



# Enjeux énergétiques, économiques et environnementaux liés aux Energies Marines Renouvelables



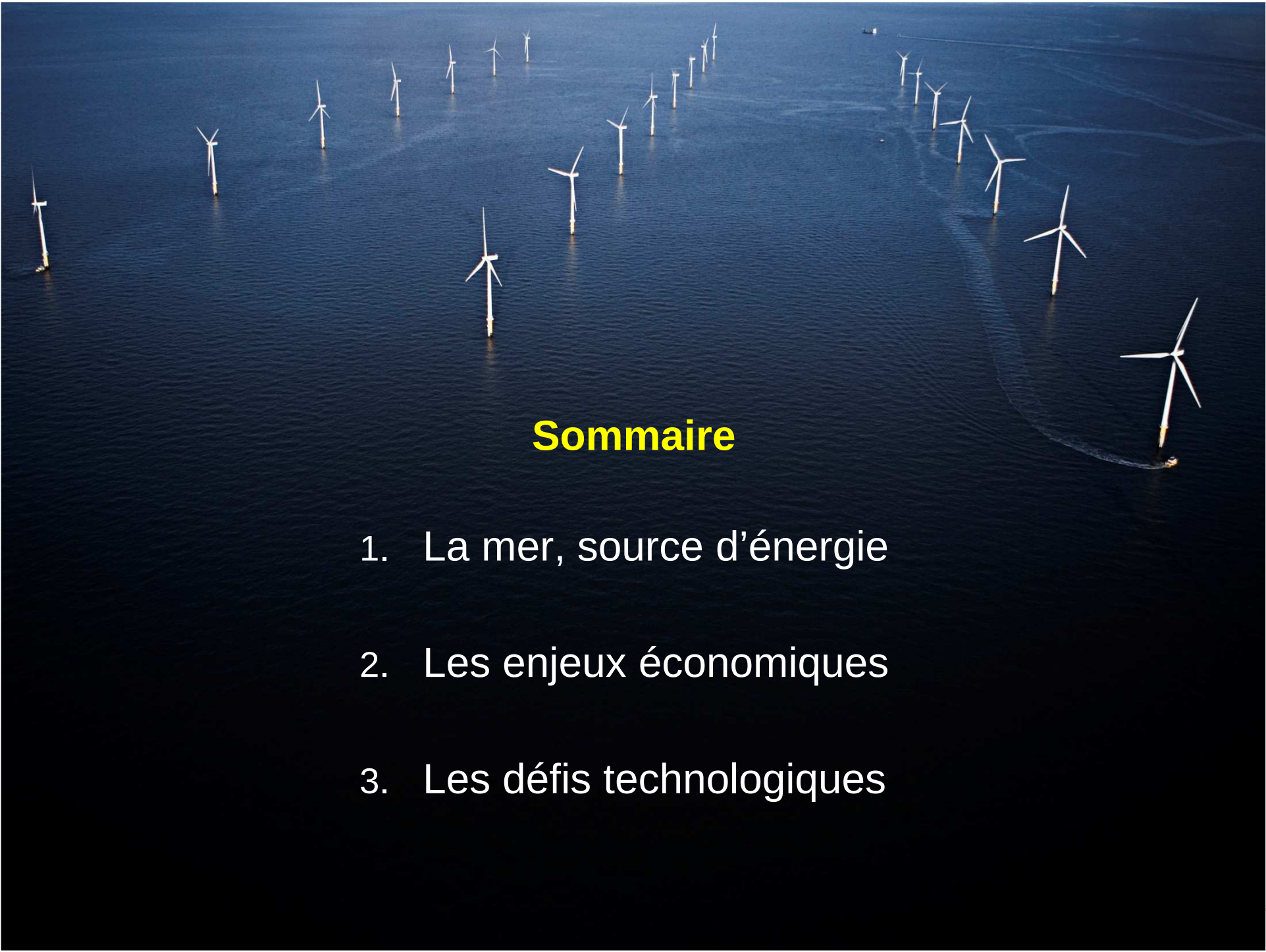
*Journée RIPERT  
1<sup>er</sup> juillet 2013, Paris*

*Philippe BOISSON*



**Move Forward with Confidence**

**BUREAU  
VERITAS**



## Sommaire

1. La mer, source d'énergie
2. Les enjeux économiques
3. Les défis technologiques



## 1. La mer, source d'énergie



# Les types d'énergies marines

- ▶ Ensemble des technologies qui permettent de produire de l'énergie à partir des différentes ressources du milieu marin
- ▶ De nombreux types d'énergie marine
  - Vent (Energie éolienne)
  - Marée (Energie marémotrice)
  - Vagues et houle (houlomoteur)
  - Courants (Energie hydrolienne)
  - Énergie thermique
  - Énergie osmotique (Energie par différence de salinité)
  - Biomasse (culture d'algues)
- ▶ Un enjeu majeur pour le XXIe siècle



# L'énergie éolienne

- Une éolienne est un dispositif qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, puis grâce à un aérogénérateur en énergie électrique.

**EOLIENNES POSEES**



**EOLIENNES FLOTTANTES**



# L'énergie marémotrice

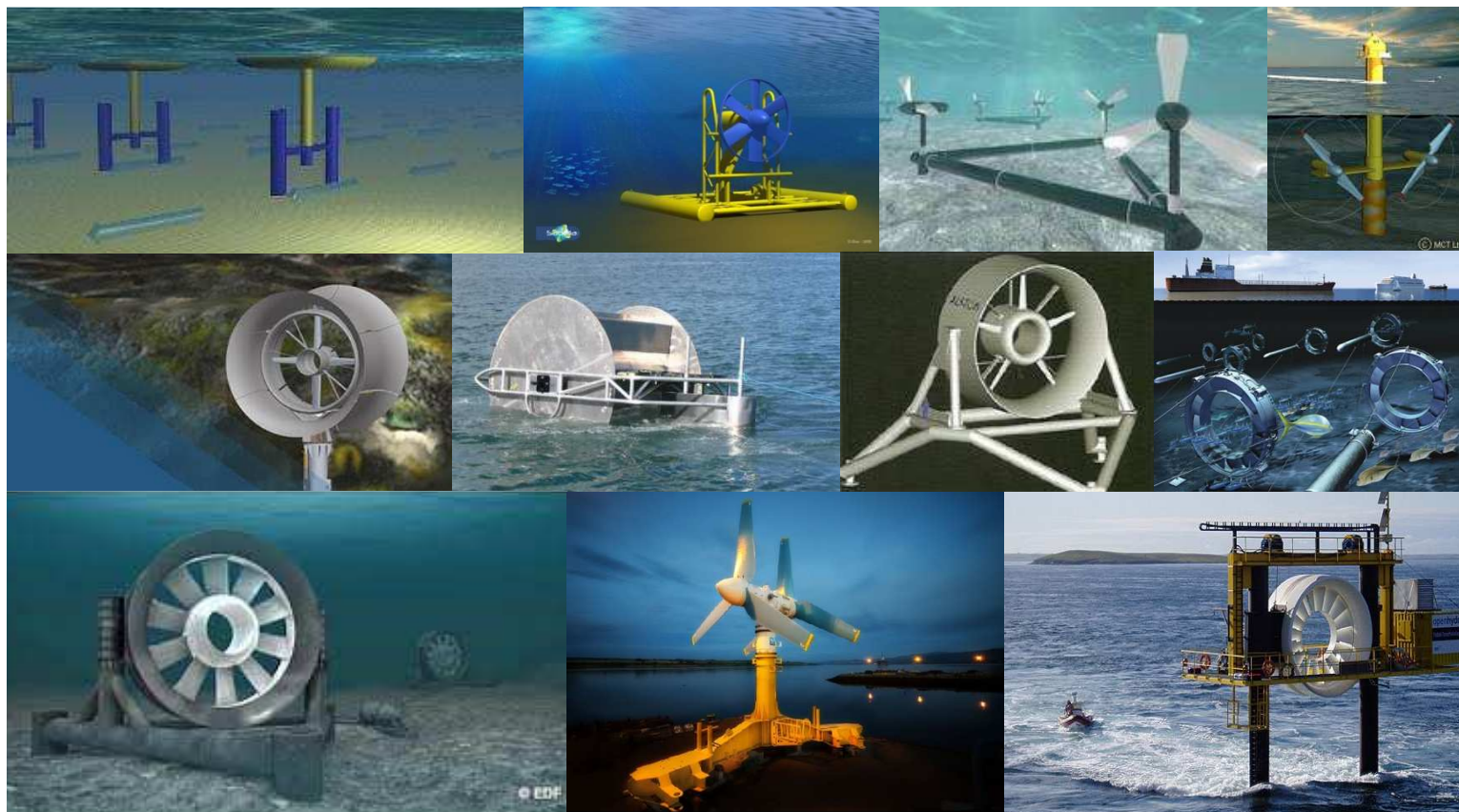
- Elle résulte de l'exploitation de l'énergie potentielle de la marée par barrage en utilisant les différences de niveau entre haute et basse mer

## USINE MARÉMOTRICE DE LA RANCE



# L'énergie hydrolienne (hydrocinétique)

- Energie cinétique des courants marins issus des marées qui vont actionner des turbines hydroliennes, généralement sous marines il y a aussi des hydroliennes avec une partie flottante



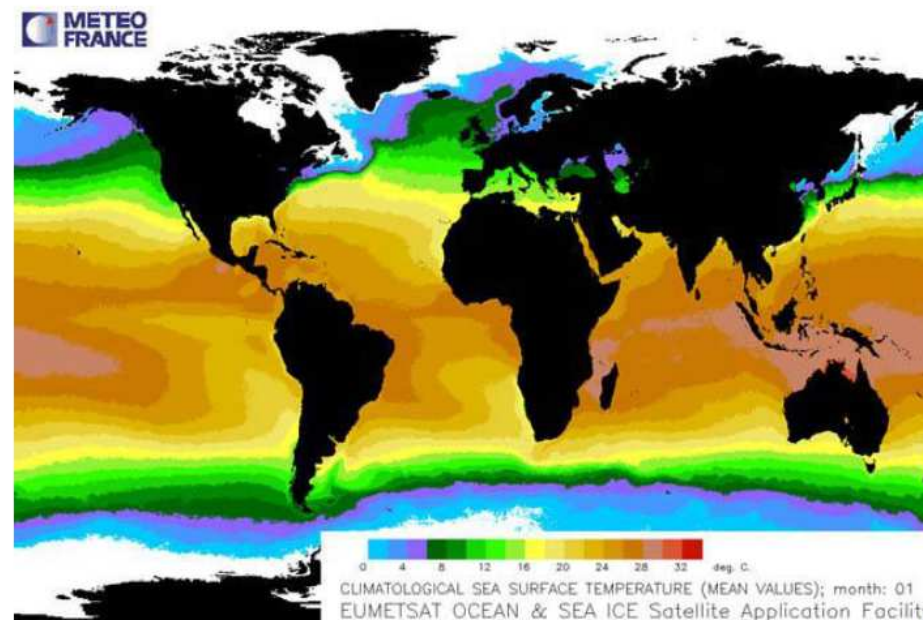
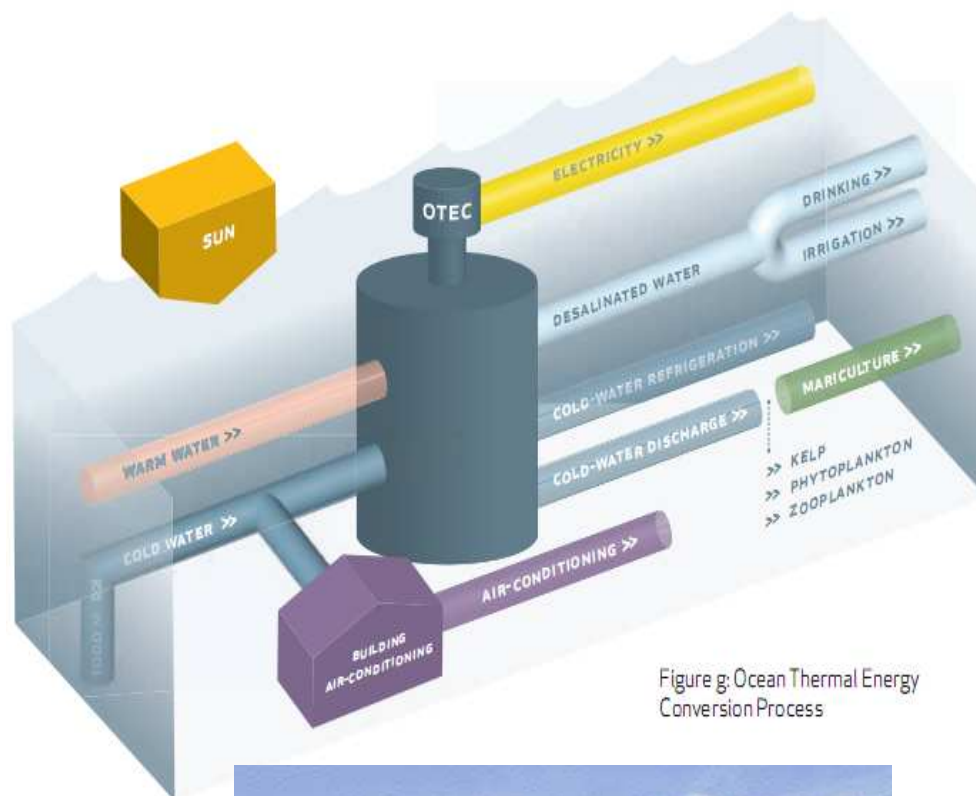
# L'énergie des vagues et de la houle (houlomotrice)

- Energie mécanique des vagues et de la houle formée par l'effet du vent soufflant sur la surface de l'océan

## PELAMIS WAVE ENERGY CONVERTER (ECOSSE)



# L'énergie thermique des mers

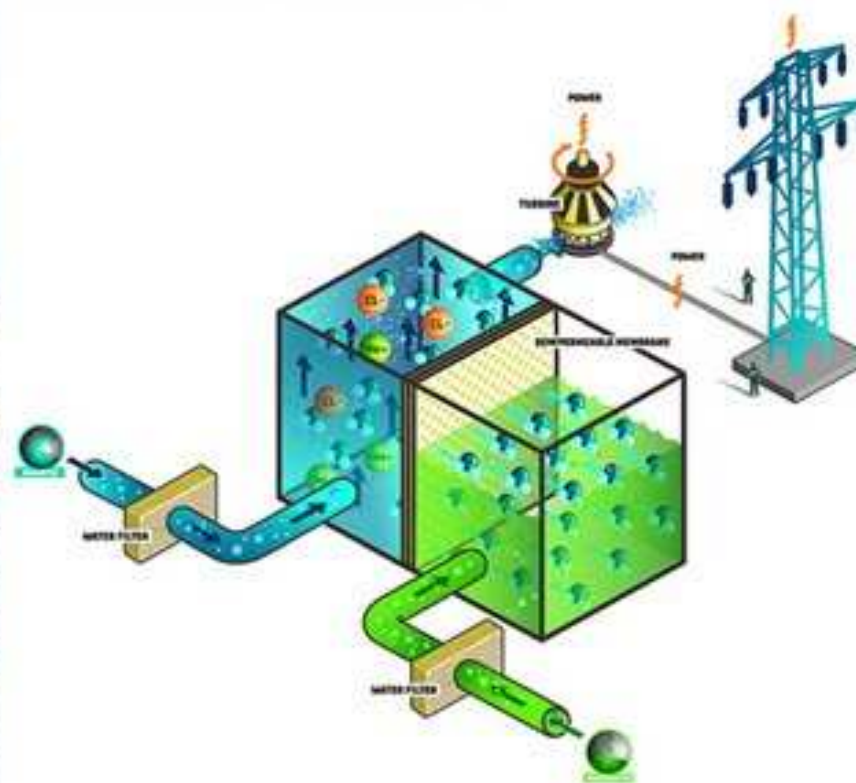


- Energie produite en exploitant la différence de température entre les eaux superficielles à environ 25°C et les eaux profondes des océans (-1000m) à environ 5°C.

# L'énergie osmotique

- Energie provenant du potentiel physico-chimique produit par la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce.

## CENTRALE DE STATKRAFT (NORVÈGE)





## Les enjeux économiques



# EMR – Potentiel mondial

- ▶ Potentiel total théorique (source AIE) :  
20.000/90.000 TWh/an
- ▶ Consommation mondiale d'électricité  
: 16.000/20.000 TWh/an
- ▶ Contribution de chaque technologie  
au potentiel total
  - Hydroliennes et marémotrices :  
300/800 TWh/an
  - Energie osmotique :  
2.000 TWh/an
  - Houlomotrices :  
8.000/80.000 TWh/an
  - Energie thermique :  
10.000/80.000 TWh/an



**Note** : 1 TW (TeraWatt) = 1 milliard de kWh ou mille milliards de Watts

# EMR – Potentiel Techniquement exploitable

- ▶ Exploitation des courants des marées  
Hydrolien + Marémoteur 75 à 100 GW

- ▶ Houlomoteur : 600 à 1.200 GW

- ▶ Exploitation des vents en mer
  - Eolien posé : 1.000 à 1.500 GW
  - Eolien flottant : 3.500 à 6.500 GW

• Europe  
• Etats-Unis  
• Chine  
• Canada  
• Australie

• Japon  
• Inde  
• Afr. du Sud  
• Chili

- ▶ Pression osmotique

- ▶ ETM : 150 à 1.500 GW

Iles tropicales

**Note :** 1 GW (GigaWatt) = 1 milliard de Watts ou 1 million de kWh

# EMR 2011– Capacité installée dans le monde

- ▶ De 2000 à 2010 l'industrie marine a installé et testé plusieurs dizaines de pilotes différents  
Capacité 14 MW
- ▶ 2013 : 100 projets dans 15 pays  
Capacité 1 GW
- ▶ Chef de file : le Royaume Uni (Ecosse)
  - 1 GW de concessions accordées
  - Potentiel estimé à + de 10 GW
- ▶ France en 2<sup>e</sup> position : un potentiel de 3 à 5 GW à installer à moyen terme

**Note :**

1 GW (GigaWatt) = 1 milliard de Watt

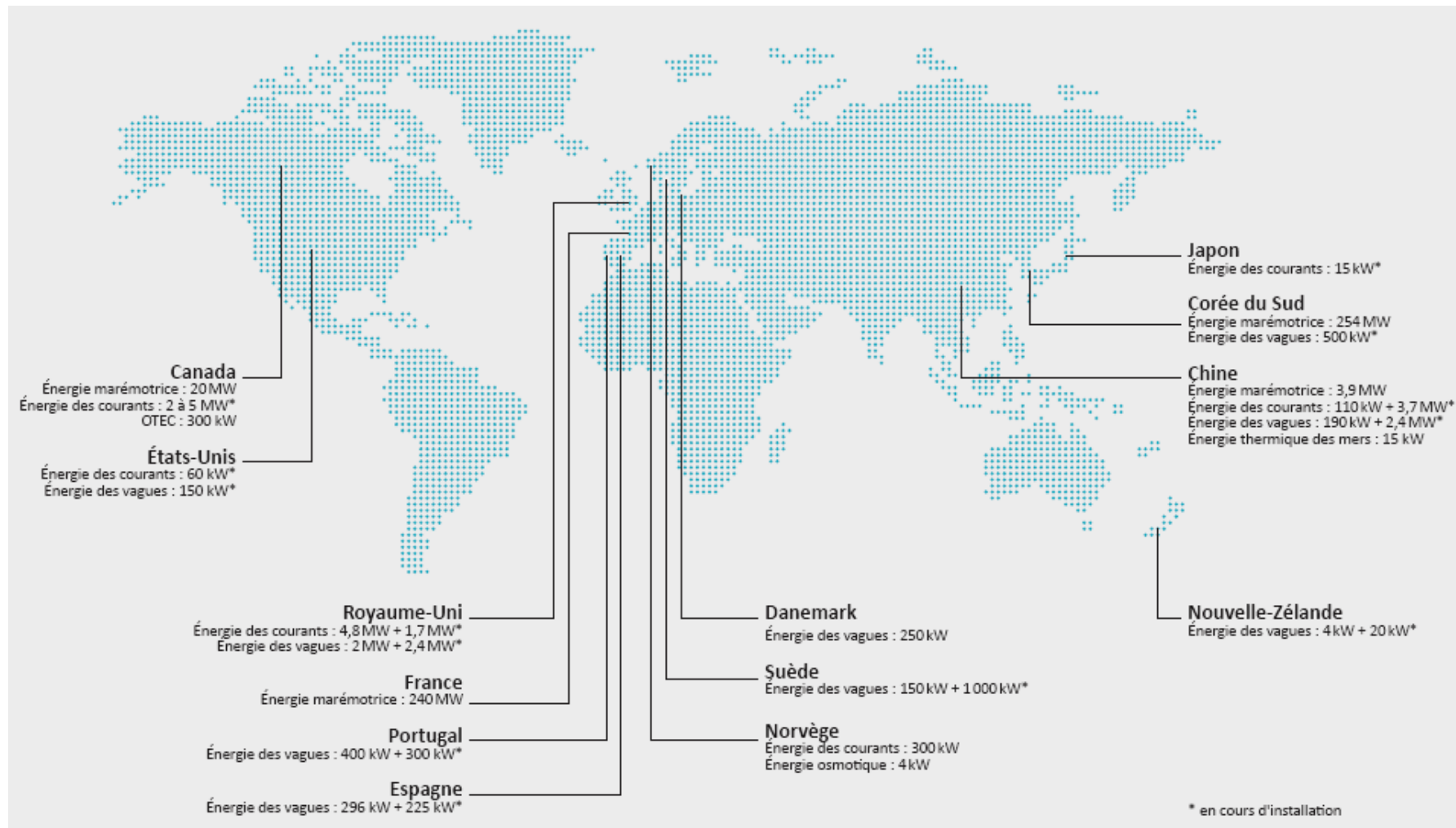
1 MW (MegaWatt) = 1 million de Watt



Mise en service le 20 juin 2013 du Parc éolien de Teesside, un champ de 27 éoliennes situé en mer du Nord au nord-est de l'Angleterre par EDF Energies Nouvelles

# EMR 2011– Capacité installée dans le monde

- Source OES (Bureau of Oceans and International Environmental and Scientific Affairs)



# L'éolien en France

- ▶ Energie éolienne offshore posée : seule technologie parvenue en phase industrielle
- ▶ Eolien offshore est une alternative et un relais de croissance pour l'éolien terrestre
- ▶ Avantages de l'éolien offshore
  - Moins d'impact sur le paysage : meilleure acceptabilité
  - Vent plus important et plus régulier en mer qu'à terre
- ▶ Inconvénients : surcoûts
  - Investissement
  - Raccordement
  - Entretien



## Objectifs chiffrés pour l'éolien offshore

- France : Appel d'offres 3.000 MW en 2011
- Allemagne : 25.000 MW en 2030
- UK : 33.000 MW en 2020

# Caractéristiques et sites du 1<sup>er</sup> appel d'offres



## ► Caractéristiques principales

- Projet de développement de 5 parcs d'éoliennes en mer

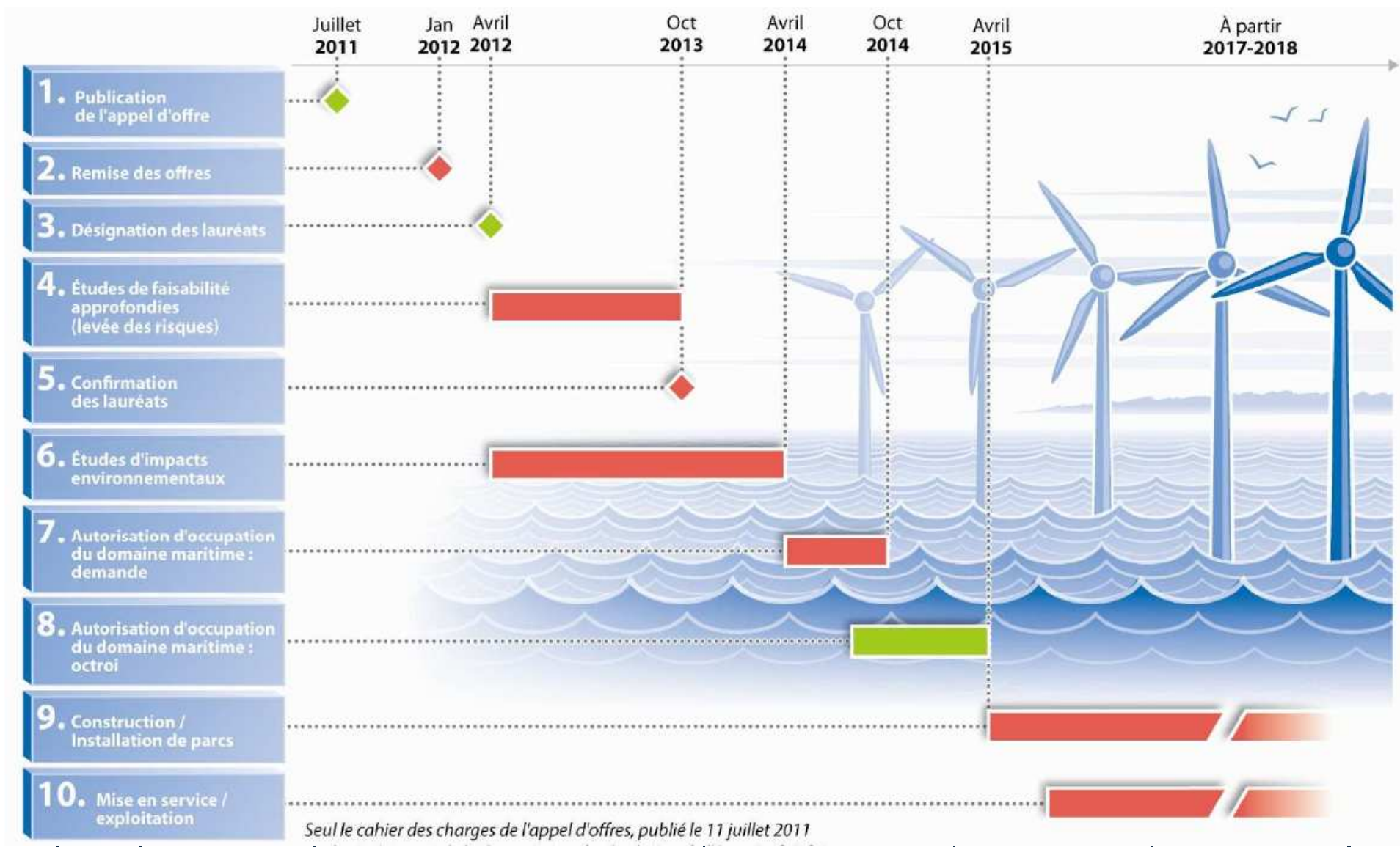
Montant estimé de ce projet :

≈ **10 Milliards €**

- **3 000 MW** installés
- Mise en service étalée entre 2018 à 2020
- **5 lots indépendants** (1 par site)

| N° lot | Localisation        | Puissance maximale de l'offre | Puissance minimale de l'offre |
|--------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1      | Le Tréport          | 750 MW                        | 600 MW                        |
| 2      | Fécamp              | 500 MW                        | 480 MW                        |
| 3      | Courseulles-sur-mer | 500 MW                        | 420 MW                        |
| 4      | Saint-Brieuc        | 500 MW                        | 480 MW                        |
| 5      | Saint-Nazaire       | 750 MW                        | 420 MW                        |

# Le calendrier



# France : 2<sup>ème</sup> appel d'offres éolien en mer



## ► 2 sites (3 à 4 milliards €)

- Tréport : 110 km<sup>2</sup> - 480/500 MW
- Ile Yeu & Noirmoutier : 79 km<sup>2</sup> - 480-500 MW

## ► Acteurs attendus

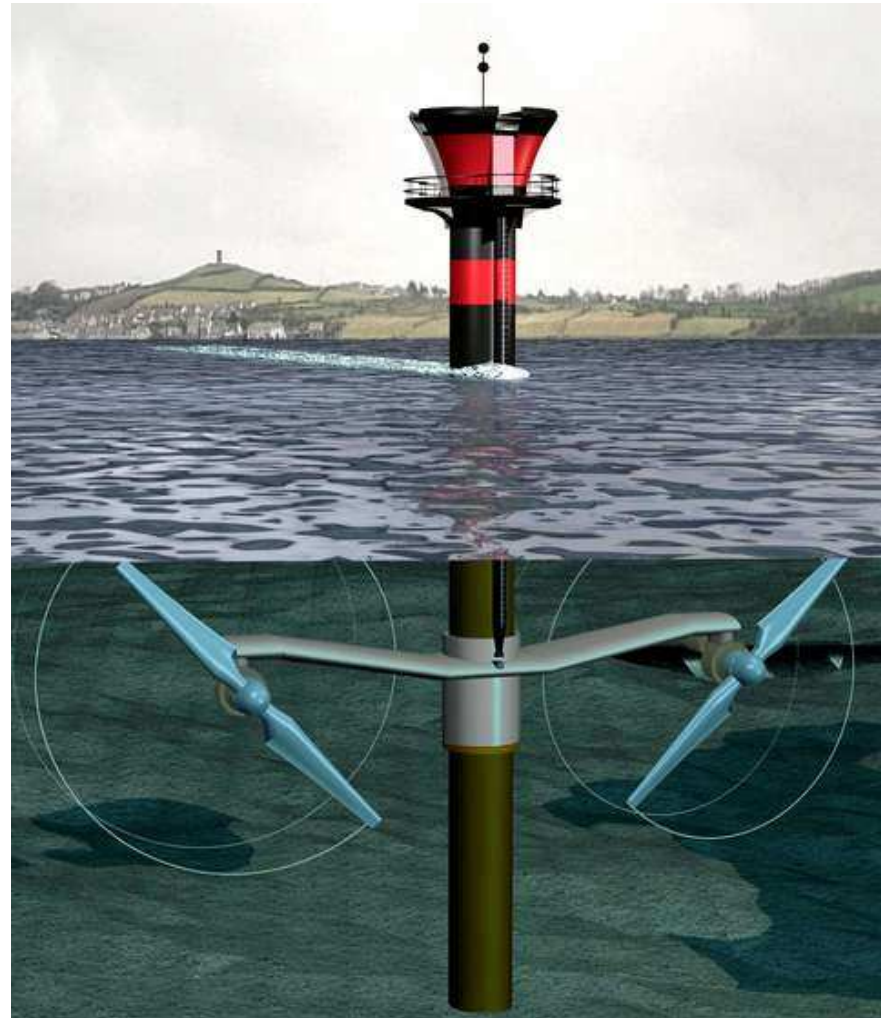
- MOA : EDF, Dong, GDF Suez, Vattenfall, WPD, Nass & Wind
- Constructeurs : Areva, Alstom, Siemens, GE

## ► Planning

- Mars 2013 : Publication appel d'offre au JOCE
- Sept. 2013 : Analyses des offres par la CRE (Commission de Régulation de l'Energie)
- Janvier 2014 : Annonce des projets retenus

## Le 3<sup>ème</sup> « round »

- ▶ Engagement pris dans le cadre du Grenelle : 6.000 MW d'éolien offshore en service d'ici 2020 (+ 3.000 MW supplémentaires)
- ▶ Mars 2013 : publication du rapport de la Mission d'étude sur les EMR
- ▶ Débat national sur la « Transition Energétique »
- ▶ Elaboration d'un plan stratégique pour les énergies marines
- ▶ Mars 2013 : lancement d'un AMI (Appel à Manifestation d'intérêt) Energie marine : hydrolien, houlomoteur, éolien flottant, ETM
  - Clotûre : juillet 2013
  - Objectif : accompagner des innovations, briques technologiques et démonstrateurs de recherche permettant de consolider la filière



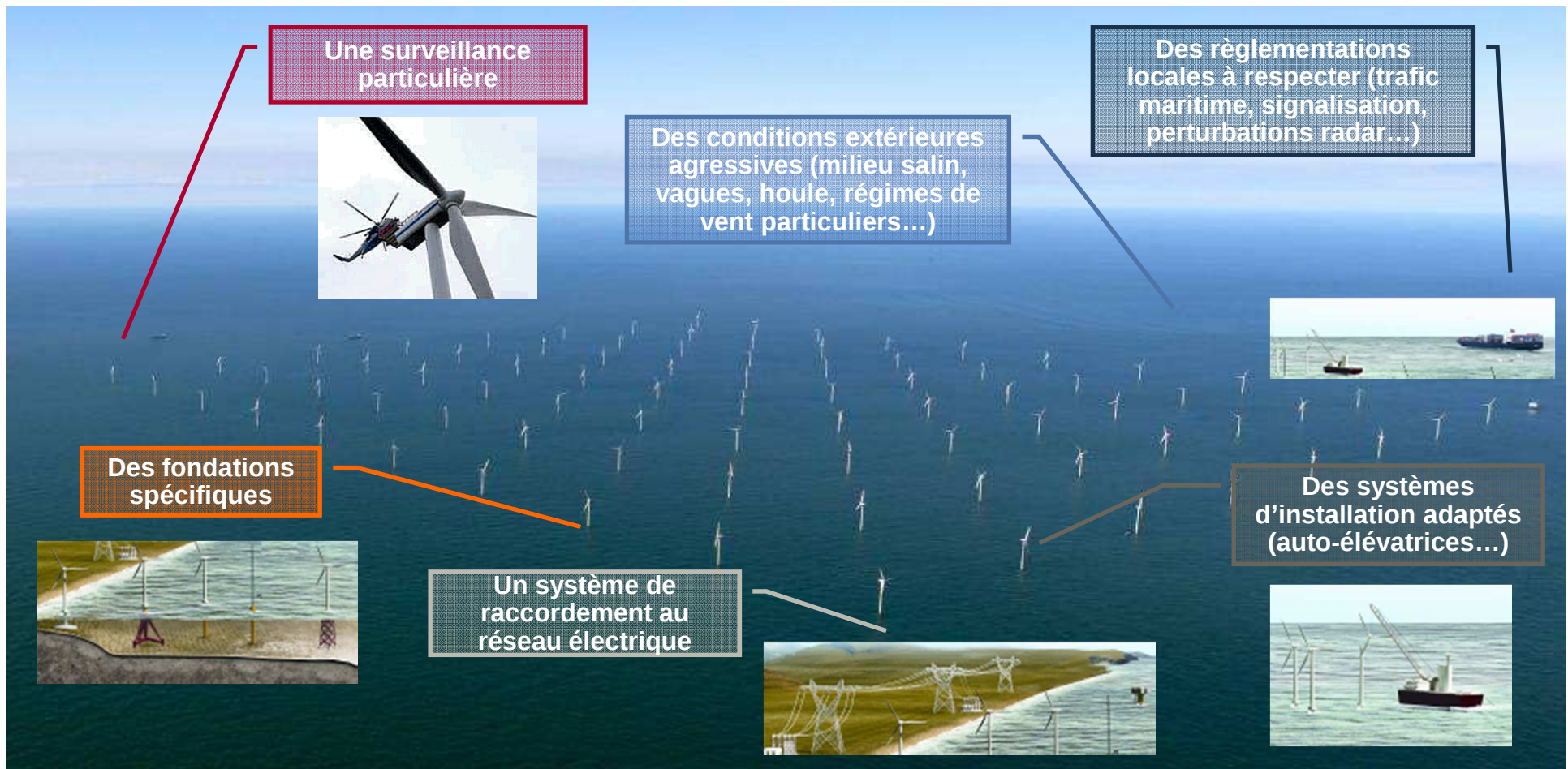


### 3. Les défis technologiques

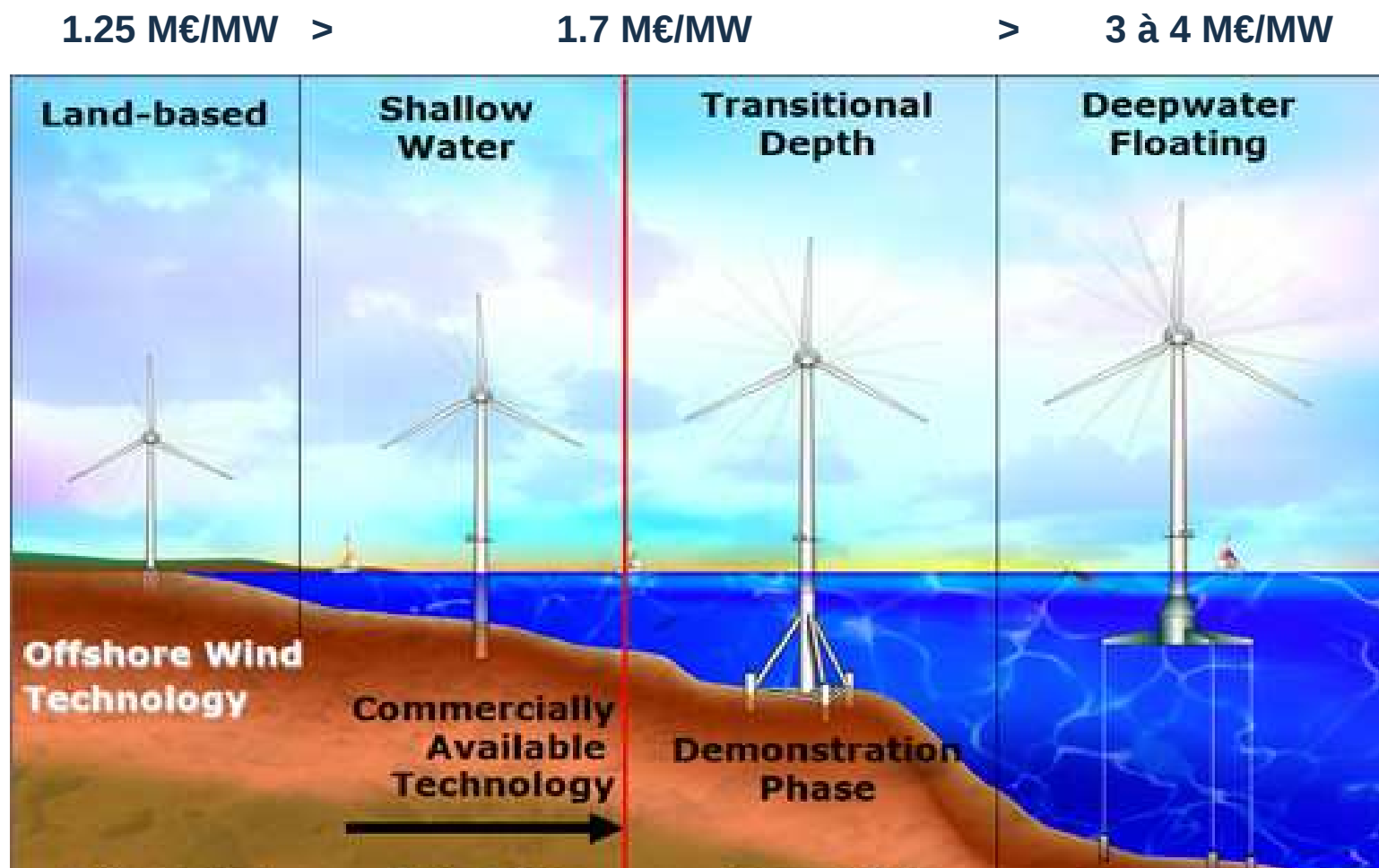


# Champ éolien offshore

- Un champ éolien est un ensemble d'éoliennes (en général identiques) regroupées dans une certaine zone, ce qui implique :



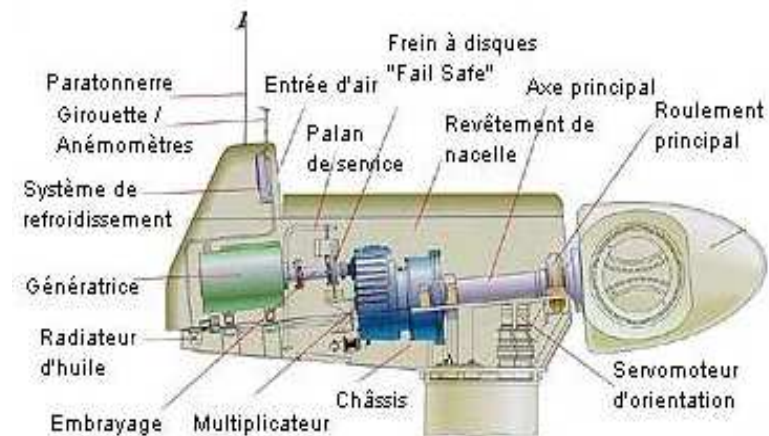
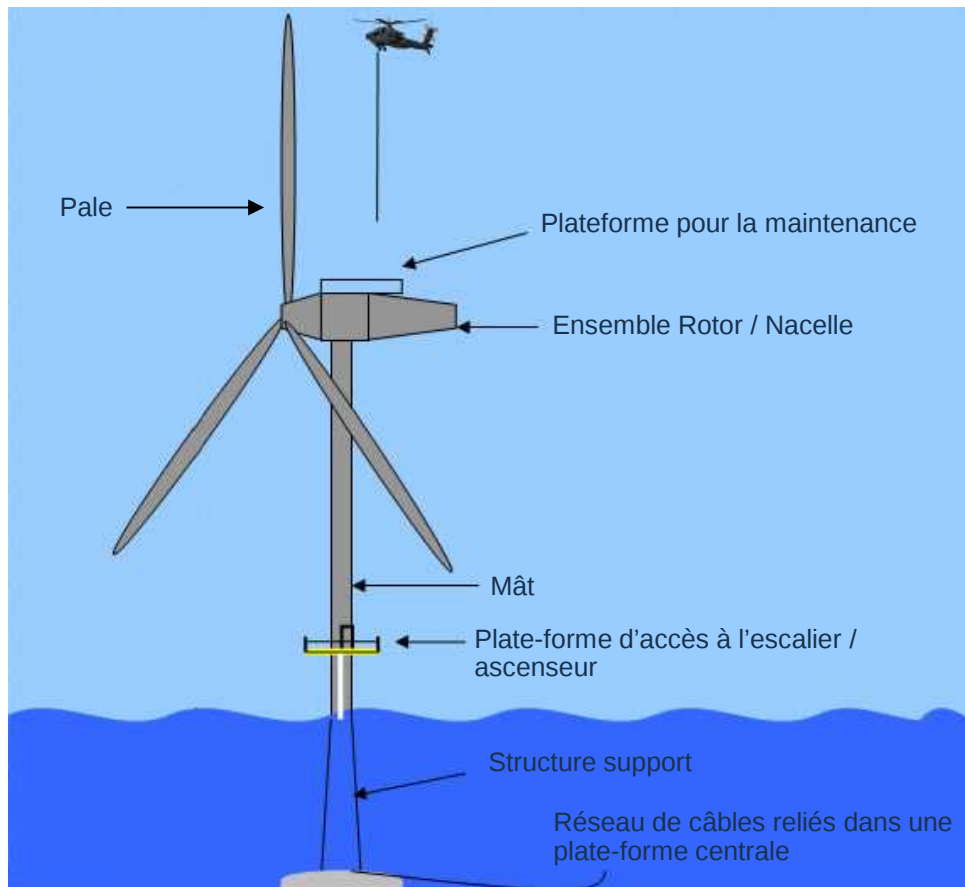
# Evolution des éoliennes offshore



Source: NREL

# Eolienne offshore

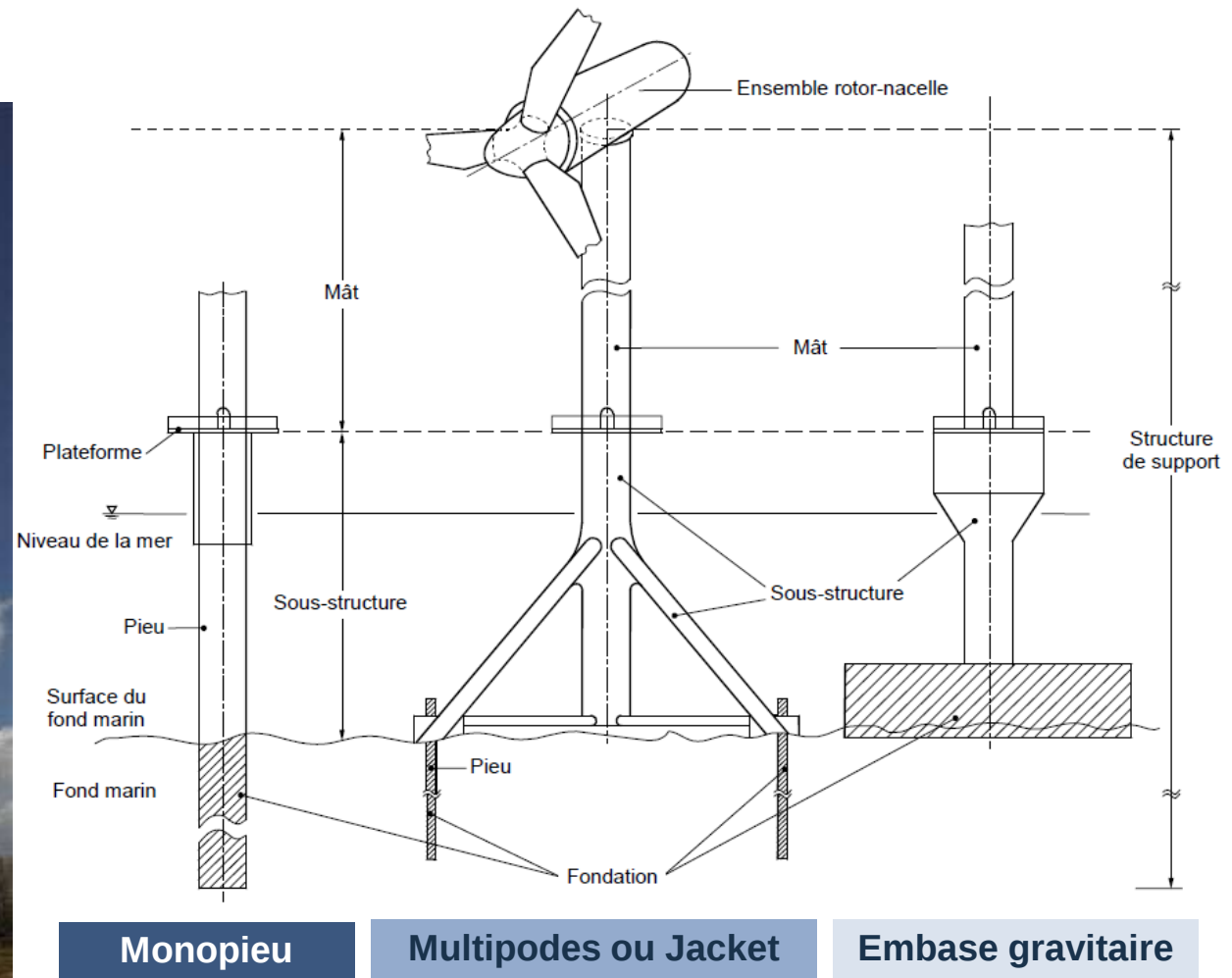
- Une éolienne offshore est composée de :
- un mât – environ 120 m
  - un ensemble Rotor/Nacelle
  - des pales (3) – environ 70 m
  - des sous-structures
  - des fondations



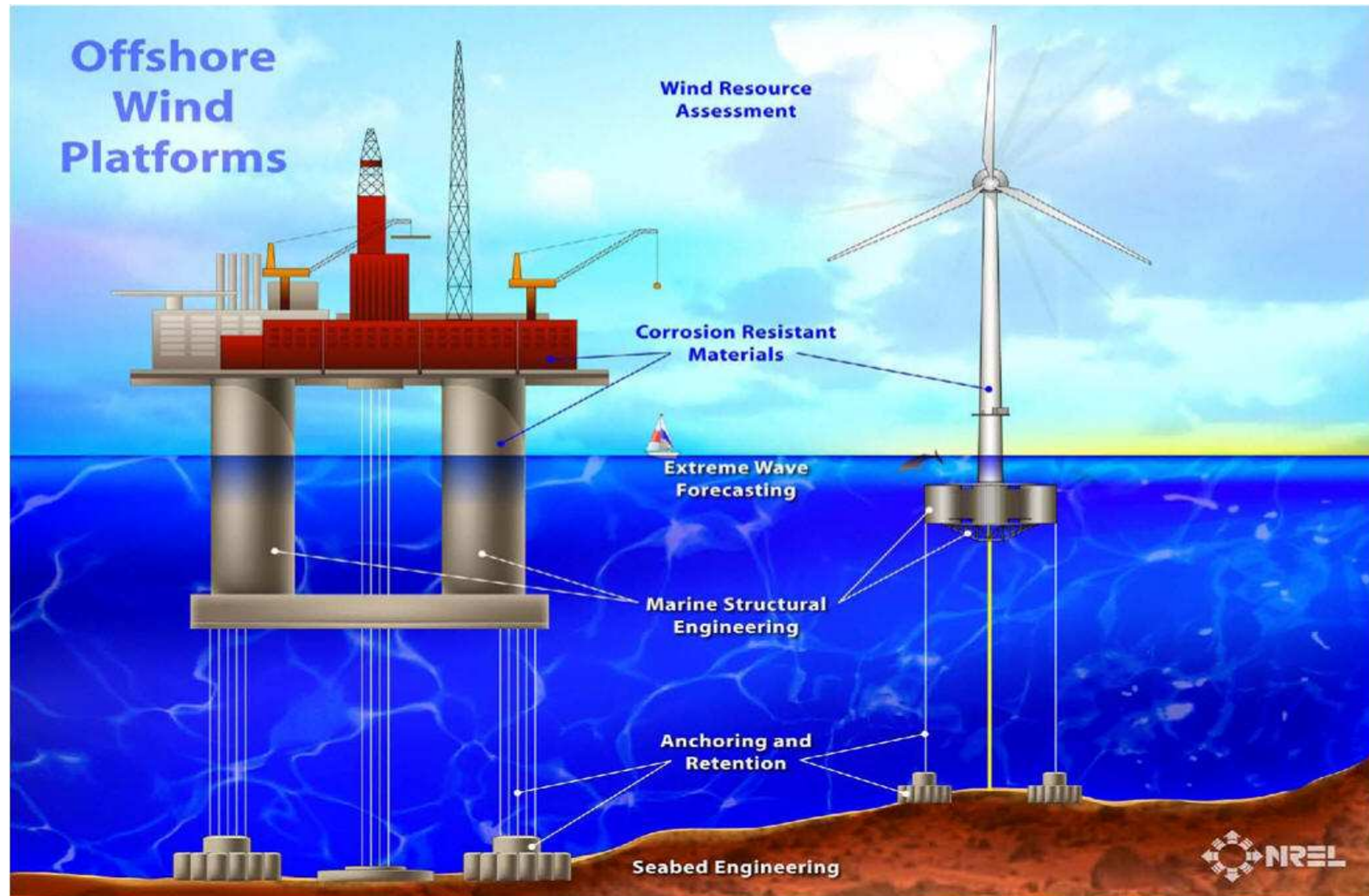
Ensemble rotor/nacelle

# Eolienne offshore – Sous-structure

- Plusieurs choix possibles de sous-structures en fonction notamment de la profondeur d'eau et de la nature des sols

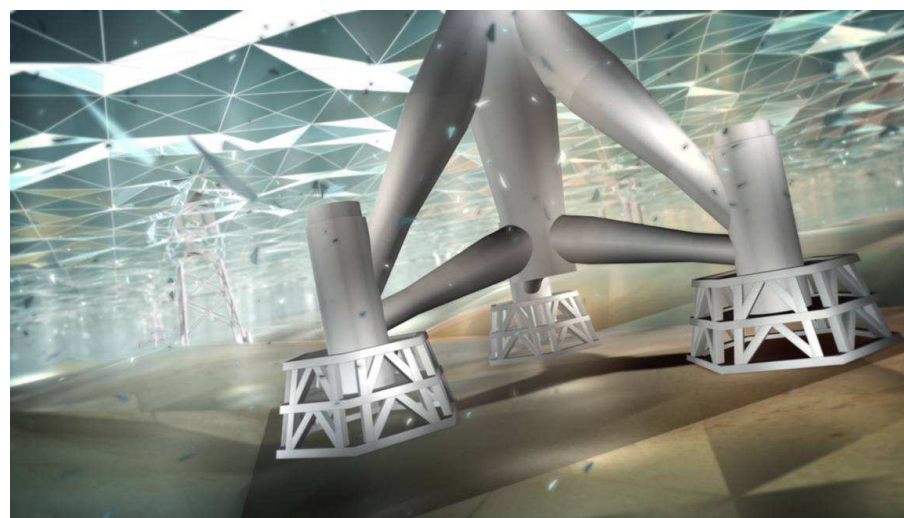


# Similitudes entre les différents savoir-faire



# Les règles techniques applicables aux éoliennes offshore

- ▶ Plus de 200 normes industrielles applicables aux éoliennes offshore
- ▶ Principaux organismes
  - **International Electrotechnical Commission (IEC)**
    - Conception des turbines
    - Installations électriques
  - **International Standard Organisation (ISO)**
    - Conception des structures
    - Fondations, systèmes d'ancrage
  - **American Petroleum Institute (API)**
  - **Normalisation nationale (NF, BSI, DIN)**
  - **National Association of Corrosion Engineers (NACE)**
  - **Sociétés de classification**  
(Bureau Veritas, DNV, ABS, LRS, GL)
    - Intégrité structurelle du flotteur
    - Installations électriques
    - Stabilité et étanchéité
    - Corrosion
    - Fatigue
    - Soudage
    - Matériaux





## Conclusion



# EMR : une industrie nouvelle

- ▶ Etudes techniques (géotechniques, géophysiques, impacts, risques ...)
- ▶ Construction d'usines de fabrication et d'assemblage
  - Fabrication des mâts, pales, sous-structures
  - Assemblage des ensembles rotor-nacelles
- ▶ Mise à niveau des infrastructures portuaires
- ▶ Raccordements au réseau RTE
- ▶ Chantiers en mer
- ▶ Construction / Aménagement d'une flotte de bateaux (construction, service, maintenance)



*« Utilisez la nature, cette immense auxiliaire dédaignée.  
.....Réfléchissez au mouvement des vagues, au flux et au reflux, au va-et vient  
des marées. Qu'est-ce que l'océan? Une énorme force perdue.  
Comme la terre est bête! Ne pas employer l'océan ! »*

Victor Hugo, Quatre-vingt-treize, 1874.





***Move Forward with Confidence***