



Journée hydrolien  
28 mars 2017  
Caen



---

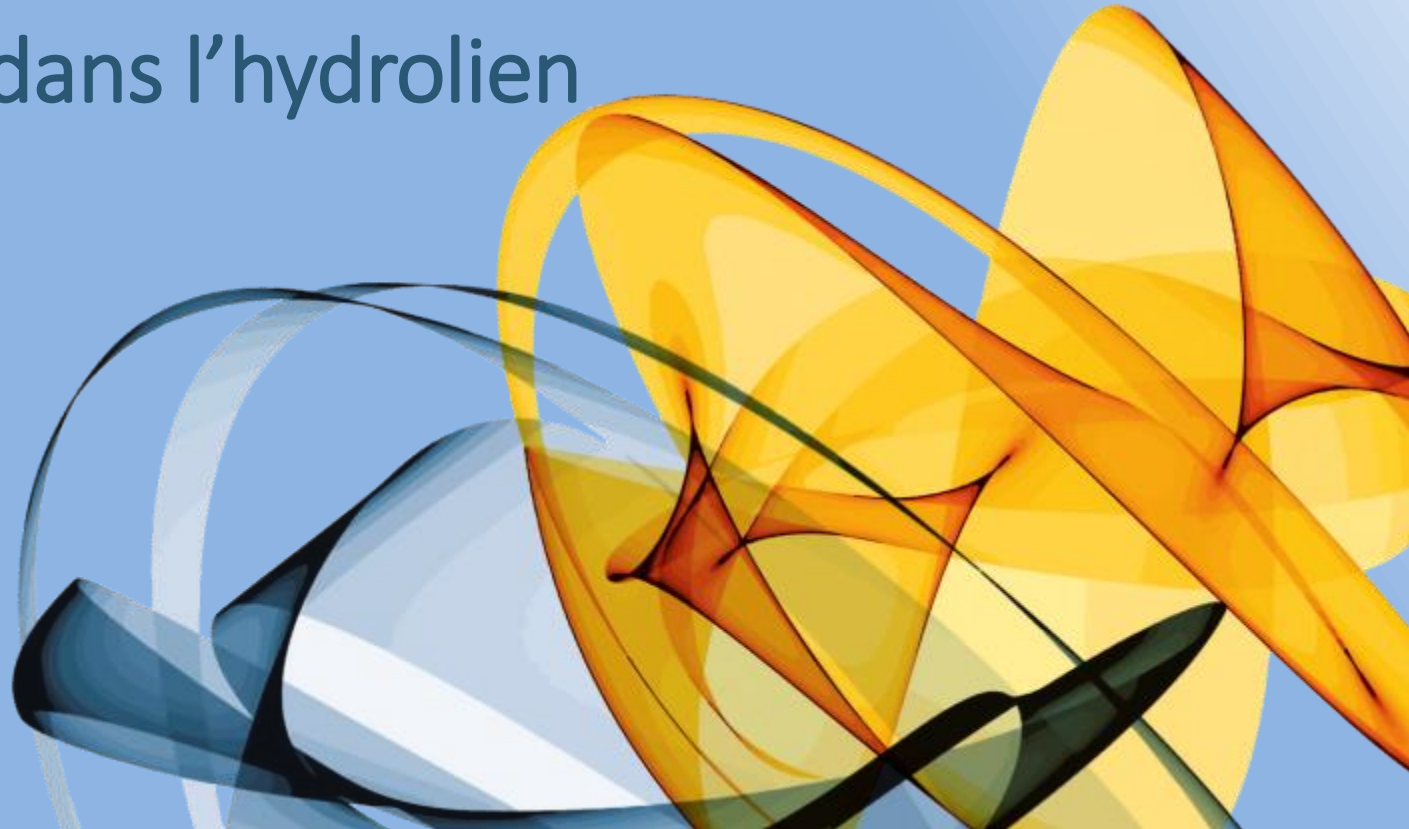
## France Energies Marines Présentation et implications dans l'hydrolien

*Yann-Hervé De Roeck*



[contact@france-energies-marines.org](mailto:contact@france-energies-marines.org)

[www.france-energies-marines.org](http://www.france-energies-marines.org)





# FEM in 7 whereabouts



**Why?** Support needed to the R&D in the MRE sector  
coordination, focus, steady dedication

**What?** R&D on technical bottlenecks  
& environmental/societal issues

**How?** Collaborative projects, scientific animation  
Transverse activities (e.g. normalization, int'l)

**With whom?** Public/private co-financing  
public/private teams (secondments)

**Where?** Headquarters in Brest  
secondments in the other regions

**When?** In operation since 2012  
yearly call for projects

**How much?** More than 14 M€ of R&D  
10 M€ support from NRA





# FEM members & partners







# FEM team



Summer



Winter



Pôle développement

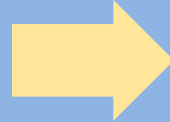
Pôle opérationnel



# Evolution de FEM

## 2012-2014 INITIATION

- Basé sur partenariat sans support de l'Etat
- 11 projets réalisés (VALEF, BHFM, AESTUS, GHYDRO, etc..)
- Total : €2.9M
- FEM : €1.2M



## 2015-2018 PHASE COLLABORATIVE

- AAP Etat/FEM avec support de €10M IA
- 3 phases (annuelles)
  - 1<sup>ère</sup> phase - 2015: 8 projets  
Total : €7.8M  
FEM : €2.2M
  - 2<sup>nde</sup> phase – 2016: 8 projets  
Total : €7.7M  
FEM: €2.7M



## >2018 INSTITUT DE RECHERCHE DE REFERENCE

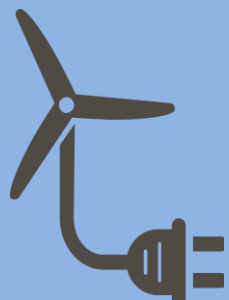
- Institut national représentant la France à un niveau international
- Centre de reference en lien avec les clusters régionaux et les sites d'essais
- Coordination de projets de R&D sur des thématiques transversales basé sur une dynamique public/privé

### • Budget

- Actuel : 2M€/an, évoluant vers 4 M€ sur prochaine période triennale
- Plus de 14 M€ de projets de R&D opérés



# FEM S&T Roadmap



€/kWh

**OBJECTIVE:  
REDUCE THE COST OF ENERGY**

100 €/MWh



+



FEM working groups



# FEM S&T Roadmap

*A strategic update coordinated by Herveline Gaborieau*



## ■ INSTALL MARINE ARRAYS



Characterization  
of sites



Network  
Interconnections  
of EMR arrays

Architecture  
and modeling

## ■ TEST THE TECHNOLOGIES



Demonstrators  
and associated sites



Evaluation *in situ*  
of marine operations and logistics

## ■ IMPROVE ENERGY BALANCE



Technology  
Machines,  
components  
and materials



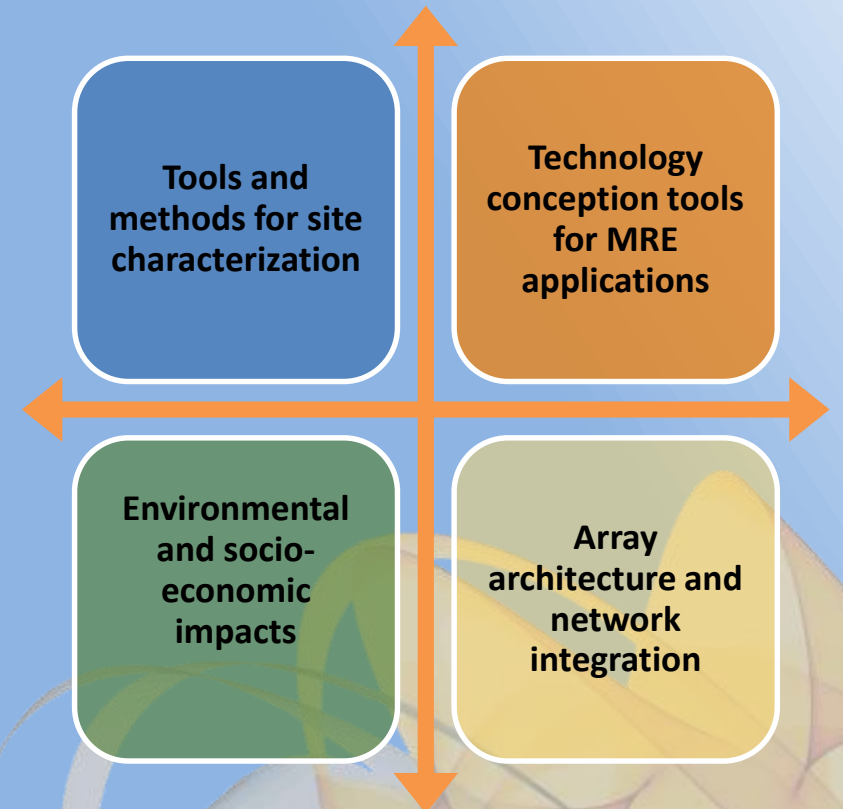
Monitoring and analysis  
of technologies

## ■ STUDY IMPACTS



Environmental

Socio-economics  
Concertation





# Outils et méthodes de caractérisation de site

(Jean-François Filipot – Responsable de programme)



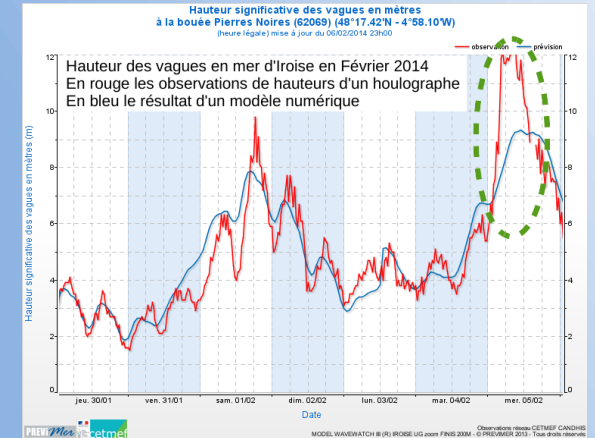
## MétéOcéano

- ☐ Spatialisation des observations
- ☐ Mesure et modélisation des événements extrêmes et fatigue
- ☐ Caractérisation de la dynamique des ressources
- ☐ Amélioration des couplages vent-vagues-courant

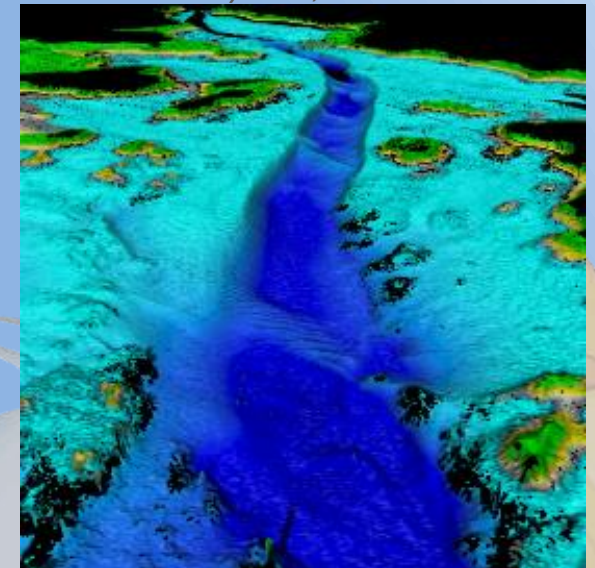
## Géologie/géophysique marines

- ☐ Caractérisation des fonds  
(bathymétrie haute-résolution, géophysique, dynamique sédimentaire)
- ☐ Prévention des risques sismiques/stabilité des pentes, activités humaines

**5 projets principaux (6 M€)**



Guy Amis, CEREMA



<http://diffusion.shom.fr/l3d-mar-finistr2014.html>



# Projets en lien avec l'hydrolien outils et méthodes de caractérisation de site

Avant AAP

AESTUS

1<sup>er</sup> AAP 2015

HYD2M

PHYSIC

THYMOTE

2<sup>ème</sup> AAP 2016

DiMe

# 3 projets sur la caractérisation du Raz Blanchard

## HYD2M

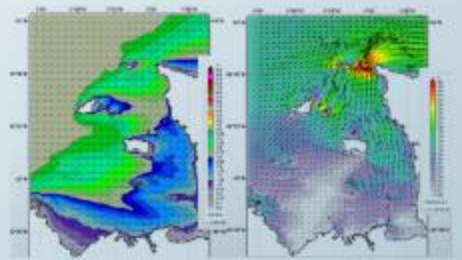
Raz Blanchard Hydrodynamics: measurements and modelling

Improving energy production estimation is a key aspect of research in the field of marine renewable energy. The typical error in tidal current prediction at tidal energy sites is about 10%, which results in a 30% error for the tidal power estimation.

To reduce these errors, wave-current interactions need to be correctly taken into account in hydrodynamic numerical models.

HYD2M will address this issue based on *in situ* field experiments and an HF radar deployment that will help in developing the hydrodynamic numerical models through a better understanding of the wave-current interaction physics.

HYD2M is expected to provide a reliable numerical platform for the prediction of hydrodynamics in the Raz Blanchard.



**Objectives :**

- Study the impact of sea state and storms on energy resources using *in situ* radar measurements and numerical modelling.
- Applications : site monitoring, forecasting and optimisation of production.

Source : P. Pélissier

Logos: DCNS, IFREMER, UNIAEN, EDF, ULCO, etc.

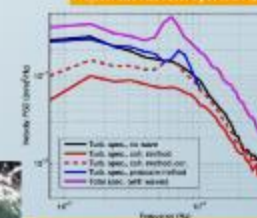
## THYMOTE

Tidal turbulence: modelling, field observations and tank experiments

Tidal energy sites are, by definition, places where the strongest tidal currents are found. They usually flow over complex rocky bathymetries that generate intense turbulent motions.


To understand the turbulent nature of this flow is critical for maximising tidal turbine yield and minimising structural fatigue. Development of the tidal energy industry would benefit from improved knowledge of turbulent flow properties.

The research conducted within the framework of THYMOTE combines field and laboratory experiments with numerical developments and is expected to provide accurate high resolution information on the turbulent flows found at tidal energy sites.



**Objectives :**

- Improve the understanding of turbulent processes at current turbine sites.
- Applications : fatigue, efficiency, machine placement.



Logos: UNIAEN, EDF, INNOSEA, DCNS, etc.

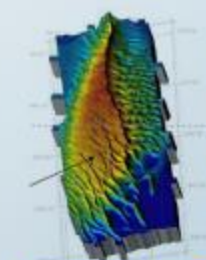

## PHYSIC

Sediment transport processes in the presence of intense currents

Tidal turbines will be deployed in extremely energetic environments that may induce an intense sediment transport. This process threatens the proper functioning of the turbines and may shorten their useful life-span.

The lack of knowledge on the sediment transport processes occurring at tidal energy sites must be reduced to allow optimal turbine design and to reduce the tidal energy industry LCOE.

PHYSIC will address this crucial issue through the development of measurement systems, field experiments conducted at tidal energy sites and modeling efforts.

**Objectives :**

- Improve the understanding of hydro-sedimentary processes at current turbine sites.
- Obtain data sets pertinent to sub-sea system development.
- Advance the work on hydro-sedimentary modelling.

Logos: UNIAEN, DCNS, IFREMER, UNIAEN, EDF, etc.

# Film : HYD2M, THYMOTE and PHYSIC





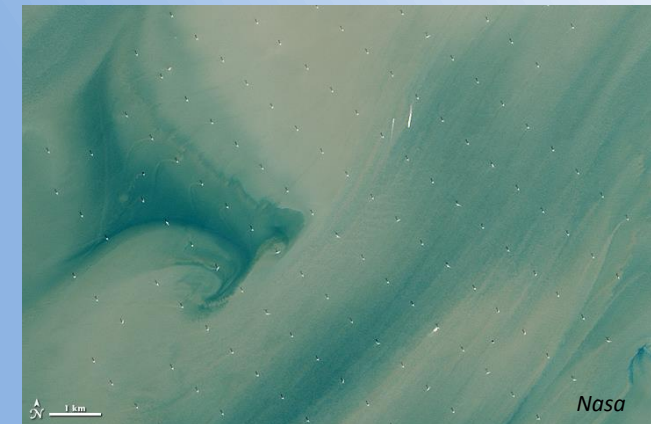
# Impacts environnementaux et socio-économiques

(Morgane Lejart – Responsable de programme)



## Impacts environnementaux

- ☐ Modification des habitats
- ☐ Impact divers  
(avifaune, acoustique, écosystème, électromagnétiques, collision, etc..)
- ☐ Remise en contexte des impacts liés aux EMR



## Impacts socio-economiques

- ☐ Interaction avec activités de pêche
- ☐ Compensation écologique
- ☐ Planification des usages et acceptabilité

**7 projets principaux (4 M€)**



# Projets en lien avec l'hydrolien

## Impacts environnementaux et socio-économiques

Avant AAP

GHYDRO

IMPALA

BENTHOSCOPE

1<sup>st</sup> AAP 2015

TROPHIK

BENTHOSCOPE 2

Film

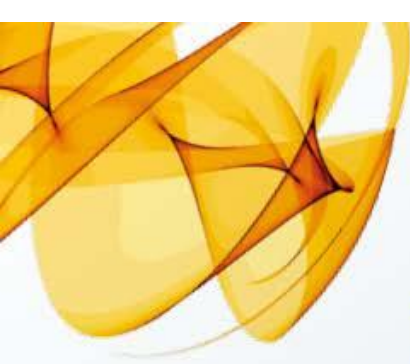
2<sup>ème</sup> AAP 2016

GEOBIRD

ABIOP

SPECIES



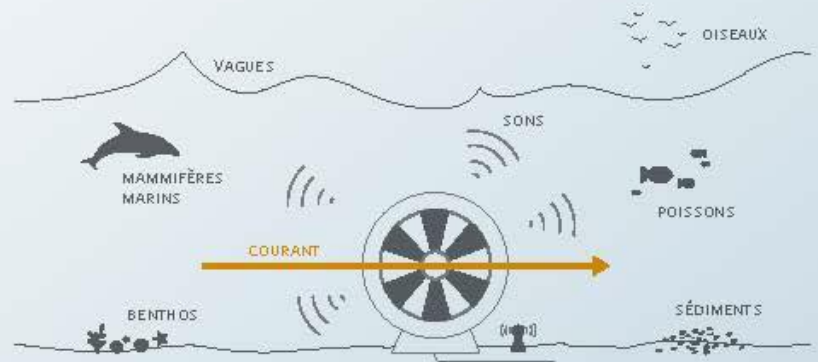


# Ghydro



## GUIDE D'ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX POUR LES TECHNOLOGIES HYDROLIENNES EN MER

**GHYDRO est un guide méthodologique qui offre aux acteurs des projets hydroliens en mer des éléments d'aide à la décision pour l'insertion environnementale des machines et des fermes d'exploitation.**



Ce document propose une première série de recommandations et de méthodes pour :

- décrire l'état initial,
- identifier et analyser les changements écologiques potentiels,
- élaborer un programme de suivi environnemental.

Le périmètre du projet GHYDRO englobe les 3 phases d'un projet hydrolien (installation, exploitation et démantèlement) ainsi que l'ensemble de ses composantes marines (turbines, convertisseur, câble, navires...).

Pour réunir un maximum de compétences, France Énergies Marines a constitué un consortium de spécialistes en technologies hydroliennes et en environnement marin issus d'entreprises et

d'instituts de recherche.

En complément du vivier offert par les membres de France Énergies Marines, des experts ont été mobilisés dans toute la filière ainsi que pour recueillir l'expression des usagers des zones côtières.

Le guide méthodologique a vocation à être diffusé largement :

- autorités environnementales,
- développeurs de projets hydroliens en mer,
- bureaux d'études en environnement,
- usagers des secteurs concernés par les futurs projets hydroliens.

GHYDRO est amené à évoluer, selon un processus itératif, au gré des avancées des projets hydroliens et des premiers retours d'expérience, sur les interactions avec l'environnement marin.



### Compartiments environnementaux traités

- Océanographie (houle, courant)
- Fonds marins
- Acoustique sous-marine
- Écologie benthique
- Ressources halieutiques
- Mammifères marins
- Avifaune marine



SUIVI DE LA COLONISATION DU CÂBLE DE PAIMPOL-BRHAT



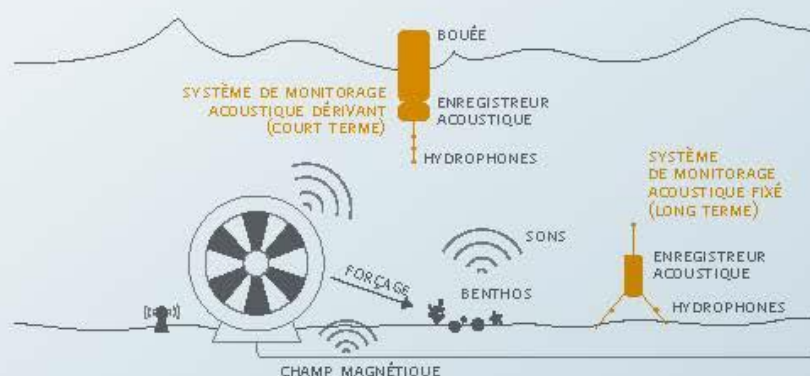


# Benthoscope



## INDEX ACOUSTIQUE DE LA RICHESSE BENTHIQUE DES SUBSTRATS DURS POUR L'ÉVALUATION DES IMPACTS DES HYDROLIENNES

Le projet BENTHOSCOPE a pour objectif de diagnostiquer l'état et l'évolution des peuplements benthiques d'un habitat marin rocheux en écoutant les sons qu'ils produisent, à l'image du stéthoscope dans le domaine médical.



Le benthos, ensemble des organismes vivant à proximité du fond, est un compartiment essentiel au fonctionnement des écosystèmes en milieux côtiers. Il présente également des enjeux économiques, patrimoniaux et emblématiques au sein de ces milieux, par ailleurs privilégiés pour le déploiement des équipements de production d'énergies marines renouvelables (EMR).

Le projet BENTHOSCOPE a pour objectif de développer des méthodes novatrices, car quantitatives, de surveillance environnementale des impacts potentiels des hydroliennes sur le compartiment benthique des substrats durs, là où les méthodes classiques font défaut.

La richesse biotique du benthos sera en effet décrite par acoustique passive. Cet outil de surveillance

présente plusieurs avantages, dont l'accès à des indicateurs issus du vivant (leur production sonore), le caractère non intrusif du dispositif, la haute résolution temporelle, un coût abordable et la possibilité d'étudier les écosystèmes marins sur le long terme.

À l'aide de cette méthode opérationnelle, les fonctions de transfert suivantes seront mesurées à l'échelle des peuplements :

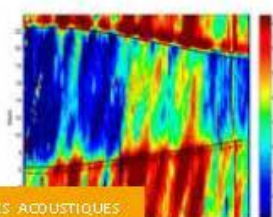
- richesse biologique (biomasse et diversité),
- variabilité spatiale,
- variabilité temporelle.

Ce projet relèvera des défis scientifiques et techniques (première description acoustique du benthos sur substrat dur et dans un fort courant) sur un des premiers sites de déploiement d'hydroliennes en France.

### Un projet de recherche

- R&D collaborative menée par France Énergies Marines, la chaire d'excellence CHORUS de la Fondation Grenoble INP, l'UBO/CNRS (LEMAR), RTsys, Océanopolis, TBM et Quiet Oceans
- Une thèse de doctorat (EDSM) ; cofinancement France Énergies Marines et région Bretagne
- Des problématiques à l'interface entre le traitement de signal, la biologie marine et l'industrie des EMR

### SYSTÈME DE MONITORAGE ACOUSTIQUE FIXÉ



MESURES ACOUSTIQUES



POLYSIPHONIA LANDSA



contact@france-energies-marines.org  
www.france-energies-marines.org



© 2014 France Énergies Marines, UBO/CNRS (LEMAR), RTsys, Océanopolis, TBM et Quiet Oceans



# BENTHOSCOPE2

Compréhension et surveillance des impacts EMR sur le compartiment benthique via une plateforme de mesure dédiée à l'acoustique passive

Le projet Benthoscope2 a pour objectif la mise au point d'une méthode d'observation opérationnelle permettant de quantifier et d'évaluer les effets des projets EMR sur le compartiment benthique. Cette méthode utilisera les sons produits par les espèces sonifères (biophonie) du benthos comme indicateur de l'état de santé des peuplements.

Benthoscope1 a permis le développement des outils acoustiques innovants et pertinents dans le contexte des EMR.

Benthoscope2 mettra en œuvre ces outils dans une approche BACI (Before / After Control / Impact) d'étude d'impact et de réaliser un suivi environnemental annuel sur un site atelier.

Benthoscope2 se propose de développer un prototype de plateforme de mesures multidisciplinaire pour le suivi

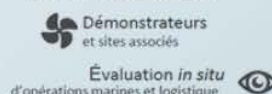
## ■ IMPLANter DES FERMES MARINES



## ■ AMELIORER LES BILANS ENERGETIQUES



## ■ TESTER LES TECHNOLOGIES



## ■ ETUDIER LES IMPACTS



des paramètres environnementaux afin d'interpréter les sons mesurés et décrire les conditions de vie de la faune benthique étudiée.

Le projet permettra également d'améliorer la compréhension des impacts acoustiques des EMR puis les effets d'impacts cumulés avec les pressions prépondérantes avant introduction des EMR : dépôt des résidus de dragage, pêche, changement climatique, ... sur les écosystèmes.



Etude d'une surface sentinelle  
Source: E. Amice CNRS

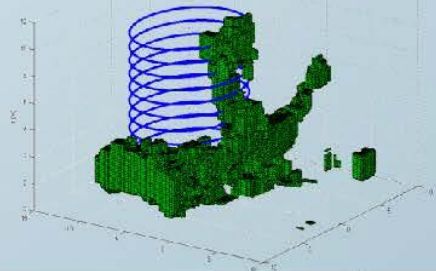
### Objectifs :

- Mieux comprendre les impacts des émissions acoustiques des EMR,
- Développer une méthode d'observation par acoustique passive permettant d'évaluer les effets potentiels des projets EMR sur le benthos,
- Fournir une plateforme de mesures multidisciplinaire,
- Proposer une méthodologie d'étude d'impact optimisée.

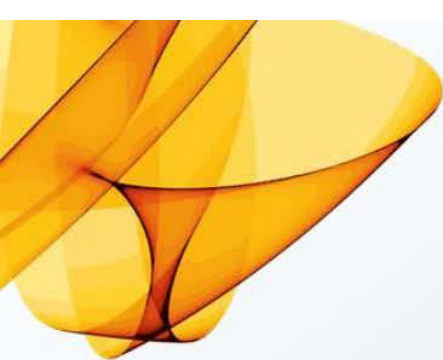


Matériel d'étude par acoustique passive déployé devant le pylône  
Source: E. Amice CNRS

Localisation des positions sur le pylône avec au moins 3 impulsions benthiques par mètre cube / minute  
Source: J. Lossent FEM







# ABIOP

## Accounting for BIOfouling through established Protocols of quantification

Les effets et l'ampleur du biofouling sur les systèmes EMR sont méconnus et représentent un défi pour les ingénieurs dans les phases de conception et de maintenance pouvant impacter le LCOE.

Le projet **ABIOP** en regroupant les compétences en biologie marine, métrologie marine et conception des structures a pour objectif à terme de fournir les données d'entrée fiables nécessaires à l'ingénierie. Une synthèse approfondie des connaissances sur la nature du biofouling sur les différentes façades maritimes françaises et des moyens pour le caractériser et le suivre sera réalisée dans un premier temps.

Une analyse critique de cette synthèse permettra avec des développements complémentaires de proposer un panel de protocoles de caractérisation

### ■ IMPLANTER DES FERMES MARINES



### ■ AMELIORER LES BILANS ENERGETIQUES



### ■ ETUDIER LES IMPACTS



### ■ TESTER LES TECHNOLOGIES



et de suivis du biofouling adaptés aux sites et aux différentes technologies EMR. Des méthodes d'observations et de quantifications basées sur l'analyse d'images en développant la technologie de mesure, les algorithmes et le traitement statistique seront testées, pour les préqualifications, sur quatre sites pilotes des façades Atlantique et Méditerranée facilement accessibles et déjà équipés.



Source : ECN - SEM-REV



Source : Univ. Nantes

### Objectifs :

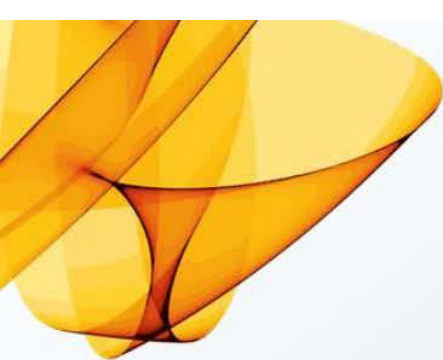
- Réaliser une synthèse approfondie des connaissances sur la nature du biofouling sur les différentes façades maritimes françaises et des moyens pour le caractériser et le suivre.
- Elaborer des méthodes de caractérisation et de quantification du biofouling pour fiabiliser les données d'entrée nécessaires au dimensionnement et à la maintenance des systèmes EMR.



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-21)







# SPECIES

## Submarine PowEr Cables Interactions with Environment & associated Surveys

Le projet **SPECIES** a pour objectif d'améliorer les connaissances sur les interactions potentielles entre les câbles de raccordement électrique des projets d'énergies marines renouvelables (EMR), et les organismes benthiques des écosystèmes marins côtiers. Il abordera à la fois les impacts directs (dus aux modifications des champs électromagnétiques et de la température) et les impacts indirects (effet « réserve » dû aux restrictions d'usage à proximité des câbles ; rôle d'habitat pour des espèces benthiques commerciales).

Le caractère innovant du projet **SPECIES** réside dans la mise en œuvre simultanée i) de suivis sur plusieurs câbles existants (projets EMR ; interconnexions île-continent), ii) de suivis in situ similaires dans différents contextes écologiques (Manche et Atlantique) et iii) d'approches in situ et in vitro sur un même modèle biologique. Cette mise en œuvre implique de fait le développement i) de méthodologies de mesure et de suivi, et ii) d'outils de mesure, notamment d'instrumentation permettant de générer et d'enregistrer des champs électromagnétiques in situ et en laboratoire.

### ■ IMPLANTER DES FERMES MARINES



### ■ AMELIORER LES BILANS ENERGETIQUES



### ■ TESTER LES TECHNOLOGIES



### ■ ETUDIER LES IMPACTS



Source : Carlier et. al. (2015)



Source : Ifremer – O. Dugornay (2013)

### Objectif :

- Améliorer la connaissance des impacts potentiels des câbles de raccordement électrique des projets EMR sur les écosystèmes côtiers



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-17)



# Outils de conception des technologies pour les applications EMR

(Guillaume Damblans – Responsable de programme)



## Réponse des structures/composants en environnement marin

- ☐ Couplages fluide/structure
- ☐ Bio-fouling sur les composants/ structures
- ☐ Affouillement, stabilisation des structures

## Suivi en service et durée de vie en environnement marin

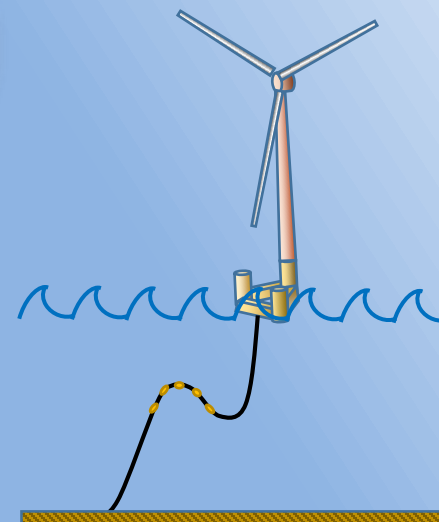
- ☐ Comportement en fatigue
- ☐ Vieillessement matériaux/composants/structures
- ☐ Stratégies de monitoring innovantes



Source: Semrev

## Concepts innovants

9 projets principaux (6 M€)



Source: FEM



Source: EOLINK-IFREMER

# Projets en lien avec l'hydrolien

## Outils de conception des technologies pour les applications EMR

### Avant AAP

VALEF

BHFM

### 1<sup>st</sup> AAP 2015

EOLINK

OMDYN

INDUSCOL

### 2<sup>ème</sup> AAP 2016

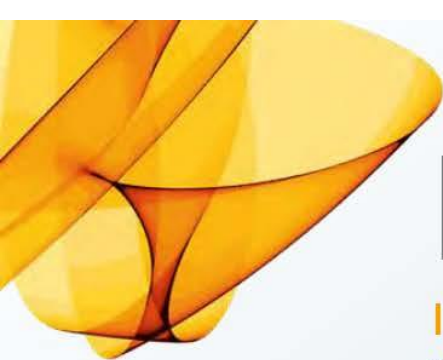
MHM-EMR

POLYAMoor

SOLCYP+

STHYF





# INDUSCOL



## INstrumentation et Durabilité des Structures multimatériaux COLLÉES de systèmes EMR

La durabilité des structures EMR, sur des périodes allant jusqu'à 15 ans, demeure un enjeu majeur. La fabrication de ces structures repose sur des combinaisons de matériaux souvent assemblés par collage structural. La tenue à long terme (fatigue, résistance à l'environnement marin) de ce type de structures hybrides reste encore mal connue et nécessite des travaux de recherche. Cette méconnaissance entraîne l'utilisation de coefficients de sécurité surévalués, ou bien limite l'introduction de structures multi-matériaux innovantes.

### ■ IMPLANTER DES FERMES MARINES

Caractérisation de site

Architecture et modélisation



Réseaux  
Interconnexions  
des fermes EMR

### ■ AMELIORER LES BILANS ENERGETIQUES



Technologie  
Machines,  
composants  
et matériaux



Monitoring et analyse  
des technologies

### ■ ETUDIER LES IMPACTS



Environnementaux

Socio-économiques  
Concertation

### ■ TESTER LES TECHNOLOGIES



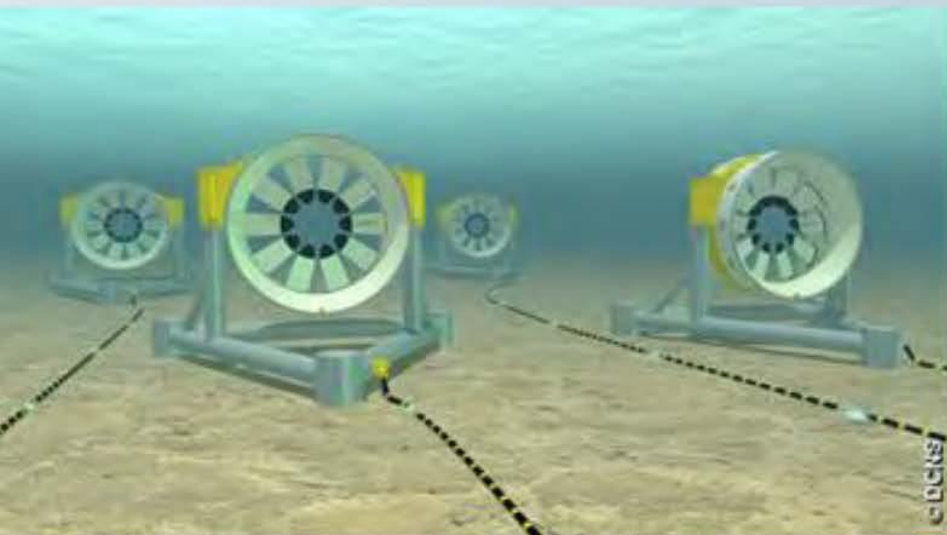
Démonstrateurs  
et sites associés

Évaluation *in situ*  
d'opérations marines et logistique



Il est ainsi indispensable d'étudier la durée de vie de ces structures multi-matériaux collées et de suivre tout particulièrement la santé du joint de colle en service.

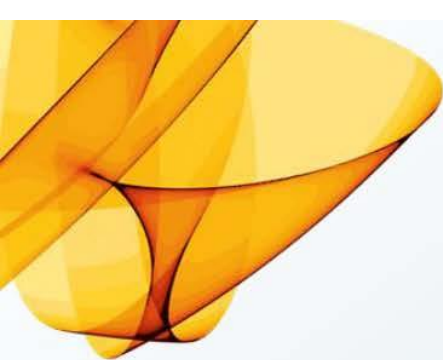
Le projet INDUSCOL vise l'établissement de nouvelles règles de conception et de maintenance permettant une réduction de LCOE et offrant de plus amples possibilités d'innovation avec l'utilisation de structures hybrides.



### Objectifs :

- Mieux comprendre le comportement dans le temps des joints collés multi-matériaux
- Etablir de nouvelles règles de conception et d'entretien de structures hybrides





# STHYF

## STabilité de câble et HYdrodynamique de Fond

Le développement des fermes hydroliennes nécessite la maîtrise des coûts de stabilisation des câbles électriques sur le fond marin dans de forts courants.

Les méthodologies existantes sont adaptées pour les sites où l'instabilité des câbles est principalement liée à la houle.

La nature très spécifique des écoulements de sites hydroliens nécessite leur adaptation avec prise compte d'un courant turbulent combiné à de la houle et une bathymétrie chaotique.

**STHYF** propose d'identifier les limites des méthodes actuelles pour cette application, puis de définir un nouveau modèle de prédiction d'instabilité validé par des essais et des calculs numériques fins dédiés.

### ■ IMPLANTER DES FERMES MARINES



### ■ AMELIORER LES BILANS ENERGETIQUES



### ■ TESTER LES TECHNOLOGIES



### ■ ETUDIER LES IMPACTS



### Objectifs :

- Identifier les limites actuelles de cette thématique (solutions de stabilisation, méthodes de prédiction, moyen d'essais et de suivi);
- Caractérisation d'écoulements complexe de site hydrolien par approches numérique et expérimentale (turbulence, houle, bathymétrie);
- Produire une méthodologie d'estimation de la stabilité des câbles adaptée.



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'Avenir (ANR-10-IEED-0006-20)





# Architecture de fermes et intégration aux réseaux

(Nicolas Germain – Responsable de programme)



## Architecture de ferme

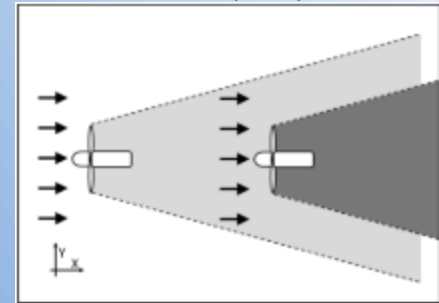
- Disposition optimisée des machines au sein du parc
- Disposition optimisée des liaisons fond-surface
- Ancrages et connexions mutualisés

## Intégration aux réseaux

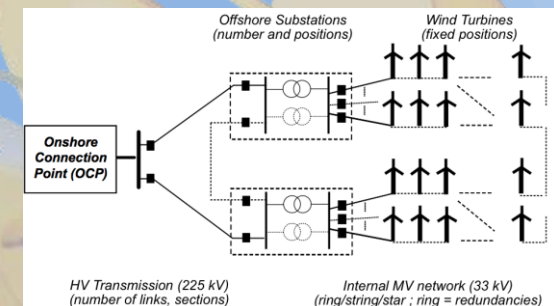
- Optimisation de la conception de connecteurs, hubs et sous-stations électriques
- Impacts sur le réseau de l'accroissement des tailles des machines et des fermes et de leur éloignement
- Outils d'optimisation de l'architecture du réseau électrique
- Stockage, lissage de la production et participation aux services rendus au réseau

1 projet (0.5 M€)

DTOcean (FP7)



Protected cable, Lafond et al.



Dahmani et al.

# Projet européen DTOcean



## DESIGN TOOL

- Modularity through different steps



DATABASE  
& SCENARIO



HYDRO  
DYNAMICS



MOORING &  
FOUNDATIONS



ELECTRICAL  
ARCHITECTURE



LOGISTICS



O&M

- Thematic assessment



ECONOMICS



RELIABILITY



ENVIRONMENT

- Optimisation process  
(LCOE as a priority)



CORE MODULE

- Open source licence  
(python 2.7 / PostgreSQL and Qt4)



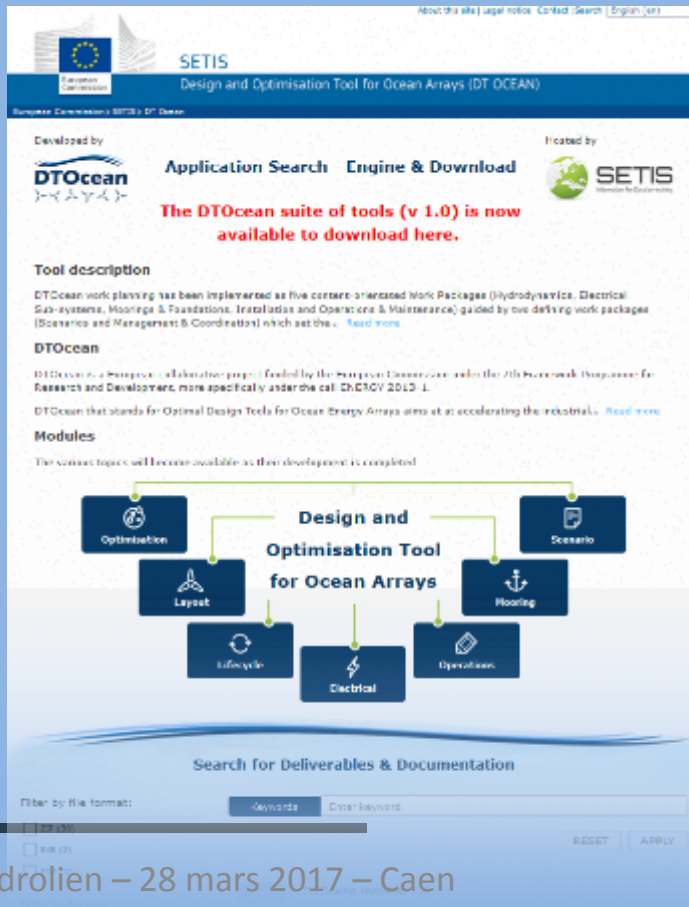
# Projet européen DTOcean



## SOFTWARE

### • AVAILABILITY

- <https://setis.ec.europa.eu/dt-ocean/>



### • SUPPORT

- Manuals (User and Technical)

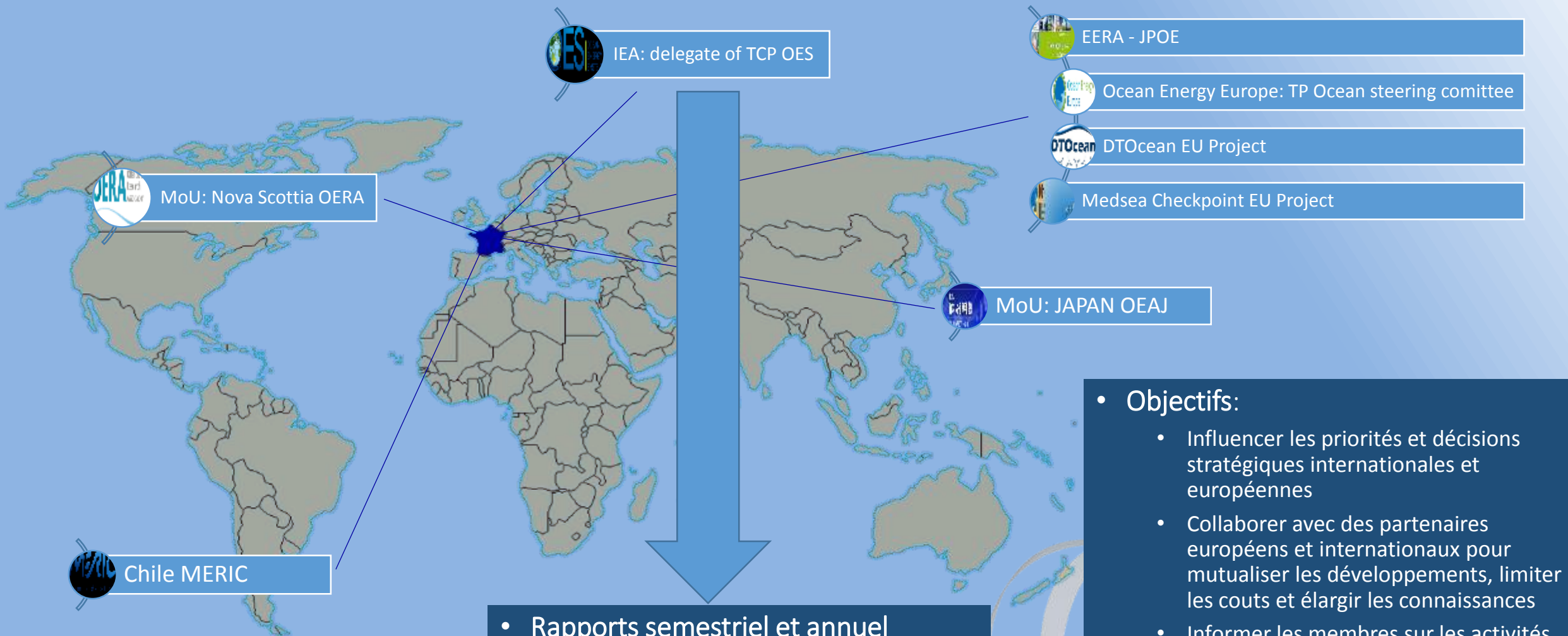


### • Tutorials





# FEM collaborations internationales



## • Rapports semestriel et annuel

- Faire passer les événements marquants
  - Industrie
  - Réglementation **Deadline 6 avril 2017**
  - Recherche

## • Objectifs:

- Influencer les priorités et décisions stratégiques internationales et européennes
- Collaborer avec des partenaires européens et internationaux pour mutualiser les développements, limiter les coûts et élargir les connaissances
- Informer les membres sur les activités EmR à l'international
- Faciliter les collaborations/partenariats de la filière française à l'international