE

Des recommandations de SoC



Aviation : ICAO – 2021 & IATA 2024

Packing Instruction 910 for Cargo aircraft & IATA Li-Ium Battery guidance document

- › SoC max 30% (en cas d'emballage thermique apparition plus systématique de flammes au-delà)



ONU : Recommandations proposées relatives au Transport des Marchandises Dangereuses ONU (2019)

- › ST/SG/AC.10/C.3/2019/46 Essais thermal runaway : bonne stabilité LFP vs NCM, NCA, LCO
- › Proposition de la Chine : SoC 30% max pour l'export (UN3480)



Europe : EMSA - 2022

Guidelines pour les AFV (Alternative Fuel Vehicles)

- › Ferries : pas de charge à bord sans risk assessment, Vidéo
- › PCTC : SoC de 20% à 50%, pas de charge à bord. Water / drencher. Pas de transport si véhicule accidenté ou batteries défectueuses
- › **Cascading sur certains pavillons** : max SoC 40% pour la Grèce (2070,0/28541/2024) / UK 2023 (MCA MGN 653) (pas de SoC max)



International : IMO – 2019 & 2024

MSC.1/Circ. 1615 – Interim guidelines Fire in ro-ro Spaces of Ro-Pax (2019) (Video monitoring, protection câbles)

SSE10 (Sub-Committee on Ship Systems and Equipment – 2024) : Proposition d'une feuille de route au comité MSC 109 prévu en 12/2024



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024

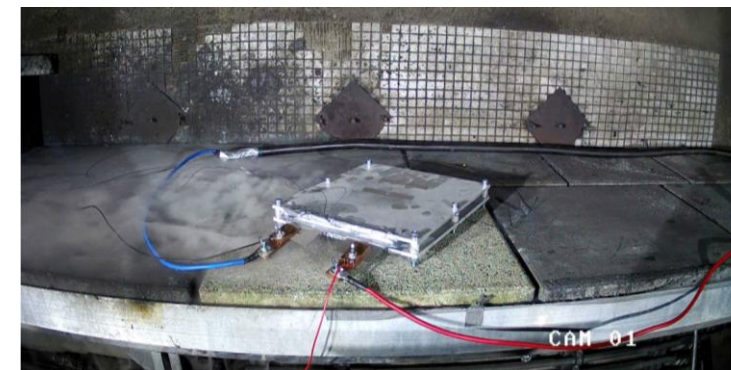


SÉCURITÉ TRANSPORT DE BATTERIES ET VE

De nombreuses études, ex. de l'Ineris (industriel)

Ineris :

« Moyen de maîtrise des risques des batteries pour les applications conteneurisées » – 2023



Extinction :

- › Systèmes gazeux : pas de refroidissement donc emballement thermique pouvant être propagé aux racks voisins. Utilisable pour le feu des accessoires (onduleurs, moteurs)
- › Aérosols solides : parfois inopérant selon la chimie de la batterie et les réactions associées
- › Brouillard d'eau + additifs : couverture « tri-dimensionnelle » (<> sprinkler), absorption de la chaleur. Essais à grande échelle nécessaires
- › Sprinkler : refroidissement des surfaces et donc protection des cloisons et systèmes voisins. Besoins en eau plus importants pour les NMC que pour les LFP
 - › Eau : capacité à refroidir à « cœur » les batteries (positionnement des buses), et courts-circuits possibles sur les modules sains (fusible thermique sur chaque module). Augmentation CO, H2 et HF à considérer

Mesure pour atténuer les phénomènes d'explosion :

- › Ventilation forcée (risques cependant d'inflammabilité, et inefficacité à certains endroits)
- › Event de surpression sur les containers (empilements non recommandés voire interdits en Hollande et aux US)

SÉCURITÉ TRANSPORT DE BATTERIES ET VE

De nombreuses études, ex. de l'Ineris (industriel)

Ineris :

« Synthèse des travaux sur l'extinction des feux de batteries Li-ion de véhicules électriques » – 2024

Dispositifs de lutte :

- › Couvertures anti-feu avec poignées de 6m x 9m : stoppe production de fumée et coupe le rayonnement thermique. Impossibilité d'étouffer les flammes, et nécessité d'éviter des poches d'air, donc peu efficace (usage préventif, i.e. uniquement avant emballement thermique ou en post-incendie)
- › Lances à eau : jusqu'à 30m³ d'eau supplémentaire nécessaire. Reprise possible du feu
- › Efficacité du Fireman Access (trappe thermofusible pour permettre d'y diriger une lance incendie)
- › Lances perforantes





PIERRE MADOZ

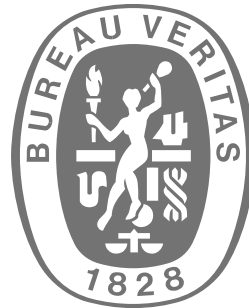
New Technologies and Innovation
Manager

+33 (0)6 89 98 53 37

pierre.madoz@bureauveritas.com

BUREAU VERITAS MARINE & OFFSHORE





**BUREAU
VERITAS**

Shaping a World of Trust





Alimentation Bateaux Retour d'expériences Christophe Gaigneux



Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Présentation générale / Principales caractéristiques (Non Standard IEC) / Alimentation Bateaux Hybrides & Electriques , FerryCHARGER©

Panto TYPE



Panto TYPE



Side Panto



Tower type



Bow type



Power

15 MW, High-Voltage
590 V, 1600 A

Power

3 MW, Low-Voltage
1000 VDC, 3000 A
Battery Energy: 1900 kWh

Power

2 x 1,5 MW
1000V (DC) / 1500 A

750 VDC / 2200 A

Power

0,5 MW
440V (AC) / 550 A

Présentation générale / Principales Applications suivant Standard IEC 80005

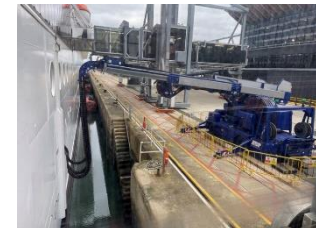
Ferry (RoRo, RoPax)



Containers



Croisières



Retour d'expériences

a) Global & Structurel :

- Le temps = Essence d'un projet (Anticipation), acteur de la decision
- Besoins actuels & futurs en Energie des bateaux a alimenter
- Accueil d'un type de bateaux par quai ou quai multi services
- Approche TCO ou Segmentée
- Partage des Données (cas des liaisons trans-rade, iles, -mer, - continent, ..)
- Business Case (financier)

b) Bateaux:

- Position en XyZ, (in)connue de la porte de borde pour la connexion
- Quelle version applicable du Standard IEC?
- Temps d'escales vs Temps de Connection

c) Infrastructures:

- Genie Civil (connaissance du quai)
- Configuration du quai (structure, bollards,reseaux, Grues, Passerelles,...)
- Marée, Submersion, Cavalement,
- Utilisation du Quai : zone ISPS, ouvert au public ??

d) Operation :

- Qui opère ? Comment ?

Christophe Gaigneux
+33 6 59 03 77 28
christophe.gaigneux@wabtec.com





MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050

Électrification navires et enjeux portuaires associés

Impact & Enjeux pour le réseau de distribution d'électricité

Gilles Plessis – Enedis Lab

Enedis et les missions du gestionnaire du RPD*

Missions confiées par les AODEs dans le cadre d'un modèle concessif :

- Exploitation, développement et modernisation du RPD
- Comptage
- Gestion des données associées

Tout en garantissant un accès sans discrimination au RPD.

Trajectoires prospectives et croissance d'activité

→ Raccorder ≈ 5 GW/an d'EnR

→ Accompagner l'essor du transport et de la mobilité électrique

Fin 2021



0.8 Million



13 million



16 GW



28 GW



12 GW



42 GW

Des réponses...

Infrastructure et patrimoniale mais aussi, ouverture des données, task forces, flexibilités...

* RPD : Réseau public de distribution d'électricité



Enedis devient en 2023 la première grande entreprise à mission française du secteur de l'énergie...

« Agir pour un service public de la distribution d'électricité innovant, performant et solidaire. Raccorder la société au défi collectif d'un monde durable. »

Développement et modernisation du RPD

Temporalité d'évolution et de modernisation du RPD

- Création de poste source $\approx$ 5 ans en incluant l'instruction administrative
 - Création & mutation de transformateurs généralement + rapide
- Spécificités du foncier en zones portuaires



Ferry Bastø électrique
OPC 9 MW & 4.8 MWh
de batterie



Catamaran électrique d'Incat
Batterie 40 MWh



Poste source Express Enedis

Échéances de la filière

- Les règlements européens AFIR & FuelEU Maritime
 - Échéances à **2025** et 2030 sur les ports RTE-T
- Durée de vie des navires variables $\approx$ 30-40 ans

Quels besoins pour la filière

Finalités : Rendre possible la décarbonation & limiter les émissions locales de polluants

Quels usages concernés par l'électrification du maritime, du fluvial et des zones portuaires :

- Grutage & logistique portuaire
- RENAQ pour les usages embarqués...
- Hub de charge pour les RO-RO et RO-PAX
- Raccordement des ENR en zone portuaire & production e-carburants...



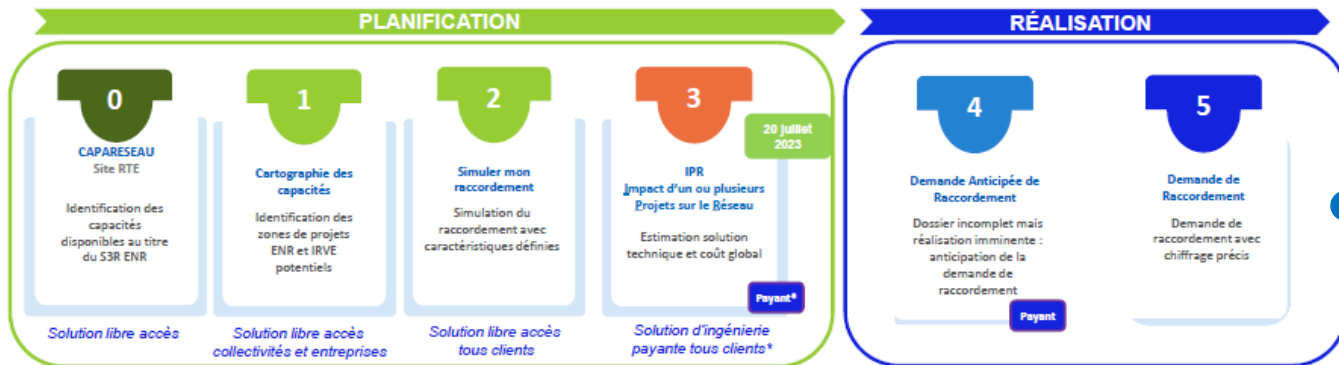
Réseau RTE-T – focus France

Segments de flotte et zones adressés, AFIR & FuelEU mais pas que...

→ Impact sur le développement du RPD en terme de plages de puissance, niveaux de tension (BT ou HTA), les volumes de raccordement dans le temps et les localisations...

Quelques ports accompagnés : Le Havre, Sète, Bordeaux, Paris, Dunkerque, Nantes & Saint Nazaire...

L'accompagnement de vos projets



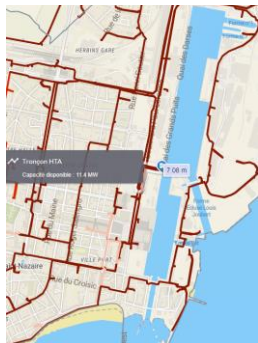
Alimentation à quai



Centrale solaire sur toiture en zone portuaire

Des outils pour construire son projet :

- *Cartographie des capacités réseau*
- *Simuler mon raccordement*
- *Impact Projet Réseau...*
- PTF



Synthèse

Pour vos projets de raccordement en soutirage et en injection

- La transition écologique induit un volume d'activité sans précédent → Mise en visibilité au plus tôt de vos projets nécessitant des raccordements de forte puissance
- Enedis accompagne les porteurs de projet, depuis les solutions en libre accès vers un accompagnement personnalisé

Vis-à-vis de la filière

- Intérêt d'une vision partagée avec la filière sur les trajectoires d'électrification pour anticiper les besoins

Merci de votre attention



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050

Anticiper le futur du raccordement électrique dans le domaine maritime

Léo Dalmar, SuperGrid Institute

SuperGrid Institute en bref



- Un leader européen de l'innovation dans le domaine des **réseaux électriques à courant continu (HVDC & MVDC)**
- Une entité privée indépendante de recherche et d'innovation labellisée ITE (Institut pour la Transition Energétique)
- Une expertise, des moyens d'essais et des solutions technologiques de pointe au service de ses clients et partenaires
- Membre de :



FRENCH
INSTITUTES OF
TECHNOLOGY




100+

Brevets


60+

Doctorants


360+

Publications
internationales


26

Nationalités


78

M€
d'investissement


155

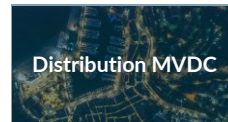
collaborateurs

Nos domaines d'intervention

Production et stockage



Transport et distribution



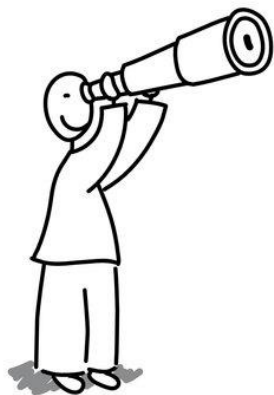
Consommation



Quelques clients et partenaires d'innovation ...



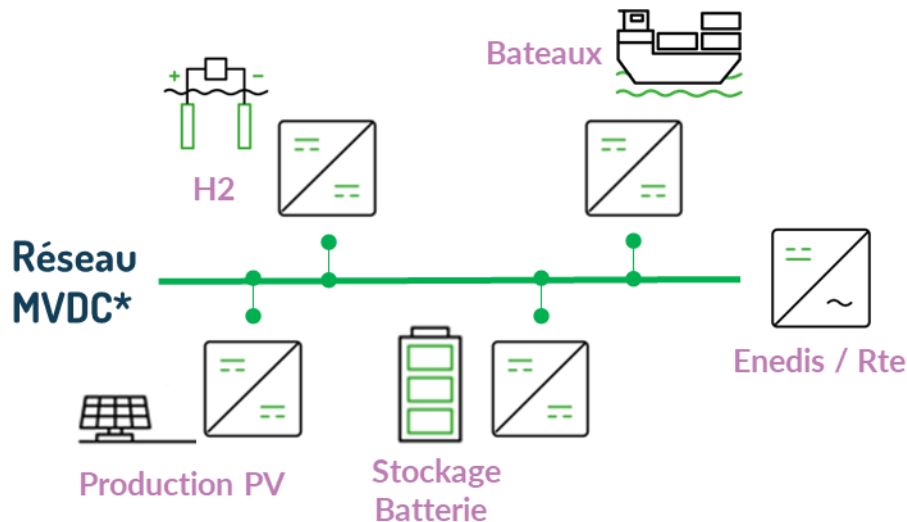
Maritime : une (lointaine) vision



- Des besoins en raccordement croissants (puissance/distance) pour les infrastructures portuaires (50+ MVA)
 - Des enjeux sur les investissements dans la capacité d'accueil de ces charges sur les réseaux Enedis et Rte
 - Des solutions de raccordement fiables et matures
- Une accélération des raccordements et des investissements sur les réseaux électriques avec des principes '*business as usual*' (fiables et matures) est attendue.
- A moyen terme : un besoin de solutions plus efficaces et plus flexibles pour limiter les investissements réseau dans les réseaux Enedis et Rte (un dimensionnement au plus juste)

Le courant continu ?

Pourquoi le courant continu ?



* MVDC = Moyenne tension courant continu

Drivers MVDC

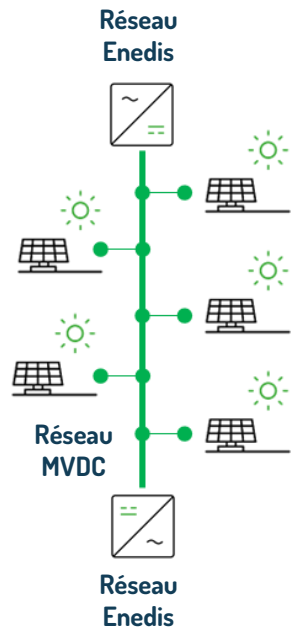
- Réduction des pertes pour des distances de raccordement 10km+
- Maîtrise des flux de puissance / stabilisation du réseau (impact positif dimensionnement réseau Enedis/Rte)
- Réduction de la taille des installations (moins de transformateurs de puissance)
- Maturité des solutions DC
 - HVDC (>100kV) → Réseaux de transport d'électricité
 - LVDC (<1.5kV) → Connexions batteries, panneaux PV, ...

Défis

- Technologies
 - Protections DC, convertisseurs DC/DC, ...
- Réglementation
 - Standards, code de l'énergie, tarification, ..

L'exemple du projet OPHELIA :

Un accélérateur d'innovation pour la filière PV



• Ambition :

- Accroître globalement la production PV
- Valoriser le foncier linéaire (grandes longueurs 10 km+, faibles largeurs) : bords de fleuves, voies ferrées, ...

• Objectif : Concevoir et tester sur site une architecture électrique et tous les équipements nécessaires pour transporter l'électricité en courant continu

→ **Démonstrateur** : 900 m de panneaux PV (linéaires) raccordés au réseau Enedis en courant continu

• Partenaires :



• Budget : ~ 20 M€

• Financement : ~ 40 % par le plan France 2030 via l'ADEME (lauréat de l'AAP DEMO TASE, Technologies Avancées pour les Systèmes Energétiques)

En conclusion

- Un enjeu pour la filière maritime et les gestionnaires de réseau d'aborder la question du raccordement de façon « intelligente » au vu des puissances de raccordement
- Une filière française « courant continu » dynamique et dynamisée par l'ITE SuperGrid Institute côté innovation

Un “match” à questionner collectivement



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**

LAMELEC

Consortium Lamanage Huchet Desmars
(LHD) - VEBRAT





Vedette de lamanage 100% électrique rechargeable en 1 h

Nom projet	LAMELEC
Type de navire	Navire de Charge
Usage	Lamanage
Date mise en service	Printemps 2025
Origine du projet	Janvier 2021
Armateur	Lamanage Huchet Desmars
Chantier	OCEA (Saint-Nazaire)
Bureau(x) d'étude(s)	OCEA (Saint-Nazaire)
Autres partenaires clefs	VEBRAT (Saint-Nazaire)
	3MO Performances (Laval)
	STERCOM (Bavière)
	Aqua superPower (France Région Sud PACA)
Budget estimatif (m€)	2,5 à 3 M€
Support public (%)	Environ 50%





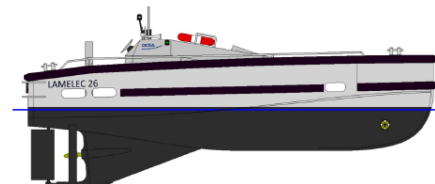
Zéro émission polluants Sûreté, Performances, Autonomie au cœur du projet

faibles niveaux de bruit et de vibrations,
facilité d'entretien et faibles coûts associés

Longueur (m) ²	8 m
Puissance à l'arbre (kW)	environ 180 kW
Techno électrique et fournisseur	LiFePO4 VEBRAT
Puissance électrique (MW)	150 à 200 kW
Capacité énergétique (MWh)	Près de 400 kWh
Infrastructure à quai	Chargeur HP marinisé Aqua superPower
Port d'attache	Nantes Saint-Nazaire
Vitesse moyenne (nds)	12 nœuds
Autonomie (n.m) @Vmoy	Plus de 35 miles à 12 nœuds (Nantes Saint-Nazaire)
Soutien appuyé du Pôle Mer dès 2021	Performances identiques à propulsion diesel
depuis 2022 de l'Europe et de la Région	Type Approval du stockage et de la propulsion par Bureau Veritas en cours
puis depuis cet été du Grand Port Maritime	<u>Recherche en cours du soutien financier d'autres acteurs majeurs de l'activité portuaire (ENGIE, Total, Chantiers de l'Atlantique...)</u>



Conforme MARPOL
Type Approval par Bureau Veritas
en cours



OCEA
PARTNERS ALL THE WAY



Retour d'expérience

Rôle fondamental du Pôle Mer, et de l'assistance de la société Leyton pour la présentation et la mise en forme du dossier de demande de subvention - Dossiers et détaillés précis à présenter

Constitution d'un **partenariat en confiance de LHD et VEBRAT** qui débouche, après la création du **consortium**, **sur la création en cors d'une co entreprise** pour le développement d'une filière locale de la propulsion électrique marine de travail et la promotion de la vedette créée

Importance du **soutien financier public déterminant** de **l'Union Européenne (FEDER)** et de **la Région Pays de la Loire**, puis du **Grand Port Maritime**

Coopération étroite entre les entreprises régionales : LHD, VEBRAT, OCEA, 3MO Performances, et avec la société **Aqua superPower** pour la solution de charge, ce dès 2021

Accompagnement classique pour le navire de **Bureau Veritas**, **homologation du type (« Type Approval »)** pour le système de stockage, association des **Affaires Maritimes (CSN et Ministère)**

Calendrier long : 2021 à fin 2025 (montage, cahier des charges, études, tests homologation en laboratoires agréés BV, essais en exploitation)

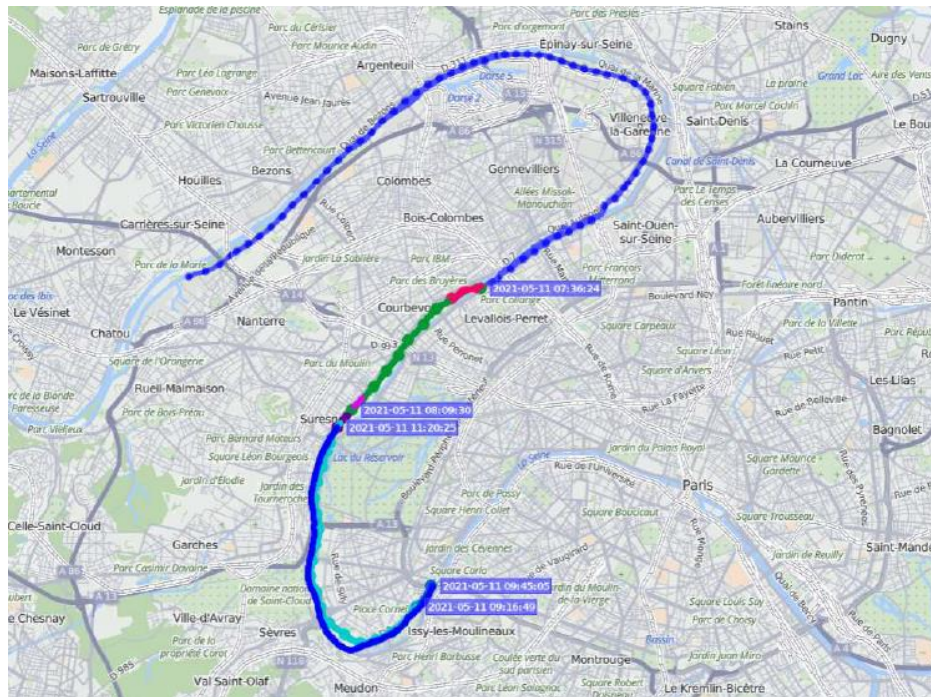
Le premier bateau décarboné d'Océlian, filiale de Vinci Construction, sur la Seine



Crédit Photo : Marcel Design

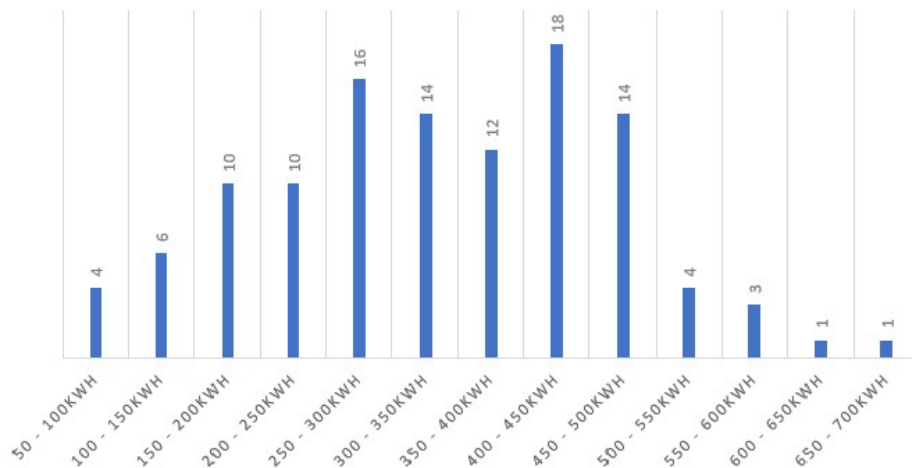
Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024

Analyse énergétique (2021)

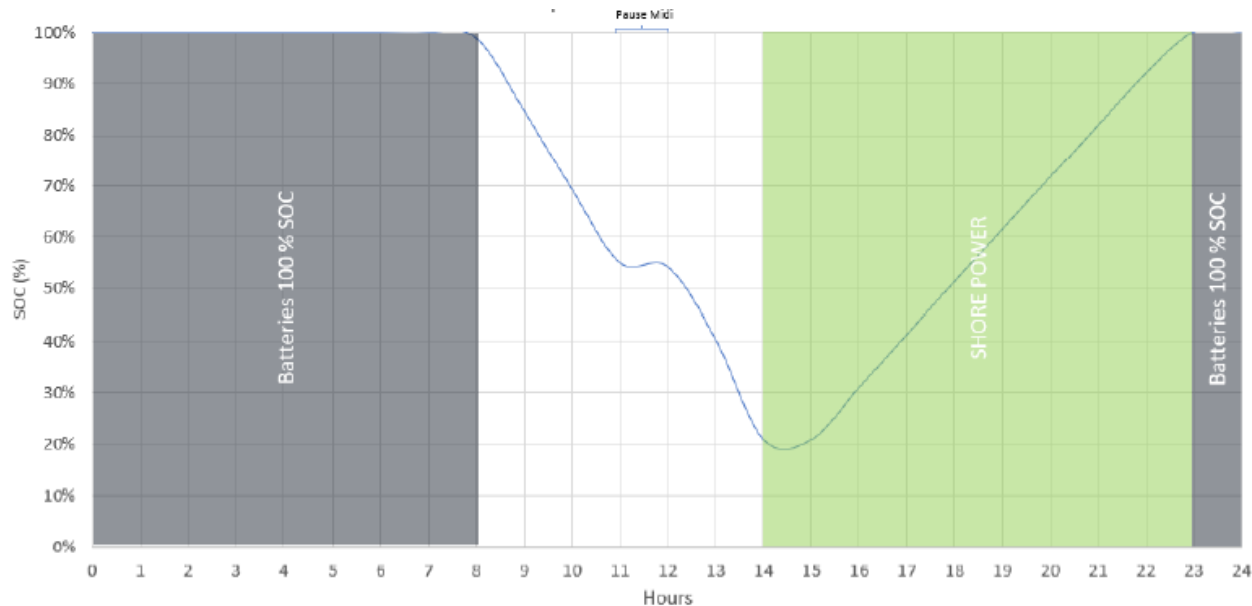


Enregistrement des trajets journaliers

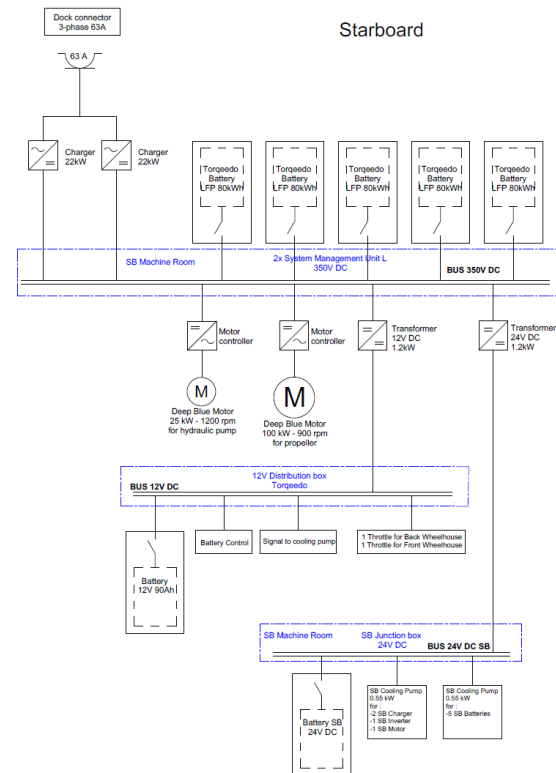
NOMBRE DE NAVIGATIONS PAR CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE



Etude de la nouvelle solution électrique



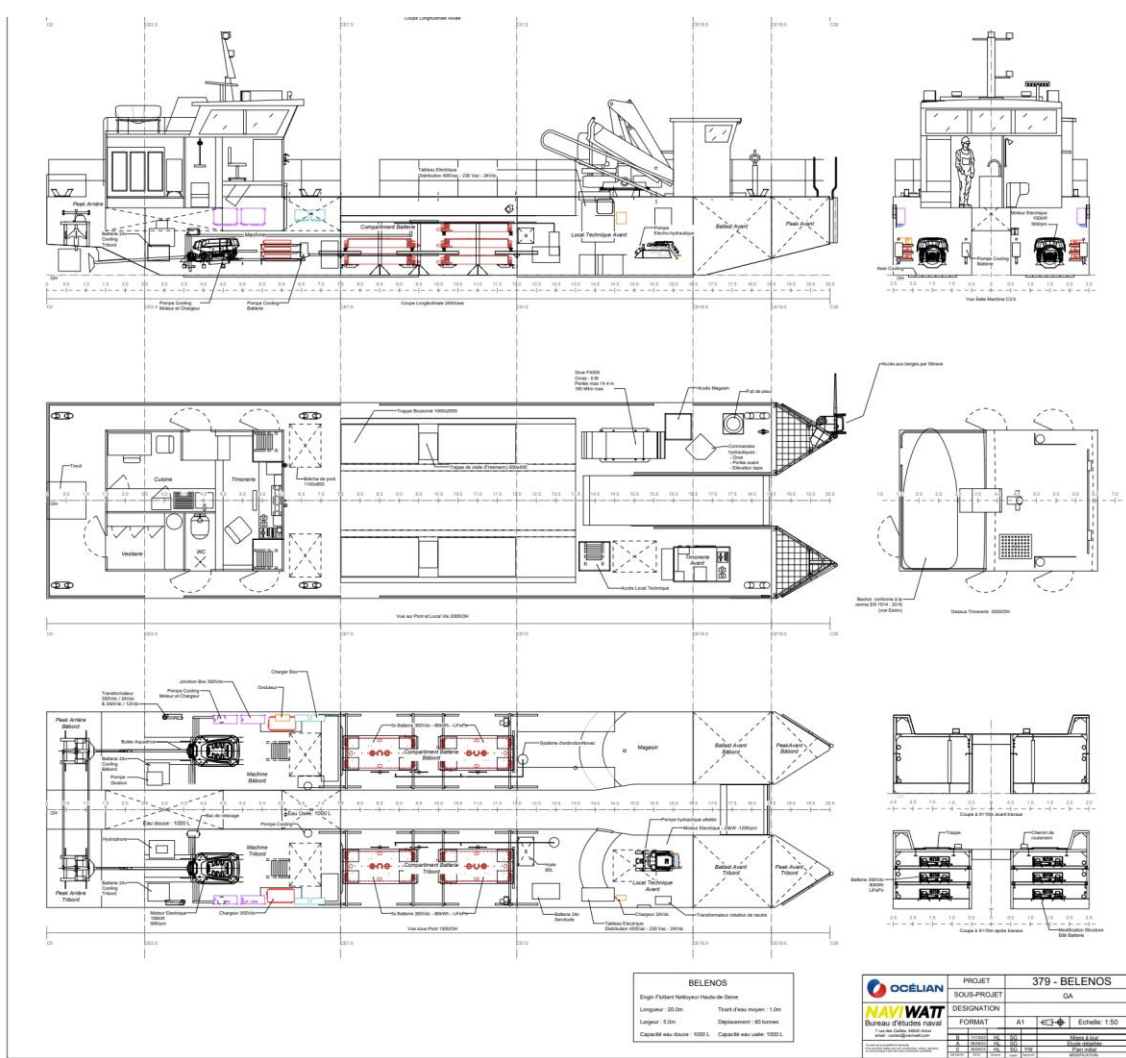
Cycle 24h - modélisation



Caractéristiques principales

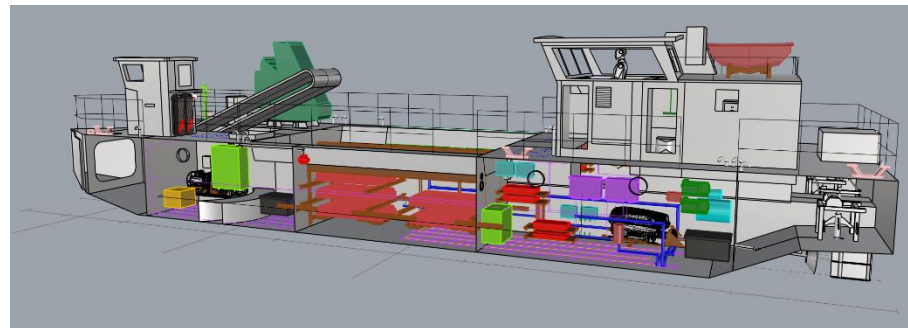
Type de bateau :	Engin flottant
Longueur :	20.0 m
Largeur :	5.0 m
Tirant d'eau moyen :	1.0 m
Motorisation actuelle :	2 x 93 kW Caterpillar
Motorisation future :	2 x 100 kW Torqeedo HV
Parc Batteries LFP :	2 x 400 kWh
Grue :	FASSI F170 A.22
Onduleur	1x 22 kW HV/400 Vac
Onduleur	2x 6 kW HV/230 Vac
Convertisseur DC/DC	24 V et 12V
Cooling et ventilation	

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



De l'étude Avant-Projet aux essais et validation

- Etudes, suivi et Coordination
 - Mise à sec du bateau
 - Débâclage
 - Déplombage du bateau
 - Rénovation des locaux équipages
 - Intégration du système de propulsion électrique et périphériques
 - Refonte du système hydraulique
 - Refonte du réseau électrique
 - Révision complète de la grue
 - Petits travaux d'amélioration ou de mise en conformité
 - Remise en peinture
 - Mise en service & essais
-
- DUREE TOTAL DU CHANTIER : 9 mois
 - BUDGET : 1,7 M€





Débâclage complet du navire



Nouvelle menuiserie de la timonerie

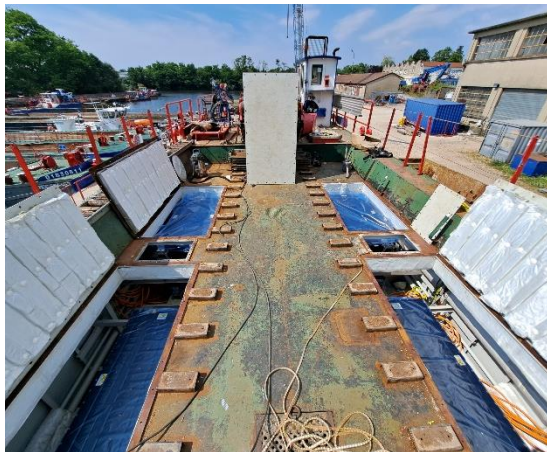


Nouveau groupe électro-hydraulique

Travaux d'équipements



Nouveau moteur électrique de propulsion



Création des locaux batteries



Révision de la grue

► Les points positifs

- Etude avant-Projet en amont
- Contacts avec les fournisseurs et chantiers
- Préparation des AO et attribution lots

► Les difficultés

- Planning contraint par rapport à la contrainte opérationnelle
- Nouveauté des travaux dues à la spécificité électrique

► Limitations

- Le 100% électrique reste un défi : technique/financière
- Doit être une vraie volonté de l'armateur



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**

Case study of a battery hybrid system on a DP vessel

Louis Dreyfus Armateurs



Hugues DUBUST
MARINE ENGINEER
EPI DEPARTMENT
ENGINEERING, PROJECTS, INNOVATION

21 Quai Gallieni
92158 Suresnes Cedex - France
Office. +33 (0)1 7038 6030
hugues.dubust@lda.fr
www.lda.fr

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Présentation générale / Principales caractéristiques

Nom du navire	WIND OF CHANGE
Type de navire	Service Offshore Vessel (SOV)
Usage	Maintenance de champs éoliens offshore
Date mise en service	2019
Dimensions	LOA=83 m ; Largeur=19,4 m ; Tirant d'eau=5,2 m
Armateur	Louis Dreyfus Armateur
Chantier	Cemre Shipyard - Turquie
Architecte	Salt Ship Design - Norvège
Autres partenaires clefs	Ørsted
Budget estimatif (m€)	N.C.



Hybrid architecture

Hybrid architecture

- **Diesel Generators** : 4 x 1536 ekWe = 6144 ekW
- **Batteries** : 2 x 203 kWh = 406 kWh

Use cases of the batteries



Peak shaving : « Shave » the power load peaks and smooth the load seen by the engines



Enhanced dynamics : Supply immediate power load response



Spinning reserve (Power Back-up) : Reduce the number of engines running and use batteries as power back-up

Power back-up

Without batteries



With batteries (power equivalent to 90% of one DG)



Performance measurement campaign

WIND OF CHANGE is fitted with a data collecting system which records and sends ashore relevant vessel data every 15 minutes.

In particular:

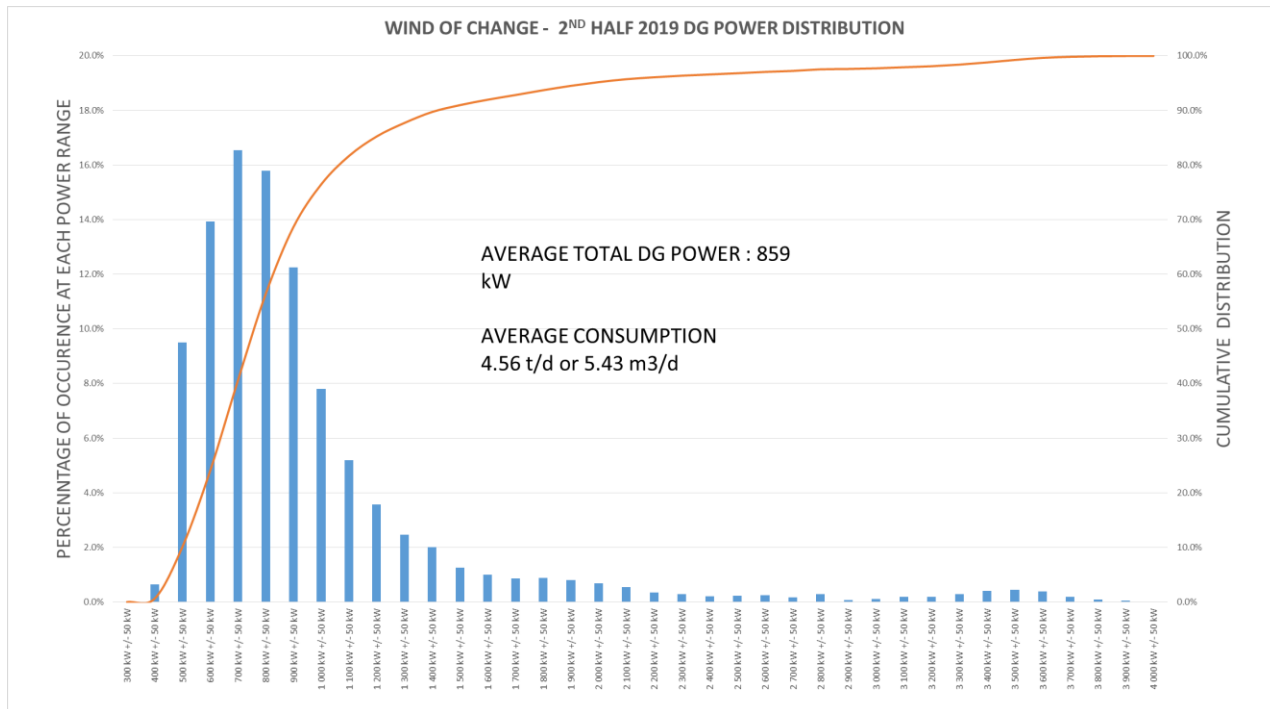
- **Developed power** of each diesel generator
- **Fuel flow meters** in and out of each engine

We have compiled 2 sets of these datas :

- From 27th July 2019 until 6th January 2020 : working without battery (15 224 sets of valid datas)
- From 15th January 2020 until 31st July 2020 : working with battery (14 169 sets of valid datas)

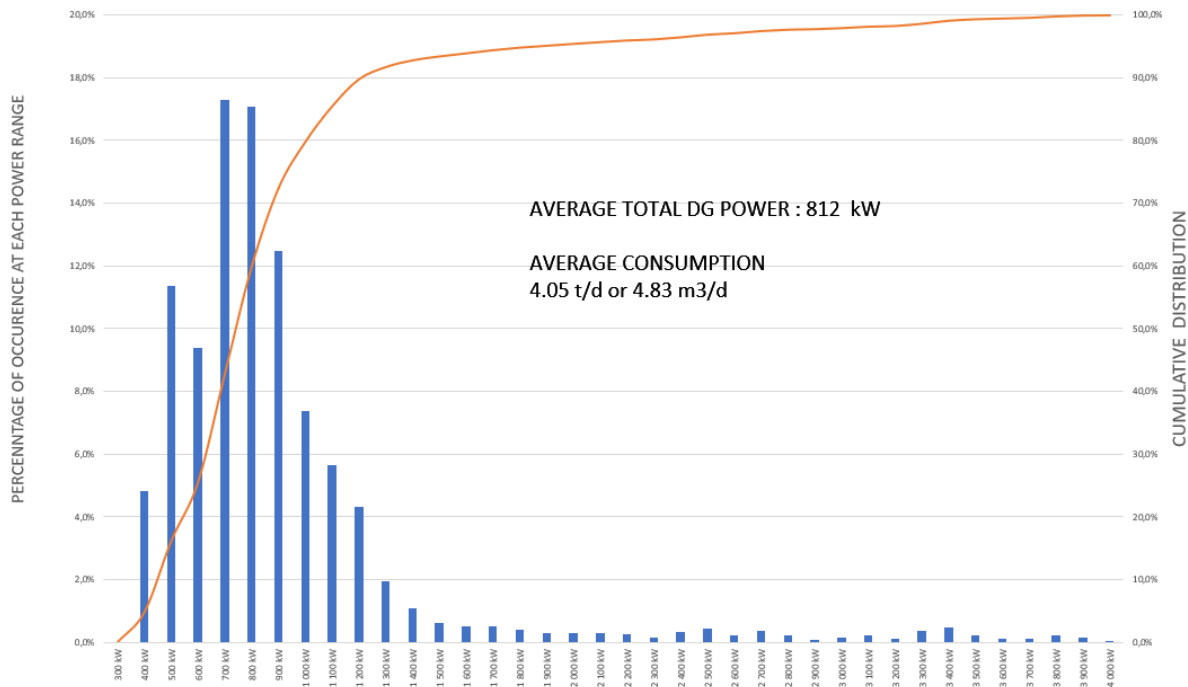
DG total power distribution :

Working **without battery** (August 19 – December 19)



DG total power distribution : Working with battery (January 20 – July 20)

WIND OF CHANGE - 1ST HALF 2020 DG POWER DISTRIBUTION



Comparison from average fuel consumption

- Very similar DG power distribution for 2nd half 2019 without battery and 1st half 2020 with battery
- Without battery : average consumption 4.56 t/d for average total power 859 kW
- With battery : average consumption 4.05 t/d for average total power 812 kW

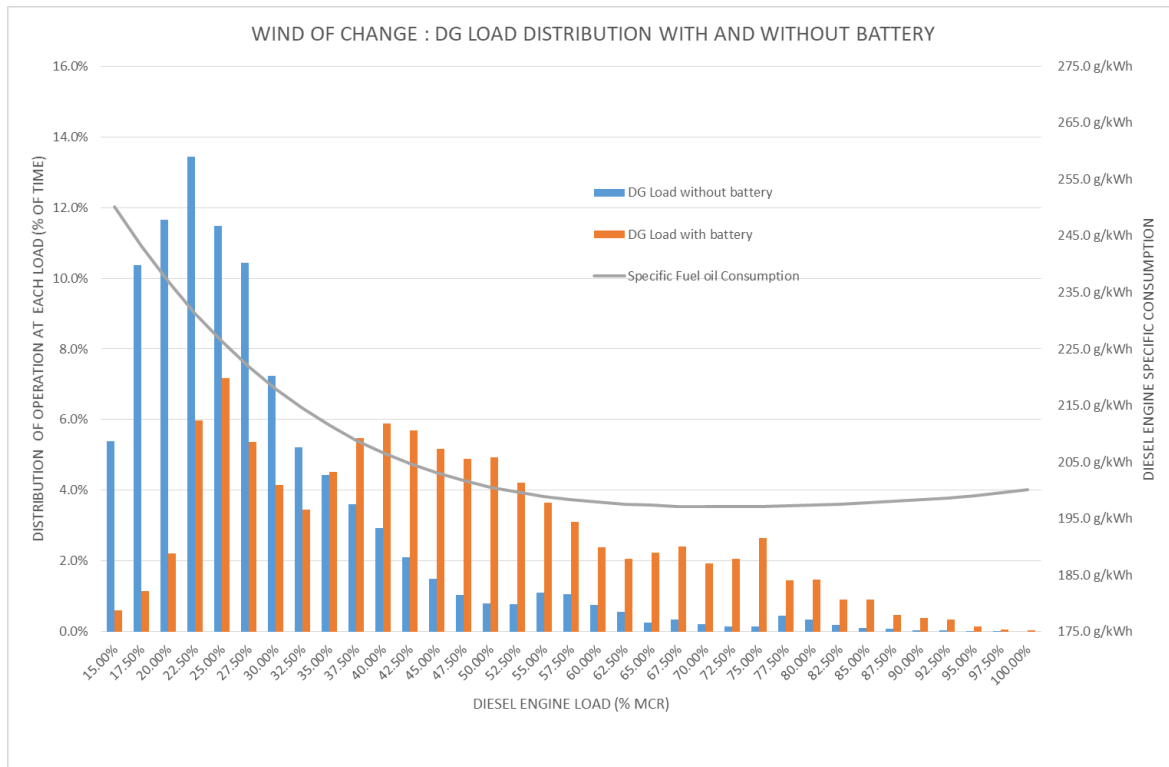
=> reduction of consumption by 12.6 % for reduction of average total power of 5.8%

Average **fuel saving** due to implementation of batteries : **6.4%**

Lower SFOC and better maintenance

Batteries allow to reduce the number of running DG :

- Increase individual DG load and reduce DG specific consumption
- Reduce the DG running hours and delay maintenance
- Allow for better DG maintenance planning



Managing the added cost and complexity

- Batteries are **expensive**, although the price tends to decrease. Increase in CAPEX need to be compensated by reduction in OPEX
- Batteries require **specific auxiliary systems** such as cooling, fire extinction, control system and crew know-how... (but less maintenance than diesel engines)
- Batteries require a part of the electrical switchboard to be **DC**
 - Need for DC/AC converters to supply the required AC voltage → additional costs
 - Such converters are highly sensitive to high inrush current or short circuit default

Zero-Emission SOV concept

In 2024, Louis Dreyfus Armateurs has been developing an eSOV design:

- 100% electric and **zero emission during** standard offshore operations
- Green energy stored as sizable battery pack (**up to 30MWh**)
- **18 hours** standard operations in zero emission mode + 5 hours charging overnight
- eSOV design able to accommodate any charging solution
- Full-redundancy and ability to maintain full operational capabilities even in case of batteries /charging system failure





MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050

Rôle de l'intégrateur dans l'électrification des navires

Actemium Marine

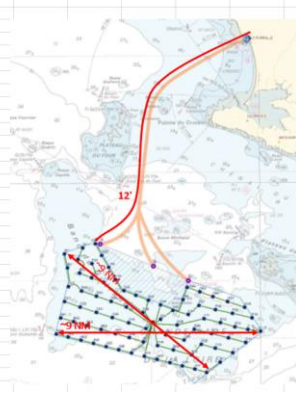
Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Du profil d'exploitation au mix énergétique

Construction du profil

Hypothesis phases		Duration [min]	Speed [kn]	Distance [NM]	
	Preparation	00:30:00	0	0	
	IP on/off boarding	00:30:00	0	0	
	Manoeuvre/Channelling	00:15:00	5	0.08	
	Approach OWS 250m	00:01:34	5	0.13	
	Boat Landing Preparation	00:05:00	0	0	
	Boat Landing full Power	00:05:00	0	0	
	Stand By	04:40:00	0	0	
	Transit from/to port	00:32:17	22	11.84	
	Transit between OWS	00:06:12	12	1.24	
	Phase	Time	Duration	Speed	Distance
			[min]	[kn]	[NM]
Port	Preparation	6:30:00	0:30:00	0.0	0.00
Turballe	IP on/off boarding	7:00:00	0:30:00	0.0	0.00
	Manoeuvre/Channelling	7:50:00	0:15:00	5.0	0.08
	Transit from/to port	7:45:00	0:32:17	22.0	11.84
ZWS 1	Approach OWS 250m	8:17:17	0:01:34	5.0	0.13
ZWS 1	Boat Landing Preparation	8:18:51	0:05:00	0.0	0.00
ZWS 1	Boat Landing full Power	8:23:51	0:05:00	0.0	0.00
	Approach OWS 250m	8:28:51	0:01:34	5.0	0.13
	Transit between OWS	8:30:25	0:06:12	12.0	1.24
ZWS 2	Approach OWS 250m	8:36:37	0:01:34	5.0	0.13
ZWS 2	Boat Landing Preparation	8:38:10	0:05:00	0.0	0.00
	Boat Landing full Power	8:43:10	0:05:00	0.0	0.00
ZWS 2	Approach OWS 250m	8:48:10	0:01:34	5.0	0.13

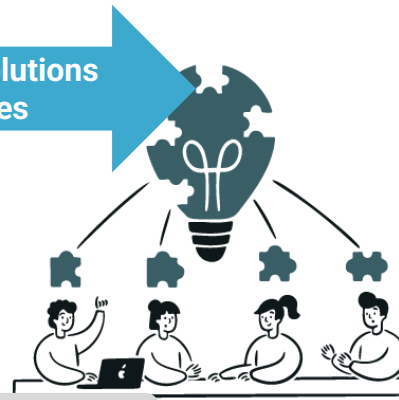


Armateur et
architecte naval

Etudes des solutions techniques



Architecte naval et
intégrateur

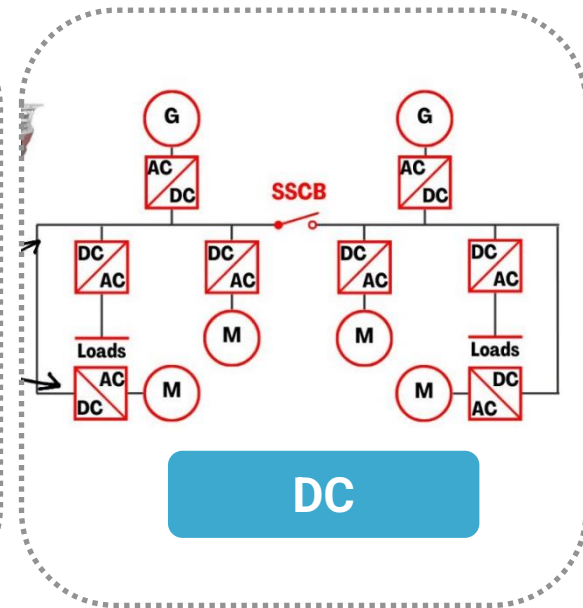
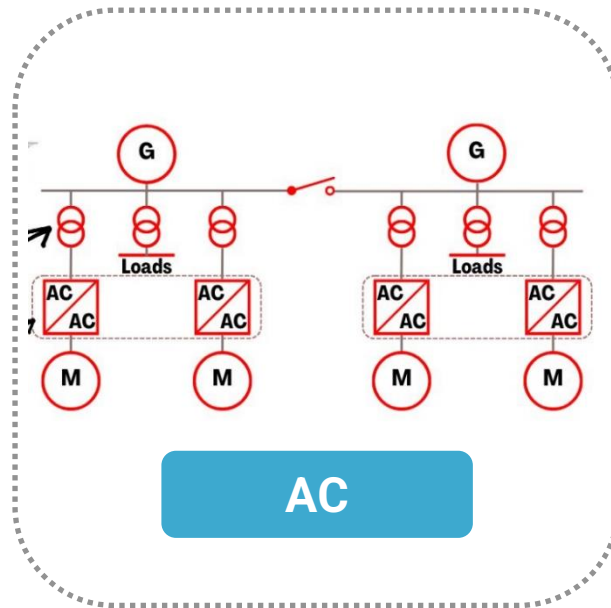


Mix énergétique
retenu

Architectures

Adéquation avec le
type de sources
d'énergie

Efficience énergétique



Retour d'expérience – Paris Trocadéro

Etude du profil opérationnel



Caractéristiques d'origine du bateau

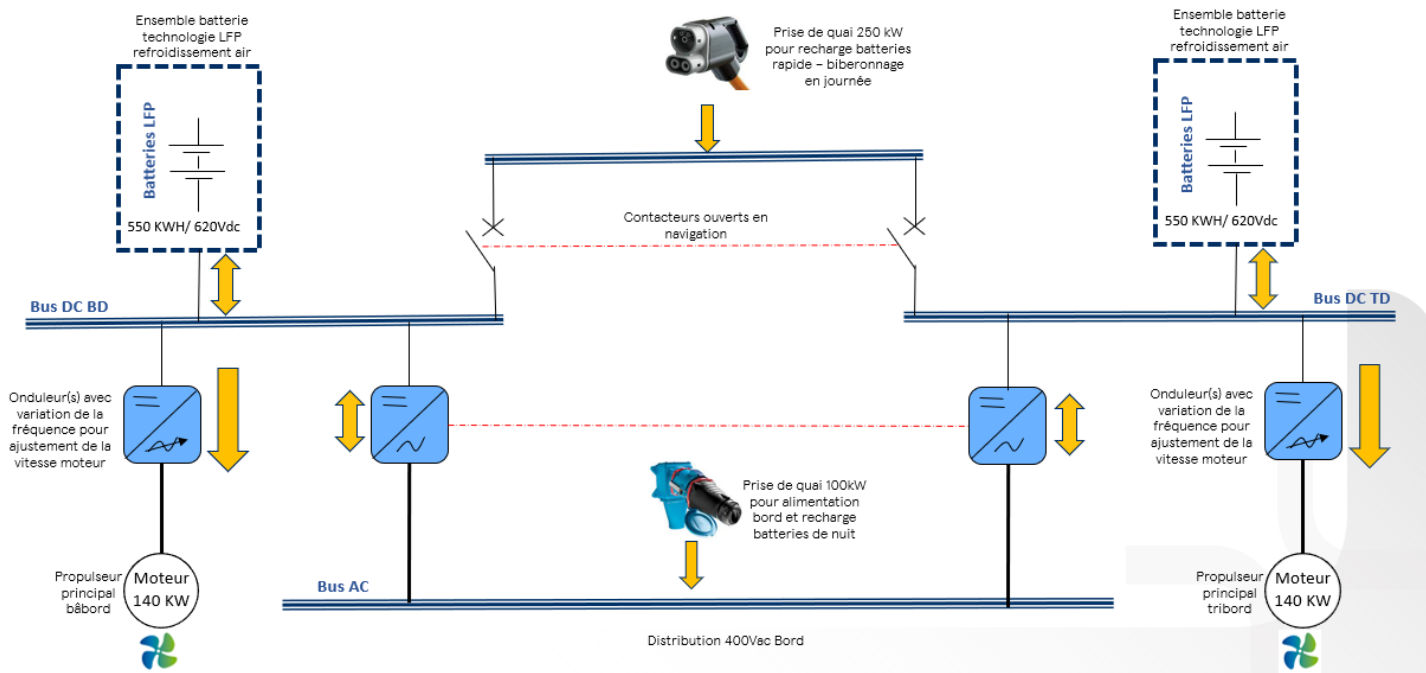
- 30 m de long, 7 m de large
- 2 propulseurs hydrauliques entraînés chacun par un moteur thermique 220 kW
- 2 groupes électrogènes de 80 kVA

Contrainte armateur

- Conservation du profil opérationnel : 9 à 10 tours de 1h15 par jour / Escale de 20-25 min
- Volume disponible dans le navire

Retour d'expérience – Paris Trocadéro

Architecture retenue



Retour d'expérience – Paris Trocadéro

Intégration
globale



Transformation des
locaux rangements
en locaux batteries

Interface
modification
quai



Refonte de la
timonerie



Transformation
des locaux
machines



Retour d'expérience – Architectures AC



Refonte propulsion
thermique > diesel -
électrique



Hybridation batteries



Intégration d'une pile
à combustible H2

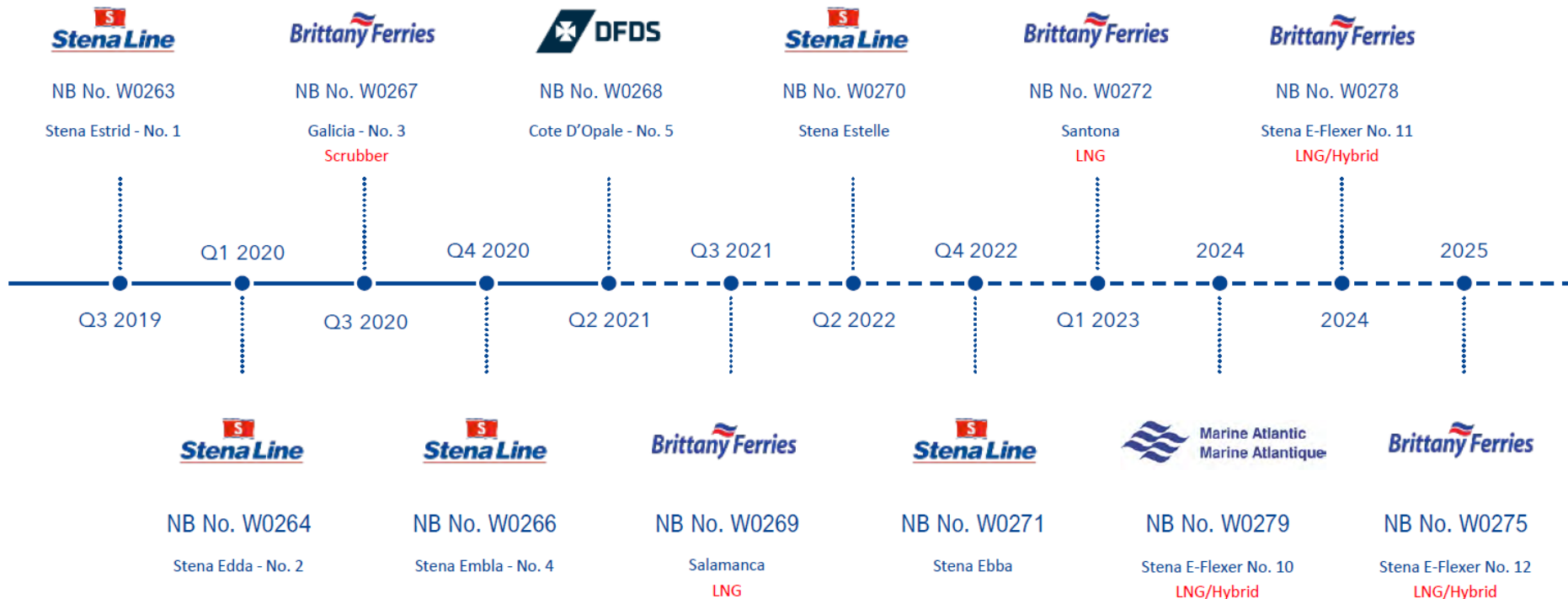


Navires hybrides

Modes de fonctionnement et design

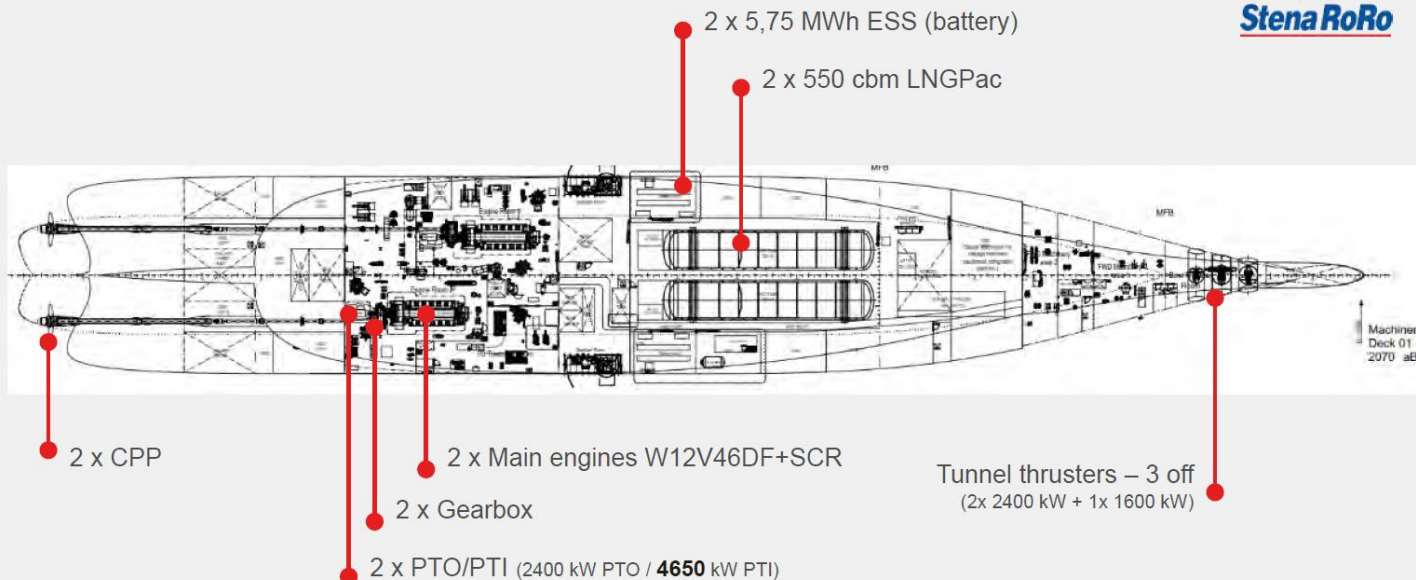


W275 – W278 – le projet



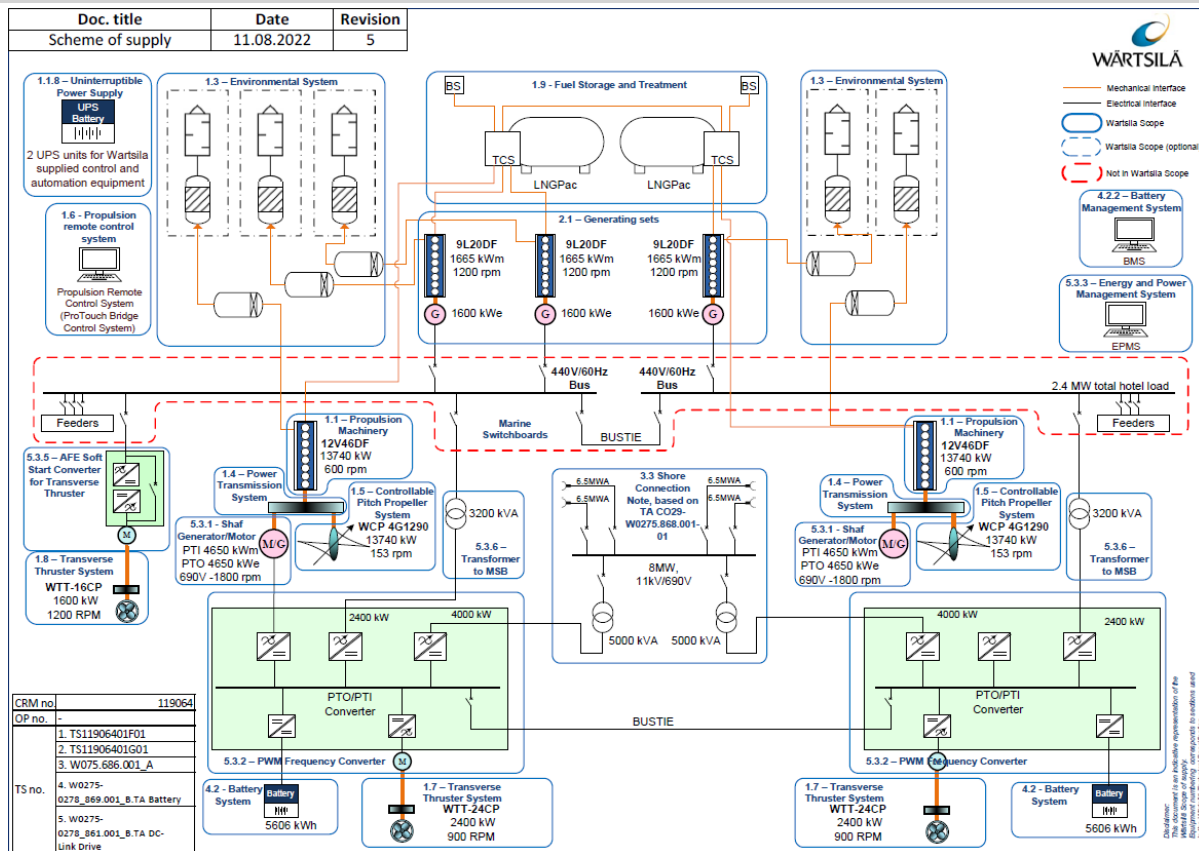
W275 – W278 – le projet

Dual Fuel LNG propulsion & Battery Hybrid



- 8MW/11kV shore connection
- 4x W9L20DF AE's

W275 – W278 – le projet



W275 – W278 – Performances énergétiques et environnementales

Zéro émissions sur le domaine portuaire

En traversée:

Mode hybride ou diesel
Emissions
atmosphériques
optimisées



En manœuvre portuaire:

Mode électrique
Aucune émissions
atmosphériques
Emissions sonore
réduites

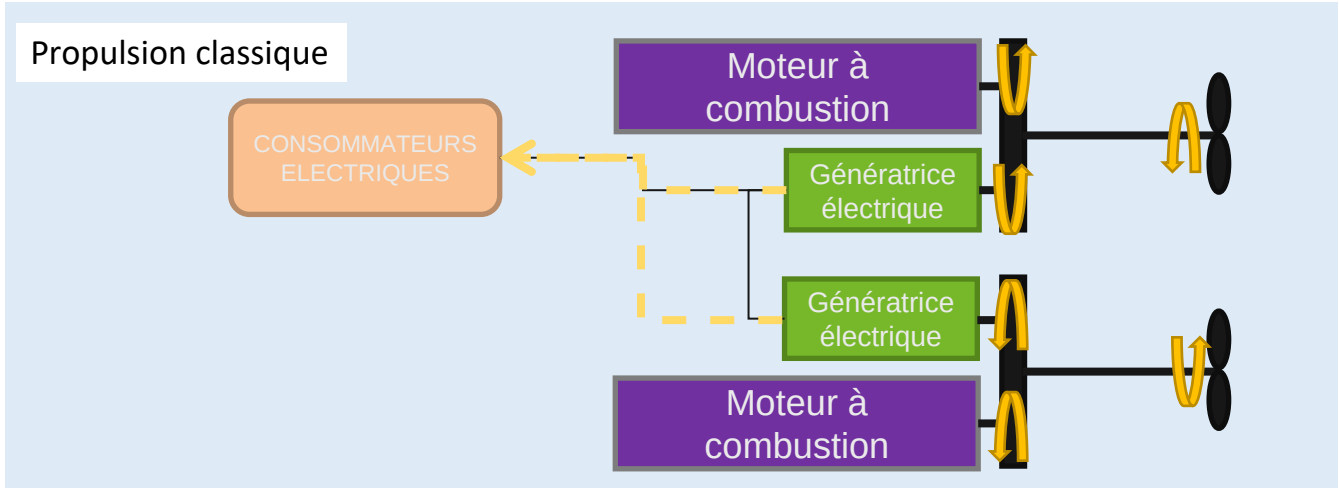


A quai:

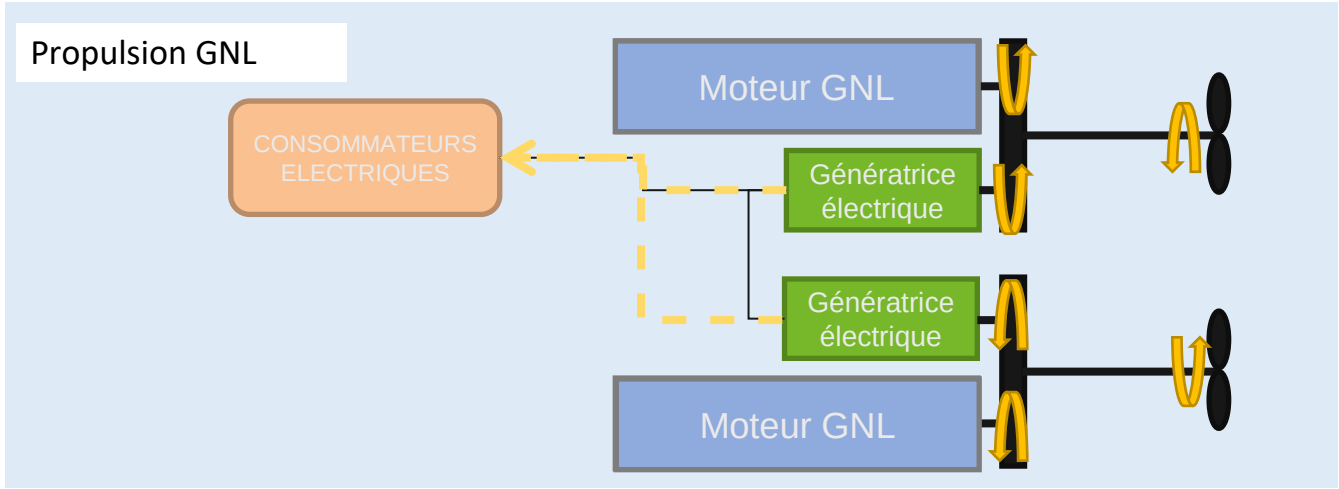
Mode électrique
Rechargement par
courant de quai
Aucune émissions
atmosphériques
Pas d'émissions
sonores



Navires hybrides de Brittany Ferries



Navires hybrides de Brittany Ferries



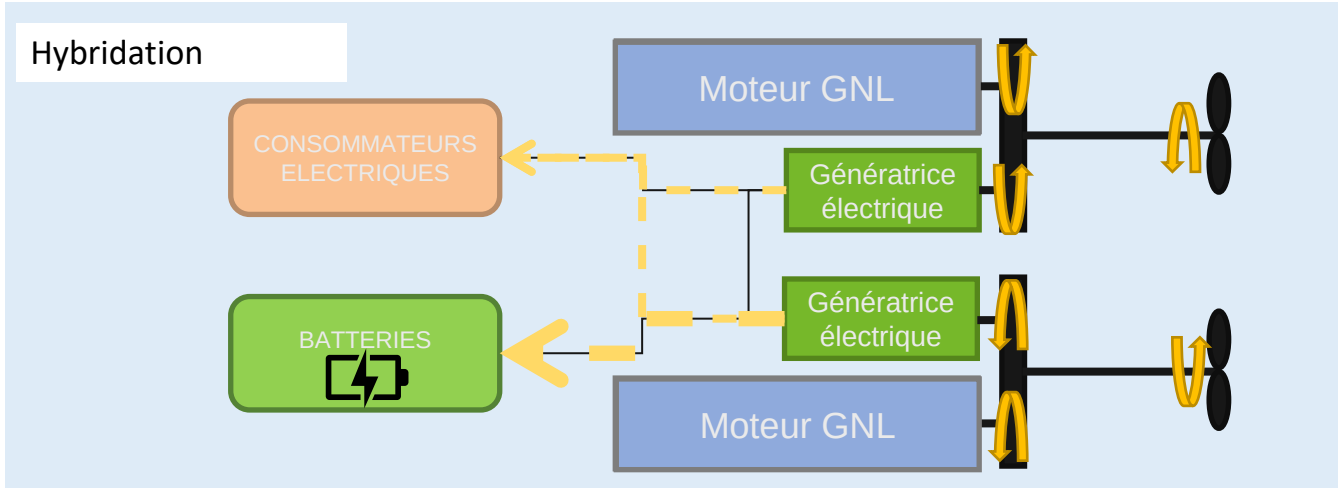
Emissions locales
(Sox, Nox, PM...)

Emissions Gaz à
Effet de Serre

-90%

-10%

Navires hybrides de Brittany Ferries

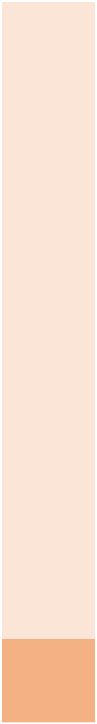


En mer

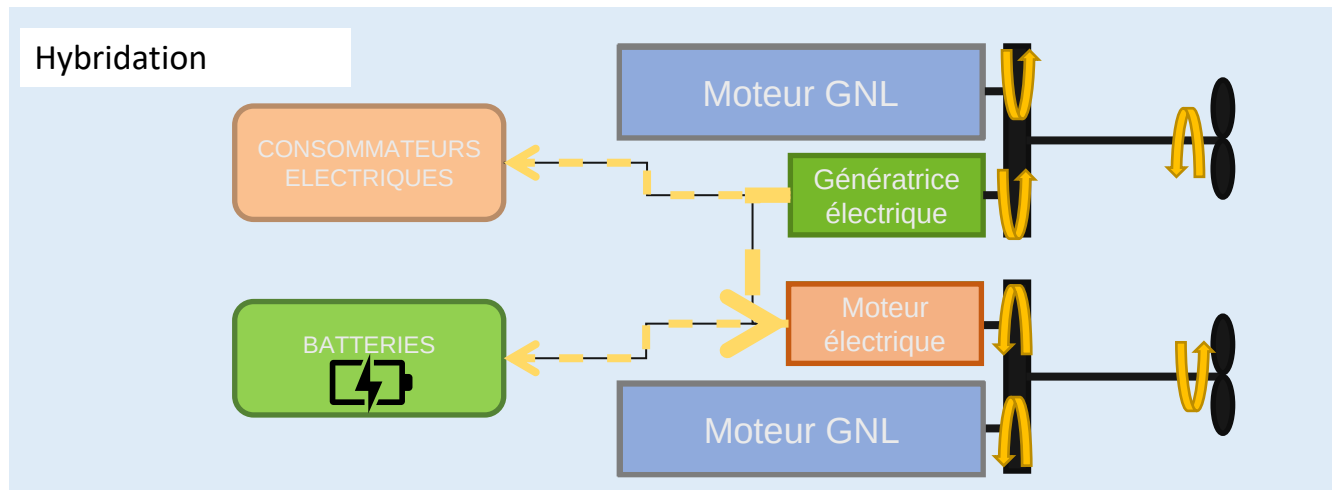
Les moteurs de propulsion GNL chargent les batteries

Emissions locales
(Sox, Nox, PM...)

Emissions Gaz à
Effet de Serre



Navires hybrides de Brittany Ferries



En mer

Les moteurs de propulsion GNL chargent les batteries

En mer, à vitesse moyenne

Les deux hélices peuvent être entraînées par un seul moteur GNL. On optimise la consommation de carburant

Emissions locales
(Sox, Nox, PM...)

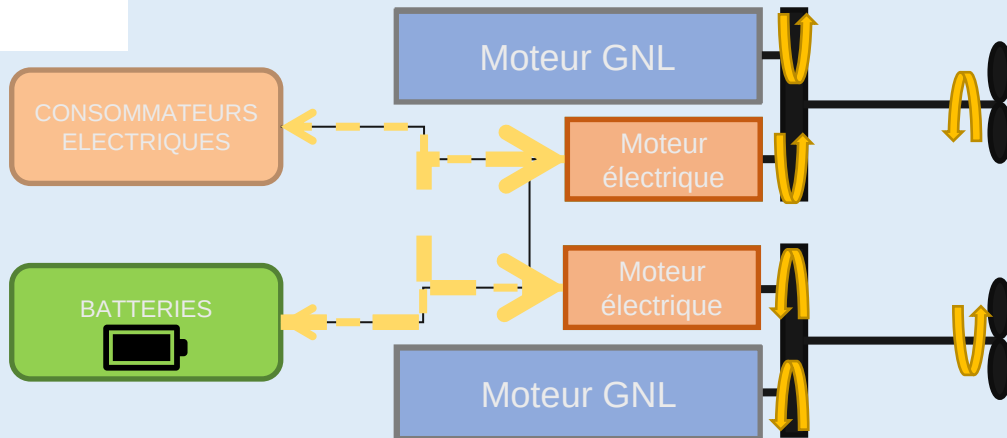
Emissions Gaz à
Effet de Serre

-5 à 7%

-5 à 7%

Navires hybrides de Brittany Ferries

Hybridation



En mer

Les moteurs de propulsion GNL chargent les batteries

En mer, à vitesse moyenne

Les deux hélices peuvent être entraînées par un seul moteur GNL. On optimise la consommation de carburant

En pilotage et manœuvre portuaire

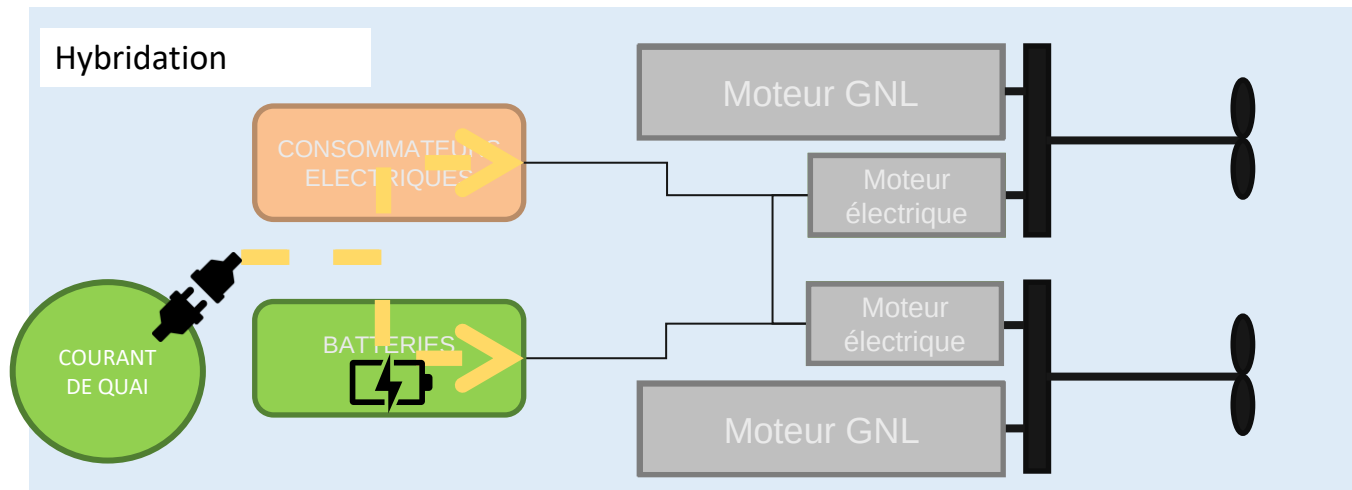
Le navire peut être alimenté par les batteries uniquement. Il opère sans émissions et avec un bruit réduit.

Emissions locales
(Sox, Nox, PM...)

Emissions Gaz à
Effet de Serre

Pas d'émissions
atmosphériques

Navires hybrides de Brittany Ferries



En mer

Les moteurs de propulsion GNL chargent les batteries

En pilotage et manœuvre portuaire

Le navire peut être alimenté par les batteries uniquement. Il opère sans émissions et avec un bruit réduit.

En mer, à vitesse moyenne

Les deux hélices peuvent être entraînées par un seul moteur GNL. On optimise la consommation de carburant

A quai dans les ports

La consommation et la recharge des batteries peut être assurée par courant de quai, sans émissions et sans bruit.

Emissions locales
(Sox, Nox, PM...)

Emissions Gaz à
Effet de Serre

Pas d'émissions
atmosphériques

Capacité des batteries



**Dimensionnement des batteries en
capacité de stockage d'énergie (MWh) et
en puissance disponible (MW)**

W275 – W278 – Capacité des batteries



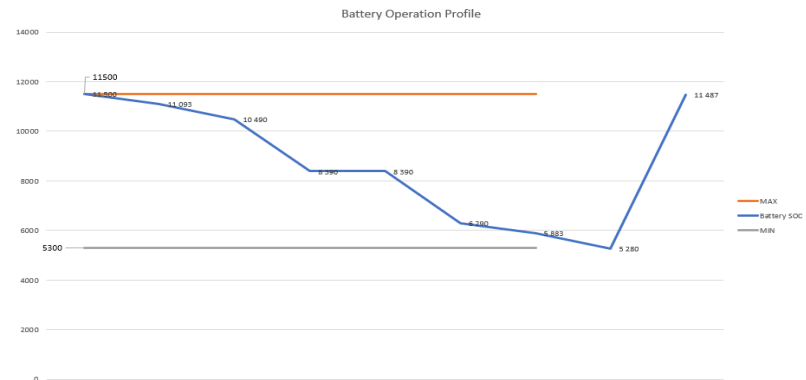
Capacité de stockage 11.5 MWh – **3C**
Charge batteries au port uniquement
~ 6MWh/escale



Pour optimiser leur durée de vie, la décharge doit être inférieure à 60% de la capacité totale des batteries



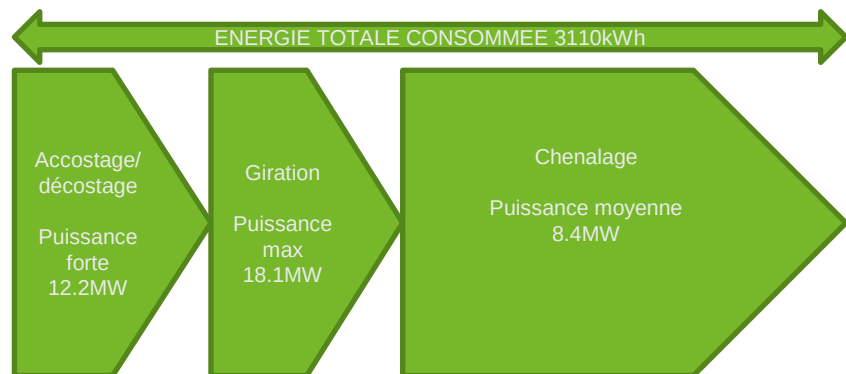
Puissance max instantanée 3x11.5 MW, suffisant pour alimenter simultanément le max de puissance des moteurs électriques lignes d'arbres et propulseurs d'étrave (18.2 MW)



W275 – W278 – Capacité des batteries

Le profil utilisé se décompose en 2 phases de manœuvres (départ + arrivée) en mode électrique entre chaque phase de charge à quai.

Les phases de manœuvres sont considérées identiques, et durent environ 20 min.

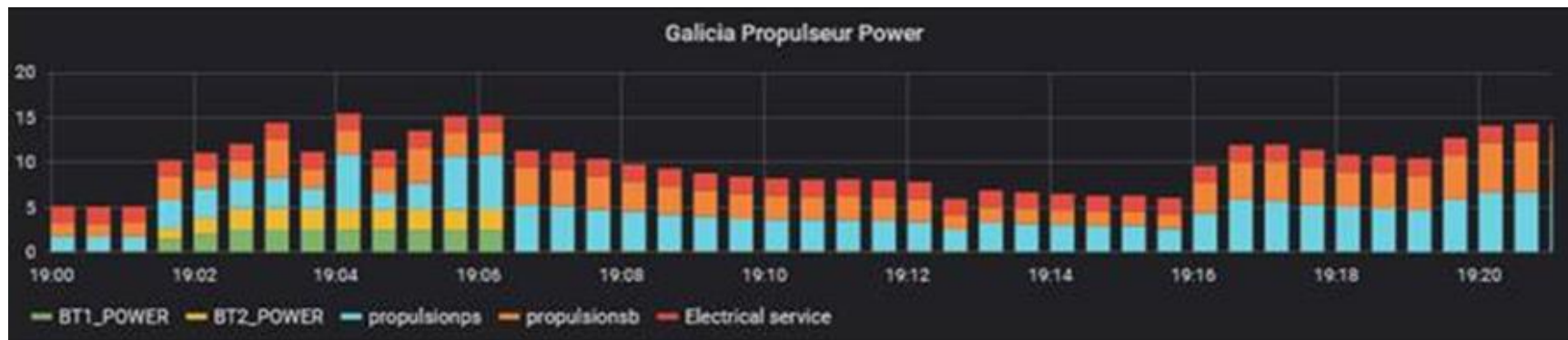


BATTERY OPERATION PROFILE - 275/278								
11 500 kWh 3C, no voyage charging, 3 cycles/day (3 port calls/day)								
Event	Knots	Nm	m/s	Consumer	kW	Minutes	Energy demand (kWh)	Battery SOC
Harbour	n/a	n/a	n/a	Charging	5600	67	6 207	-
				Total	5600	67	6 207	11 500 100%
Manoeuvring Transient	n/a	n/a	n/a	Hotel	-2400	2	-80	-
				SG motor 1	-2300	2	-77	-
				SG motor 2	-2300	2	-77	-
				BT motor 1	-2000	2	-67	-
				BT motor 2	-2000	2	-67	-
				BT motor 3	-1200	2	-40	-
				Total	-12200	2	-407	11 093 96%
Manoeuvring Peak	n/a	n/a	n/a	Hotel	-2400	2	-80	-
				SG motor 1	-4650	2	-155	-
				SG motor 2	-4650	2	-155	-
				BT motor 1	-2400	2	-80	-
				BT motor 2	-2400	2	-80	-
				BT motor 3	-1600	2	-53	-
				Total	-18100	2	-603	10 490 91%
Pilotage	n/a	n/a	n/a	Hotel	-2400	15	-600	-
				SG motor 1	-3000	15	-750	-
				SG motor 2	-3000	15	-750	-
				Total	-8400	15	-2 100	8 390 73%

W275 – W278 – Capacité des batteries

Analyse des puissances consommées par le GALICIA lors des manœuvres à Portsmouth

Cas « fortes puissances » (mauvais temps) – données Eniram



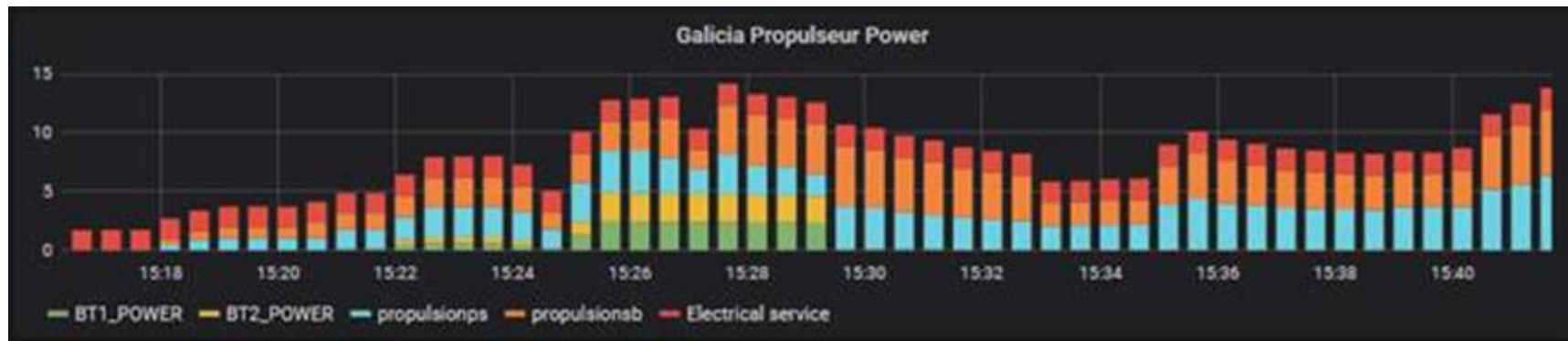
On vérifie:

- 20 min avant montée en allure
- Energie totale consommée 3250MWh (intégration des puissances vs 3100MWh pour profil Stena

W275 – W278 – Capacité des batteries

Analyse des puissances consommées par le GALICIA lors des manœuvres à Portsmouth

Cas-type majoritaire – données Eniram



On vérifie:

- 20 min avant montée en allure
- Energie totale consommée 2770MWh (intégration des puissances vs 3100MWh pour profil Stena)

W275 – W278 – Capacité des batteries



Le profil proposé par Stena est conforme à notre besoin de stockage électrique.

Il correspond aux besoins de deux manœuvres-type d'un GALICIA à Portsmouth par traversée.

Dans la réalité:

- une manœuvre Portsmouth demande plus d'énergie qu'une manœuvre Saint-Malo ou Ouistreham.
- Le navire n'effectue une giration (puissance max) que lors d'une des deux manœuvres

Sur les consommations énergétiques considérées, 60% de 11.5MWh permettent une « autonomie électrique théorique » de ~40 minutes pour le cas « mauvais temps » et ~48 minutes pour le cas majoritaire.

Capacité des batteries



Scenarii de charge des batteries

W275 – W278 – Capacité des batteries

Charge des batteries

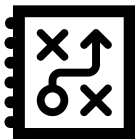


Selon le profil proposé par Stena, les navires doivent charger 6.2MWh à chaque traversée.

Pour maximiser la décarbonation, la charge électrique doit provenir majoritairement de terre.

Limite de la charge à quai:

- La norme applicable IEC80005-1 limite la puissance du connecteur à 6.5MVA, soit 5.1MW avec un $\cos\phi$ de 0.8
- En considérant une charge hôtel de 2.4MW (selon le load balance), il reste une capacité de charge batterie de 2.7MW.
- Dans les cas d'escaliers courtes, la capacité de charge des batteries par la terre peut atteindre 3.6 MWh. C'est insuffisant pour le besoin de 6.2 MWh



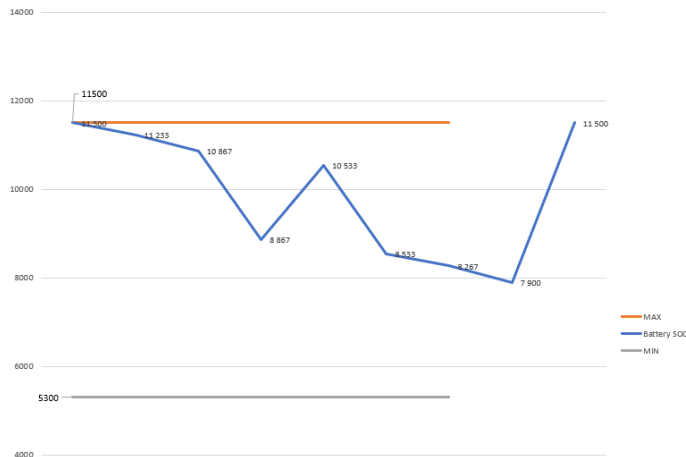
Solutions

Charger les batteries en mer et/ou limiter le temps de chenilage en électrique

W275 – W278 – Capacité des batteries

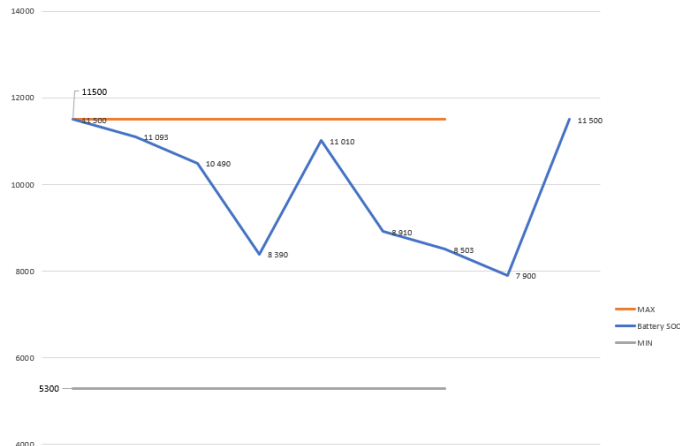
Charge des batteries – au port et en traversée

Cas GALICIA majoritaire



Charge à quai 3.6 MWh
Charge en mer 1.7 MWh

Cas GALICIA « mauvais temps »



Charge à quai 3.6 MWh
Charge en mer 2.1 MWh

W275 – W278 – Capacité des batteries

Charge des batteries – au port uniquement

Cas GALICIA majoritaire



Charge à quai 3.6 MWh
Chenalage limité à 2 x 9 min

Cas GALICIA « mauvais temps »

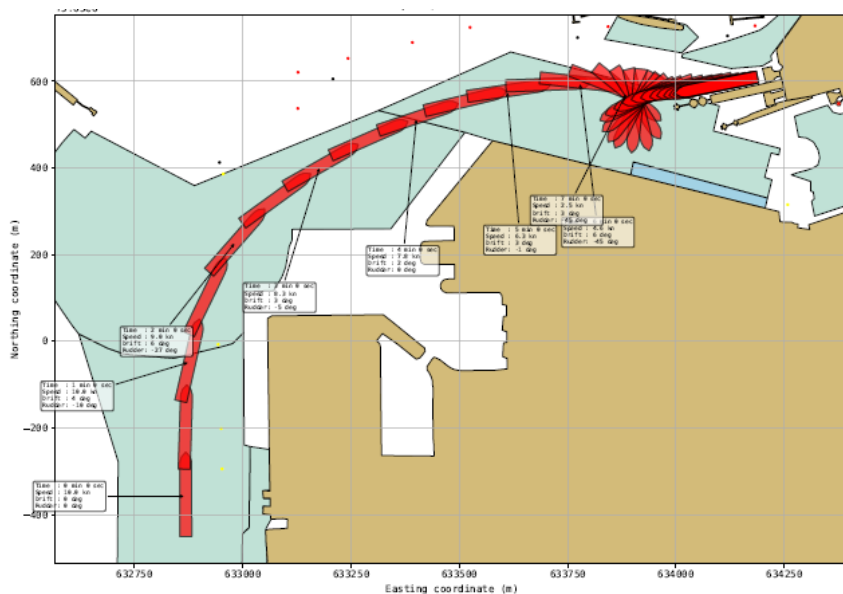


Charge à quai 3.6 MWh
Chenalage limité à 2 x 5 min

W275 – W278 – Capacité des batteries

Etudes de simulations

Göteborg – S50 2022



Energie totale manoeuvres

Ouistreham -> Portsmouth 1500~3000 kWh

Portsmouth -> Ouistreham 2000~3000 kWh

Saint-Malo -> Portsmouth 1000~2500 kWh

Portsmouth -> Saint-Malo 1500~4500 kWh

L'énergie disponible restante pourra être utilisée sur les chenalgés.



**MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION 2050**

CENAQ

Corsica linea

Christophe BENOIT – Responsable Projets Flotte

Journée collaborative électricité
Lorient, 18 septembre 2024



Présentation générale / Principales caractéristiques

Nom projet :	CENAQ 2018 // 3 navires
Type de navire	ROPAX / Propulsion diesel-mécanique
Usage	Branchement à quai au port
Date mise en service	Octobre 2019 à Octobre 2020
Origine du projet	Corsica linea
Armateur	Corsica linea
Chantier	CMRT (Tunisie) / Palumbo (Malte)
Bureau(x) d'étude(s)	ABB (France & Hollande) / SRC (Estonie)
Autres partenaires clefs	ABB France (Marseille)
Budget estimatif (m€)	1,25 M€ / navire (1,6 MVA / navire en moyenne)
Support public (%)	15 % ADEME et 15 % Région Sud



Présentation générale / Principales caractéristiques

Nom projet :	CENAQ 2024 // 2 navires
Type de navire	ROPAX / Ferry
Usage	Branchement à quai au port
Date mise en service	Janvier 2025 et Juin 2025
Origine du projet	Corsica linea
Armateur	Corsica linea
Chantier	CMRT (Tunisie)
Bureau(x) d'étude(s)	Orion Naval Engineering (Marseille)
Autres partenaires clefs	AMM (Marseille)
Budget estimatif (m€)	1,4 M€ (2,5 MVA) et 1,8 M€ (5 MVA)
Support public (%)	15 % ADEME et 25 % Région Sud



Présentation générale / Principales caractéristiques

Longueur (m)	De 165 à 200 m
Puissance total (MW)	De 19,7 à 44,5 MW
Techno électrique et fournisseur	Shore Connection 11 kV, 50 Hz / ABB
Puissance électrique (MW)	De 3,5 à 12,3 MW
Capacité énergétique (MWh)	Capacité installation Shore Connection bord : 1,5 / 1,7 / 1,8 / 2,5 / 5 MVA
Infrastructure à quai	Marseille : 9 postes à quai RORO équipés en Shore Connection 11 kV 50 Hz, 2 MVA à 5 MVA suivant les postes Sète : 4 postes à quai RORO équipés Shore Connection 11 kV/6,6 kV, 50/60 Hz, 2,3 à 3,3 MVA suivant les postes
Port d'attache	Marseille / Ajaccio / Bastia
Vitesse moyenne (nds)	DSP Corse : 19 nds / AFN : 21 nds
Autonomie (n.m) @Vmoy	Lignes DSP : de 180 à 214 n.m (14 heures de trajet / 10 heures d'escale) Lignes AFN : de 400 à 480 n.m (19 à 23 heures de trajet / 4 heures d'escale)



Retour d'expérience

- ❑ Plus de **700 escales connectées** depuis 2019,
- ❑ Plus de **1 600 tonnes de MDO économisés**,

	CO ₂	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}
Polluants évités	5 200 t	70 t	3,5 t	2,5 t	2,5 t

- ❑ Simplicité d'usage : +++
- ❑ Quasi pas de maintenance
- ❑ Accueil équipage : +++ (simple, conditions travail +++, maintenance diesel -)
- ❑ Installation quasi plug'n'play avec solution conteneurisée avec quasi aucune perte capacité commerciale (utilisation espace perdu).

Retour d'expérience

- ❑ Branchement à quai **obligatoire au 1^{er} janvier 2030** pour ROPAX dans ports UE équipés !
- ❑ Projets difficilement réalisables par anticipation et volontarisme sans accompagnement financier (1,3 à 2 M €/navire) :
 - ADEME PACA et Région Sud = partenaires des 5 projets, proactifs et soutien essentiel, processus administratif simple,
 - **Sans système d'aides simple**, les armateurs auront du mal à préparer leur flotte (9 navires pour Corsica linea → 10 M€ minimum d'investissement).
- ❑ Un navire branché ne peut fonctionner qu'avec 1 port équipé !
 - GPMM, précurseur en France : 9 postes à quai équipés, mais 5 postes seulement sur les 15 fréquentés par nos navires,
 - Sète, Toulon : OK,
 - Corse : aucune installation, pas de réel projet, pas de puissance « propre » dispo → **problème de l'insularité !**
 - AFN : pas de projet en Algérie, projet en tout début d'étude à Tunis sans horizon de réalisation,

⇒ Au mieux 1 escale sur 2 est branchée → amortissement financier impossible pour l'armateur,

⇒ Investissements colossaux pour les ports et **problème de puissance réseau disponible**,

Retour d'expérience

- ❑ Aléas sur coût énergie électrique : le tarif actuel de l'électricité rend plus économique de brûler du MDO que de se brancher à quai. La récente entrée en vigueur de l'ETS vient cependant améliorer l'équilibre, mais c'est toujours un coût pour l'armateur,
 - Attention : exemption taxe TIFCE pour branchement à quai se termine le 31/12/2025 → sinon prix kWh = +8,5 % pour les armateurs.

- ❑ Norme et réglementation pas assez abouties :
 - Corsica linea et La Méridionale ont du s'équiper avec compensateur de facteur de puissance à la demande d'ENEDIS → pas dans norme et surcoût de 85 k€/navire,
 - Navire 60 Hz : qui investit dans convertisseur fréquence ? Port ou navire ? Pas de solution 60 Hz à Marseille,
 - Intégration du convertisseur de fréquence dans le process de connexion mal défini → nos navires n'ont pas pu se brancher à Sète → modifications à effectuer à bord et à terre,

- ❑ Compatibilité norme / taille batteries ROPAX :
 - Puissance maxi norme ROPAX (11 kV) = 5 à 6 MVA, incompatible avec recharge pack batteries en escale courte,

⇒ Nécessité de passer à norme Croisière → investissement port très important.



MARITIME
ENERGY AND
ENVIRONMENTAL
TRANSITION **2050**

Alimentation électrique des navires à quais

Shore Power

EPR Port de Sète Sud de France

PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

2007

Transfert de propriété à la Région Occitanie-Pyrénées/Méditerranée

3

Ports en gestion pour les activités de commerce, de pêche et de plaisance

95

Salariés pour le Port de Sète - Sud de France

1 700

Emplois directs générés pour 1 milliard € de CA

Commerce



Pêche



Plaisance



PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Le port de Commerce en quelques chiffres



1130

Escales maritimes

2nd

Port décentralisé de France



100

Escales fluviales

+70%

De croissance de chiffre d'affaires
Sur les 9 dernières années



500

Trains complets

9ème

Record successif de croissance
(Hors COVID)



5,6 Mt

De marchandises

570 M€

D'investissement 50/50 -
Public/Privé



250 000

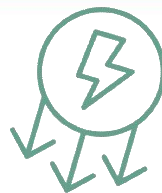
Passagers
(ferries et croisières)



3. Mettre en
œuvre la stratégie
'Bas Carbone'

PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Les armateurs concernés à l'origine du projet



- Nombre d'escales ciblées : 7 par semaine
- Ages des navires : moins de 15 ans
- Consommation annuelle attendue : 2 M kwh
- Puissance max : 1 000 KVA



- Nombre d'escales ciblées : 2 par semaine
- Ages des navires : moins de 20 ans
- Consommation annuelle attendue : 500 kwh
- Puissance max : 800 KVA



- Nombre d'escales ciblées : 2 par semaine
- Ages des navires : 5 navires en dock – sortie en 2025/2026
- Consommation annuelle attendue : 3 M kwh
- Puissance max : 2 500 KVA

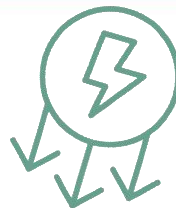




3. Mettre en œuvre la stratégie 'Bas Carbone'

PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Les armateurs qui se sont greffés en cours de projet



- Nombre d'escales ciblées : 2 par semaine
- Escales estivales de juin à septembre
- Ages des navires : moins de 15 ans
- Puissance max : 2 000 KVA



- Nombre d'escales ciblées : en cours de définition
- Ages des navires : moins de 15 ans
- Puissance max : 2 000 KVA

[illegible]

Raccordement
au réseau
électrique
national

Opérationnelle
décembre 2023

Coût : 7,95 M€



3. Mettre en œuvre la stratégie 'Bas Carbone'

PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Les enjeux financiers



Dépenses

Nature	Qui	Montant
Divers	(AMO, SPS, CT,...)	66 000 €
MOE	CAP INGELEC	582 000 €
Marché de travaux	SPIE + NIDEC	7 100 000 €
Révision de prix		202 000 €
Total		7 950 000 €

Recettes

Nature	Qui	Montant
FEDER	REACT EU	5 580 000 €
Autofinancement	PSDF	2 370 000 €



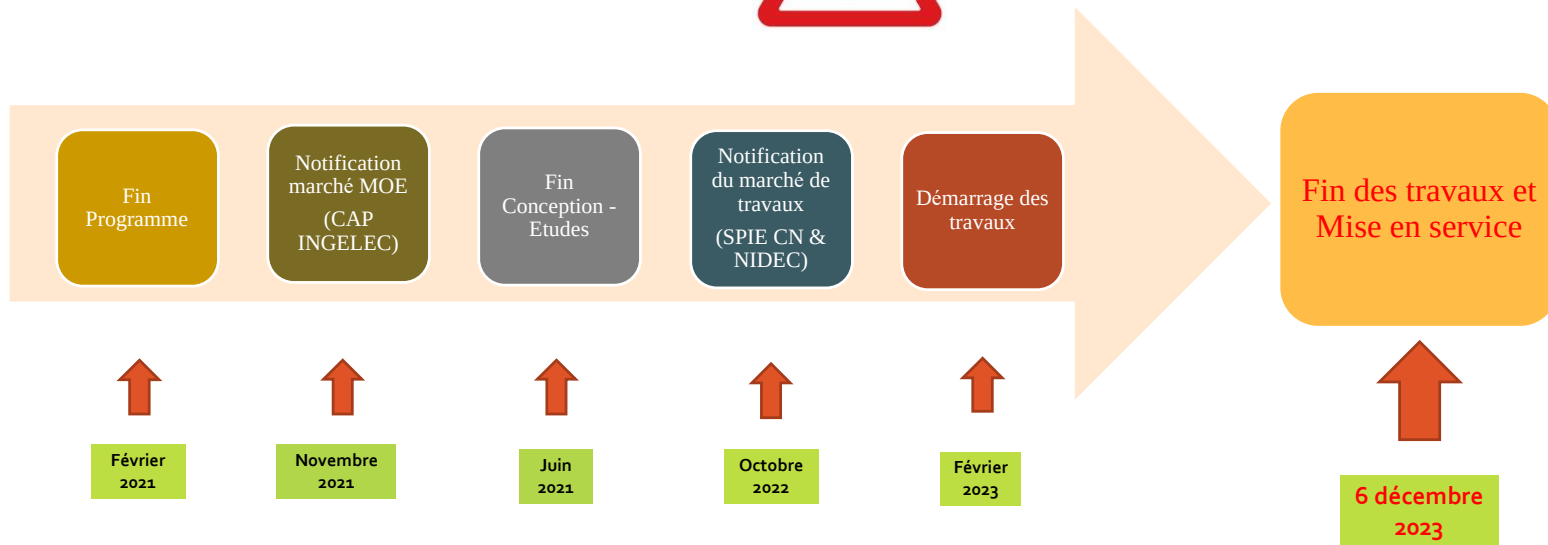
Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional



3. Mettre en œuvre la stratégie 'Bas Carbone'

PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Les enjeux planning

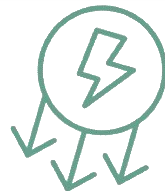




3. Mettre en œuvre la stratégie 'Bas Carbone'

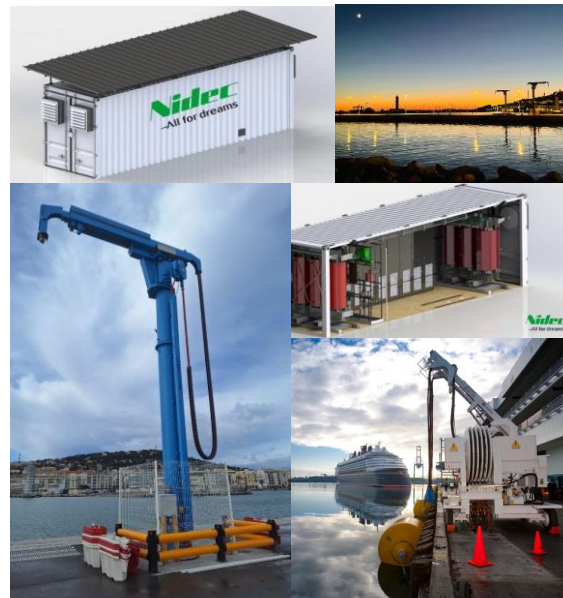
PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Les enjeux techniques



Répondre à la **polyvalence** du port à travers les solutions techniques suivantes :

- 1) **Sécuriser notre réseau** interne Haute Tension 20kV avec la création d'une **boucle** et la reprise des postes
- 2) Proposer la double fréquence pour connecter un maximum de bateaux : **50Hz** (réseau français) et **60Hz** (Amérique du nord) -> **coûts importants**
- 3) Proposer deux types de **tensions** à travers la transformation de 20kV à **11kV ou 6,6kV**
- 4) **Flexibilité** dans la connexion avec l'achat d'un **chariot mobile** et des **potences télescopiques** (+/- 10m)
- 5) **Modularité** des postes de conversion et de transformation avec une intégration en containers maritimes





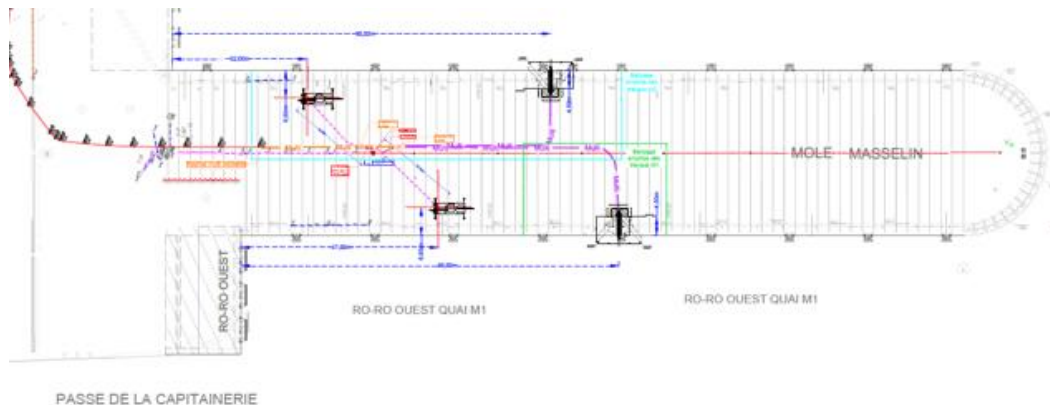
3. Mettre en œuvre la stratégie 'Bas Carbone'

PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Les enjeux techniques



Mole Masselin – Ferries : Mixte Potences / Chariot

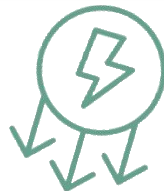




3. Mettre en œuvre la stratégie 'Bas Carbone'

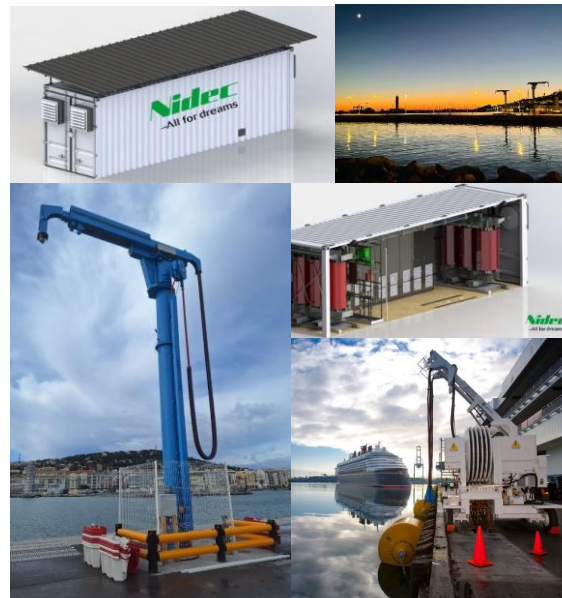
PORT DE SÈTE-FRONTIGNAN

Les enjeux avec les armateurs



Réglementation FuelEU -> obligation de raccordement électrique au 01/01/2030 pour les navires à passagers

- 1) Proposer des **tarifs incitatifs** dès 2024 (ristourne droits de ports, prix du kWh,...) avec un **modèle économique** gagnant / gagnant
- 2) Proposer aux armateurs une énergie électrique la plus **décarbonée** possible (**mix énergétique** du réseau français)
- 3) Trouver un **équilibre** sur les **process de branchements** électriques entre le personnel du bord et les électriciens de PSDF
- 4) Travailler avec les autres ports pour le déploiement des infrastructures de branchements à quais





Notre retour d'expérience ...

- ❖ Marché quasiment mature : produits, solutions et services
- ❖ Difficultés d'interprétation de la norme internationale « ISO/IEC/IEEE 80005-1 : 2019 Alimentation des navires à quai : Systèmes de connexion à quai à haute tension (HVSC) »
- ❖ Absence des RoRo, CarCarrier, Cargo reefer.... Etc du règlement AFIR
- ❖ Difficulté pour trouver un ROI
- ❖ Modèle économique à terre comme à bord dépendant de la subvention publique
- ❖ Mesure des externalités positives

Immersion dans la transition énergétique du port de Sète

Merci pour votre attention