

20 23

RAPPORT D'ACTIVITÉ

L'INSTITUT CARNOT MERS,
LA RENCONTRE
DE LA RECHERCHE
ACADÉMIQUE ET
DE L'ENTREPRISE
AU SERVICE
DES OCÉANS





2023 : trois ans après sa création, le Carnot MERS a montré sa capacité à évoluer et à penser une structuration encore plus efficiente pour répondre aux attentes des industriels et aux défis de demain. Avec toujours le même objectif : penser les activités maritimes de manière durable pour l'Homme et les écosystèmes marins.

Tout d'abord, avec la création de l'alliance des Carnots pour l'économie bleue. Quatre Instituts Carnot – Carnot MERS, Carnot ARTS, Énergie du futur et ESP – se sont associés afin de mutualiser leurs compétences pour répondre aux besoins de l'économie maritime en matière de recherche et développement. Les partenaires de ce réseau s'engagent à mobiliser conjointement leurs expertises et leurs moyens (plateformes technologiques, moyens d'essais, outils de simulation...) au service de la filière des industriels de la mer.

Cette initiative rend le dispositif plus lisible et facilite l'accès aux centres de recherche, y compris dans des domaines peu connus des entreprises. En facilitant cet accès, nous ouvrons de nouvelles perspectives de recherche et d'innovation pour l'industrie maritime. L'alliance pour l'économie bleue devient ainsi un point d'entrée privilégié pour les industriels de la mer et pour le Carnot MERS.

En parallèle, le positionnement stratégique du Carnot MERS a été repensé avec la refonte de notre offre de recherche collaborative. Nous avons construit une vision partagée et une feuille de route pour l'avenir, cohérentes avec les grands enjeux sociétaux actuels et futurs. En renforçant notre capacité à fournir des réponses précises et adaptées, nous consolidons notre rôle de partenaire clé pour l'industrie maritime.

L'ensemble de ces efforts place le Carnot MERS dans une dynamique positive, prête à relever les défis de demain et démontre son engagement à être un acteur clé de l'économie bleue. Nous sommes convaincus que cette approche renforcée et coordonnée sera bénéfique pour toutes les parties prenantes et qu'ensemble nous contribuerons à une évolution durable et innovante de la filière maritime.

Jean-Marc Daniel
Directeur de l'Institut Carnot MERS

« LES OCÉANS
RÉGULENT
LE CLIMAT,
SONT SOURCE
D'EMPLOIS,
DE NOURRITURE,
D'ÉNERGIE... »



08
LES ACTEURS
DU CARNOT MERS

12
L'OFFRE DE RECHERCHE
COLLABORATIVE

13
LES CHIFFRES CLÉS

14
LES TEMPS FORTS 2023



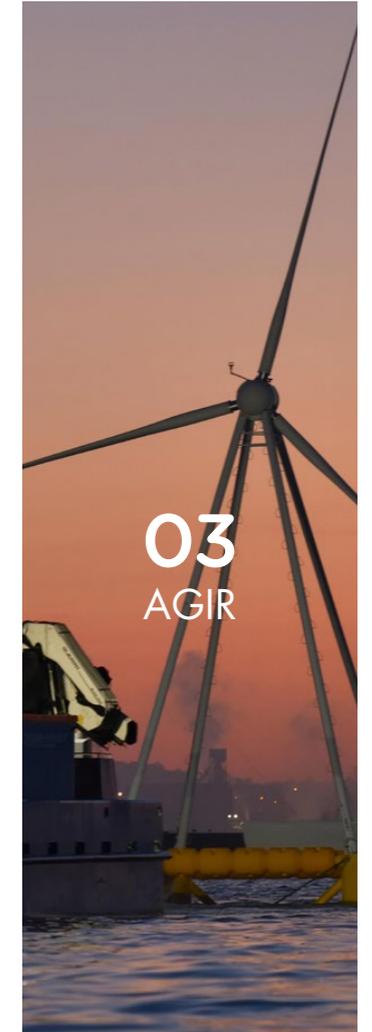
18
LES CHANGEMENTS
D'ENVIRONNEMENT ET LEUR
IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ
DES LITTORAUX

19
DURABILITÉ DES STRUCTURES
EN MILIEU MARIN UTILISANT
DES POLYMÈRES

20
ÉLECTRIFICATION AUTONOME
ET DURABLE

21
DÉVELOPPER UN LOGICIEL POUR
OPTIMISER LA CONSTRUCTION
DU NAVIRE-ÉNERGIE

22
CONTRIBUER AU
DÉVELOPPEMENT D'UNE FERME
HYDROLIENNE



26
OPTIMISER LA DURABILITÉ
DES STRUCTURES OFFSHORE

27
LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS :
UNE ALTERNATIVE COMPATIBLE
AVEC LE MILIEU MARIN ?

28
DÉVELOPPER LA RECHERCHE
EN HYDRODYNAMIQUE AVEC
LA STÉRÉO-VIDÉO

29
DÉCARBONATION DU
TRANSPORT MARITIME
GRÂCE AU POSITIONNEMENT
DYNAMIQUE

30
LAURÉATS APPEL
À PROJETS 2023

PRESENTER

01

EN RÉUNISSANT, AU SEIN D'UN MÊME RÉSEAU LES ACTEURS DE LA RECHERCHE ACADÉMIQUE DANS LES ACTIVITÉS MARITIMES, L'INSTITUT CARNOT MERS IMPULSE UNE RÉELLE DYNAMIQUE.

LES ACTEURS DU CARNOT MERS

LES MEMBRES FONDATEURS



IFREMER

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE
ENTIÈREMENT DÉDIÉ
À LA CONNAISSANCE DE L'OcéAN
Brest

L'Ifremer est l'institut français de recherche entièrement dédié à la connaissance de l'océan. Par ses recherches scientifiques et technologiques, ses innovations et ses expertises, l'Ifremer contribue à protéger et restaurer l'océan, à gérer durablement les ressources et milieux marins, et à partager des données et des informations marines. L'Ifremer s'engage dans des initiatives et programmes scientifiques de portée nationale, européenne et internationale.

Ces dernières années ont vu une prise de conscience progressive du rôle essentiel de l'océan. L'Ifremer est, de longue date, aux avant-postes des recherches marines. En rassemblant les savoirs et compétences scientifiques et technologiques sur la biodiversité, les ressources et les milieux marins, sur le fonctionnement, les usages et l'évolution de l'océan, et grâce à ses collaborations et partenariats, l'institut souhaite inspirer les pouvoirs publics, les entreprises et les citoyens.



CENTRALE NANTES

ÉCOLE
D'INGÉNIEURS
FRANÇAISE
Nantes

Dans la lignée des grandes écoles d'ingénieurs généralistes, Centrale Nantes diplôme des bachelors, des ingénieurs, des étudiants de masters et de doctorats, à l'issue de parcours académiques basés sur des développements scientifiques et technologiques de très haut niveau. Au-delà de cette formation réputée, Centrale Nantes s'appuie sur de multiples partenariats industriels et institutionnels forts pour déployer une recherche académique et appliquée au meilleur niveau européen et mondial. Avec des plateformes de recherche allant de la simulation numérique à l'expérimentation sur des prototypes pouvant aller jusqu'à la taille réelle, et un incubateur avec 20 ans d'expérience, l'école dispose d'outils majeurs pour l'innovation et les collaborations avec le monde économique.

LES PARTENAIRES



Université de Nantes :
Nantes, Saint-Nazaire et
La Roche-sur-Yon



Université de Bretagne
Occidentale : Brest,
Quimper et Morlaix



Université Bretagne Sud :
Lorient, Vannes et Pontivy



Centre national de la
recherche scientifique
France

LES UNITÉS DE RECHERCHE

BEEP

BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE
DES ÉCOSYSTÈMES MARINS
PROFONDS - UMR 6197
TUTELLES : CNRS, IFREMER ET UBO
Brest

DYNECO

DYNAMIQUES
DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS
TUTELLE : IFREMER
Brest

GEM

INSTITUT DE RECHERCHE EN
GÉNIE CIVIL ET MÉCANIQUE -
UMR 6183
TUTELLES : CENTRALE NANTES, NANTES
UNIVERSITÉ ET CNRS
Nantes / Saint-Nazaire

GÉO - OCÉAN

GÉOSCIENCES ET ÉCO-GESTION
DES MILIEUX MARINS,
CÔTIERS ET LITTORAUX -
UMR 6538
TUTELLES : CNRS, IFREMER, UBO ET UBS
Vannes

HALGO

UNITÉ HALIEUTIQUE
GRAND OUEST
TUTELLE : IFREMER
Nantes

LHEEA

LABORATOIRE DE RECHERCHE
EN HYDRODYNAMIQUE,
ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENT
ATMOSPHÉRIQUE - UMR 6598
TUTELLES : CENTRALE NANTES ET CNRS
Nantes

LS2N

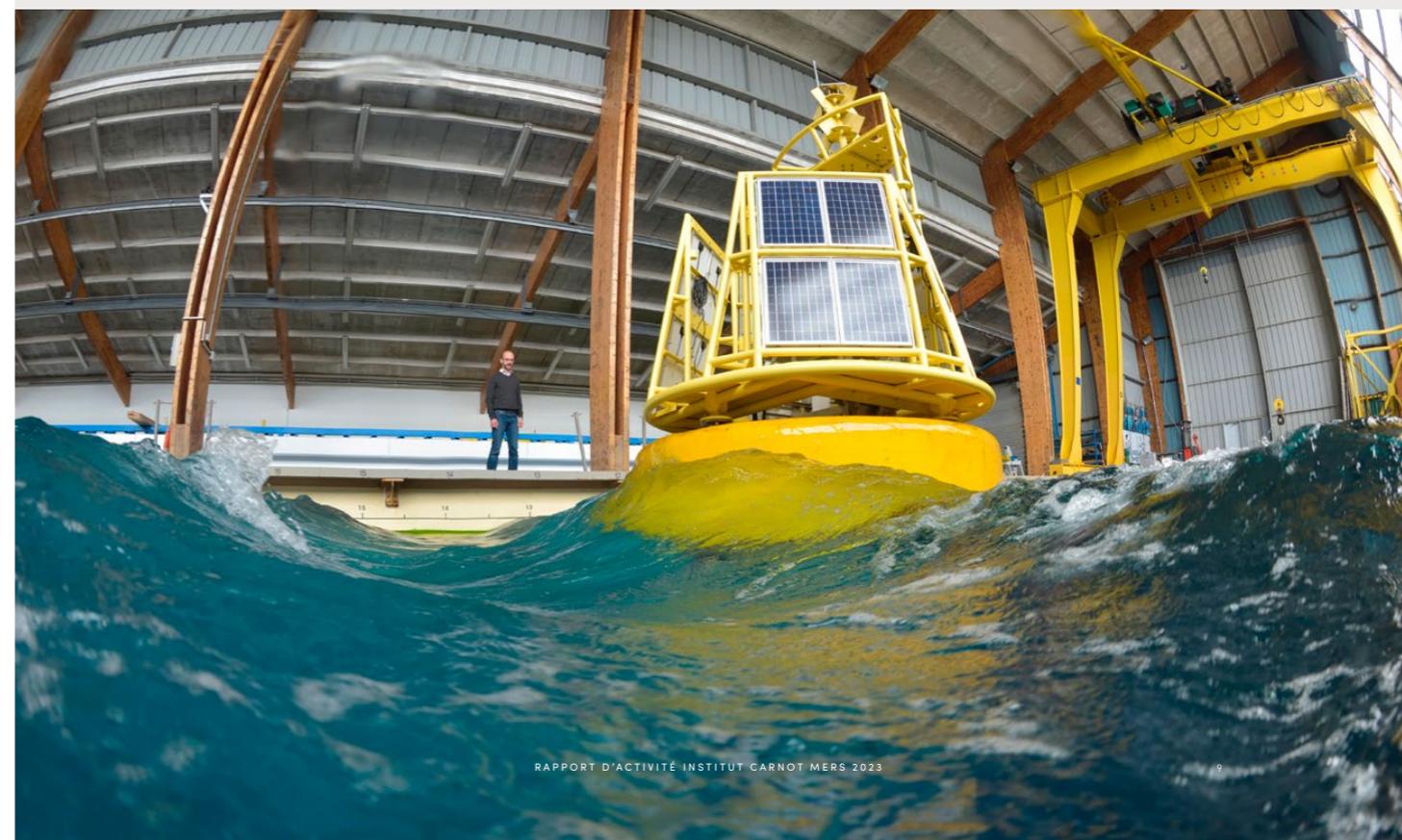
LABORATOIRE DES SCIENCES
DU NUMÉRIQUE DE NANTES -
UMR 6004
TUTELLES : CENTRALE NANTES, NANTES
UNIVERSITÉ, CNRS, IMT ATLANTIQUE ET INRIA
Nantes

MARBEC

MARINE BIODIVERSITY,
EXPLOITATION AND
CONSERVATION - UMR 9190
TUTELLES : IRD, IFREMER, UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER ET CNRS
Sète, Montpellier et Palavas

RDT

RECHERCHES ET
DÉVELOPPEMENTS
TECHNOLOGIQUES
TUTELLE : IFREMER
Brest



L'ÉQUIPE

JEAN-MARC DANIEL

Directeur
Directeur général délégué en charge de la stratégie, IFREMER

ROMAIN CHARRAUDEAU

Directeur Délégué
Directeur du partenariat et du transfert pour l'innovation, IFREMER

FRÉDÉRIC MESLIN

Directeur Délégué
Directeur du développement de Centrale Nantes

YVES AUFFRET

Directeur Opérationnel

LAURIANE GAUTHIER

Chargée de mission
Chargée de valorisation filière mer de Centrale Nantes

AUDREY PERROT

Responsable communication

GOUVERNANCE

COSI

Le COSI, autrement dit le Comité d'Orientation Stratégique Innovation, a pour objectif de capter les grandes tendances et les signaux faibles des industriels, afin de mettre en place des projets de recherche fondamentale centrés sur les attentes de demain. Il regroupe donc une vingtaine de membres, représentants du monde socio-économique et partenaires du Carnot MERS. Il se réunit une fois par an.

COPIL

Le Comité de Pilotage est garant des orientations stratégiques et scientifiques du Carnot MERS. En ce sens, il regroupe les représentants de l'institut ainsi que les directeurs de ses deux partenaires fondateurs. Il se réunit deux fois par an.

« C'EST PAR LA RECHERCHE ET L'INNOVATION QUE NOUS POURRONS GARANTIR L'ÉQUILIBRE ENTRE LES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES MARITIMES ET LA PRÉSERVATION DES RESSOURCES MARINES. »

OFFRE DE RECHERCHE COLLABORATIVE

LA VOCATION DE L'INSTITUT CARNOT MERS EST D'ACCOMPAGNER LES ACTEURS DE L'ÉCONOMIE MARITIME DANS LEURS PROJETS DE RECHERCHE, DE DÉVELOPPEMENT ET D'INNOVATION.

S'appuyant sur un socle de compétences fortes dans les domaines de la biologie, des écosystèmes, des matériaux et structures, des géosciences marines, de la mécanique des fluides, des capteurs, du numérique et des systèmes énergétiques, l'Institut Carnot MERS déploie son offre d'accompagnement en réponse aux trois enjeux majeurs auxquels sont confrontées les activités maritimes :

AXE « SAFE »

Rendre les activités maritimes plus résilientes

Les activités en mer sont exposées à des contraintes sévères. Le Carnot MERS a vocation à évaluer et limiter les risques spécifiques auxquels sont exposés les équipements, les infrastructures, etc., en milieu marin, afin de réduire leur vulnérabilité et de fiabiliser leur exploitation.

AXE « SMART »

Accompagner la transformation numérique vers des filières plus efficaces

Comme l'ensemble des secteurs, l'économie maritime s'appuie de façon croissante sur les outils numériques de recueil, de transmission et d'analyse des données afin de renforcer sa compétitivité. Le Carnot MERS dispose dans ce domaine d'un vaste panel de compétences, mobilisables tout au long de la chaîne de valeur.

AXE « SUSTAINABLE »

Engager les activités en mer vers un modèle plus soutenable et responsable

L'impératif écologique et climatique s'impose aujourd'hui comme un défi majeur pour l'ensemble de l'économie maritime. Le Carnot MERS est en capacité d'intervenir tout au long du cycle de vie, depuis l'exploration de ressources alternatives jusqu'à la gestion de la fin de vie, contribuant ainsi à la décarbonation des filières.

LES FILIÈRES DE L'ÉCONOMIE MARITIME CIBLÉES PAR LE CARNOT MERS

- Industrie navale et nautique
- Énergies marines renouvelables
- Transport maritime
- Infrastructures portuaires
- Pêche et aquaculture
- Biotechnologies et valorisation des bioressources marines
- Dépollution et restauration des écosystèmes

9
UNITÉS
DE RECHERCHE

980
PERSONNELS
DE RECHERCHE
DONT 300 DOCTORANTS
& POST-DOCTORANTS

2
SITES D'ESSAIS
EN MER

4
BASSINS
D'ESSAIS

Chiffres
20
23

10
PROJETS DE RECHERCHE
FINANCÉS
38 depuis 2020

698 K€
FINANCÉS EN PROJETS
DE RECHERCHE
2,7 M€ depuis 2020

4.9 M€
RECETTES
PARTENARIALES
20,4 M€ depuis 2020

230 K€
DE REDEVANCES SUR
TITRE DE PROPRIÉTÉ
INTELLECTUELLE
2 M€ depuis 2020

LE RÉSEAU DES CARNOT

39
INSTITUTS

600 M€
DE RECHERCHE
CONTRACTUELLE
AVEC LES ENTREPRISES

3500
PROFESSIONNELS
DE LA RECHERCHE

2023 TEMPS FORTS



Vertilab

JANVIER/AVRIL/NOVEMBRE

WEBINAIRES

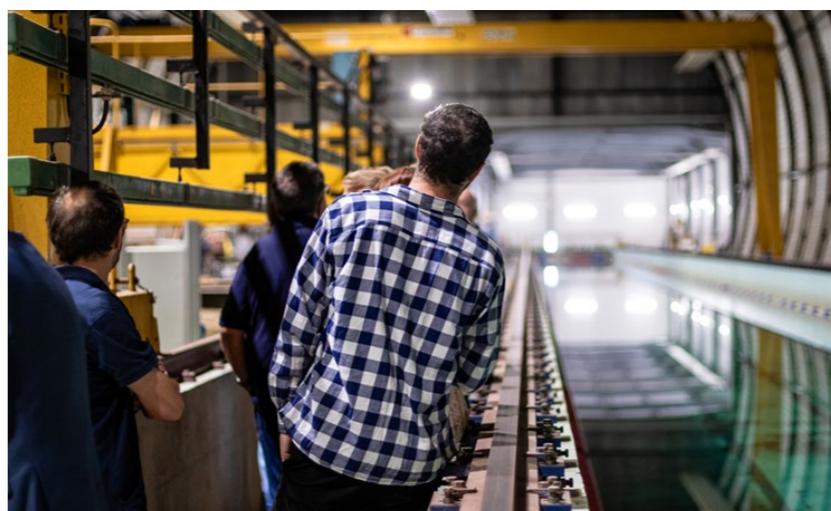
Trois webinaires ont été organisés en 2023 par le Carnot MERS. Les acteurs de la recherche ont ainsi pu découvrir pas moins de six projets financés par l'institut, dont les projets GHARSA et Stéréo-vidéo que nous vous invitons à découvrir plus en détail dans les pages qui suivent.

16 janvier : projets GOROV et GHARSA
6 avril : projets Stéréo-vidéo et ArchiMoor
9 novembre : projets TCIN et GRAVIMOB

JUILLET

VISITE DE L'ANR

L'ANR, l'Agence nationale de la recherche, est venue rendre visite au Carnot MERS dans le cadre de son audit sur le site de l'École Centrale de Nantes le 19 juillet 2023. Elle a pu découvrir les moyens d'essais du campus, tels que les bassins, les bancs d'essais moteurs et véhicules, ainsi que la plateforme de fabrication additive.



OCTOBRE

RENDEZ-VOUS CARNOT À LYON

Les 18 et 19 octobre 2023, le Carnot MERS a participé à la seizième édition des Rendez-vous Carnot. Un événement à destination des entreprises qui regroupe les meilleurs experts de la recherche et de l'innovation. Le point fort des Rendez-vous Carnot est de proposer une offre R&D sur une large palette thématique, tout en permettant aux entreprises de rencontrer également les meilleurs spécialistes des différents dispositifs de soutien à l'innovation.

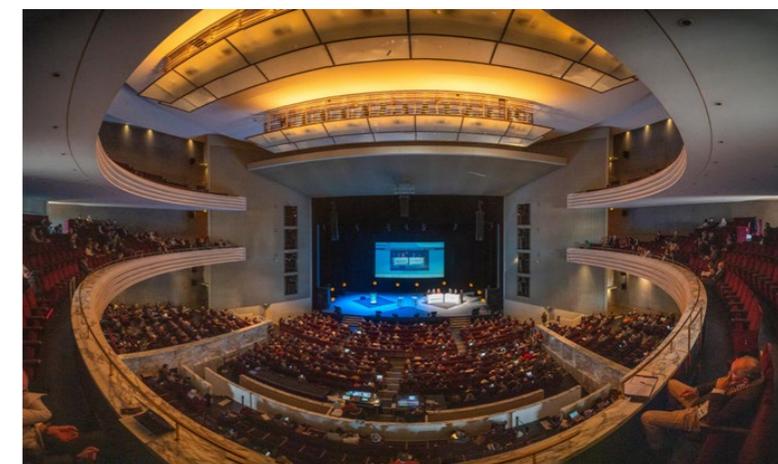
« IL VA falloir avoir une grande ambition pour nos ports, nos fleuves et repenser nos infrastructures de transport, d'énergie et de savoir. C'est un formidable levier de décarbonation. »

EMMANUEL MACRON, LES ASSISES DE L'ÉCONOMIE DE LA MER, NOVEMBRE 2023 À NANTES

NOVEMBRE

ASSISES DE L'ÉCONOMIE DE LA MER À NANTES

Les 28 & 29 novembre 2023, Carnot MERS était présent lors de ce rendez-vous incontournable de la communauté maritime française.



INNOVATION

02

GRÂCE À L'INSTITUT CARNOT MERS, LABORATOIRES ET CHERCHEURS TRAVAILLENT EN PARTENARIAT AVEC DES ENTREPRISES SUR LES INNOVATIONS DE DEMAIN.

Test à l'échelle 1/50^e de l'éolienne flottante SwingKeel, développée par Floating Energy Systems dans le bassin à houle de Brest. Les tests sont réalisés dans le cadre du programme H2020 MaRINET 2 (Marine Renewables Infrastructure Network), projet européen en faveur de la recherche et développement dans le secteur des énergies marines. Ifremer, l'École Centrale de Nantes et Océanide (La Seyne-sur-Mer) sont les trois sites d'essais participant à ce projet en France.



LES CHANGEMENTS D'ENVIRONNEMENT ET LEUR IMPACT SUR LA BIODIVERSITÉ DES LITTORAUX

PRÉSENTATION

Lucas Greiner, doctorant au laboratoire d'écologie benthique côtière (LEBCO) à Plouzané, a démarré sa thèse en février 2023 : « L'objectif principal de ma thèse est de caractériser les changements de biodiversité dans les écosystèmes du littoral de la Manche et les facteurs responsables de ces changements. Pour cela, je m'appuie sur une base de données collectées dans le cadre de la surveillance de quatre centrales nucléaires littorales (Flamanville, Paluel, Penly, Gravelines). Ces données portent sur les paramètres physico-chimiques du milieu, la température, la salinité, les suivis de communautés de zooplancton, de phytoplancton et des organismes benthiques. Ma thèse consiste à étudier ces données afin de comprendre et relier ces différentes variables ensemble avec des techniques statistiques dites d'analyse de séries temporelles. »

Mathieu Chevalier, chercheur au LEBCO et co-encadrant de la thèse, complète : « Il s'agit de comprendre comment les variations de l'environnement vont influencer les communautés marines. Est-ce qu'il va y avoir un effet direct sur les différents compartiments biologiques (phytoplancton, zooplancton et macrobenthos) ou bien, y a-t-il des interactions beaucoup plus complexes qui permettent de mieux appréhender le fonctionnement de l'écosystème ? Est-ce que des variations locales de température vont avoir une influence ou est-ce que ce sont plutôt des facteurs à plus large échelle comme par exemple, le courant Atlantique Nord ? »

« IL S'AGIT DE COMPRENDRE COMMENT LES VARIATIONS DE L'ENVIRONNEMENT VONT INFLUENCER LES COMMUNAUTÉS MARINES. »

Mathieu Chevalier

Chercheur au LEBCO et coencadrant de la thèse



Projet

Tendance à long terme, couplages benthopélagiques et changements de régimes des écosystèmes côtiers en Manche dans un contexte de changement global

Laboratoire

LEBCO (DYNECO)

Entreprise partenaire

EDF

Durée du projet

3 ans - 2023-2026

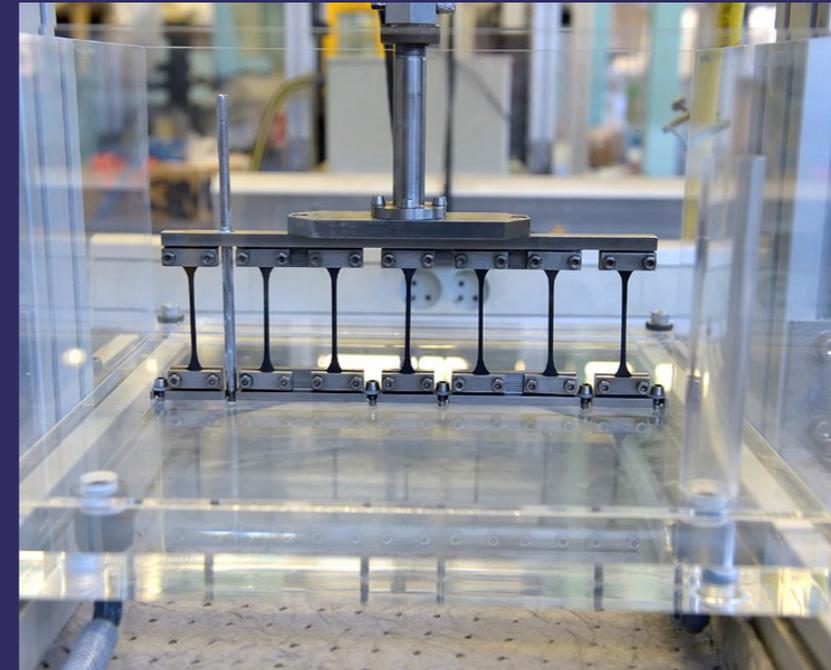
Responsable scientifique

Mathieu Chevalier

PLUS

LE LEBCO, C'EST QUOI ?

Le LEBCO, le laboratoire d'écologie benthique, s'intéresse à la diversité et au fonctionnement des écosystèmes marins côtiers et plus particulièrement aux réponses des espèces et des communautés face aux pressions naturelles et anthropiques. En couplant l'observation, l'expérimentation et la modélisation, l'équipe emploie et développe des approches complémentaires pour comprendre les patrons de biodiversité benthique et leurs rôles fonctionnels ainsi que la dynamique spatiale et la modélisation de la distribution des habitats benthiques.



DURABILITÉ DES STRUCTURES EN MILIEU MARIN UTILISANT DES POLYMÈRES

PRÉSENTATION

Quelle est la durabilité des structures en milieu marin qui utilisent des polymères ? Quelle durée de vie pour les polymères en mer ? C'est la question centrale du projet PUMA. Avec une durée de vie prévue de 20 ans pour ces structures, il a été nécessaire de réaliser des tests de vieillissement accéléré en laboratoire en utilisant des méthodes de prédiction de la durée de vie.

Habituellement, ces prédictions sont effectuées sans prendre en compte les sollicitations mécaniques, alors qu'en service, les polymères subissent des contraintes mécaniques. Pour la première fois, le projet PUMA a pu mener des expérimentations combinant vieillissement et chargement mécanique simultanément, avec notamment des essais effectués au synchrotron de Grenoble. Cette approche novatrice permet de mieux comprendre l'évolution des structures des polymères en milieu marin. Quand on applique une contrainte mécanique au plastique, se dégrade-t-il plus rapidement ? Quel est l'impact de cette charge mécanique sur le vieillissement des polymères en milieu marin et quelles en sont les conséquences ? Le projet PUMA a permis de démontrer l'existence d'un impact significatif de la présence d'une charge mécanique sur l'évolution du réseau macromoléculaire du polymère au cours du vieillissement.

Ces résultats montrent qu'il est essentiel d'intégrer cette variable dans les méthodes de prédiction de vieillissement pour obtenir des estimations plus précises et réalistes de la durabilité des structures polymériques en milieu marin.

Projet

PUMA

Laboratoires

SMASH (RDT) et PIMM (ENSAM Paris)

Partenaires

Dutch Polymer Institut, ENSAM Paris

Durée du projet

4 ans (fin en 2023)

Responsable scientifique

Pierre-Yves Le Gac

PLUS

LE SYNCHROTRON DE GRENOBLE, C'EST QUOI ?

L'ESRF, le synchrotron européen basé à Grenoble, produit les rayons X les plus brillants au monde, 100 milliards de fois plus lumineux que ceux utilisés à l'hôpital. Ces rayons X, générés par des électrons circulant dans un anneau de stockage de 844 mètres de circonférence, permettent d'explorer la structure de la matière à l'échelle atomique. L'ESRF fonctionne comme un microscope géant, utilisé dans divers domaines tels que la chimie, la biologie structurale, la physique des matériaux et l'archéologie. L'environnement expérimental peut reproduire, sur une ligne de lumière, les conditions (température, pression, atmosphère, contraintes diverses), souvent extrêmes, permettant de caractériser in situ et in operando les matériaux et procédés les plus innovants. Fondé en 1988 par 11 pays européens, l'ESRF a débuté ses opérations en 1994 avec 15 lignes de lumière. Aujourd'hui, il compte 44 lignes spécialisées et accueille chaque année des milliers de chercheurs internationaux. Les rayons X de l'ESRF sont essentiels pour étudier des matériaux dans des conditions réelles, et pour répondre à des questions cruciales dans des domaines variés comme la santé, l'environnement et les nanotechnologies.



ÉLECTRIFICATION AUTONOME & DURABLE

PRÉSENTATION

Dans certains sites isolés, il est plus avantageux de produire de l'électricité à partir d'énergie renouvelable. Prenons un refuge en montagne, par exemple. Le renouvelable, grâce au solaire notamment, nous évite l'acheminement de carburant par voie aérienne. Mais nous le savons, avec l'intermittence des énergies renouvelables, nous avons besoin d'utiliser du stockage pour assurer une continuité de l'usage électrique tout au long de la journée.

PowiDian Energy est une entreprise spécialisée dans le développement et la fourniture de solutions innovantes pour l'électrification autonome et durable. La société propose des micro-réseaux intelligents intégrant des technologies de production d'énergie renouvelable telles que le solaire et l'éolien, associées à des systèmes de stockage avancés incluant des batteries et une chaîne hydrogène (électrolyseur, réservoir, pile à combustible). Pour cela, la société utilise un EMS (Energy Management System), sa suite de logiciels embarqués, capable d'indiquer à quel moment il faut déclencher le stockage et produire de l'hydrogène, ou l'action inverse de déstockage pour produire de l'électricité, en complément de celle issue des énergies renouvelables disponibles.

Cette thèse CIFRE, soutenue par Adrien Gauché, avait pour objectif d'optimiser l'utilisation des moyens de stockage en minimisant les pertes d'énergie et d'augmenter leur durée de vie, se concrétisant par un gain sur les coûts d'exploitation. En effet, l'EMS prédictif planifie quel stockage utiliser en fonction de la météo et de la puissance nécessaire pour les 24 h à venir : la batterie pour les besoins à court terme, l'hydrogène pour le surplus ou les besoins sur le long terme. L'idée était de rendre la formulation de l'EMS générique à tous les micro-réseaux de l'entreprise pour le déployer rapidement. Pour cela, plusieurs stratégies ont été testées. L'objectif recherché était d'avoir des temps de calculs rapides pour être embarqué sur un ordinateur de taille modeste et des planifications qui, même si elles sont soumises aux imprévus (changement de météo...), restent pertinentes.



Projet

Stratégies d'optimisation d'un contrôle par commande prédictive de micro-réseau avec stockage d'énergie hybride batterie-hydrogène

Laboratoire

LS2N

Entreprise partenaire

Powidian Energy

Durée du projet

3 ans (thèse CIFRE) - 2021-2024 (terminé)

Responsable scientifique

Malek Ghanes

PLUS

QU'EST-CE QU'UNE THÈSE CIFRE ?

Une thèse CIFRE est une collaboration entre une entreprise et un doctorant pour mener à bien un projet de recherche appliquée. CIFRE signifie « Conventions industrielles de formation par la recherche ».

Le doctorant travaille sur un sujet en lien avec les besoins de l'entreprise, tout en étant encadré à la fois par un directeur de thèse académique et un tuteur en entreprise. Cette expérience offre au doctorant une immersion pratique dans le monde professionnel tout en réalisant sa thèse. C'est une opportunité de valoriser la recherche académique en la mettant au service du développement et de l'innovation des entreprises.



DÉVELOPPER UN LOGICIEL POUR OPTIMISER LA CONSTRUCTION DU NAVIRE-ÉNERGIE

PRÉSENTATION

Quelle forme ? Quelle taille ? Quelle longueur ? Quelle épaisseur des coques ? Autant de questions auxquelles il faut répondre afin de pouvoir imaginer les premiers contours du navire-énergie de Farwind.

Les consignes de départ : que le rapport entre l'énergie consommée par le bateau et l'énergie produite soit le plus faible possible, et que le navire soit un multicoque, afin d'installer plusieurs rotors. Tout le reste est encore à étudier, imaginer et inventer. Pour cela, nous utilisons un logiciel. Ou plutôt, nous inventons un logiciel capable d'étudier différentes configurations de navire. L'idée était donc de modéliser le bateau au format numérique par des éléments simplifiés appelés « poutres », tout en conservant les caractéristiques de déformation de chaque partie. L'originalité de ce logiciel est de pouvoir étudier des formes flottantes de dimensions variables correspondant à la géométrie des coques d'un bateau.

Le logiciel permet ensuite de tester plusieurs dimensions en très peu de temps. C'est le point fort de ce type de projet numérique, donner des orientations précises dans un temps restreint, et ainsi gagner du temps sur le lancement d'un projet.

Ce logiciel évalue également l'équilibre du bateau pour différentes conditions de mer et de vent. Grâce à ces informations, il est possible d'optimiser la masse du bateau, c'est-à-dire de trouver les meilleures caractéristiques en termes d'épaisseur de paroi ou encore de matériaux.

Au final, le logiciel permet de dégager des tendances sur les formes possibles du navire-énergie de Farwind. Ces tendances mises en avant vont ensuite permettre à Farwind de continuer les recherches dans un axe plus précis.



Projet

Définition et implémentation d'un outil de prédimensionnement de structures flottantes

Laboratoire

GeM

Entreprise partenaire

Farwind Energy

Durée du projet

En cours

Responsable scientifique

Gilles Marckmann

PLUS

LE NAVIRE FARWIND, C'EST QUOI ?

Le navire-énergie de Farwind est un navire capable de capter l'énergie du vent en haute mer, gisement exceptionnel aujourd'hui inexploité. Il est propulsé par le vent grâce à des rotors Flettner. Ce sont des cylindres verticaux en rotation autour de leur axe qui remplacent la voile et convertissent l'énergie du vent en force propulsive grâce à l'effet Magnus. Ce navire est également équipé, sous la coque, d'hydro-générateurs qui tournent grâce à la vitesse du bateau et produisent ainsi de l'électricité. L'électricité produite est ensuite stockée dans des batteries ou dans des réservoirs sous forme d'hydrogène obtenu par électrolyse de l'eau. Ces navires seront capables de se rendre loin des côtes, là où le vent est le plus fort et le plus régulier.



CONTRIBUER AU DÉVELOPPEMENT D'UNE FERME D'HYDROLIENNE

À LA RENCONTRE DE GRÉGORY GERMAIN, RESPONSABLE DU PROJET

En quoi consiste votre projet ?

Le cœur du projet consiste à étudier et valider le comportement d'une hydrolienne dans des conditions assez sévères, notamment des tempêtes, et à anticiper les impacts environnementaux que cette activité va engendrer. La recherche porte spécifiquement sur les hydroliennes à axe vertical et le développement de machines de forte puissance.

Ces travaux sont menés en avance de phase du projet Flowatt, qui est en cours d'acceptation au niveau européen pour mettre en service une ferme hydrolienne pilote, la plus puissante au monde, en 2026. Le développement de cette installation nécessite des travaux scientifiques spécifiques pour valider la conception et l'évolution de ces machines. Les données expérimentales seront utilisées pour valider les développements numériques et la conception des nouvelles générations d'hydroliennes.



En quoi consiste la collaboration avec HydroQuest ?

Le travail avec HydroQuest a commencé il y a plusieurs années, d'abord sous forme de collaborations ponctuelles au fur et à mesure des besoins en termes d'essais expérimentaux, les bases de données ainsi créées étant utilisées pour valider la conception des turbines et les développements technologiques associés. Nous avons progressivement réussi à monter des sujets de recherche collaborative plus importants jusqu'à aboutir aujourd'hui à la création d'un laboratoire commun, VERTI-Lab, soutenu par l'Agence nationale de la recherche (ANR).

Nous avons ainsi pu établir une feuille de route commune pour les quatre ans à venir. La création de ce laboratoire nous a permis d'étendre les sujets de recherche, notamment ceux liés au besoin d'une meilleure connaissance des conditions de houle et de courant rencontrées sur les sites à forts courants. Au sein de ce laboratoire, nous allons ainsi construire ensemble les outils nécessaires au développement et au suivi de fermes hydroliennes commerciales.



Projet
Caractérisation du comportement hydrodynamique d'un rotor d'une hydrolienne à axe vertical

Laboratoire
RDT

Entreprise partenaire
HydroQuest

Responsable scientifique
Grégory Germain

PLUS

QUI EST HYDROQUEST ?

HydroQuest est une société basée à Grenoble, au cœur du berceau mondial de l'hydroélectricité. Elle conçoit, fabrique et installe des turbines hydroliennes capables de produire de l'électricité renouvelable à partir des courants de marée. HydroQuest dispose d'un portefeuille de huit brevets internationaux, développé en partenariat avec le groupe EDF et Grenoble-INP, base d'une technologie unique à axe vertical, particulièrement performante.

FOCUS

LE LABORATOIRE VERTI-LAB

Depuis plusieurs années, de nombreux projets ont été menés entre le laboratoire RDT de l'Ifremer et l'entreprise HydroQuest, notamment sur l'hydrolien marin.

Cette source d'énergie renouvelable totalement prédictible propose un complément stratégique au mix énergétique et avance à grands pas en France. Soutenue par le Président de la République lors des Assises de l'économie de la mer, en novembre 2023 à Nantes, la filière de l'hydrolien s'avère très prometteuse sur le territoire.

Dans ce contexte, l'Ifremer et HydroQuest ont lancé VERTI-Lab, un laboratoire commun soutenu par l'Agence nationale de la recherche, pour développer les outils d'analyse et d'aide à la conception d'hydroliennes adaptées aux contraintes marines et faciliter le développement de fermes commerciales. Les partenaires comptent sur la complémentarité de leurs compétences pour lever ensemble les verrous technologiques, en se concentrant sur :

- la modélisation expérimentale et numérique pour étudier

et optimiser le comportement des hydroliennes à axe vertical;

- l'étude de l'influence de la turbulence, des effets de sillage et des états de mer sur la quantité d'énergie produite et l'usure des hydroliennes;

- l'amélioration des estimations des conditions de fonctionnement;

- le développement de stations de fond adaptées au suivi en fonctionnement des fermes hydroliennes et à l'évaluation des interactions avec les écosystèmes.

Grâce à ce laboratoire, les équipes de l'Ifremer et d'HydroQuest renforceront également leur compréhension de l'hydrodynamique des sites à fort potentiel hydrolien. Le développement d'outils industriels bénéficiera ainsi de l'expérience acquise par des essais au bassin à houle et courant du Centre Ifremer Manche Mer du Nord à Boulogne-sur-Mer et sur le site d'essais en mer de Sainte-Anne-du-Portzic, qui compléteront ceux effectués sur le site d'essais de Paimpol-Bréhat.

« CETTE SOURCE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE PRÉDICTIBLE PROPOSE UN COMPLÉMENT STRATÉGIQUE AU MIX ÉNERGÉTIQUE. »



RE G A

03

DES TRAVAUX
DE RECHERCHE
POUR COMPRENDRE
LES MÉCANISMES,
DÉVELOPPER
LES ESSAIS ET AGIR
POUR L'AVENIR.



Éolienne flottante EOLINK en rade de Brest.

OPTIMISER LA DURABILITÉ DES STRUCTURES OFFSHORE

PRÉSENTATION

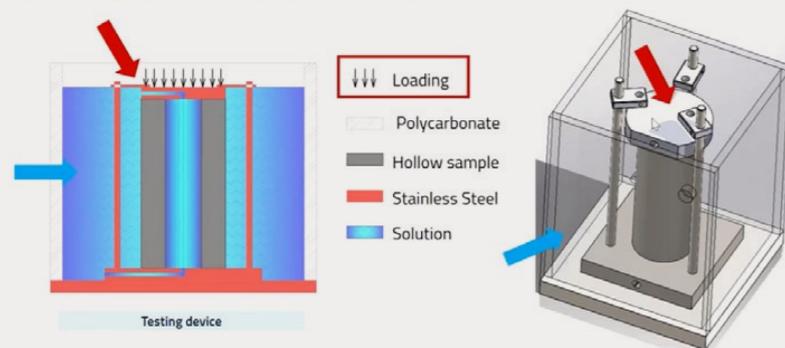
Les éoliennes en mer, bijoux des énergies marines renouvelables, sont des structures soumises à de fortes contraintes, notamment la partie immergée de celles-ci, et ont pour vocation à durer plusieurs décennies. Pour garantir leur sécurité et leur durabilité, il est nécessaire de connaître et de prédire l'évolution des matériaux qui les composent. Le milieu marin est un environnement difficile où se heurtent le vent, la houle, la salinité de l'eau de mer ou encore sa température. Le projet GHARSA vise à mettre au point un système innovant qui va mesurer les dégradations des matériaux pleins ou creux (béton, composite, élastomère, etc.) des structures immergées causées par l'eau de mer, la partie chimique et par l'effet du chargement, la partie mécanique.

La première étape du projet a consisté à recréer de l'eau de mer en laboratoire, pour être capable de simuler les réactions chimiques comme en conditions réelles.

Ensuite, un prototype a été imaginé pour immerger les échantillons dans cette eau de mer reconstituée. Des capteurs, placés sur le prototype, permettaient de réaliser les mesures. Ils étaient notamment capables de distinguer les effets de l'eau de mer sur les propriétés mécaniques (rigidité, résistance). Le prototype intégrait également la force mécanique avec une simulation de chargement et un phénomène de marnage. L'étape suivante a été de développer un système de mesure pratiquement identique, mais à une échelle plus grande qui permettra, à terme, de suivre l'évolution des structures offshore en temps réel, et ainsi de mieux comprendre les mécanismes de dégradation.

Parmi les différentes observations réalisées, on peut noter le phénomène d'auto-cicatrisation du béton, provoqué par des réactions chimiques. Ce dispositif, qui a vocation à être breveté, devrait permettre de réduire le coût de maintenance et d'augmenter la durée de vie des structures offshore, tout en développant de nouveaux matériaux plus durables en collaboration avec les entreprises.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A NEW DEVICE



Projet

Développement d'un dispositif de mesure de la dégradation chemo-mécanique des matériaux pleins ou creux immergés dans l'eau de mer (GHARSA)

Laboratoire

GeM

Durée du projet

2022-2024

Responsable scientifique

Frédéric Grondin



RENCONTRE

MARINELLE EL KHOURY

INGÉNIEURE DE RECHERCHE AU LABORATOIRE GEM, ET PRIX DE THÈSE CENTRALE INNOVATION

En quoi votre projet répond-il aux enjeux sociétaux ?

Dans le contexte de la crise énergétique et les questions de développement durable, les éoliennes en mer sont un dispositif que l'on souhaite utiliser de plus en plus. Il est donc important de bien les étudier pour tester les matériaux et vérifier leur sécurité et leur durabilité. Nous avons eu besoin d'un nouveau dispositif qui va nous permettre de réaliser ces tests, notamment sur les matériaux cimentaires, mais le prototype à grande échelle pourra être utilisé sur n'importe quel matériau.

Que vous apporte l'Institut Carnot MERS ?

Au-delà des financements, le réseau apporte des temps d'échange, de partage, et le lien avec le monde industriel. J'ai eu l'occasion de participer à des conférences, de concourir à des prix, et de présenter le projet à d'autres chercheurs et laboratoires. Tous ces échanges offrent une certaine ouverture et nous ont permis une valorisation scientifique du projet. Être en relation avec les entreprises facilite le lien pour l'intérêt industriel du projet, notamment pour la question des brevets. Le nouveau dispositif à grande échelle pourra être breveté grâce à l'aide du Carnot MERS, en lien avec des entreprises partenaires pour le tester.



LES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS : UNE ALTERNATIVE COMPATIBLE AVEC LE MILIEU MARIN ?

PRÉSENTATION

En milieu terrestre, les matériaux biosourcés et les biopolymères sont une alternative potentielle, et leur utilisation se développe. La gestion des déchets y est plus contrôlée. Certains emballages peuvent même être compostables industriellement ou à la maison.

Les conditions en milieu marin sont très différentes des conditions terrestres. Les températures y sont plus froides, les vents plus forts, l'impact du soleil et les pressions sont différents. Les expérimentations sont indispensables pour comprendre comment les matériaux biosourcés réagissent à ces agressions et comment ils se dégradent, afin d'établir leur durée de vie applicative.

L'enjeu du projet GEOPOBIO est de comprendre la fin de vie du matériau en milieu marin, avec un objectif de recyclage et de réutilisation, mais également la problématique de perte du matériau en mer. C'est notamment le cas des filets de pêche : avoir des matériaux biodégradables peut être intéressant, mais il faut aussi en réduire l'impact environnemental.

Pour cela, des tests ont été réalisés en laboratoire en eau de mer naturelle et d'autres dans un milieu non couplé permettant de faire varier un seul paramètre de dégradation à la fois. Différents facteurs peuvent influencer la dégradation des polymères biosourcés : les facteurs chimiques, tels que la température, les bactéries, ou encore les sollicitations mécaniques (abrasion, vagues...) et la structure du matériau (taille, forme, additifs, cristallinité...). Le projet a permis de mettre en évidence l'importance de l'environnement sur la dégradation du plastique, mais également de définir un critère de fragilisation du matériau dans un type d'environnement.

« CE N'EST PAS PARCE QU'IL Y A DES SOLUTIONS BIOSOURCÉES OU BIODÉGRADABLES QUI SE METTENT EN PLACE QU'ON PEUT NE PLUS FAIRE ATTENTION ET JETER DANS LA NATURE. »

Maelenn Le Gall
Ifremer | Ingénieure matériaux

Projet

Étude préliminaire relative à la gestion de fin de vie des polymères biosourcés en milieu marin (GEOPOBIO)

Laboratoires

SMASH (RDT)

Durée du projet

2 ans (terminé)

Responsable scientifique

Maelenn Le Gall

PLUS

C'EST QUOI UN PLASTIQUE BIOSOURCÉ ?

Contrairement aux plastiques traditionnels dérivés du pétrole, les plastiques biosourcés sont créés à partir de matières premières naturelles comme le maïs, la canne à sucre, l'amidon de pomme de terre, ou même des déchets agricoles comme la paille ou la bagasse de canne à sucre. Ce processus de fabrication permet de réduire la dépendance aux ressources non renouvelables et de limiter l'empreinte carbone associée à la production de plastique. Les applications des plastiques biosourcés sont diverses : emballages alimentaires, sacs réutilisables, vaisselle jetable, pièces automobiles, textiles, etc. Ils offrent une solution innovante pour répondre aux besoins en plastique tout en minimisant l'impact sur notre planète. Cependant, malgré leurs avantages, ils présentent également des limites importantes à prendre en compte. Tous les plastiques biosourcés ne sont pas nécessairement biodégradables ou recyclables. Certains nécessitent des conditions spécifiques pour se dégrader, et le recyclage peut être limité en raison de leur composition complexe. Leur adoption à grande échelle nécessite une approche réfléchie pour minimiser les impacts négatifs potentiels tout en maximisant leurs avantages environnementaux.

DÉVELOPPER LA RECHERCHE EN HYDRODYNAMIQUE AVEC LA STÉRÉO-VIDÉO

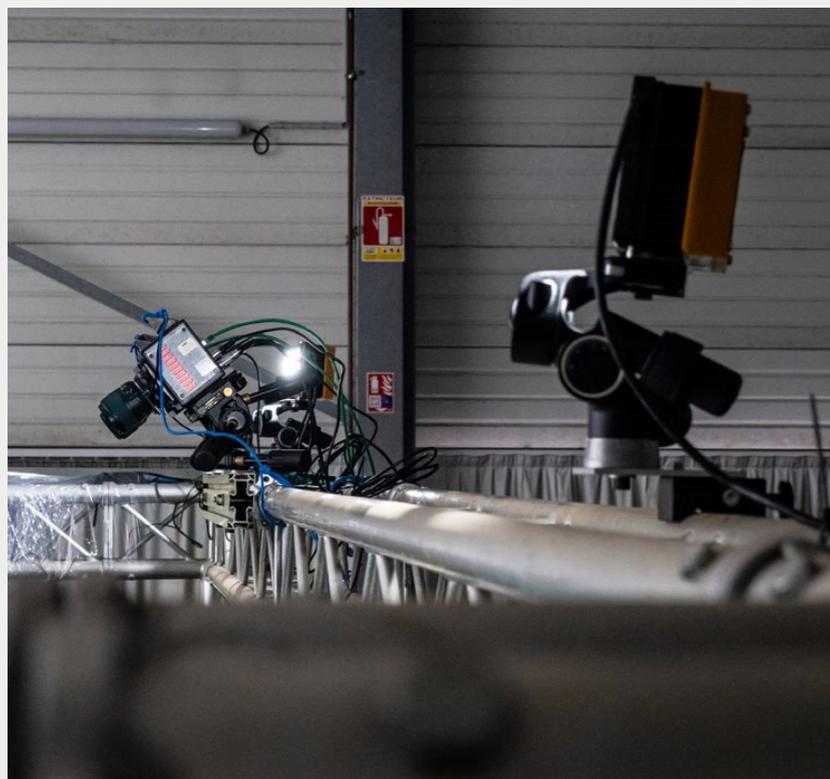
PRÉSENTATION

Mesurer la houle dans un bassin d'essais n'est pas chose simple et, pourtant, elle reste importante dans le cadre de la recherche en hydrodynamique. Il existe des sondes, positionnées à endroits fixes pour prendre des mesures, mais le nombre de sondes déployables lors des essais reste limité.

Centrale Nantes et Ifremer ont ainsi travaillé sur le développement d'un système, basé sur la stéréo-vidéo, pour mesurer la forme des vagues en bassin d'essais. Une technologie de mesure innovante qui permet de reconstruire la forme de la surface de l'eau en trois dimensions. La correspondance des pixels entre deux images est utilisée pour reconstruire la forme d'une surface d'objet, en général un solide.

Si cette technique est facilement réalisable en mer grâce au nombre important de vaguelettes créées par le vent et les courants sur la surface de l'eau, ce n'est pas le cas pour les bassins d'essais. La surface de l'eau est très lisse et s'apparente à la fois à un miroir et à une surface transparente, ce qui rend la détection des pixels difficile. L'idée a été de créer de la texture à la surface de l'eau pour faciliter la détection des points. Pour cela, plusieurs tentatives ont été effectuées sur le site de Boulogne-sur-Mer. La solution finalement retenue a été de perturber la surface de l'eau en l'arrosant d'une pluie fine. Les impacts des gouttes ont permis d'ajouter une rugosité suffisante pour réaliser les mesures.

Grâce à cette technique peu coûteuse, il est désormais possible de mesurer la forme des vagues en bassin d'essais hydrodynamiques avec une bonne résolution temporelle et spatiale, avec près de 800 000 points de mesure à chaque instant. Cette avancée ouvre de nouvelles perspectives pour les recherches en hydrodynamique !



Projet

Mesure haute résolution de champs de vagues en bassin de houle par stéréo-vidéo

Laboratoires

RDT et LHEEA

Durée du projet

2 ans (terminé)

Responsable scientifique

Alan Tassin

PLUS

LA STÉRÉO-VIDÉO, QU'EST-CE QUE C'EST ?

Vous avez probablement déjà entendu parler de la stéréo dans le contexte du son, mais la stéréo-vidéo concerne également la vision en trois dimensions. Comment cela fonctionne-t-il ? La stéréo-vidéo utilise le principe de la vision binoculaire humaine. Nos yeux, étant placés à une certaine distance l'un de l'autre, voient légèrement des perspectives différentes d'une même scène. Notre cerveau combine ces deux perspectives pour former une image tridimensionnelle du monde qui nous entoure. Pour recréer cette expérience, la stéréo-vidéo utilise deux caméras qui captent deux images légèrement décalées de la même scène. Des algorithmes de traitement d'image et de vision par ordinateur sont ensuite utilisés pour fusionner et synchroniser ces perspectives, créant ainsi des contenus visuels tridimensionnels de haute qualité. L'objectif est de reconstruire des environnements en trois dimensions, donnant ainsi accès à de nouvelles données pour comprendre les phénomènes physiques en jeu et valider des modèles numériques.

DÉCARBONATION DU TRANSPORT MARITIME GRÂCE AU POSITIONNEMENT DYNAMIQUE

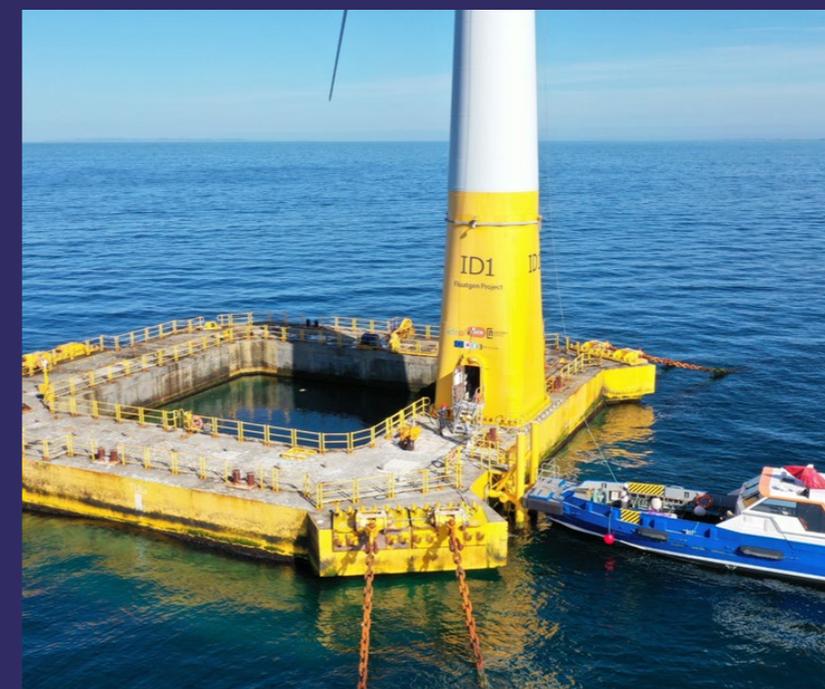
PRÉSENTATION

Les énergies marines renouvelables impliquent souvent des opérations marines complexes, notamment pour déployer et faire la maintenance des équipements en mer, avec au moins un navire en positionnement dynamique. Le projet POSDYN a pour objectif de concevoir, réaliser et valider un dispositif de positionnement dynamique pour les campagnes d'essais hydrodynamiques en bassin. Cet équipement permettra la validation de simulations numériques (tenue à la mer du navire, systèmes mécaniques multi-corps, interactions coque-propulseur) ainsi que la simulation d'opérations marines.

La disponibilité du système permettra de répondre favorablement à des sollicitations industrielles pour la validation expérimentale des conceptions de navires et plateformes innovantes, et pour la simulation d'opérations marines complexes (démantèlement d'installations, levages de colis lourds, installations de plateformes EMR, etc.). POSDYN contribuera également à la validation de nouvelles stratégies de positionnement dynamique proposées par les développeurs locaux.

L'amélioration et l'optimisation des dispositifs de positionnement dynamique contribuent à la décarbonation du transport maritime. D'une part, l'amélioration des performances des dispositifs permet des opérations maritimes dans des conditions environnementales difficiles, en conservant les niveaux de sécurité pour les personnels et les équipements. D'autre part, l'efficacité énergétique globale d'un positionnement dynamique constitue un levier important pour la réduction des émissions de particules et de gaz à effet de serre lors d'une opération en mer.

Par ailleurs, en facilitant l'installation et la maintenance des infrastructures d'énergies marines renouvelables, le positionnement dynamique soutient le développement de ces sources d'énergie propre, réduisant ainsi la dépendance aux combustibles fossiles et contribuant à la réduction des émissions de CO₂.



Projet

POSDYN

Laboratoire

LHEEA

Durée du projet

2 ans

Responsable scientifique

Jean-Marc Rousset

PLUS

LE POSITIONNEMENT DYNAMIQUE

Le positionnement dynamique (DP) est une technologie maritime avancée permettant à un navire de maintenir automatiquement sa position et son cap en utilisant ses propres propulseurs et systèmes de direction, sans recourir à des ancres externes. Cette technologie repose sur un ensemble de capteurs qui fournissent des données en temps réel sur l'orientation, la vitesse et les conditions environnementales du navire. Ces informations sont analysées en continu par un ordinateur de bord, qui ajuste les propulseurs et les gouvernails. Le DP est essentiel pour l'installation et la maintenance des infrastructures, comme les parcs éoliens offshore, les hydroliennes et les dispositifs houlomoteurs. Par exemple, lors de travaux sur des éoliennes offshore, le DP permet à un navire doté d'une grue de rester à une distance optimale de la fondation des éoliennes, garantissant aux opérations de levage une précision et une sécurité malgré des conditions maritimes difficiles.

LAURÉATS APPEL À PROJETS 2023

CHAQUE INSTITUT LABELLISÉ « CARNOT » SE VOIT ATTRIBUER, CHAQUE ANNÉE, PAR L'ANR UN ABONDEMENT BASÉ SUR SON CHIFFRE D'AFFAIRES DE RECHERCHE CONTRACTUELLE.

L'abondement permet de financer des projets et actions visant à développer le ressourcement scientifique et technologique des Instituts Carnot, leur professionnalisation, le développement de partenariats socio-économiques et l'intégration au réseau Carnot.

Dans le cadre de l'appel à projets 2023, dix projets ont été sélectionnés, dont sept pour le site nantais avec Centrale Nantes, Nantes Université et le CNRS (GeM, LHEEA et LS2N), ainsi que trois pour le site brestois avec Ifremer, portés par les unités de recherche MARBEC, HALGO et RDT.

AHMED LOUKILI AVEC LE PROJET DURIMP

> *Investigation couplée durabilité-rhéologie des bétons bas carbone pour l'impression 3D des fondations éoliennes flottantes*
> *Laboratoire : GeM*
Le premier objectif du projet consiste à créer et à tester une formule adaptée à l'impression 3D des fondations flottantes en étudiant comment le matériau se comporte à l'état frais (pendant l'impression) et à examiner sa résistance dans un milieu marin une fois la construction terminée. Le deuxième volet du projet se concentre sur la technique d'impression elle-même. Nous allons chercher à améliorer l'optimisation des paramètres d'impression et à évaluer la trajectoire du dépôt pour que la structure flotte correctement au fur et à mesure de son impression.

ALAIN VERGNET AVEC LE PROJET BARISOTOP

> *Laboratoire : MARBEC*
Ce projet vise à développer une méthode qui utilise les isotopes stables du carbone et de l'azote pour mesurer l'efficacité alimentaire (aptitude de chaque animal à transformer son alimentation en lait ou en viande) chez le bar européen (*Dicentrarchus labrax*).

BERTRAND MALAS AVEC LE PROJET PROPVELBA

> *Propulsion vélique en bassin : création d'un moyen d'essais de propulsion vélique*
> *Laboratoire : LHEEA*
Le projet met en œuvre un dispositif expérimental permettant de répondre à l'enjeu des distorsions d'échelle et de simuler les effets dynamiques (approche « software-in-the-loop ») sans être connecté physiquement à l'infrastructure d'essais.

CAROLINE BRAUD AVEC LE PROJET LIFEMONITOR

> *Caractérisation de l'aérodynamique instationnaire des pales d'éolienne flottantes pour le développement de solutions de monitoring pour la fatigue*
> *Laboratoire : LHEEA*
L'objectif de ce projet est de mieux connaître l'aérodynamique des pales des éoliennes flottantes pour mettre au point des capteurs capables de détecter les fluctuations de charge rencontrées par ces éoliennes peu accessibles pour la maintenance.

CHRISTOPHE BINETRY AVEC LE PROJET E-COMMENT

> *Éco-conception optimale de pièces composites structurelles de navire fabriquées par procédé TFP*
> *Laboratoire : GeM*
Ce projet consiste à créer un chaînage numérique d'aide à la conception de pièces maritimes. Pour cela, des outils numériques permettront de prédire la durabilité des structures à différentes échelles et de modéliser le comportement des matériaux dans des environnements humides et sous contraintes mécaniques aléatoires similaires à celles en mer.

FRANCK PLESTAN AVEC LE PROJET GOWIBA

> *Towards Global control Of floating offshore Wind turbines Including Blade Aerodynamics*
> *Laboratoire : LS2N*
Le projet GOWIBA vise à créer des systèmes de contrôle pour les éoliennes flottantes afin de contrôler la puissance produite, l'oscillation du mât et l'aérodynamique instationnaire des pales des éoliennes flottantes dans l'objectif de diminuer les fluctuations de charge et ainsi augmenter leur durée de vie.

GRÉGORY LEGRAIN AVEC LE PROJET AM3S

> *Additive Manufacturing Meso Macro Simulation*
> *Laboratoire : GeM*
Ce projet vise à favoriser l'utilisation de la fabrication additive (impression 3D) dans l'industrie navale en proposant des outils de simulation numérique adaptés. Ceux-ci viendront aider à définir le design le plus pertinent selon la demande initiale.

PETER DAVIES AVEC LE PROJET FIBMER

> *Fibre monitoring et évaluation en temps réel*
> *Laboratoire : RDT*
Ce projet a pour but de tester sur le site de Saint-Anne-du-Portzic (site d'essais en mer) une ligne d'ancrage équipée d'instruments de démonstration. Il fait suite au projet MONAMOOR qui explorait l'utilisation de fibres optiques en polymères pour mesurer l'allongement d'un cordage synthétique. Ce projet s'était limité aux essais de laboratoire et aux propriétés optiques et mécaniques.

SALOMÉ FABRI-RUIZ AVEC LE PROJET ERA

> *Évaluer la dégradation de l'ARN/ADN environnemental sur des approches de métabarcoding et de ddPCR en conditions contrôlées*
> *Laboratoire : HALGO*
Ce projet a pour objectif de développer la technique de l'ADN environnemental (technique de surveillance de la biodiversité non invasive pour les milieux naturels et les espèces) pour le suivi des populations marines encore peu développées. Les connaissances acquises permettront d'évaluer la possibilité de leur mise en place en milieu naturel. Si les résultats sont concluants, ils pourront être transférés à la pêche ou aux suivis des parcs éoliens. Les connaissances seront également utiles au laboratoire afin de répondre à des demandes d'appui aux politiques sur l'utilisation de nouvelles techniques d'observation de l'environnement marin.

VINCENT LEROY AVEC LE PROJET CIMSUB

> *Conception et instrumentation d'une maquette de plateforme semi-submersible d'éolienne flottante*
> *Laboratoire : LHEEA*
Ce projet a pour objectif de réaliser une maquette de plateforme d'éolienne flottante semi-submersible, divisée ou équipée d'instruments pour mesurer les déformations possibles.

RAPPORT ANNUEL ÉDITÉ PAR L'INSTITUT CARNOT MERS EN JUIN 2024

Directeur de la publication :
Jean-Marc Daniel

Réalisation :
Canévet et Associés

Responsable de la rédaction :
Manuel Canévet

Rédaction :
**Audrey Perrot,
Marie Clergue-Ploton**

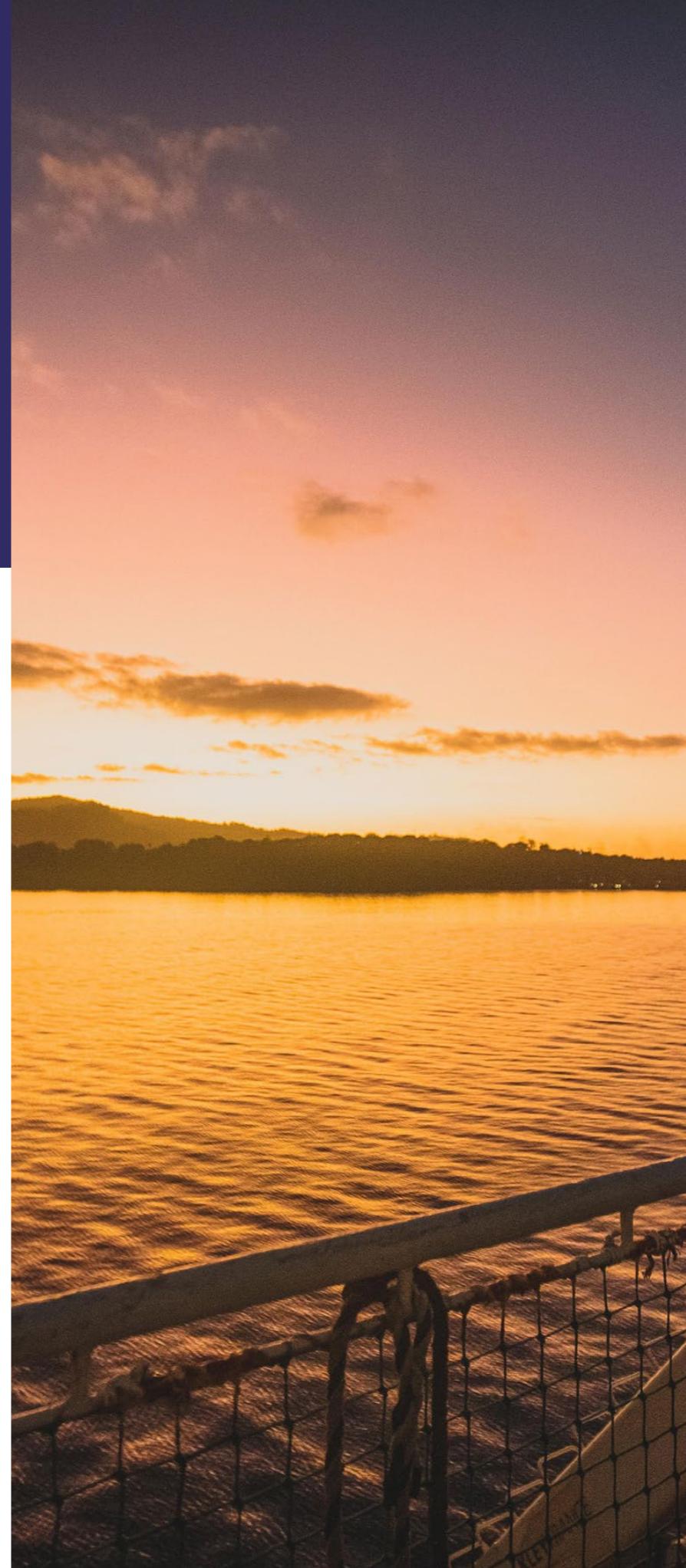
Coordination éditoriale :
Marie Clergue-Ploton

Direction artistique et maquette :
Philippe Caubit

Relecture/corrections :
François Bocquier

Impression :
Imprimerie Allais

Crédits photos :
**ILAGO, Olivier Dugornay,
Centrale Nantes, Ifremer,
Hydroquest**



INSTITUT CARNOT MERS
Ifremer, Centre Bretagne
1625, route de Sainte-Anne
29280 PLOUZANÉ
FRANCE

innovation@carnot-mers.com
www.carnot-mers.fr

