



# CATALOGUE DE PROJETS

Impliquant les laboratoires membres  
du cluster NExT CARGO

Version en date du 01/11/2024

# Un catalogue de projets, pour quoi faire ?

Ce catalogue de projets constitue une photo à l'instant t (au 1/11/2024) des projets de recherche et des doctorats hors-projet de recherche, dans lesquels les laboratoires membres du cluster CARGO sont engagés ou ont été engagés récemment.

Il offre un aperçu de **la richesse des compétences des laboratoires nantais et nazairiens pour adresser les enjeux de la décarbonation du transport maritime.**

Néanmoins, il ne traduit pas pour autant tout le potentiel de ces laboratoires, car ne figurent ici que les projets déjà engagés et portés à la connaissance du cluster, à la date du 1/11/2024. Certains projets à caractère confidentiel n'ont pu être intégrés. Enfin, d'autres compétences pourront demain être mobilisées, sur de nouveaux fronts de sciences et avec l'appui des sciences humaines et sociales (géographie, droit, économie...), comme la dynamique initiée au sein de CARGO le laisse présager.

Pour une vue plus complète des compétences mobilisables au sein des laboratoires, nous vous invitons à vous reporter à **l'inventaire des compétences** publié sur le site web du cluster :

<https://cargo-cluster.fr/inventaire-des-competences-decarbonation-du-maritime>

A noter également : les projets des laboratoires de CARGO, mais hors périmètre NExT (projets IMT Atlantique) ont également été intégrés à cet inventaire. Les logos des tutelles et partenaires de chaque projet figurent en bas de page.

Bonne lecture !

## Un cluster de recherche dédié à la décarbonation du transport maritime

UNE INITIATIVE **NExT**  
HEALTH AND  
ENGINEERING

*Nantes Trajectoire d'excellence*

### 2 MEMBRES FONDATEURS :



### PARTENAIRES FINANCIERS :



### 12 LABORATOIRES DE RECHERCHE :



# Sommaire des projets et positionnement par levier de décarbonation

Source : <https://www.mer.gouv.fr/decarbonation-du-maritime-remise-de-la-feuille-de-route>  
(version janvier 2023)

Réduction de la traînée  
Optimisation propulsion  
Conso. d'énergie à bord  
Eco-construction  
Excellence opérationnelle  
Sobriété  
GNL  
Bio-carburants  
E-carburants  
Electrification  
Capture de carbone  
Propulsion vélique

LISTE DES PROJETS	PAGE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AlgAdvance	8												
CAP 2050	9												
CELCER - Cellules Céramiques EHT durables, performantes et bas coût	10												
Chaire industrielle Bureau Veritas	11												
Chaire industrielle MAN-ES	12												
CimentAlgae	13												
COCPIT - Circular production of microalgae-based fuels for shipping and aviation	14												
DEBHAT - Décontamination Electrochimique de gaz issus de la biomasse à haute température	15												
DOSMAR	16												
E-COMENT – Eco-conception de pièces composites (procédé TFP)	17												
ECOPLEX - Ecodesign of complex ships	18												
EMINAV - Emissions dans l'atmosphère des navires	19												
ESTUAIRE	20												
FLEXISOC - Flexibilité des cellules SOFC vis-à-vis du combustible	21												
HYBA - Hybride Bretagne Atlantique	22												
Marinisation des piles à combustible	23												
MERVENT	24												
MoHyPi – Rétrofit Moteur H2	25												
NOMADE	26												
NOUVEAU - Sustainable and reusable SOFC	27												
Outre Loire	28												
PropVelBa - PROPulsion VELique en Bassin	29												
SAVANE	30												
Simulation et prototypage temps réel d'architectures modulaires	31												
TNTM - Transformation Numérique du Transport Maritime	32												
WindStor	33												

# Sommaire des doctorats et positionnement par levier de décarbonation

Source : <https://www.mer.gouv.fr/decarbonation-du-maritime-remise-de-la-feuille-de-route>  
(version janvier 2023)

Réduction de la traînée  
Optimisation propulsion  
Conso. d'énergie à bord  
Eco-conception  
Excellence opérationnelle  
Sobriété  
GNL  
Bio-carburants  
E-carburants  
Electrification  
Capture de carbone  
Propulsion vélique

LISTE DES DOCTORATS HORS-PROJET DE RECHERCHE	PAGE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Thèse - Etude des conditions organisationnelles d'émergence d'un smart port (T. DENIS)	35												
Thèse - Gouvernance des transitions écologiques dans les régions portuaires (A. DUVAL)	36												
Thèse - Simulation énergétique long terme de la flotte mondiale - scénarios de transition (A. GARNIER)	37												
Thèse - Modélisation des symbioses industrielles. Application à la production d'hydrogène (R. GUIONIE)	38												
Thèse - Dynamique de la demande de flux commerciaux et stratégies des opérateurs maritimes (G. HESLAN)	39												
Thèse - Production de catalyseurs à faible coût à base d'argiles naturelles pour le raffinage des biocarburants (O. M. MECELTI)	40												
Thèse - Simulation numérique de la tenue à la mer d'un catamaran à rotors Flettner dans les vagues (F. PILI)	41												
Thèse - Développement d'un VPP haute-fidélité pour l'optimisation des carènes des voiliers de compétition (P. ROBIN)	42												
Thèse - Les enjeux de la transition écologique dans le transport maritime (M. QUEREL)	43												

\* Doctorats hors projet de recherche

Source : <https://www.mer.gouv.fr/decarbonation-du-maritime-remise-de-la-feuille-de-route> (version janvier 2023)

# Sommaire par laboratoire

<b>CDMO - Centre de Droit Maritime et Océanique</b>	
Thèse - Les enjeux de la transition écologique dans le secteur maritime (M. QUEREL)	Page 43
<b>ESO - Espaces et Sociétés</b>	
Thèse - Gouvernance des transitions écologiques dans les régions portuaires (A. DUVAL)	Page 36
<b>GeM - Institut de recherche en Génie civil et Mécanique</b>	
E-COMENT – Eco-conception de pieces composites (TFP)	Page 17
Outre Loire	Page 28
<b>GEPEA - Génie des Procédés Environnement Agroalimentaire</b>	
AlgAdvance	Page 8
CimentAlgue	Page 13
COCPIT - Circular production of microalgae-based fuels for shipping and aviation	Page 14
EMINAV - Emissions dans l’atmosphère des navires	Page 19
SAVANE - Station Autonome de Valorisation des Algues Naturelles Endogènes	
Thèse - Production de catalyseurs à base d’argiles pour le raffinage des biocarburants (O. M. MECELTI)	Page 40
<b>IMN - Institut des Matériaux de Nantes Jean Rouxel</b>	
CELCER - Cellules Céramiques EHT durables, performantes et bas coût	Page 10
DEBHaT – Décontamination Electrochimique de gaz issus de Biomasse à Haute Température	Page 15
FLEXISOC – FLEXibilité des cellules SOFC vis-à-vis du combustible	Page 21
Marinisation des piles à combustibles	Page 23
NOUVEAU – Novel electrode coatings and interconnect for sustainable and reusable SOFC	Page 27
<b>IREENA - Institut de Recherche en Énergie Électrique de Nantes Atlantique</b>	
ESTUAIRE	Page 20
Marinisation des piles à combustibles	Page 23
Windstor	Page 33

<b>LEMNA - Laboratoire d’Économie et de Management de Nantes Atlantique</b>	
Thèse - Etude des conditions organisationnelles d’émergence d’un smart port (T. DENIS)	Page 35
Thèse - Modélisation des symbioses industrielles. Application à la production d’hydrogène (R. GUIONIE)	Page 37
Thèse - Dynamique de la demande de flux commerciaux et stratégies des opérateurs maritimes (G. HESLAN)	Page 38
<b>LHEEA - Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Énergétique et Environnement Atmosphérique</b>	
CAP 2050	Page 9
Chaire industrielle Bureau Veritas	Page 11
Chaire industrielle MAN-ES	Page 12
DOSMAR	Page 16
MERVENT	Page 24
MoHyPi	Page 25
NOMADE	Page 26
PropVelBa - PROPulsion VELique en Bassin	Page 29
TNTM - Transformation Numérique du Transport Maritime	Page 32
Thèse - Simulation énergétique long terme de la flotte mondiale - scénarios de transition (A. GARNIER)	Page 37
Thèse - Simulation numérique de la tenue à la mer d’un catamaran à rotors Flettner dans les vagues (F. PILI)	Page 41
Thèse - Développement d’un VPP haute-fidélité pour l’optimisation des carènes des voiliers (P. ROBIN)	Page 42
<b>LS2N - Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes</b>	
ECOPLEX - Ecodesign of complex Ships	Page 18
HYBA - Hybride Bretagne Atlantique	Page 22
Simulation et prototypage temps réel d’architectures électriques modulaires	Page 31
<b>LTEN - Laboratoire de Thermique et Énergie de Nantes</b>	
Marinisation des piles à combustibles	Page 23
Windstor	Page 33

# Sommaire par axe de la feuille de route nationale de décarbonation (V. 01/2023)

## Axe 1. Développement de technos et navires zéro émission

Chaire industrielle Bureau Veritas	Page 11
Chaire industrielle MAN-ES	Page 12
DEBHAT - Décontamination Electrochimique de gaz issus de la biomasse à haute température	Page 15
DOSMAR	Page 16
EMINAV - Emissions dans l'atmosphère des navires	Page 19
FLEXISOC - Flexibilité des cellules SOFC	Page 21
HYBA - Hybride Bretagne Atlantique	Page 22
Marinisation des piles à combustible	Page 23
MERVENT	Page 24
MoHyPi - Rétrofit Moteur H2	Page 25
PropVelBa - PROPulsion VELique en Bassin	Page 29
TNTM - Transformation Numérique du Transport Maritime	Page 32
Simulation et prototypage temps réel d'architectures électriques modulaires	Page 31
Thèse - Simulation numérique de la tenue à la mer d'un catamaran à rotors Flettner dans les vagues (F. PILI)	Page 41
Thèse - Développement d'un VPP haute-fidélité pour l'optimisation des carènes des voiliers (P. ROBIN)	Page 42

## Axe 2. Efficacité opérationnelle, sobriété

EMINAV - Emissions dans l'atmosphère des navires	Page 19
MERVENT	Page 24
TNTM – Transformation Numérique du Transport Maritime	Page 32

## Axe 3. Production, stockage, transport d'énergies décarbonées

AlgAdvance	Page 8
CELCER - Cellules Céramiques EHT durables, performantes et bas coût	Page 10
CimentAlgue	Page 13
COCPIT - Circular production of microalgae-based fuels for shipping and aviation	Page 14
NOMADE	Page 26
SAVANE	Page 30

## Axe 3. Energies décarbonées (suite)

WindStor	Page 33
Thèse - Production de catalyseurs à base d'argiles pour le raffinage des biocarburants (O. M. MECELTI)	Page 40
Thèse - Modélisation des symbioses industrielles. Application à la production d'hydrogène (R. GUIONIE)	Page 38
Thèse - Simulation numérique de la tenue à la mer d'un catamaran à rotors Flettner dans les vagues (F. PILI)	Page 41

## Axe 4. Décarbonation des ports

ESTUAIRE	Page 20
Thèse - Etude des conditions organisationnelles d'émergence d'un smart port (T. DENIS)	Page 35
Thèse - Gouvernance des transitions écologiques dans les régions portuaires (A. DUVAL)	Page 36

## Axe 5. Décarbonation de la production et économie circulaire

E-COMENT – Eco-conception de pieces composites (TFP)	Page 17
ECOPLEX - Ecodesign of complex ships	Page 18
NOUVEAU - Sustainable and reusable SOFC	Page 27
Outre Loire	Page 28

## Axe 6. Renforcement du cadre réglementaire

Thèse - Les enjeux de la transition écologique dans le transport maritime (M. QUEREL)	Page 43
---	---------

## Axe 7. Prérequis pour la déclinaison opérationnelle de la feuille de route

CAP 2050	Page 9
Thèse - Etude des conditions organisationnelles d'émergence d'un smart port (T. DENIS)	Page 35
Thèse - Gouvernance des transitions écologiques dans les régions portuaires (A. DUVAL)	Page 36
Thèse - Simulation énergétique long terme de la flotte mondiale - scénarios de transition (A. GARNIER)	Page 37
Thèse - Modélisation des symbioses industrielles. Application à la production d'hydrogène (R. GUIONIE)	Page 38
Thèse - Dynamique de la demande de flux commerciaux et stratégies des opérateurs maritimes (G. HESLAN)	Page 39

# PROJETS DE RECHERCHE DES LABORATOIRES

## Objectifs :

Dans le cadre du [PEPR B-BEST](#) – pour Biomasse, biotechnologies, technologies pour la chimie verte et les énergies renouvelables, le projet AlgAdvance vise à développer une méthodologie originale pour **lever les verrous du changement d'échelle** d'une nouvelle souche brevetée de micro-algue, pouvant apporter une rupture dans le domaine des **biocarburants liquides de 3<sup>ème</sup> génération**. Le GEPEA est associé à ce projet sur le volet « Optimisation des conditions de culture ».

## Mise en œuvre :

**Etude de l'influence des conditions de culture sur la productivité des lipides exsudés** par une souche de micro-algue de type diatomée et optimisation de la culture (doctorat de Lise DEMESLAY à partir de novembre 2023).

## Livrables et valorisation :

- Mémoire de thèse (Lise DEMESLAY)
- Publications scientifiques



© Jean-Claude MOSCHETTI/  
AlgoSolis/CNRS Photothèque

Coordinateur :  
Éric MARECHAL (CEA de  
Grenoble)

Contact GEPEA :  
Olivier GONCALVES

07/2023

07/2029



Budget total : 1,9 M€  
Budget GEPEA : 340 000€

PEPR B-BEST



Moyens humains GEPEA

1 ETP + 1 PhD

Moyens matériels

Equipements du laboratoire  
GEPEA

Niveau de TRL



AXES



Énergies décarbonnées

LEVIERS



Biocarburants

TYPOLOGIE DE NAVIRES



Tous types

**Objectifs :**

Projet-phare de l'institut MEET2050, le projet CAP 2050 vise à construire un **modèle de référence pour comparer les scénarios de transition énergétique pour le maritime et le fluvial**, et ainsi guider les stratégies industrielles et publiques.

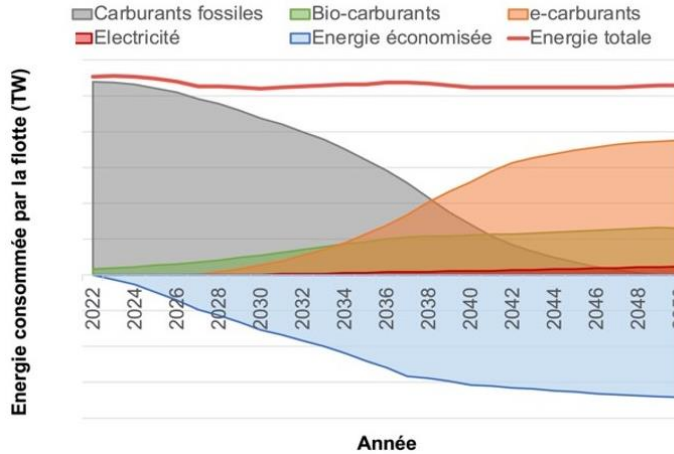
**Mise en œuvre :**

- Définition de cas d'usage
- Centralisation et fiabilisation des données nécessaires à l'alimentation du modèle
- Développement du logiciel et des modélisations dans un environnement modulaire, Ex d'éléments à intégrer : segments de flotte, zones géographiques, ACV...
- Réalisation de scénarios et trajectoires à partir des développements et données

Associé au projet, le LHEEA apporte son expertise sur les données et outils de modélisation énergétique (navires, propulsions).

**Livrables et valorisation :**

- Logiciel de transition énergétique accessible aux partenaires
- Base de données de la transition énergétique maritime
- Comparaison de scénarios de transition à différentes échelles
- Publications scientifiques et communications



Coordinateur : MEET 2050

Contact LHEEA : Pierre MARTY (D2SE)



**Budget : 750k€ à 1,5 M€ dont 263 k€ LHEEA**  
Partenaires publics et privés via MEET2050

**Moyens humains LHEEA**  
1 IR + 1 chercheur

**Moyens logiciels**  
• Python

**AXES**



Prérequis - Trajectoires de décarbonation

**LEVIERS**



Tous types

**TYPLOGIE DE NAVIRES**

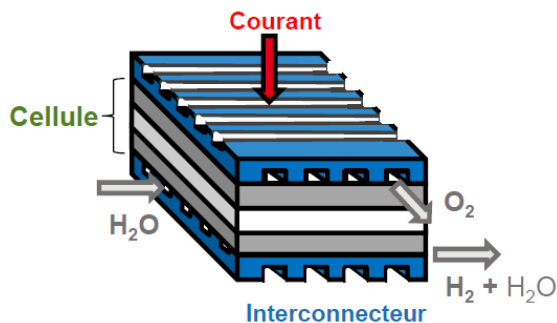


Tous types

# CELCER - Cellules Céramiques EHT durables, performantes et bas coût

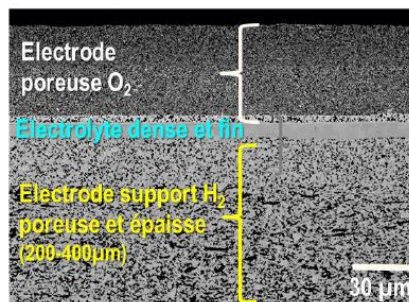
## Objectifs :

- Développement d'une cellule céramique à performance et durabilité accrues
- Indépendance nationale sur la production d'H<sub>2</sub> vert à coût de production maîtrisé
- Soutien au développement d'une filière industrielle française d'Electrolyse de la vapeur d'eau à Haute Température (EHT)



## Mise en œuvre en deux étapes :

- Amélioration des matériaux actuels (2024) pour atteindre des taux de dégradation des cellules industrielles (200 cm<sup>2</sup>) inférieurs à 1%/1000h à 1.3V et 0.85 A/cm<sup>2</sup>, et des temps de démarrage de 8h à froid et 300s à chaud
- Elaboration de nouveaux matériaux en rupture (2026-2027), pour atteindre des taux de dégradation de cellules 0,7%/1000h à 1,3V et 1 A/cm<sup>2</sup>



## Livrables et valorisation :

- 13 mémoires de thèse (dont 1 doctorant IMN), publications scientifiques
- Maîtrise de l'intégration de matériaux céramiques améliorés & nouveaux dans une cellule EHT pour production haut rendement d'hydrogène vert
- Technologie modulaire sans catalyseurs PGM, adaptée au mix énergétique français

### AXES



Energies décarbonnées

### LEVIERS



E-carburants

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires de charge



Navires de croisière

Coordinateur : CEA-LITEN

Contact IMN :  
Olivier JOUBERT

08/2021

08/2027

Budget global : 18,6 M€  
Budget IMN : 666 k€



## Moyens humains

38 chercheurs académiques ou industriels permanents, 13 doctorants et 18 post-doc

## Moyens matériels

IMN : Techniques de caractérisations variées (DRX, ATG, microscopies) et bancs de tests électrochimiques pour l'étude des SOEC en conditions réelles

## Objectifs :

Chaire internationale de recherche portant sur la **modélisation numérique et expérimentale** de problématiques hydrodynamiques et hydro-structurelles, visant à accroître la sécurité et les performances du navire du futur. Les outils développés permettent au groupe BV d' **améliorer les prédictions de performance**, notamment des systèmes de propulsion par le vent.



© Bertrand MALAS / Essais en bassin de tenue à la mer en houle directionnelle

## Mise en œuvre :

- Travail collaboratif entre les partenaires, selon un programme défini annuellement, incluant la conduite d'essais sur maquette, des développement logiciels et l'engagement de 9 doctorats (dont un doctorat sur **l'évaluation des interactions aérodynamiques entre les voiles**)
- Organisation de workshops avec les partenaires industriels et académiques

## Livrables et valorisation :

- Amélioration des règlements définis par BV
- Développement d'outils, logiciels et méthodologies
- 9 mémoires de thèse : [M. ROBERT](#), [Z. LI](#), [Y.-M. CHOI](#), [Y. J. KIM](#), [T. DESCAMPS](#), [S. KIM](#), M. CANARD, S. AKKARI et E. CATEL (*en cours*) et publications

### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Réduction de la traînée



Excellence opérationnelle



Propulsion par le vent et EnR

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : LHEEA

Contact LHEEA :  
Benjamin BOUSCASSE (IIHNE)

09/2015

09/2025

Budget global : 6M €



SOLUTIONS

## Moyens humains

70 années e-c et IR  
9 PhD

## Moyens matériels

Bassins océaniques de Centrale Nantes

## Moyens logiciels

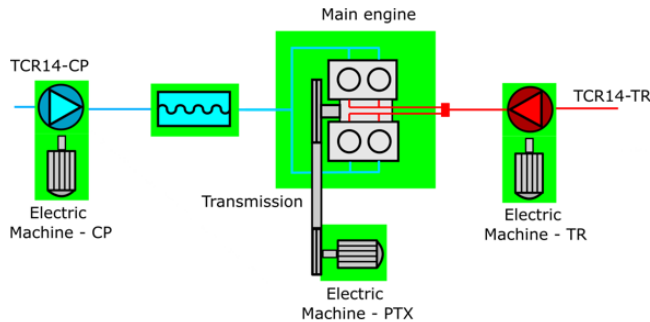
- FoamStar (CFD développé autour de OpenFOAM®)
- HOS-Ocean, HOS-NWT (génération de vagues)
- Hydrostar (logiciel BV)

## Objectifs :

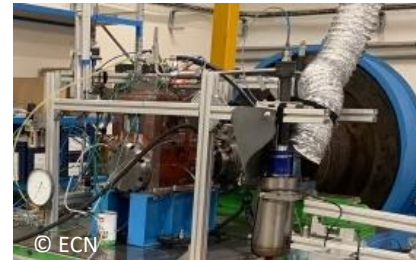
Optimisation des moteurs des navires et des centrales électriques, en construction neuve et rétrofit.

## Mise en œuvre :

- Développement et optimisation de composants vers **plus de flexibilité** : suralimentation hybride, injection électronique... (doctorat A. AGUILLON)
- Optimisation d'un **système propulsif marin sur houle** (doctorat C. NCOBO)
- Optimisation de la **gestion d'énergie** d'un système propulsif hybride en lien avec le routage (doctorat Y.J. KIM)
- Caractérisation de **l'influence des BioDiesels** (FAME , HVO) sur le système d'injection et le fonctionnement du moteur



© Anibal AGUILLON SALAZAR



## Livrables et valorisation :

- + de 60 rapports techniques
- 4 mémoires de thèse (en cours)
- Publications
- Amélioration de l'offre MAN-ES

Coordinateur : LHEEA

Contact LHEEA :  
Xavier TAUZIA (D2SE)

06/2018

11/2024

Budget : 5M€

- 3M€
- 2M€



## Moyens humains

4 ETP + 4 PhD + 6  
enseignants-chercheurs

## Moyens matériels

- Banc d'injection du LHEEA
- Moteur prototype dédié recherche chez MAN-ES (St-Nazaire)

## Moyens logiciels

- GT Power
- Simcenter AMESim
- X-Dyn
- Matlab-Simulink,...

### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Optimisation de la propulsion



Excellence opérationnelle



Biocarburants



Électrification

### TYPOLOGIE DE NAVIRES

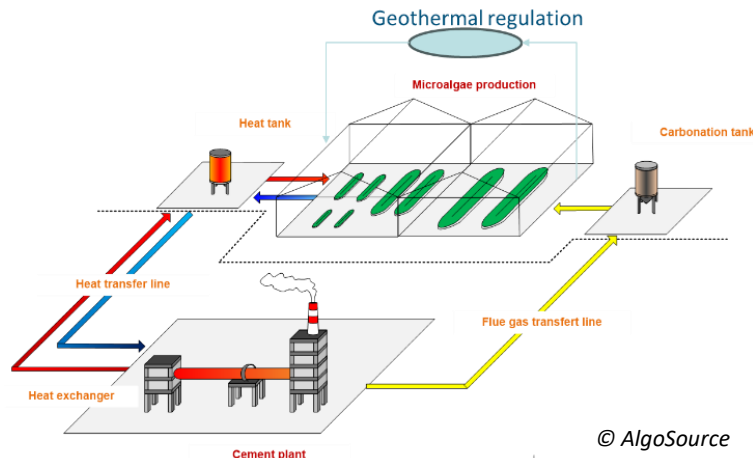


Tous types

## Objectifs :

Projet d'écologie industrielle, orienté sur la **valorisation du CO<sub>2</sub> et de la chaleur fatale issus de la fabrication du ciment** pour produire des microalgues photosynthétiques en lumière naturelle.

Actuellement utilisé pour une souche alimentaire, le démonstrateur pourrait trouver des applications dans le domaine des **biocarburants**.



## Mise en œuvre :

Installation d'un **démonstrateur de 800m<sup>2</sup>** dans une cimenterie, avec plusieurs technologies de systèmes de cultures, notamment un **photobioréacteur solaire sur couche mince (AlgoFilm)**, développé pour les souches oléagineuses destinées à la production de biocarburants. Conduite d'« **essais grandeur nature** » pour optimiser les paramètres de culture, définir les règles de dimensionnement d'autres installations et démontrer la viabilité industrielle et économique du procédé.

## Livrables et valorisation :

- Publications scientifiques
- Production de microalgues pour la santé, la construction ou les biocarburants
- Modèle innovant d'écologie industrielle transférable à d'autres contextes

### AXES



Énergies décarbonnées

### LEVIERS



Biocarburants

### TYPOLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : Vicat

Contact GEPEA :  
Jérémy PRUVOST

02/2021

2024

## Financement

Co-financement ADEME :  
2 M€ (AAP BIP 2014)



## Moyens humains

Ingénieurs de Recherche et  
d'étude (190 k€)

## Moyens matériels

Démonstrateur de 800m<sup>2</sup>  
installé dans la cimenterie  
Vicat de Montalieu-Vercieu  
en Isère

## Niveau de TRL



## Objectifs :

Délivrer un outil d'aide à la décision basé sur des solutions durables de **production de biocarburants pour les secteurs aérien et maritime à partir de microalgues.**

## Mise en œuvre :

Toute la chaîne de transformation des microalgues sera étudiée et des solutions innovantes et durables seront proposées et démontrées dans un environnement significatif (TRL 5). Des **réductions de coûts de production et d'empreinte carbone** seront réalisées grâce à la circularité qui sera implémentée au sein de la chaîne de production ainsi qu'au niveau de son territoire d'implémentation. Des **scénarios prospectifs** seront proposés et alimenteront un **outil d'aide à la décision à base d'IA** et qui tiendra compte des aspects économiques, énergétiques et environnementaux pour orienter les investisseurs vers la solution de production la plus adaptée.

## Livrables et valorisation :

- 1 réacteur intensifié de 80 m<sup>2</sup> de production de microalgues + 1 de 10 m<sup>2</sup> couplé à des panneaux photovoltaïques organiques
- 1 réacteur continu de HTL + 1 réacteur continu de raffinage
- 1 outil d'aide à la décision (COCPIT Tool)
- 40+ publications scientifiques (journaux + conférences)



Production d'« huile » à partir de micro-algues par voie thermo-chimique (pyrolyse ou solvolyse)

### AXES



Energies décarbonnées

### LEVIERS



Biocarburants

### TYPOLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur :  
IMT Atlantique

Contact : Sary AWAD (GEPEA,  
IMT Atlantique)

10/2023

09/2027



Budget global : 5 M€  
Budget GEPEA: 1,6 M€



Funded by the  
European Union

## Moyens humains GEPEA

9 EC, 6 PhD, 4 IR,  
1 Project Manager

## Moyens matériels GEPEA

- Plateforme PREVER
- Plateforme Algosolis

## Moyens logiciels

- Comsol Multiphysics

## Niveau de TRL



# DEBHaT – Décontamination Electrochimique de gaz issus de la Biomasse à Haute Température

## Objectifs :

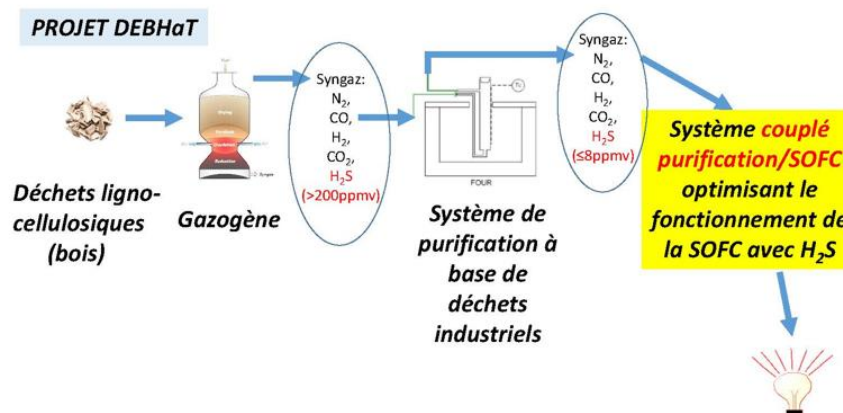
- Permettre l'alimentation des piles à oxydes solides avec des **combustibles issus de la gazéification de déchets biomasse** (coupe de bois) et rendre les piles plus robustes vis-à-vis des polluants présents dans les gaz
- **Abaisser les températures** de fonctionnement de ces systèmes « flexibles »

## Mise en œuvre :

- Développement de **systèmes de filtration** en amont de de la cellule
- **Optimisation** des **cellules** et de leurs **conditions de fonctionnement, modélisation**

## Livrables et valorisation :

- Publications
- Couplage Gazéification / pile à combustibles
- Optimisation et développement industriel de systèmes de production d'électricité délocalisée



### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Électrification

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires de charge



Navires de croisière

Coordinateur : IMN

Contact IMN :  
Annie LE GAL LA SALLE

07/2020

06/2024

Budget global : 176 300 €  
Budget IMN: 149 800 €

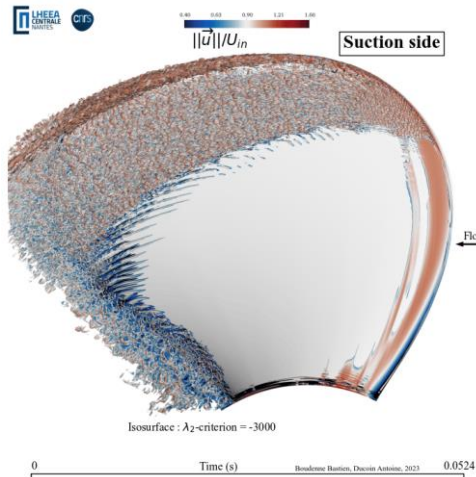


## Moyens humains

4 chercheurs académiques permanents, 1 post-doc

## Moyens matériels

IMN : Techniques de caractérisations variées (DRX, ATG, microscopies) et bancs de tests électrochimiques pour l'étude des SOFC en conditions réelles  
IMT : Filtration et Analyse de gaz



© Bastien BOUDENNE. Calcul DNS haute fidélité autour d'une pale d'hélice marine

**Objectifs :**

Le projet vise à **développer un outil de simulation numérique directe à haute fidélité pour la prédiction des régimes de couche limite** (écoulement proche paroi) **sur les pales d'hélices en propulsion marine**. Il s'agit d'un enjeu d'importance, dans un contexte d'amélioration des performances des propulseurs, pour maximiser la poussée de l'hélice et réduire le niveau de bruit sous-marin.

**Mise en œuvre :**

Ce projet s'inscrit dans la continuité du doctorat de B. BOUDENNE (soutenance : fin 2024), au cours duquel une première simulation directe de l'écoulement de couche limite sur une pale d'hélice a été effectuée et analysée à une échelle de laboratoire (**première mondiale**).

Il prévoit notamment :

- **Des expériences en canal** pour valider les procédures numériques
- **La conduite d'une étude paramétrique** pour analyser les écoulements autour de l'hélice selon différents paramètres (ex: vitesse du navire, vitesse de rotation de l'hélice...).

**Livrables et valorisation :**

- Outil de simulation numérique directe pour le calcul de l'écoulement en proche paroi des hélices marines
- Optimisation des propulseurs de petite et moyenne dimensions de l'industrie navale
- Publications scientifiques

**AXES**



Technos zéro émission

**LEVIERS**



Optimisation de la propulsion

**TYPLOGIE DE NAVIRES**



Tous types

Coordinateur : LHEEA

Contact LHEEA :  
Antoine DUCOIN (IIHNE)

11/2024

05/2026



**Budget : 55 000 €**



**Moyens humains**

1 post-doc d'1 an + 1 e-c

**Moyens matériels**

Banc d'essai d'hélice en eau libre du LHEEA

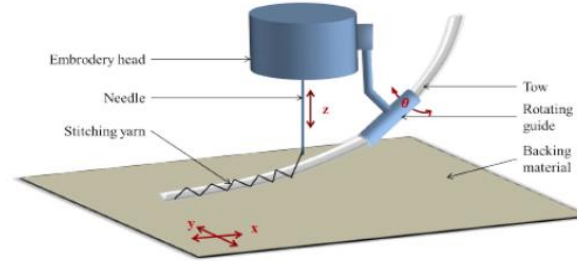
**Moyens logiciels**

Code NEK5000 (CFD, simulation numérique directe)

## Objectifs :

Ce projet vise à développer une nouvelle approche de conception-fabrication combinant la technologie **Tailored Fiber Placement (TFP)** et **l'optimisation topologique** adaptée à des composites renforcés de **fibres naturelles de lin** orientées selon des trajectoires curvilignes. Les pièces composites obtenues permettront une adaptation de forme sous contrainte mécanique donnée.

Ce procédé TFP présente divers avantages : placement optimisé des fibres en contrôlant l'orientation locale du renforcement ; zéro déchet ; procédé économique. Il pourrait à terme trouver des applications pour de petites structures navales de type hélices ou de nouvelles générations de voiles.



*Principe du procédé TFP (d'après Simon, 2022) : le procédé TFP consiste à déposer et fixer par couture un fil sur un substrat en 2D puis à « former » le composite obtenu pour lui donner sa forme définitive en 3D.*

## Mise en œuvre :

- **Modélisation du comportement thermomécanique** de mèches de lin
- Essais mécaniques et **expériences de formage** à l'échelle du laboratoire
- **Développement d'approches numériques l'optimisation topologique et le formage**

## Livrables et valorisation :

- Code numérique d'optimisation topologique donnant la trajectoire des fils déposés et cousus
- Analyse de la résistance des différentes pièces et influence des paramètres de formage
- 1 mémoire de thèse (Peng YU)

### AXES



Éco-construction

### LEVIERS



Éco-construction

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : IRDL – Institut de recherche Dupuy de Lôme

Contact GeM :  
Christophe BINETRUY

11/2023

11/2027

**Budget global : 170 k€**  
**Budget GeM : 68 k€**



## Moyens humains GeM

3 professeurs ; 1 PhD ;  
1 ingénieur (3 mois)

## Moyens matériels

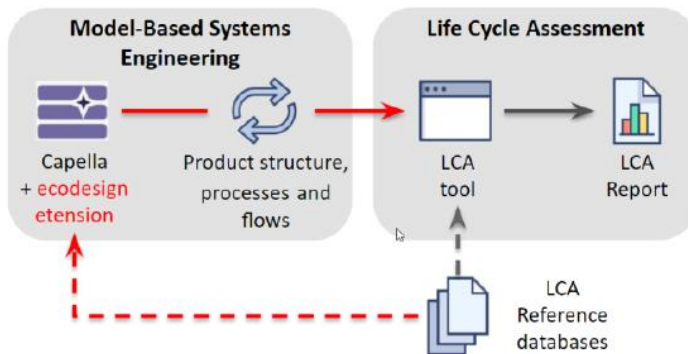
- Plateforme de mise en œuvre des composites du GeM
- Banc d'essai spécifique de traction des mèches
- Codes Elements Finis

## Niveau de TRL



## Objectifs :

EcoPlex visait à **optimiser l'éco-conception des navires grâce au numérique**, en faisant inter-opérer les logiciels open-source Capella (ingénierie système) et OpenLCA (analyse de cycle de vie).



Organisation de l'extension MBSE Ecodesign for Capella

## Mise en œuvre :

Partenaire académique du projet, le LS2N a apporté son expertise pour assurer une continuité numérique entre les logiciels :

- Participation à la **conception de l'extension logicielle Ecodesign for Capella**
- Identification des mécanismes de réutilisation des modèles selon différents scénarios
- Mise en œuvre à titre expérimental sur un exemple de cafetière.

Le projet incluait également une application à deux petits navires de collecte de plastique en mer (Mobulas de Manta Innovation pour The SeaCleaners) et à un navire de transport de passagers (Stirling Design International).

## Livrables et valorisation :

- Développements logiciels intégrés à [l'offre d'OBEO](#)
- [Publications et communications](#)

### AXES



Eco-construction

### LEVIERS



Eco-construction

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : OBEO

Contact LS2N :  
Daliila TAMLAZIT (NU)  
Raphaël CHENOUEAU (ECN)

06/2021

11/2022

**Budget global : 728 k€**

**Budget LS2N : 83 k€**



## Moyens humains LS2N

2 enseignants-chercheurs  
+ 1 IR

## Moyens logiciels

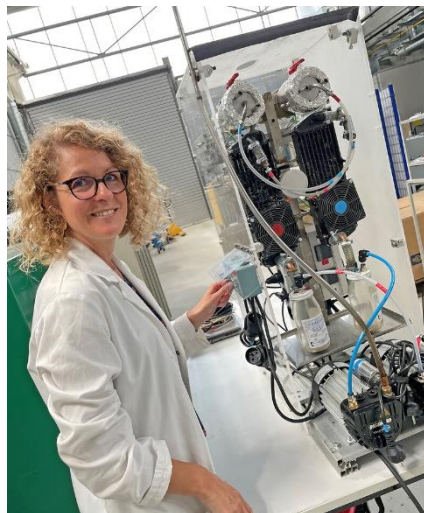
- Capella (ingénierie système)
- OpenLCA (ACV)

### Objectifs :

Dans la continuité du projet ADEME CAPNAV, le projet EMINAV vise à **évaluer de façon la plus complète possible les émissions polluantes liées au transport maritime**, en particulier en phase de manœuvre. Il permettra, entre autres, de **quantifier les fuites de méthane**, observées au niveau des navires propulsés au GNL.

### Mise en œuvre :

Campagnes de mesures en conditions réelles sur des bateaux des compagnies Penn Ar Bed (motorisation classique avec et sans solution additive dans le carburant) et Brittany Ferries (moteur GNL) : prélèvement des fumées à l'échappement et quantification des émissions en polluants gazeux de type NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO et méthane pour la motorisation GNL et de type BTEX et HAP. L'IMT Atlantique apporte sa contribution pour la **caractérisation chimique des COV et des suies émises**.



Aurélie JOUBERT © IMT Atlantique

### Livrables et valorisation :

- Méthodologie expérimentale validée et robuste pour la mesure en condition d'usage des émissions gazeuses et particulaires
- Contribution pour le calcul des facteurs d'émission employés dans les inventaires
- Recommandations pour les personnels navigants sur l'impact de l'usage sur les émissions et contribution aux choix stratégiques futurs

#### AXES



Technos zéro émission    Efficacité opérationnelle

#### LEVIERS



Excellence opérationnelle

GNL

#### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur :  
Benôit SAGOT, ESTACA

Contact GEPEA (IMT/GEPEA) :  
Aurélie JOUBERT

01/2022

12/2024

Budget global : 310 k€  
Budget GEPEA: 168 k€

Financement ADEME :  
258 k€



### Moyens humains GEPEA

- 2 enseignants-chercheurs
- 1 technicien
- 1 ingénieur de recherche  
18 mois

### Moyens matériels GEPEA

- Dispositif de prélèvement des suies et des COV à l'échappement
- GC-MS pour l'analyse en laboratoire

**Objectifs :**

Récupérer l'énergie fatale dans la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire (essais moteurs de MAN ES, panneaux photovoltaïques) et la valoriser en l'injectant sur le réseau pour alimenter des consommations locales (auto-consommation collective).



© Com par l'image pour Nantes Université

**Mise en œuvre :**

Contribution de l'IREENA avec l'appui du LTEN sur le volet H<sub>2</sub> :

- **Co-optimisation dimensionnement/ gestion de l'énergie** (individuel et collectif) d'un micro-réseau multi-énergies (électricité + H<sub>2</sub>) associant 12 bâtiments producteurs et/ou consommateurs d'énergie.
- **Autoconsommation collective : proposition d'une clé de répartition optimisée** (maximisation des revenus des producteurs)
- **Étude de sensibilité** sur les hypothèses technico-économiques (tarification, gouvernance)

**Livrables et valorisation :**

- Scénario d'auto-consommation collective robuste, adapté au contexte nazairien
- Méthode d'optimisation du micro-réseau transposable à d'autres contextes
- 4 publications scientifiques

**AXES**



Décarbonation portuaire

**LEVIERS**



Électrification

**TYPLOGIE DE NAVIRES**



Tous types

Coordinateur : Akajoule

Contact IREENA : Anthony ROY

01/2020

04/2022



**Budget global : 709 000 €**  
**Budget labos : 218 600 €**



**Moyens humains**

5 enseignants-chercheurs,  
1 post-doc

**Moyens logiciels**

Matlab

**Niveau de TRL**



# FLEXISOC – FLEXibilité des cellules SOFC vis-à-vis du combustible

## Objectifs :

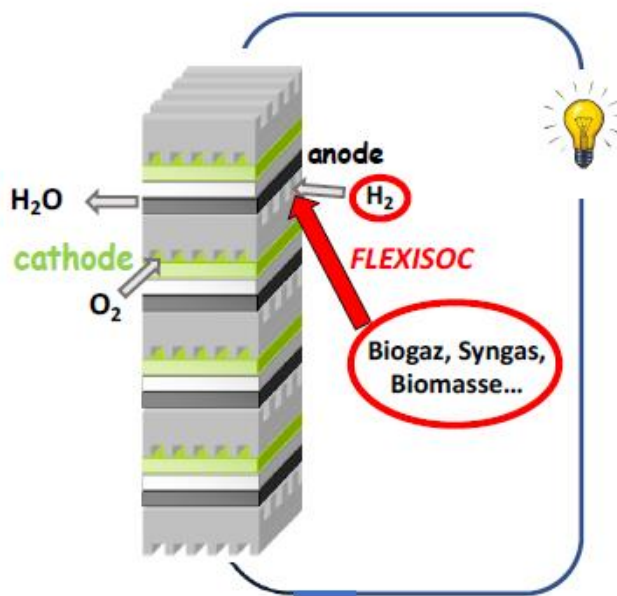
- Permettre l'alimentation des piles à oxydes solides avec des **combustibles autres que l'hydrogène**, comme les mélanges gazeux ou liquides variés
- Rendre les piles à combustibles plus **robustes** vis-à-vis des **polluants** présents dans les différents combustibles
- **Abaisser les températures** de fonctionnement de ces systèmes « flexibles »

## Mise en œuvre :

- Développement de **catalyseurs** et **matériaux d'électrodes**
- **Mise en forme** de matériaux et de cellules
- **Optimisation des cellules** et de leurs **conditions de fonctionnement**, modélisation

## Livrables et valorisation :

- Mémoires de thèse, publications
- Optimisation et développement industriel de cellules puis de stacks robustes vis-à-vis de combustibles variés pour la co-génération et la mobilité lourde
- Valorisation de nouveaux carburants



Coordinateur : IMN

Contact IMN :  
Annie LE GAL LA SALLE

06/2022

05/2027

Budget global : 2,25 M€  
Budget IMN : 238 409 €



## Moyens humains

57 chercheurs permanents,  
7 PhD et 6 post-docs.

## Moyens matériels

- IMN : Techniques de caractérisations variées (DRX, ATG, microscopies) et bancs de tests électrochimiques pour l'étude des SOFC en conditions réelles
- UCCS: Plateforme REALCAT

### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Électrification

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires de charge



Navires de croisière



Le Naoned, le chalutier d'APAK instrumenté dans le cadre d'HYBA

## Objectifs :

Le projet HYBA vise à **décarboner les navires de pêche**, en proposant une **solution d'hybridation électrique**, adaptable à des navires neufs mais aussi en rétrofit.

## Mise en œuvre :

Le projet est prévu en deux phases : Etude de faisabilité / Réalisation.

L'étude de faisabilité doit permettre de dimensionner au plus juste les solutions techniques (moteur électrique, stockeur de type batterie, réducteur) qui seront développées en phase 2, à travers :

- **L'instrumentation d'un chalutier** de 23m de l'armement APAK
- L'analyse des données et l'identification des signaux pertinents pour **la gestion énergétique optimisée du navire et du chalut**
- **L'optimisation** de la nouvelle motorisation, du chalut et de leur association
- La **conception d'un algorithme de commande** adapté

## Livrables et valorisation :

- Adaptation et optimisation des solutions d'hybridation électrique pour la pêche
- Publications scientifiques

### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Électrification

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires de pêche

Coordinateur :  
Comité régional des pêches de  
Bretagne

Contact LS2N (IMT) :  
Fabien CLAVEAU  
Philippe CHEVREL

10/2023

03/2025

Budget global : 500 k€  
Budget LS2N : 78k€



## Moyens humains LS2N

2 enseignants-chercheurs, 1  
post-doc

## Moyens matériels

Naoned (chalutier Apak)

## Moyens logiciels

Logiciel eco4impact de  
Vectura System

## Niveau de TRL



## Objectifs :

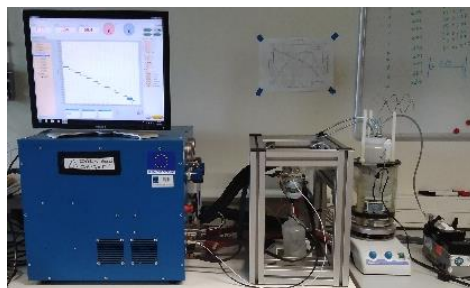
Porté par le CEA Tech avec l'implication de trois laboratoires de recherche, ce projet vise à maîtriser **l'intégration de piles à combustible pour la propulsion des navires.**

## Mise en œuvre :

- **Étude multi-échelle de l'impact d'un brouillard salin sur les piles à combustible :** injection de sel (NaCl) dans l'air d'alimentation de piles basse température (PEMFC) à l'échelle de la mono-cellule, du stack et du système complet (CEA/LTEN). Une étude similaire est réalisée sur des cellules haute température (SOFC) (CEA/IMN).
- **Étude de la mise à l'échelle de systèmes pile à combustible par la définition et l'exploitation optimale d'une architecture modulaire (MFC)** (CEA/IREENA) : modélisation du vieillissement et optimisation de la durée de vie des systèmes pile à combustible.

## Livrables et valorisation :

- 2 mémoires de thèse ([Marie LAMARD](#), Ayoub IGOURZAL)
- Publications scientifiques (article de journal)
- 3 projets industriels portés par le CEA



Banc d'essai du LTEN pour la pollution de mono-cellules PEMFC (photo CEA)



Armoires du banc IMPERIX (CEA)

Coordinateur : CEA Tech

Contacts académiques : Annie LE GAL LA SALLE (IMN)  
Bruno AUVITY (LTEN)  
François AUGER (IREENA)

02/2020

01/2025



Budget global : 1 124 k€



## Moyens humains

2 doctorats et 3 post-docs (1 par laboratoire), 5 e-c académiques

## Moyens matériels

- Bancs de tests LTEN et IMN
- Plateforme d'essai [Sea'nergy](#)

## Niveau de TRL



AXES



Technos zéro émission

LEVIERS



Électrification

TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types



© Zéphyr & Borée

## Objectifs :

Le projet MERVENT vise à concevoir, faire construire et opérer le premier **porte-conteneur industriel à propulsion hybride ailes/carburant de synthèse** permettant de réduire d'au moins 50% les émissions de CO2 dès 2026.

Partenaire du projet, le LHEEA apporte son expertise pour :

- L'étude expérimentale d'un **système de capture de carbone (CCS)**
- Des études scientifiques pour l'amélioration de l'efficacité énergétique du navire.

## Mise en œuvre :

- Mise en place d'un banc d'essai et engagement d'un doctorat pour tester, modéliser et optimiser un système CCS.
- Engagement de 4 autres doctorats sur des thématiques connexes :
  - Optimisation des **stratégies de gestion de l'énergie** à bord
  - Etude et optimisation des **appendices** pour les navires à assistance vélique
  - Impact des **conditions aérodynamiques** sur les performances des voiles.
  - Implémentation de matériaux à changement de phase à haute température dans les **piles à combustibles SOFC**

## Livrables et valorisation :

- 5 rapports de thèse (F. AMBROSINI, F. BICKERT, C. BOUHOURD, P. GANGNANT, T. MOUSSEAU)
- Publications
- Amélioration des performances de la flotte Zéphyr & Borée

### AXES



Technos zéro émission



Efficacité opérationnelle

### LEVIERS



Réduction de la traînée



Excellence opérationnelle



Électrification



Capture de carbone



Propulsion par le vent et EnR

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Porte-conteneurs



Navires propulsés par le vent

Coordinateur :  
Zéphyr & Borée

Contacts LHEEA :  
Alain MAIBOOM et Yann LE MOUAL (D2SE)

04/2022

03/2027



Budget ECN : 4,35M€

**bpi**france

Moyens humains

3 ETP + 5 doctorants

Moyens matériels

Banc d'essai CCS  
Banc moteurs  
Bassins  
Soufflerie

Moyens logiciels

X-dyn

## Objectifs :

Le projet Estebam a montré que la meilleure solution de décarbonation des barges mytilicoles consistait en le **rétrofit H2 du moteur**. Dans la continuité, le projet MoHyPi vise à développer les savoir-faire français pour opérer ce rétrofit et créer ainsi une filière ad hoc en Pays de la Loire.



Barge mytilicole étudiée dans le cadre du projet Estebam et qui pourrait accueillir le futur moteur H<sub>2</sub> rétrofité  
© Europe Technologies

## Mise en œuvre :

Un moteur N60 de 150 kW a été choisi comme cas d'étude, car il correspond aux besoins de puissance d'une part significative de la flotte (flotte de pêche en particulier, notamment les barges mytilicoles). Le projet se déroule en deux étapes successives, avec une implication du LHEEA sur les volets caractérisation et optimisation :

1. **Caractérisation d'un premier moteur rétrofité** par adaptation de certains éléments mécaniques, sur banc moteur à l'ECN.
2. **Optimisation des performances** du moteur par la préconisation d'adaptations de nouveaux éléments mécaniques

## Livrables et valorisation :

- Premier moteur de série à combustion interne hydrogène français adapté à ce marché
- Publications

### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Optimisation de la propulsion



E-carburants

### TYPOLOGIE DE NAVIRES



Navires de pêche

Coordinateur : Europe Technologies

Contact LHEEA :  
Nicolas PERROT (D2SE)

06/2023

11/2026



Budget : 1,7M€

Budget LHEEA : 383k€



(i-DEMO PIA4 régionalisé)

## Moyens humains

Côté académique :  
1 enseignant-chercheur, 1 IR  
et 1 technicien

## Moyens matériels

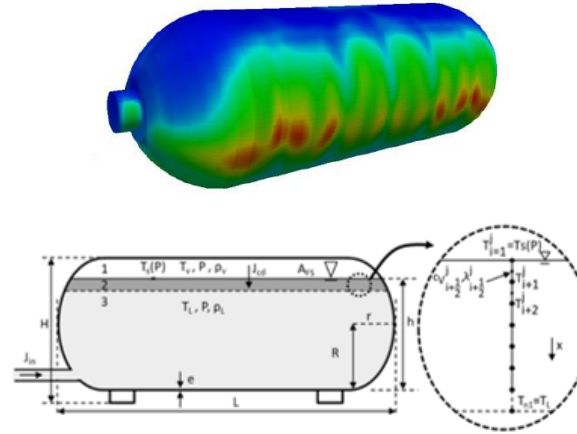
Banc moteur dédié à Centrale Nantes

## Niveau de TRL



**Objectifs :**

Dédié à la thématique du **stockage embarqué de l'hydrogène liquide**, le projet NOMADE vise à développer des solutions d'isolation et les procédés associés, pour **optimiser l'efficacité des réservoirs cryogéniques** et augmenter la durée de conservation du fluide dans des conditions d'utilisation optimales, et notamment lors des phases de parking. Associé au projet, le LHEEA apporte son expertise en thermodynamique pour modéliser les changements d'état de l'hydrogène.



© Jonas THIAUCOURT

**Mise en œuvre :**

- Modélisation et optimisation des solutions d'isolation (matériaux, empilement, procédés d'assemblage...)
- Développement de process compatibles avec des cycles industriels de fabrication
- Développement de méthodologies de contrôle non destructifs
- Réalisation de démonstrateurs, test isolation et corrélation avec les modélisations thermiques

Concernant la contribution du LHEEA :

- Développement de modèles 0D/1D multizones sous Matlab

**Livrables et valorisation :**

- Publications
- Amélioration des solutions de stockage cryogénique de l'hydrogène

AXES



Energies décarbonnées

LEVIERS



E-carburants

TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : IRT Jules Verne

Contact LHEEA : Guillaume GOUY

04/2022

04/2025

Budget global : 5,1 M€

Budget LHEEA : 80k€

Investissements d'avenir IRT Jules Verne + consortium industriel

Moyens humains

LHEEA : 0,2 ETP

Moyens matériels

IRT : Cryostat, dépose automatisé des MLI (Multi Layer Insulation), soudure automatisée des réservoirs métalliques...

Moyens logiciels

LHEEA : Matlab

IRT : Ansys Mechanical

Niveau de TRL



# NOUVEAU – Novel electrode coatings and interconnect for sustainable and reusable SOFC

## Objectifs :

Impliquant l'IMN, le projet européen NOUVEAU s'intéresse à la **fabrication de cellules d'électrolyse** hautes températures (pour les piles à combustibles et électrolyseurs) :

- **respectueuse de l'environnement** : réactifs non toxiques, synthèses non énergivores
- **à faible teneur en métaux rares et toxiques**
- **recyclables**

## Mise en œuvre :

- Détermination des **compositions des matériaux** d'électrode, et d'inter-connects à faibles teneurs en chrome
- **Mise en forme** des cellules
- Tests électrochimiques



## Livrables et valorisation :

- 2 mémoires de thèse (dont 1 doctorant IMN), publications scientifiques
- Modélisation de cellules à faibles teneurs en terres rares et chrome
- Fabrication d'une nouvelle génération de cellules SOC
- Développement des filières de recyclage des cellules hautes températures

### AXES



Eco-construction

### LEVIERS



Eco-construction



Électrification

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires de charge



Navires de croisière

Coordinateur : Flemisch Institute for Technological Research (VITO)

Contact IMN : Annie LE GAL LA SALLE

09/2022

08/2025

Budget global : 4 189 140€  
Budget CNRS (IMN + UCCS) : 581 979 €



Funded by the European Union

## Moyens humains

30 chercheurs académiques ou industriels permanents, 2 doctorants

## Moyens matériels

IMN : Techniques de caractérisations variées (DRX, ATG, microscopies) et bancs de tests électrochimiques pour l'étude des SOFC en conditions réelles

# Outre Loire (voilier à foils éco-conçu)

## Objectifs :

Le projet “Outre-Loire” consiste à concevoir, développer et construire un voilier équipé de foils intégrant une **démarche d'éco-conception**, dans le choix de matériaux et procédés de fabrication à moindre impact sur l'environnement, dans une approche « **éco lean manufacturing** ».



Effets de slamming sur un tronçon du bateau © Pascal CASARI

## Mise en œuvre :

La démarche inclut :

- Une **analyse ACV de différents matériaux biosourcés**, qui a permis d'identifier les procédés les moins impactants,
- Le développement d'un **prototype** construit à partir de bois notamment,
- L'instrumentation du prototype et la **réalisation de tests en environnement sévère** (slamming)

Le GeM est impliqué dans le projet pour la **caractérisation de la durabilité des matériaux** (fatigue, reprise en humidité).

## Livrables et valorisation :

Publications et communications

AXES



Éco-construction

LEVIERS



Éco-construction

TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : Outre Loire  
(Armel TRIPON)

Contact GeM :  
Pascal CASARI

Mi-2022

03/2025



Budget global : 500 k€  
Budget GeM : 150 k€



AAP Perfecto

## Moyens humains GeM

1 post-doc ; 0,25 ETP  
d'enseignant-chercheur

## Moyens matériels

Plateforme de caractérisation  
mécanique du GeM

## Niveau de TRL



## Objectifs :

Le projet vise à **étudier la faisabilité de créer un moyen d'essais « Propulsion vélique » en bassin**, de façon à pouvoir ensuite conduire des études sur maquettes de navires visant à caractériser l'efficacité des solutions de propulsion par le vent, en appui au déploiement des technologies.

## Mise en œuvre :

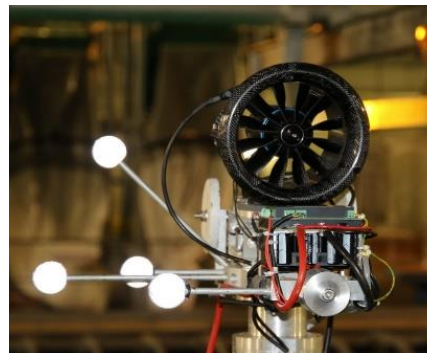
Etude de faisabilité en vue du développement d'un dispositif expérimental **SOFTWASP** répondant à l'enjeu des distorsions d'échelle et permettant de simuler les efforts aérodynamiques en temps réel (approche « **software in the loop** »), via le recours à des propulseurs de drone fixés sur des mâts rotatifs verticaux en carbone, similaires aux nacelles **SOFTWIND** utilisées pour les essais sur éoliennes.

## Livrables et valorisation :

- Pré-dimensionnement pour une maquette, réutilisable au moins en partie pour des campagnes futures
- Rapport d'essai et publications scientifiques



© Centrale Nantes



### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Propulsion par le vent et EnR

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires propulsés par le vent

Coordinateur : LHEEA

Contact LHEEA :  
Bertrand MALAS (Bassins)

09/2023

09/2025

Budget : 80 000 €

ANR  
AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE

INSTITUT CARNOT  
MERS

Moyens humains

1 à 2 ETP

Moyens matériels

Grand bassin océanique du LHEEA

Propulseurs de drone fixés sur des mâts rotatifs verticaux

Moyens logiciels

- LabVIEW
- X-Dyn

# SAVANE - Station Autonome de Valorisation des Algues Naturelles Endogènes

## Objectifs :

Le projet SAVANE vise à construire un site pilote de démonstration industrielle sur 1 hectare en Guyane française, pour **évaluer la faisabilité de la production de biocarburants par culture de microalgues à grande échelle**, tout en profitant des conditions climatiques particulièrement favorables de ce territoire.

## Mise en œuvre :

Installation d'un démonstrateur sur un site industriel de la SARA pour définir, valider et optimiser les procédés et protocoles intégrés développés et mis au point par le laboratoire GEPEA et sa plateforme AlgoSolis.

La culture sera réalisée pour une microalgue locale oléagineuse destinée à la production de biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération. Le démonstrateur intègrera les dernières avancées dans le domaine telles que la production solaire intensifiée et l'extraction en voie humide des lipides.



© Jean-Claude MOSCHETTI/  
AlgoSolis/CNRS Photothèque

## Livrables et valorisation :

- Publications scientifiques
- Production de biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération
- Mise en place d'une nouvelle bio-économie locale (écologie industrielle)

### AXES



Energies décarbonnées

### LEVIERS



Biocarburants

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : SARA  
Société Anonyme de Raffinage  
des Antilles

Contact GEPEA :  
Jérémy PRUVOST

02/2021

2024

Budget total : 2,6 M€  
Budget GEPEA : 740 k€



## Moyens humains

5 e-c, 9 ingénieurs,  
1 post-doc, 2 ATER,  
2 techniciens et 3 stagiaires.

## Moyens matériels

Construction en Guyane.  
d'un site industriel de  
démonstration de 1ha

## Niveau de TRL



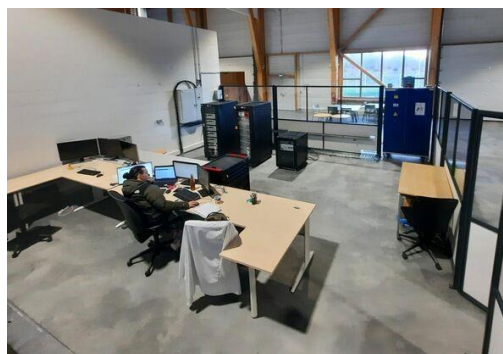
# Simulation et prototypage temps réel d'architectures modulaires pour systèmes batteries et piles à combustibles

## Objectifs :

Porté par le CEA Tech avec l'implication du LS2N, ce projet vise à définir et évaluer une méthodologie pour le **développement à échelle réduite d'architectures modulaires pour l'électrification des navires** (systèmes fortes puissances intégrant des batteries et/ou des piles à combustible).

## Mise en œuvre :

- **Développement d'une méthodologie de remise à l'échelle** dans une approche dite Hardware in the Loop qui tient compte des limitations et subtilités liées au changement d'échelle
- **Mise en œuvre expérimentale de la méthodologie pour une ou deux applications** de nouvelle architecture électrique pour les navires, afin de parvenir à une preuve de concept de l'architecture de conversion choisie.



Banc d'essai X-Mod du CEA Pays de la Loire  
© CEA Pays de la Loire

## Livrables et valorisation :

- Méthodologie éprouvée de remise à l'échelle
- Preuve de concept d'une architecture de conversion
- Publications scientifiques (article de journal)

### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Électrification

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Coordinateur : CEA Tech

Contact académique :  
Mickaël Hilairet (LS2N)

04/2024

04/2026



Budget global : 377 k€



Co-funded by  
the European Union

Moyens humains

1 post-doctorat, 1 e-c  
académique

Moyens matériels

Plateforme d'essai X-Mod du  
CEA Pays de la Loire

Moyens logiciels

Matlab / Simulink

Niveau de TRL



# TNTM : Transformation Numérique du Transport Maritime

## Objectifs :

Le projet TNTM vise à optimiser l'ensemble de la chaîne logistique maritime sur les plans économique et environnemental : affectation optimale d'une flotte sur un réseau, remplissage optimal de conteneurs, optimisation des flux grâce aux données (IoT) conteneurs... Partenaire du projet, le LHEEA mène des recherches visant à :

- **Optimiser le routage** en tenant compte des données environnementales et de la consommation du navire
- Utiliser les données de monitoring pour **améliorer les performances** des navires

## Mise en œuvre :

- Développement de **modèles moteurs** : modèle moteur dynamique haute fréquence et modèle d'analyse de données dégradation moteurs
- Développement d'un **modèle énergétique global** et dynamique du navire
- Développement d'un **modèle de performance hydrodynamique** du navire (doctorats C. MONIN et M. TIERNO + 1 post-doctorat)
- Recherches sur la **combustion diesel méthanol** (doctorat M. FARRUZ) et sur les **piles à combustibles SOFC** (post-doctorat H. EL MAROUAZI)



## Livrables et valorisation :

- 3 mémoires de thèse
- Publications
- Optimisation du réseau maritime

### AXES



Technos zéro émission



Efficacité opérationnelle

### LEVIERS



Excellence opérationnelle



E-carburants



Électrification

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Porte-conteneurs

Coordinateur : CMA CGM

Contact LHEEA :  
Pierre MARTY (D2SE)  
Benjamin BOUSCASSE (IIHNE)

01/2022

12/2026

Budget global : 28,6 M€  
Budget LHEEA : 2,9 M€

PSPC 8

**bpi**france

## Moyens humains

6 ETP + 3 PhD

## Moyens matériels

- Banc moteurs du LHEEA
- Pile à combustible SOFC

## Moyens logiciels

- Simcenter Amesim
- Code interne python
- X-dyn

**Objectifs :**

Le projet WINDSTOR vise à **développer des outils de dimensionnement pour des installations de production d'hydrogène couplés à des énergies renouvelables**. L'hydrogène vert ainsi produit pourrait contribuer à terme à l'avitaillement des navires en H<sub>2</sub> ou autres e-carburants.

Ce projet s'appliquera à plusieurs cas d'usage, notamment au cas des navires-énergie Farwind.

**Mise en œuvre :**

Collaboration interdisciplinaire entre l'IREENA et le LTEN et engagement d'un doctorat (N. BEN ABDELOUAHAB) pour définir et **optimiser les architectures de production et de stockage d'hydrogène** à bord des navires Farwind (dimensionnement, modélisation). Au-delà de ce cas d'usage, l'outil développé permettra de dimensionner des installations de production couplées à des énergies renouvelables.

**Livrables et valorisation :**

- Rapport de thèse (N. BEN ABDELOUAHAB) et publications scientifiques
- Développement d'un outil de dimensionnement d'usine de production d'hydrogène à base d'énergies renouvelables
- Optimisation de l'architecture de production et de stockage d'H<sub>2</sub> de Farwind



© Farwind

Exemple de cas d'application : Conversion en H<sub>2</sub> de l'électricité produite par les hydroliennes des futurs Farwinder par électrolyse d'eau de mer puis stockage à bord sous forme pressurisée.

Coordinateur : IREENA

Contacts:

Salvy BOURGUET (IREENA)  
Bruno AUVITY (LTEN)

11/2022

02/2026



**Budget : 143 100 €**

- 117 500 € (via WEAMEC)



- 15 600 € : fonds propres des laboratoires
- 10 000 € FARWIND

**Moyens humains**

3 enseignants-chercheurs,  
1 PhD

**Moyens logiciels**

Matlab - Simulink

**Niveau de TRL**



AXES



Energies décarbonnées

LEVIERS



E-carburants

TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

# DOCTORATS HORS-PROJET DE RECHERCHE

## Objectifs :

Un « Smart port » ou « port du futur » est un port qui a recours à la digitalisation pour répondre à trois enjeux fondamentaux : économique, environnemental et sociétal. L'objectif de la thèse est de **caractériser les interactions entre acteurs d'un écosystème portuaire en transition digitale** afin d'en accélérer sa décarbonation.

## Questions de recherche :

- Les projets de digitalisation dans les ports provoquent-ils nécessairement des **changements organisationnels**, voire des transformations organisationnelles complexes ? Les smart ports voient-ils émerger de nouvelles formes organisationnelles ?
- Quel est le **rôle des Entreprises de Service Numérique (ESN) et des fournisseurs de technologie** dans la transformation organisationnelle de l'écosystème portuaire en transition digitale ?

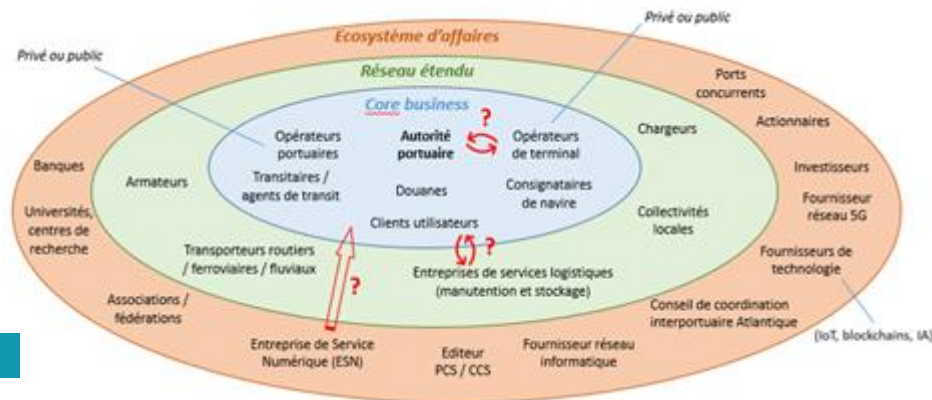


Schéma des interdépendances entre acteurs portuaires.  
© Thomas Denis, adapté de Moore (1996)

## Livrables et valorisation :

- 1 mémoire de thèse
- Publications

### AXES



Décarbonation portuaire



Prérequis - Trajectoires de décarbonation

### LEVIERS



Tous types

### TYPOLOGIE DE NAVIRES



Tous types

Doctorant : Thomas DENIS

Direction de thèse :  
Gwénaëlle ORUEZABALA

01/2021

11/2024

## Théories mobilisées

- Théorie des parties prenantes
- Concept d'écosystème d'affaires
- Théorie des réseaux sociaux

## Type de recherche

Etude qualitative (entretiens semi-directifs)

## Terrain de recherche

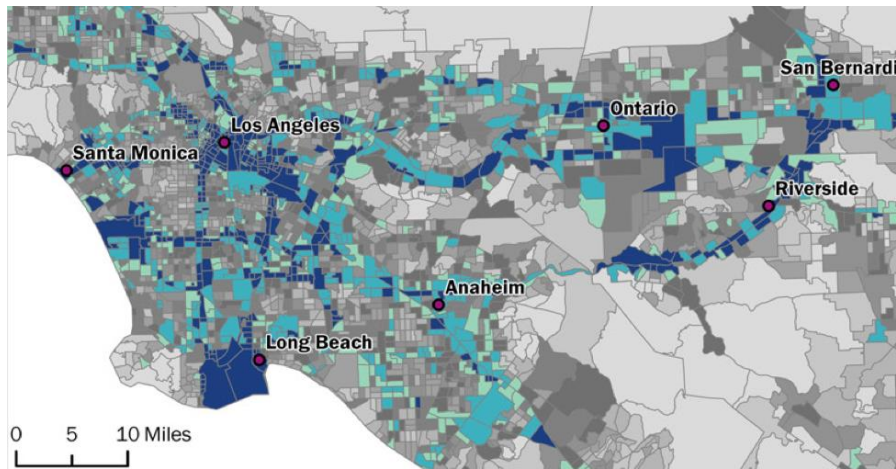
Grand Port Maritime de Nantes Saint Nazaire



# Thèse : Gouvernance des transitions écologiques dans les régions portuaires

Doctorante : Annabelle DUVAL

Direction de thèse :  
Jean-Baptiste BAHERS  
Anne VENTURA



Concentration de diesel dans le Conté de Los Angeles Source: CalEnviro

10/2021 12/2024



## Objectifs :

- Spatialiser des flux énergétiques émanant du port sur le territoire
- Analyser le jeu d'acteurs d'un écosystème portuaire et métropolitain
- Caractériser le rôle du port dans la mise en place de transitions écologiques

Ce travail s'inscrit dans le champ du « **Métabolisme urbain** » : métaphore organiciste qui décrit les villes – et les ports – comme des machines pulsatrices traversées de flux de matériaux et énergie entrants et sortants, dont l'interaction avec l'environnement provoque des tensions écologiques.

## Questions de recherche :

- Comment les flux portuaires produisent le territoire ?
- Quels sont les freins à la mise en place de transitions écologiques dans les régions portuaires ?
- Quel est la place d'un port dans un monde post-pétrole ?

### AXES



Décarbonation portuaire



Prérequis - Trajectoires de décarbonation

### LEVIERS



Tous types

### TYPOLOGIE DE NAVIRES



Tous types

## Théories mobilisées

- Métabolisme territorial
- Écologie politique urbaine
- Transitions justes
- Gouvernance multi-scaire

## Méthodes

- Entretiens semi-directifs
- Analyse de documents de politique publique

## Terrains de recherche

- Estuaire de la Loire
- Région métropolitaine portuaire de Los Angeles

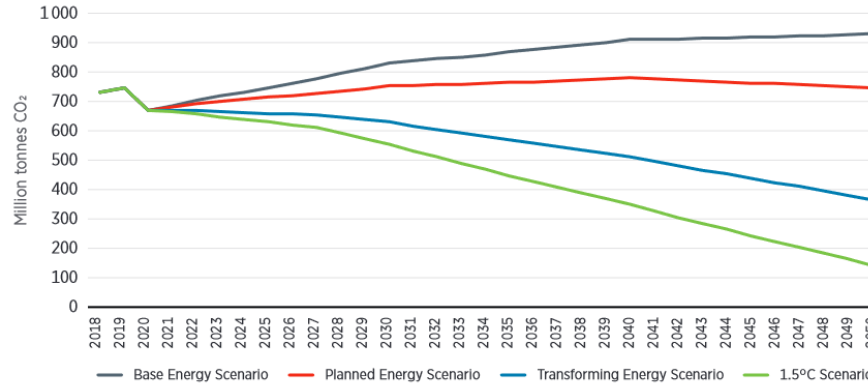
## Financement

- 50% Région Pays de la Loire
- 50% Nantes Université
- DISCUS via l'I-Site NEXt

# Thèse : Simulation énergétique long terme de la flotte mondiale en vue de l'élaboration de scénarios de transition

## Objectifs :

La thèse vise à développer un modèle de simulation énergétique de la flotte mondiale des navires de transport de marchandises permettant ensuite d'évaluer **des scénarios de décarbonation** à l'horizon 2050.



Evolution des émissions carbone de la flotte mondiale pour plusieurs scénarios de décarbonation. Source : IRENA 2021.

## Mise en œuvre :

- Développement d'un **modèle énergétique** représentatif de la flotte mondiale
- Définition et **évaluation économique** de différents scénarios de décarbonation
- **Analyses de sensibilité** autour de paramètres clés (vitesse de déploiement des différentes solutions technologiques, évolution du trafic mondial, ..)

## Livrables et valorisation :

- 1 mémoire de thèse
- Publications scientifiques

### AXES



Prérequis - Trajectoires de décarbonation

### LEVIERS



Tous types

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires de charge

Doctorant : Arnaud GARNIER

Direction de thèse :  
Jean-François HETET (LHEEA)  
Pierre MARTY (LHEEA)  
Rodica LOISEL (LEMNA)

10/2023

10/2026

## Financement :

Contrat doctoral Ecole Centrale Nantes

## Moyens logiciels :

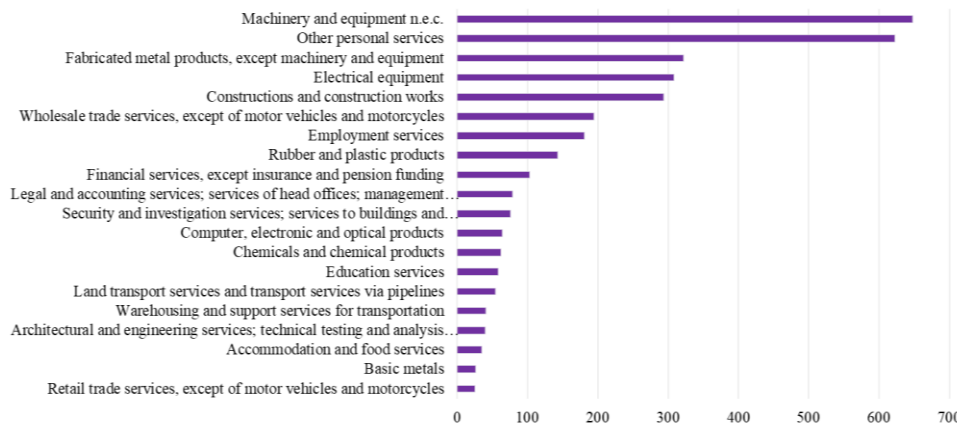
Code Python

### Objectifs :

La thèse vise à **anticiper les besoins sectoriels liés à la production d'hydrogène bas-carbone** en France et à comprendre les facteurs facilitant ou retardant l'émergence des projets de type Lhyfe H<sub>2</sub> Ouest.

### Mise en œuvre :

- Modèle méso-économique pour estimer les **secteurs liés à l'émergence d'une filière d'hydrogène nationale**
- Etude qualitative pour analyser les **facteurs déterminant l'émergence des écosystèmes**, notamment en région Pays de la Loire



© Raphaël Guionie.

*Résultats préliminaires : estimation du nombre d'emplois nécessaires à la constitution d'une filière H<sub>2</sub> française de 2GW de puissance d'électrolyseur à horizon 2035 et répartition par secteur*

### Livrables et valorisation :

- 1 mémoire de thèse
- Publications

#### AXES



Energies décarbonnées



Prérequis - Trajectoires de décarbonation

#### LEVIERS



E-carburants

#### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types

10/2021

10/2024

### Financement :

Contrat doctoral Nantes  
Université

### Moyens logiciels

- Excel
- Nvivo

### Méthodes

Approche bi-disciplinaire:

- Economie (modèles input-output)
- Gestion (entretiens semi-directifs)

# Thèse : Dynamique de la demande de flux commerciaux mondiaux et stratégies des opérateurs maritimes

## Objectifs :

La thèse vise à éclairer comment les opérateurs maritimes s'adaptent à la mise en place de politiques d'atténuation du changement climatique (marché du carbone, taxe carbone, réglementations), afin d'identifier les mesures prioritaires contribuant à accélérer la transition.

## Mise en œuvre :

Construction de modèles, en appui à l'évaluation des politiques publiques de décarbonation à horizon 2050 :

- **Modèle de commerce international** dans le but de créer des scénarios de demande (modèle gravitaire)
- **Modèle d'équilibre partiel** pour l'optimisation de la flotte.
- **Modèle liant l'offre et la demande**

## Livrables et valorisation :

- 1 mémoire de thèse
- Publications scientifiques

### AXES



Prérequis - Trajectoires de décarbonation

### LEVIERS

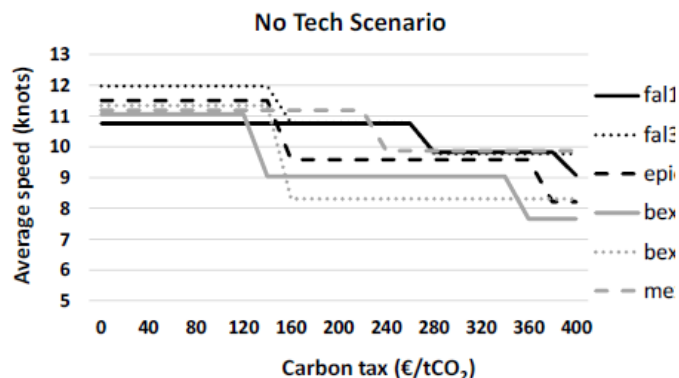


Tous types

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types



© Guewen HESLAN.

Résultats préliminaires : le niveau minimum de taxe efficace pour diminuer la vitesse des navires et ainsi décarboner est de 140€ la tonne de CO<sub>2</sub>, soit le double du cours actuel du carbone.

Doctorant : Guewen HESLAN

Direction de thèse :  
Rodica LOISEL (LEMNA)  
Corinne BAGOUILLA (LEMNA)  
Pierre Marty (LHEEA)

10/2023

10/2026

## Financement :

Contrat doctoral Nantes  
Université

## Moyens logiciels :

- GAMS
- R

## Exemples de questions de recherche

- Quelle sensibilité du secteur maritime à la taxe carbone, par type de navire et par segment de marché ?
- Quelles réponses en fonction du niveau de taxe (mesures opérationnelles et investissements) ?

## Objectifs :

La thèse vise à produire et expérimenter des catalyseurs à base d'argiles naturelles pour le **raffinage de biohuiles de pyrolyse et de solvolyse** issues de matières premières de 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> générations.

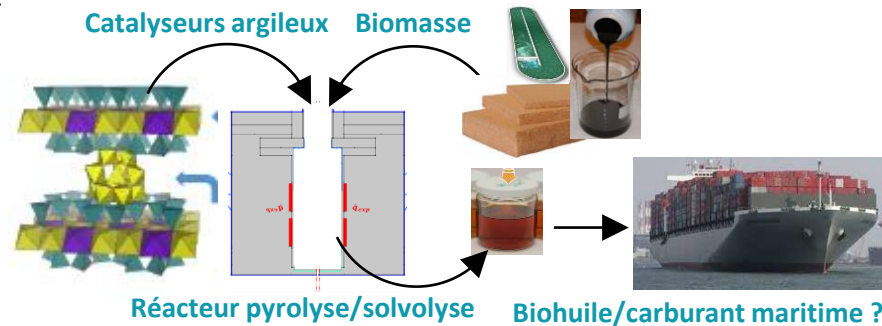
## Mise en œuvre :

- Screening des matériaux argileux en vue de leur intégration dans les procédés de thermoconversion de la biomasse en se basant sur leur réactivité catalytique
- Evaluation de leurs performances catalytiques sur des biohuiles de pyrolyse et de solvolyse
- Confrontation des produits raffinés aux normes des carburants maritimes
- Recherche des liens entre les propriétés physico-chimiques/texturales des nouveaux catalyseurs et leur réactivité

**Réactivité :** Etude des réactions de dégradation (Propanol, Cumène, PP) et traitement catalytique des biohuiles de pyrolyse ou solvolyse

### Caractérisation :

- Acidité → NH<sub>3</sub>/TPD/ATG
- Texture → Ads. N<sub>2</sub>@77K
- Composition → DRX, CEC



01/2023

12/2025

## Financement :



## Livrables et valorisation :

- 1 mémoire de thèse, communications orales (CCESC 2024, Bilbao ; Journée scientifique "Mobilités décarbonées" du GIS PERLE, Le Mans 2023...)

AXES



Énergies décarbonées

LEVIERS



Biocarburants

TYPLOGIE DE NAVIRES

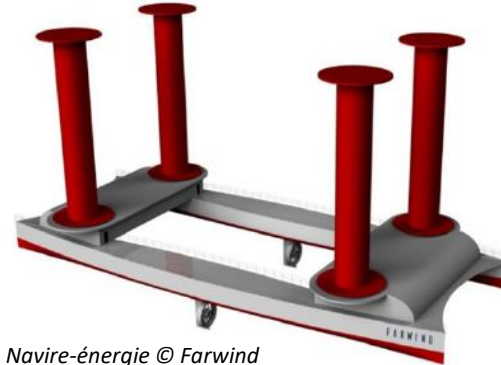


Tous types

# Thèse : Etude numérique de la tenue à la mer de navires-énergie à propulsion vélique

## Objectifs :

**Prédiction de la tenue à la mer de navires-énergie** par mer agitée. La technologie du navire-énergie permet la conversion de l'énergie du vent durant sa navigation en hydrogène par électrolyse. L'hydrogène vert livré aux différents ports permettrait de contribuer à la décarbonation du secteur maritime.



Navire-énergie © Farwind

## Mise en œuvre :

### Développement de simulateurs de tenue à la mer:

- Modélisation des rotors Flettners et des amortissements aérodynamiques
- Modélisation hydrodynamique du navire-énergie (NEMOH, SyD)

### Prédiction des mouvements et accélérations de navire-énergie :

- Etude d'impact des rotors Flettners sur la tenue à la mer
- Prédiction long-terme des accélérations d'un navire-énergie (nécessaire pour le dimensionnement structurel)
- Etude de stabilité dynamique dans des scénarios de navigation extrêmes (tempêtes, rafales de vent) avec le simulateur SyD (développé par VPLP)

## Livrables et valorisation :

- 1 mémoire de thèse
- 1 publication scientifique

### AXES



Technos zéro émission



Énergies décarbonnées

### LEVIERS



E-carburants



Propulsion par le vent et EnR

### TYPOLOGIE DE NAVIRES



Navires de charge

Doctorant : Fabio PILI

Direction de thèse :  
Aurélien BABARIT (LHEEA)  
Félien BONNEFOY (LHEEA)

09/2021

09/2024



## Financement :

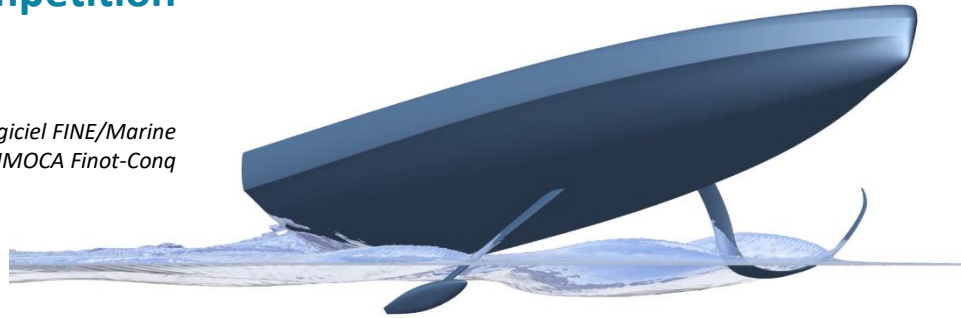
Contrat CIFRE (ANRT) avec  
Farwind Energy

## Moyens logiciels

- Code Python
- Matlab
- NEMOH
- SyD

# Thèse : Développement d'un VPP haute-fidélité pour l'optimisation des carènes des voiliers de compétition

Logiciel FINE/Marine  
Carène d'IMOCA Finot-Conq



## Objectifs :

Développer un programme de prédiction de vitesse (VPP) de haute-fidélité afin de disposer de résultats fiables sur la performance des voiliers de course dans des conditions réalistes de navigation.

Développé dans le but d'optimiser le design des carènes et/ou des appendices des voiliers de course, le VPP est également utilisable afin de répondre **aux problématiques des navires à propulsion/assistance vélique.**

## Mise en œuvre :

- Axe n°1 : **Prendre en compte les foils** (maillage, déformation des foils, paramètres solveurs...)
- Axe n°2 : **Permettre des simulations de voiliers dans les vagues** (caractéristiques des vagues, pilote automatique, paramètres solveurs...)

## Livrables et valorisation :

- Mémoire de thèse
- Protocole de simulation pour un voilier à foils dans les vagues
- [Publications scientifiques](#)
- Intégration du VPP dans la suite logicielle commerciale FINE/Marine

### AXES



Technos zéro émission

### LEVIERS



Réduction de la traînée



Propulsion par le vent et EnR

### TYPLOGIE DE NAVIRES



Navires propulsés par le vent

Doctorant : Pierre ROBIN

Direction de thèse :  
Jeroen WACKERS (LHEEA)  
Alban LEROYER (LHEEA)

03/2022

03/2025

## Financement :

CIFRE: Finot-Conq Architectes Navals

## Moyens logiciels

- FINE/Marine et son solveur ISIS-CFD
- Plug-in VPP Finot-Conq

## Méthodes

- Reynold Averaged Navier-Stokes Equations (RANSE)
- Analyse modale, modélisation poutre
- Raffinement de maillage adaptatif

## Objectifs :

Analyse des réglementations existantes, étude de l'efficacité pour assurer la transition écologique du transport maritime, dont la décarbonation, en préservant le marché et les acteurs, et propositions d'amélioration.

## Questions de recherche :

- Quelles sont les réglementations existantes pour assurer la transition écologique du transport maritime ?
- Permettent-elles d'assurer l'aboutissement de cette transition, et notamment de la décarbonation du secteur, dans des temps acceptables ?
- Permettent-elles de préserver le marché du transport maritime et d'intégrer les enjeux de sécurité qui y sont liés ?
- Quelles sont les évolutions nécessaires pour y parvenir ?

## Livrables et valorisation :

- Mémoire de thèse, [communications et publications](#)



Contact : Morgane QUEREL

Direction de thèse :  
Martin NDEDE

10/2021

10/2024

## Financement :

CIFRE  
Bureau Veritas



## Méthodes

- Recherche et analyse des documents
- Entretiens avec les acteurs du secteur

AXES



Cadre réglementaire

LEVIERS



Tous types

TYPLOGIE DE NAVIRES



Tous types