



Centrale-Energies et Centrale Métiers de la mer
Eolien Maritime

Mercredi 13 Janvier 2021



Point de vue de l'installateur

Table des matières

- **Introduction** – Ecosystème de l'éolien maritime
- Problématiques spécifiques à l'éolien maritime posé,
(en comparaison à l'offshore parapétrolier)
- Développement de l'éolien flottant
- Sources:
 - Subsea 7 / Seaway 7: Projet Beatrice pour SSE / CIP & RedRock
 - Subsea 7 / Seaway 7: Projet Seagreen pour SSE & Total
 - Subsea 7 / Seaway 7: Projet Yunlin pour wpd
 - EDF Renouvelable laboratoire d'Hydraulique St Venant V de LALEU & C PEYRARD

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

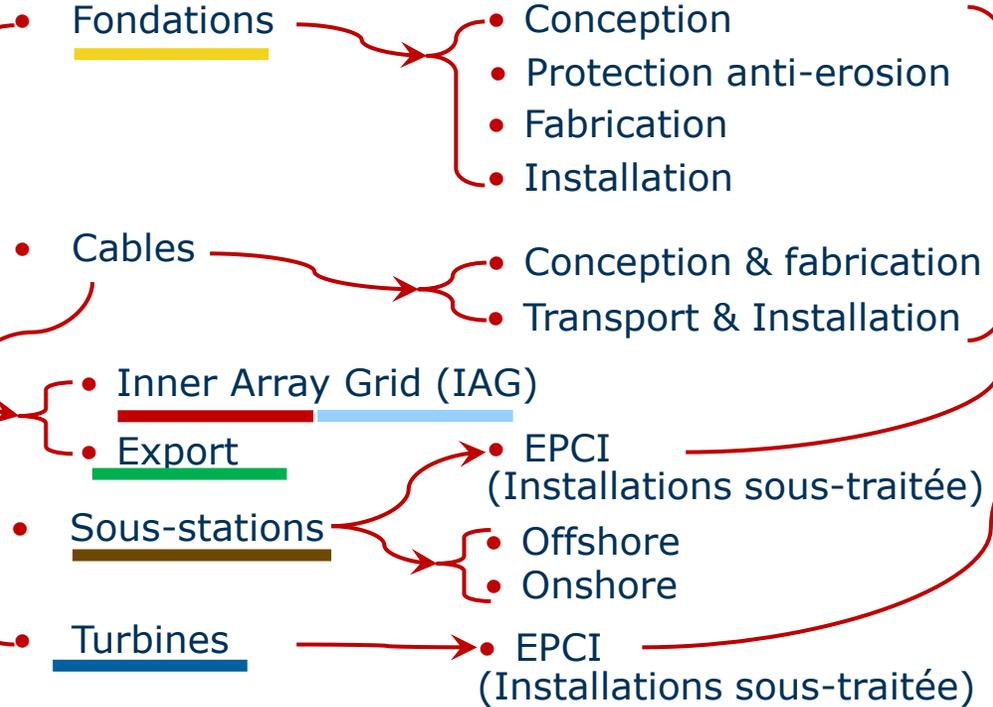
Ecosystème: Acteurs et chaine de sous-traitance

Etats / régions

- Lois & règlements
- Appels d'offre

Opérateurs / concessionnaires

- Pétrolier & gazier, cf Statoil → Equinor, Dong → Orsted, Total, Shell, ...
- Energéticiens → Engie, RVE, EDF, ...
- Nouveaux venus, dédiés au renouvelable, cf wpd, ...

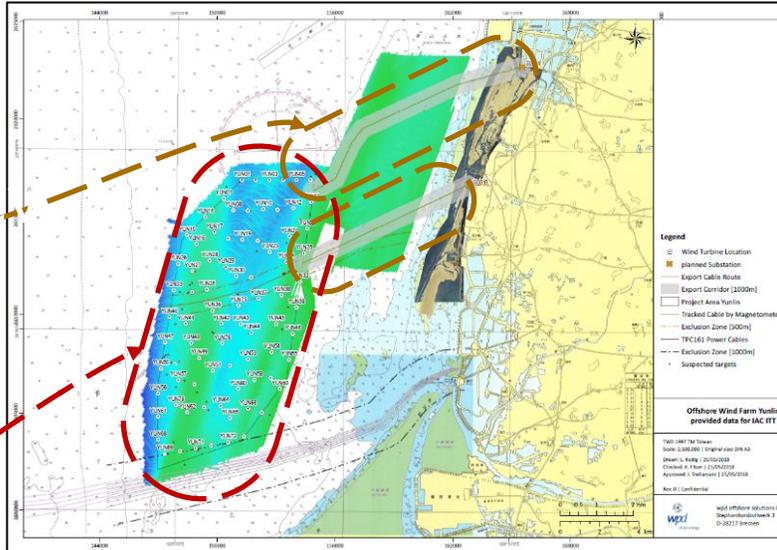
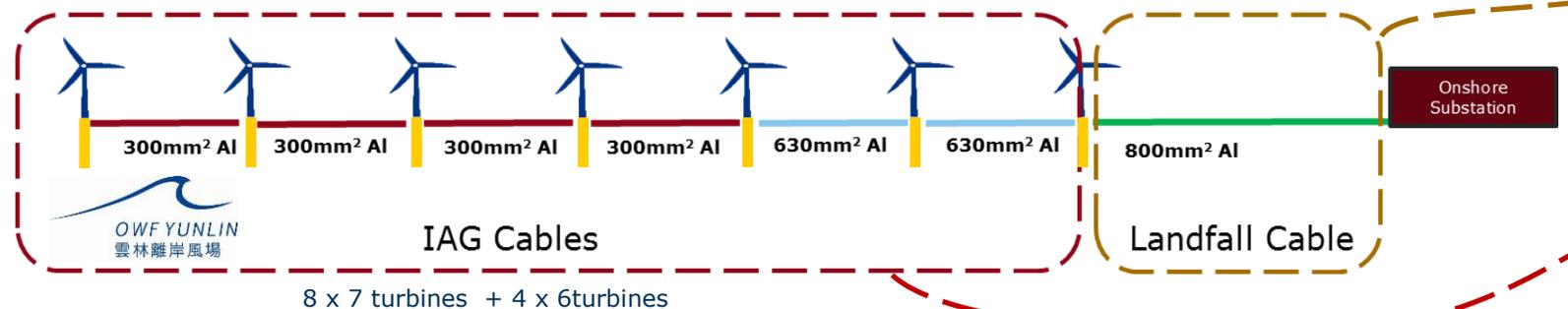


Travaux maritimes (Jan de Nul, Deme, Van Ord, ...)

Parapétroliers (Subsea7 / Seaway7, Saipem, Sapura, ...)

Chantier naval, industriels (Chantiers de l'Atlantique, GE, ...)

Equipementiers spécialisés (MHI Vestas, Siemens, Alstom, ...)





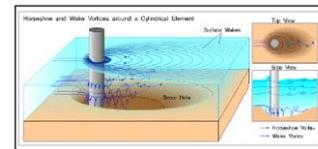
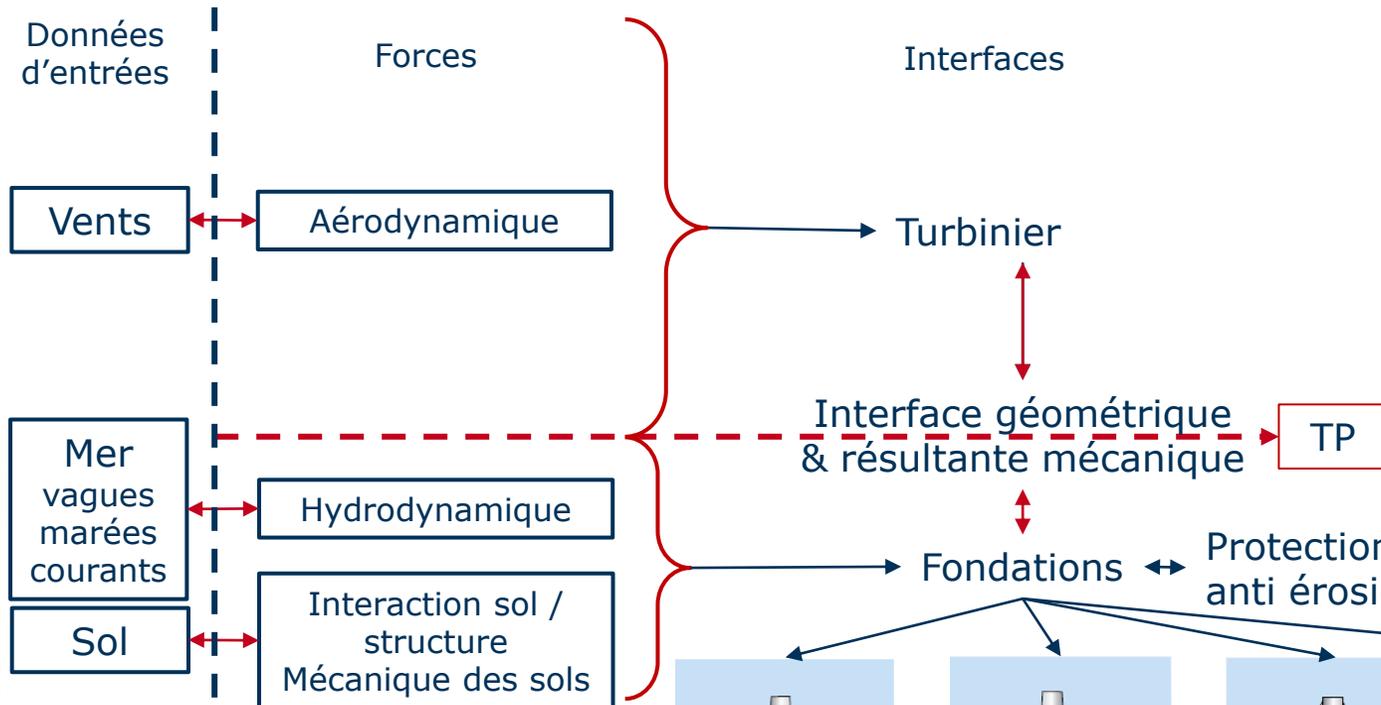
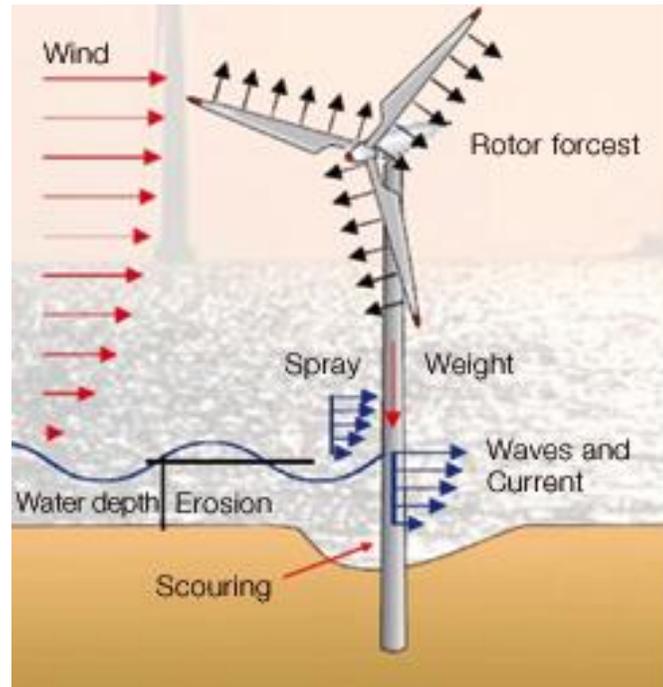
Point de vue de l'installateur

Table des matières

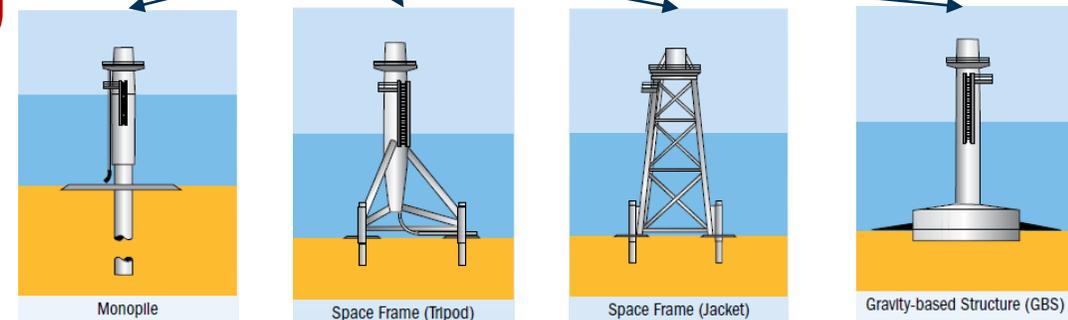
- Introduction
- **Problématiques spécifiques à l'éolien maritime posé,** (en comparaison à l'offshore parapétrolier)
 - **Similitudes** (conception, fabrication & installation des fondations & câbles)
 - Spécificités (Connectique, logistique & industrialisation)
- Développement de l'éolien flottant
- Résumé

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Interfaces de conception



- Outils d'ingénieries & modèles matures,
- Standards & codes existants (IEC, DVN, GL, ABS...)
- ▲ Nombreuses **interfaces** délicates,
- ▲ Convergence de conception → très nombreuses **itérations**
 - Conditions environnementales,
 - Conditions extrêmes, calculs à la fatigue,
 - Conditions au démarrage, shut-down, grid loss,
 - Stratégie de conception & de fabrication, ...
- ▲ Contrôle & optimisation du risque industriel

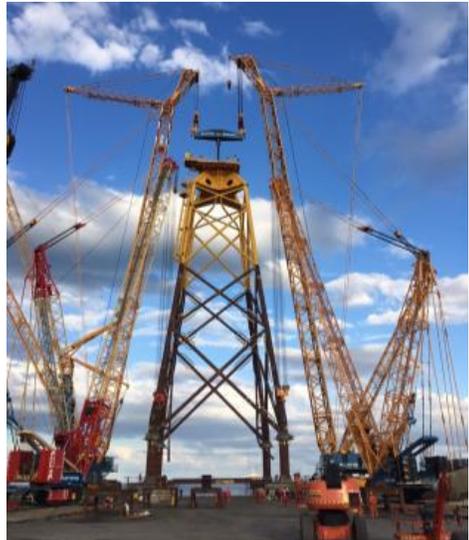


Choix de la fondation en fonction de la profondeur d'eau et du type de sol

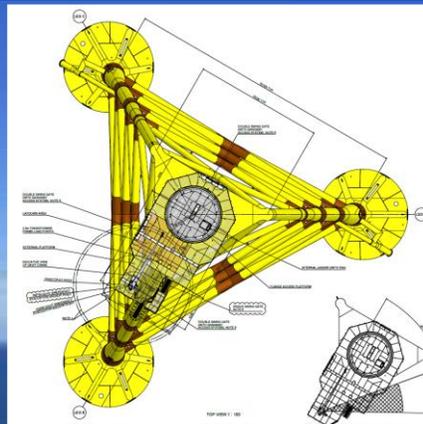
Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Fondations - Quelques exemples de réalisations

Beatrice (84 jackets, piles battues profondeur 35 à 55m ~120 000 tonnes d'acier)



Sea Green (114 jackets sur ancrés à succion, profondeur 42 à 58m ~230 000 tonnes d'acier)



Monopiles



- Installation par bateaux grues
- Diverses techniques d'ancrages

} matures ≈ Offshore parapétrolier / travaux maritimes

- Δ Augmentation des tailles d'éoliennes
- Δ Contraintes écologiques (bruits au battage...)
- Δ Accroissement du volume d'activité

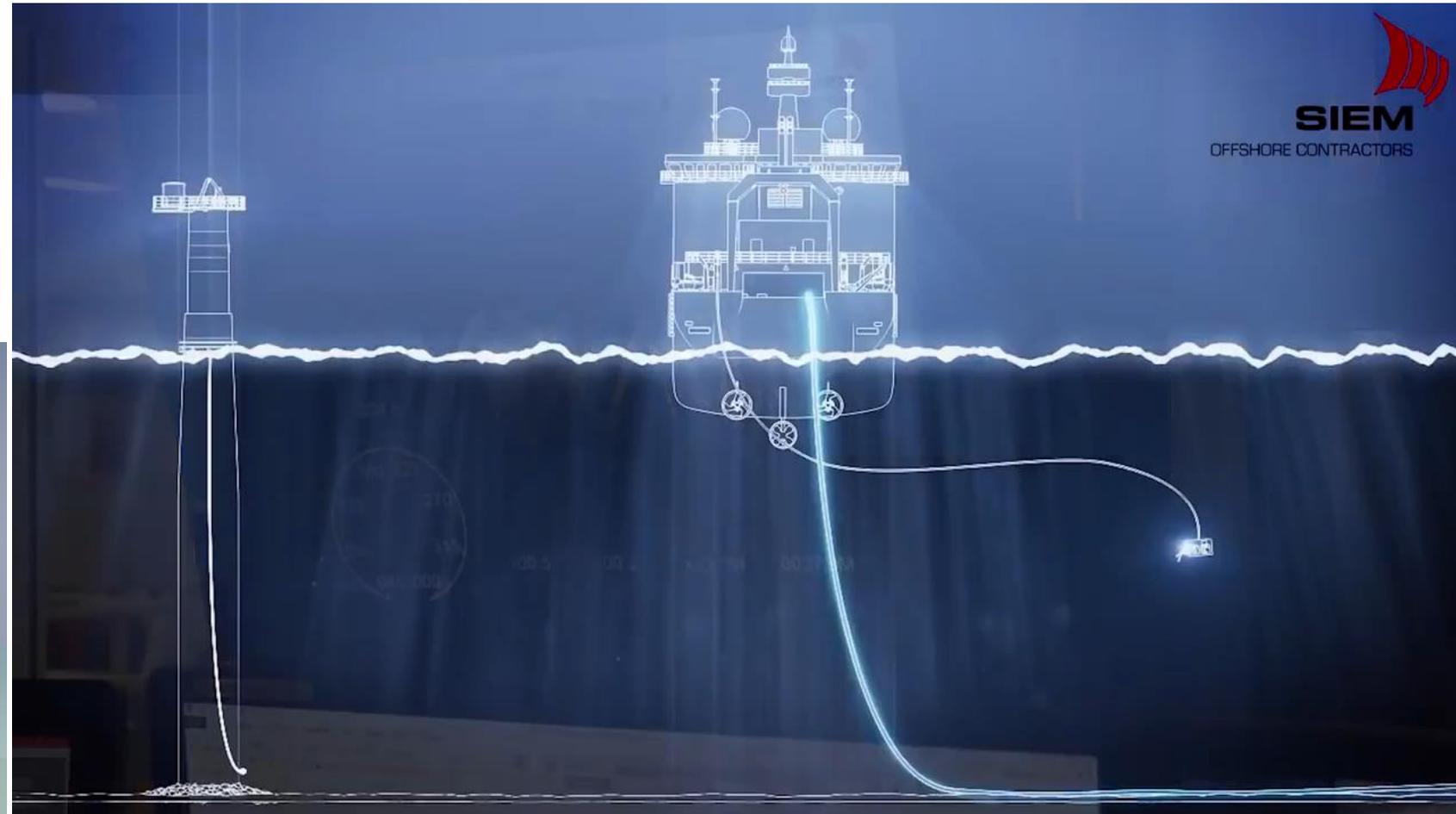
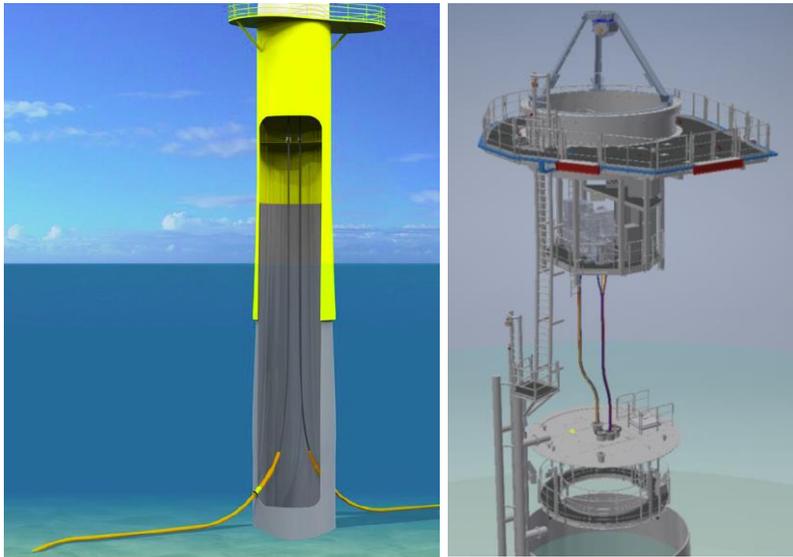
'Technically, there is no upper limit to turbine size'
 Jorge Magalhães Siemens Gamesa onshore technology chief

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Pose des câbles

Opérations combinées à 2 bateaux

1. Préparation
2. **Initiation**
3. Pose courante
4. **Transfer deuxième extrémité**
5. Ensouillage
6. Connections & tests
7. Récupération, nettoyage



→ Installation par bateaux câblers spécialisés → technologie mature ⚠ Contraintes écologiques (ensouillage, atterrage...)
 ⚠ Accroissement du volume d'activité

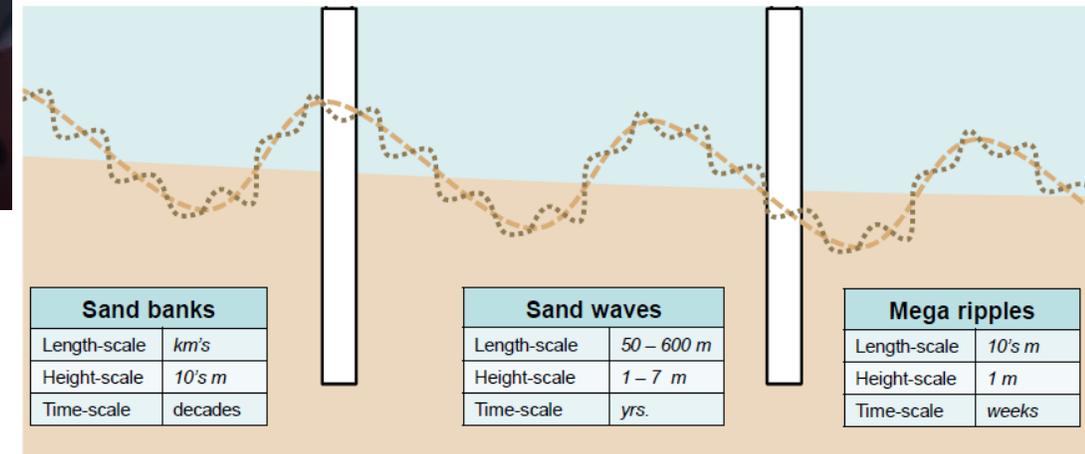
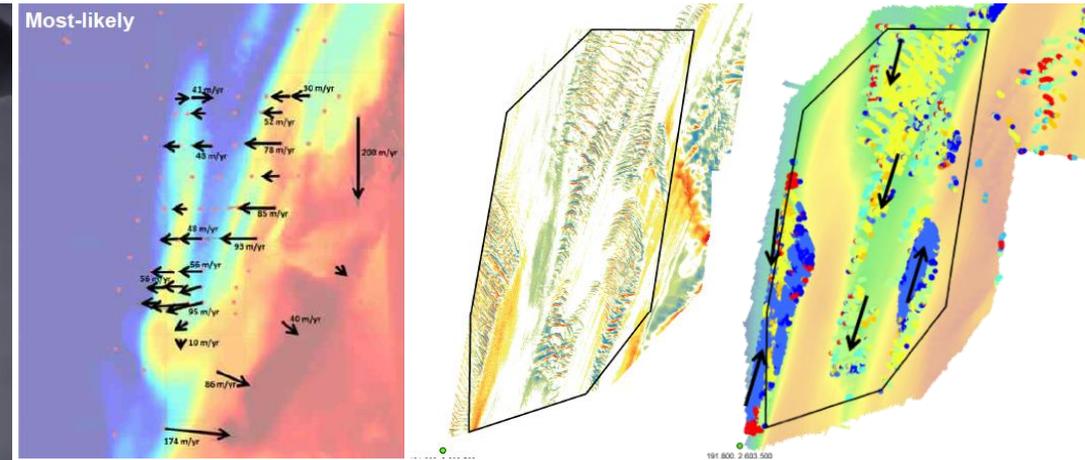
Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Pose des câbles – quelques autres équipements de pose



Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Pose des câbles - ensouillage

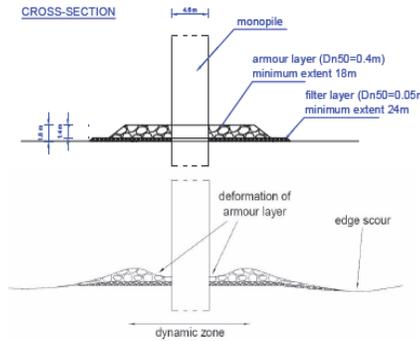
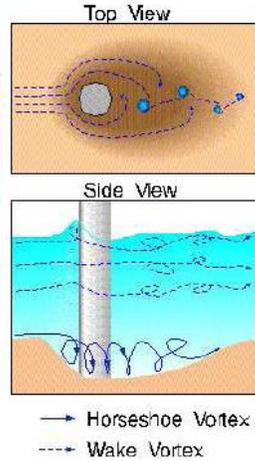
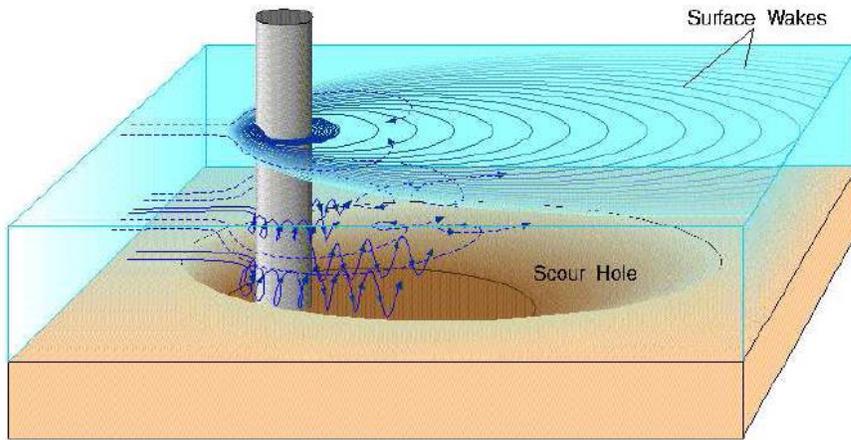


- ➔ Technologies mature (charrue, ensouillage ...)
- ➔ Ingénierie des sols et des courants,
- ➔ Conditions de sol très variables
- ⚠ validation des hypothèses d'entrée des courants
- ➔ Travaux maritimes

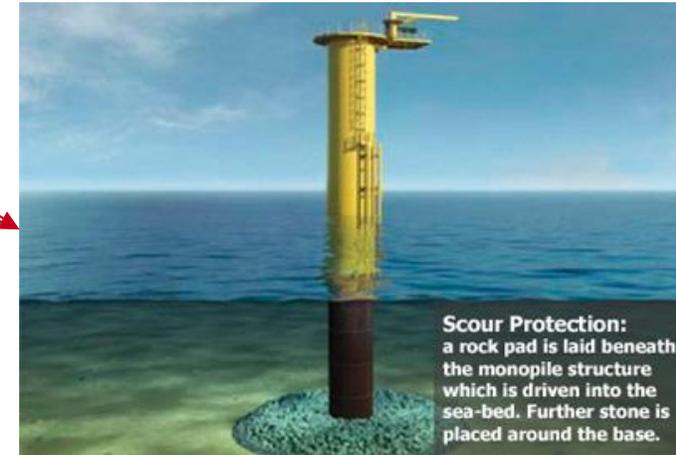
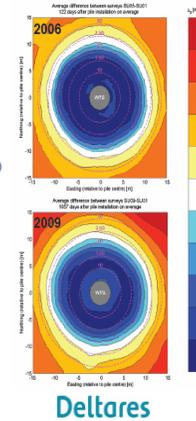
Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Travaux périphériques - Protection anti-érosion

Horseshoe and Wake Vortices around a Cylindrical Element



Offshore Windpark Egmond aan Zee – scour protection



- ➔ Ingénierie des sols et des courants, Δ simulation couplées aux tests
- ➔ Diverses techniques de stabilisation, fascinage, enrochement, ... (mattressing, rock-dumping, ...)
- ➔ Installation par bateaux de travaux maritimes
- ➔ matures \approx Travaux maritimes



Point de vue de l'installateur

Table des matières

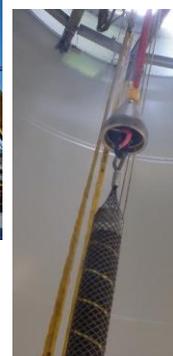
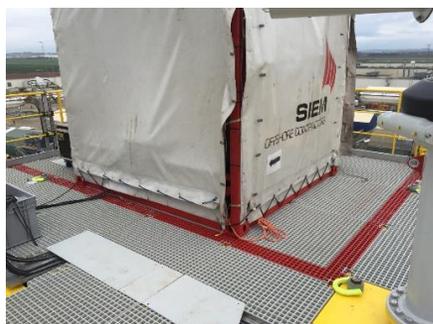
- Introduction
- **Problématiques spécifiques à l'éolien maritime posé,** (en comparaison à l'offshore parapétrolier)
 - Similitudes (conception, fabrication & installation)
 - **Spécificités** (Connectique, logistique & industrialisation)
- Développement de l'éolien flottant
- Résumé

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Installation des câbles - Connection

Opérations combinées à 2 bateaux

1. Préparation
2. Tirage (opération combinée)
3. Ancrage
4. Intégration des connecteurs
5. Tests
6. Connection



Spécifique offshore éolien → Mixte nouveau de métiers matures électriques & offshore

▲ Séquence complexe → Contrôle & optimisation de la séquence

▲ Multiples intervenants externalisées → ▲ Contrôle qualité

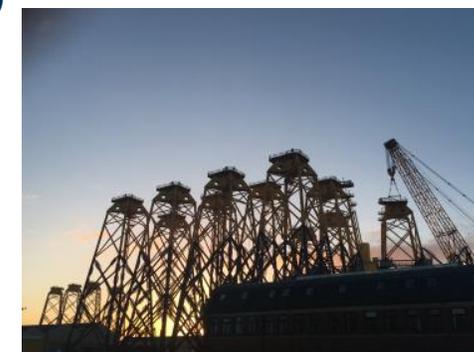
▲ Accroissement du volume d'activité

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Logistique



- Large panel d'origines géographiques
- Produits finis lourds &/ou encombrants.
- Stockages intermédiaires pour accommoder les différences de durée de fabrication et d'installation
- Séquençage des opérations
- Chevauchement et interdépendance des différentes campagnes d'installation (Installation des structures, ancrage/grouting, rockdumping & installation des câbles)



Importante logistique → Opérations de chargement, transport et stockages → lourdes & répétitives

- Séquence complexe → Contrôle & optimisation de la séquence → Δ Gain de productivité
- Dépendance des moyens logistiques disponibles → Δ Amélioration des infrastructures existantes
- Δ Accroissement du volume d'activité

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Industrialisation



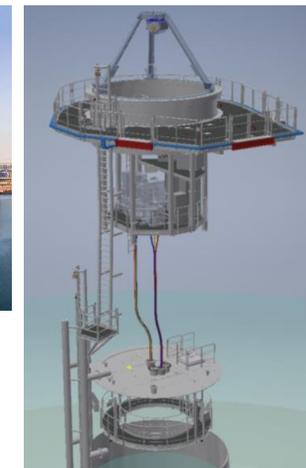
CFHI - China



Jutal - China



Lamprell - UAE



- Massif programme de fabrication et d'installation
- Nombreux sites de fournisseurs, sous-traitants de fabrication et d'intégration
- Séquence et planning critiques
- Nécessité de développer une approche de fabrication en série
- Majeure partie externalisée → Gestion de la sous-traitance critique

Industrialisation → Contrôle & optimisation de la séquence → Δ Gain de productivité
 → Δ Contrôle des sous-traitants à distance
 → Δ Accroissement du volume d'activité



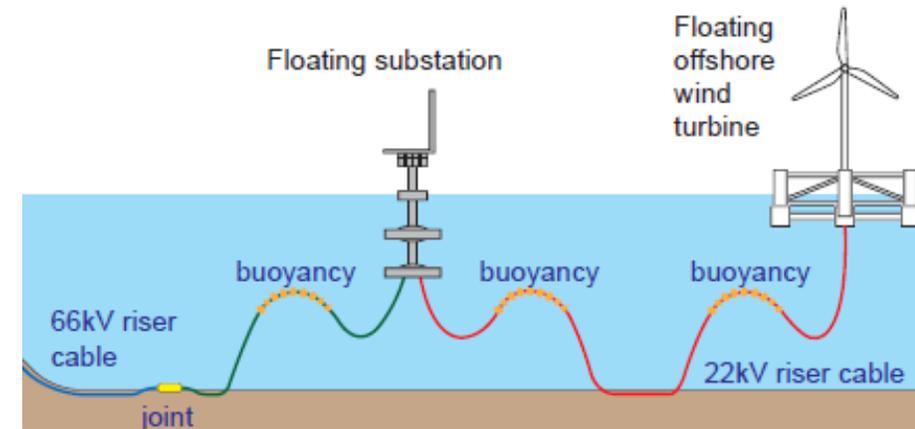
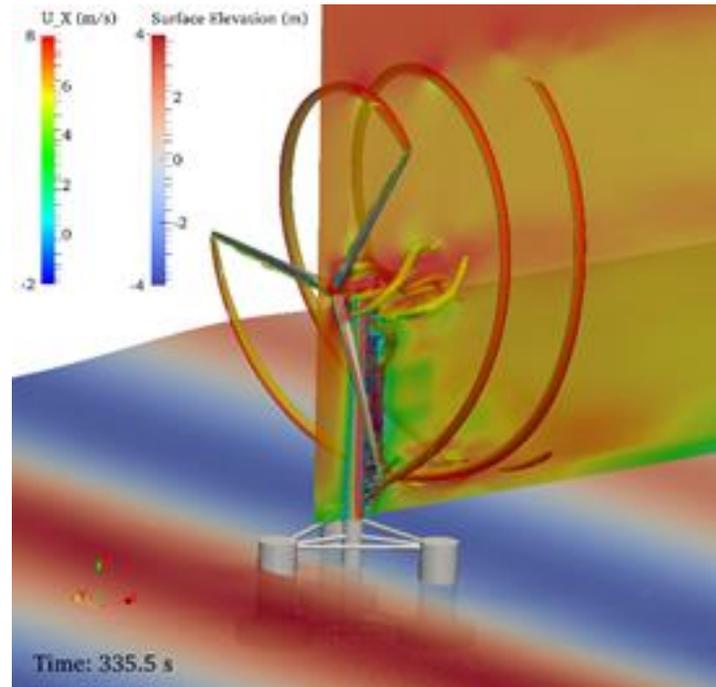
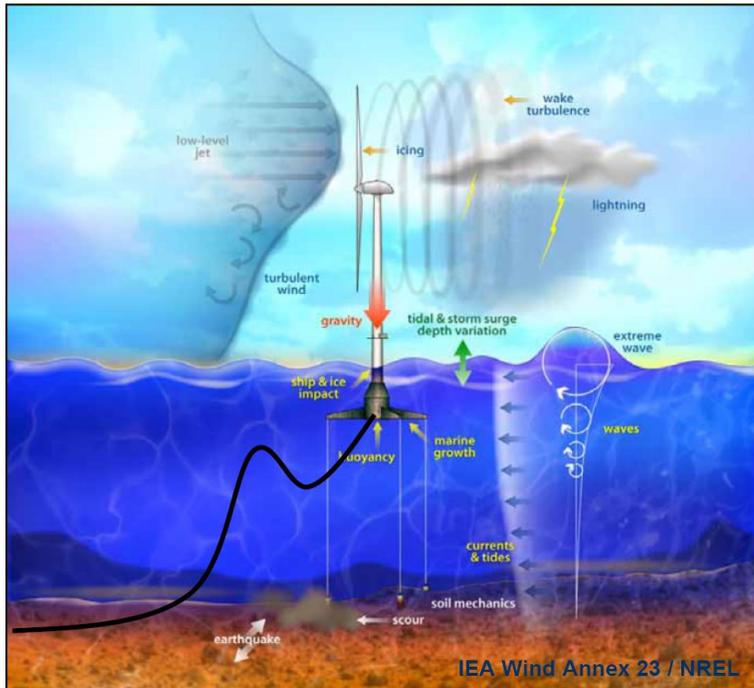
Point de vue de l'installateur

Table des matières

- Introduction
- Problématiques spécifiques à l'éolien maritime posé,
(en comparaison à l'offshore parapétrolier)
- **Développement de l'éolien flottant**
- Résumé

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Développement de l'éolien flottant - Conception

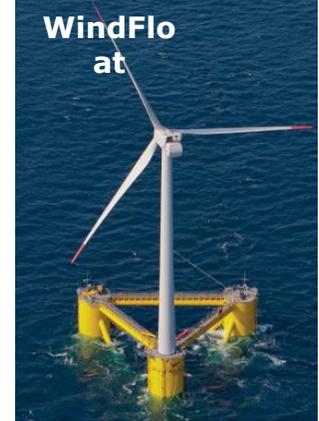
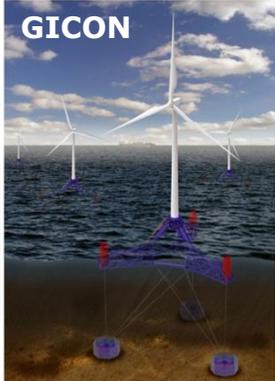


- Outils d'ingénieries matures,
- Modèles en cours de validation (TRL 1 à 5)
→ impact des mouvements de la plateforme sur la performance de la turbine
- Standards & codes existants en cours de validation
- △ Nombreuses **interfaces** délicates → flotteur / turbine
- △ Même contraintes de convergence de conception
- △ Empreinte plus importante → Conflit d'utilisation du domaine maritime
- Concepts en cours de validation TRL 4 à 6

- Système d'ancrages → concepts matures,
→ ≈ Offshore parapétrolier (FPSO, SBM...)
→ Effort du flotteur
- △ Optimisations des concepts
→ réduction de l'empreinte et des coûts
- △ Capacité du tissu industriel local / global

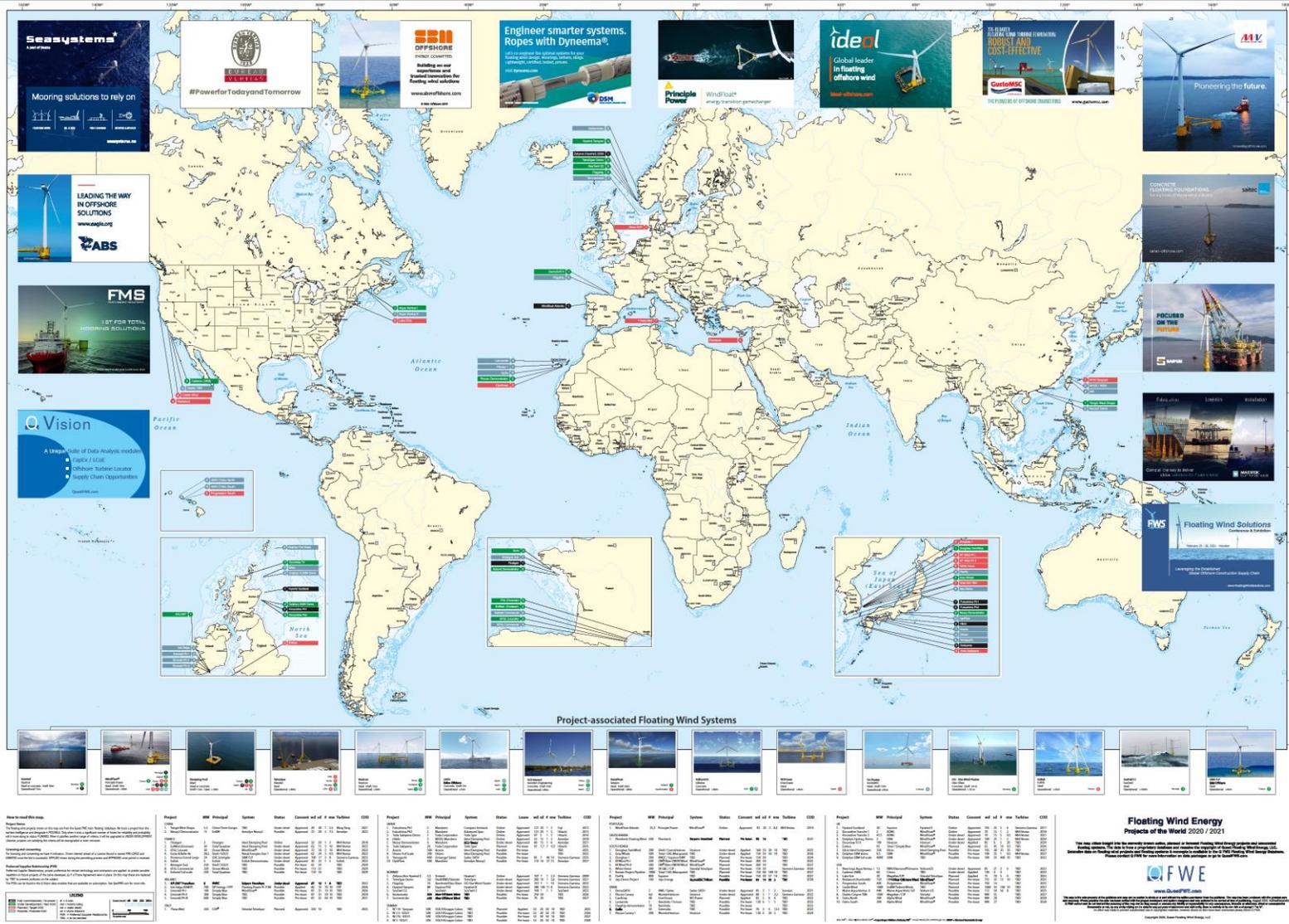
Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Développement de l'éolien flottant Quelques exemples de projets...



Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Développement de l'éolien flottant – Projets en cours



Pays	Opérationnels	En cours	Prévu
Japon	4	1	1
UK	2	3	1
France	1	5	
Norvège	1	4	
Portugal	1		
Corée S		2	5
USA		2	4
Espagne		2	1
Irlande		1	
Chine		1	

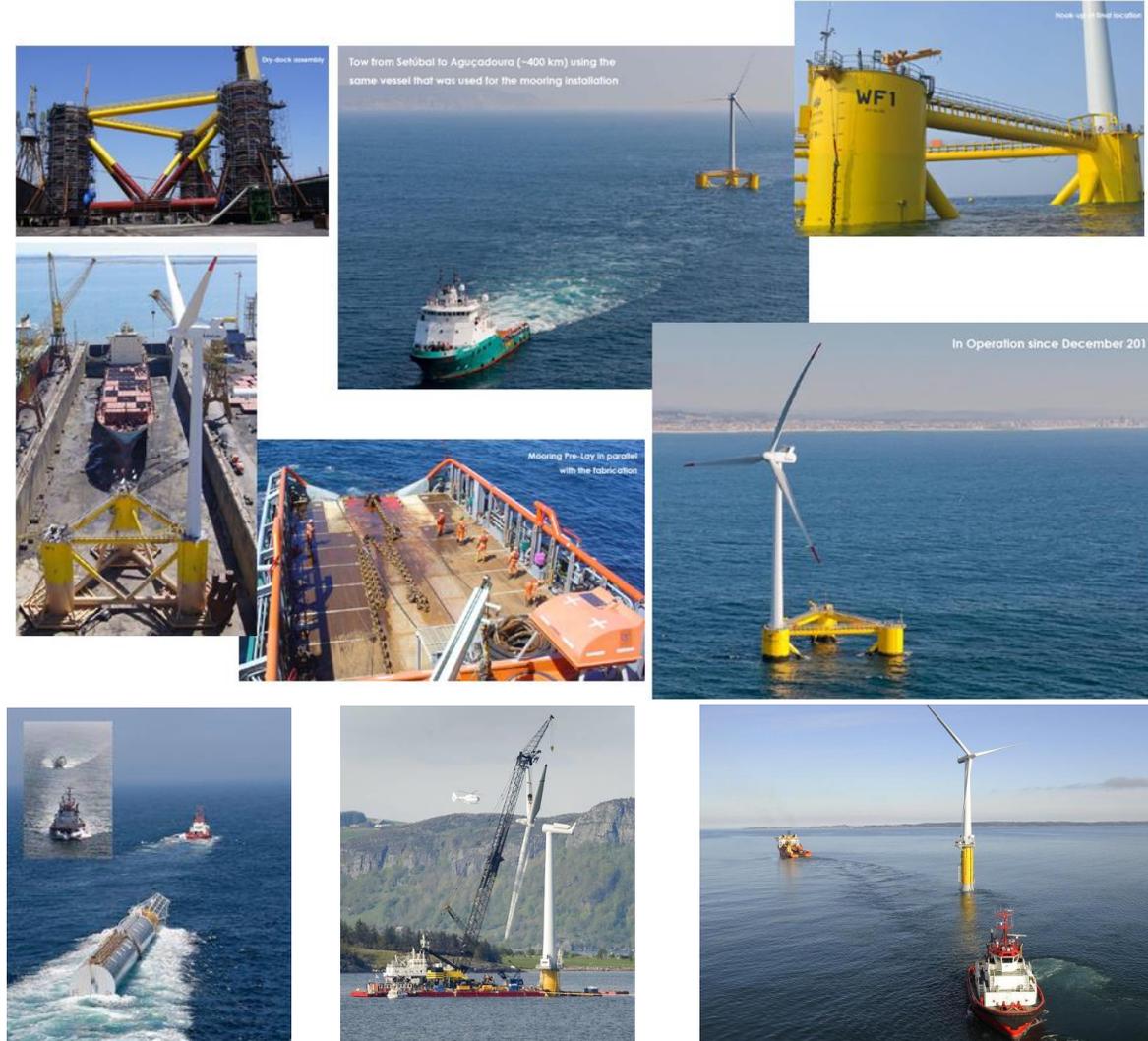
France: Un démonstrateur opérationnel
 Quatre parcs pilotes avec différentes technologies turbines & flotteurs → 2022

- Eolmed : 3 x 10 MW MHI Vestas x Ideol 62m
- Leucate : 3 x 10 MW MHI Vestas x Ocean Winds 72m
- Groix & Belle-Ile, 3 x 9.5MW MHI Vestas x Naval Group 62m
- Faraman-Provence Grand Large : 3 x 8MW Siemens-Gamesa x SBM Offshore 100m

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Développement de l'éolien flottant – le point de vue de l'installateur

- Fondations :
 - Similaires FPSO / SBM → Technologies de conception et d'installation matures → Moyens de taille intermédiaire
 - Offshore parapétrolier
- Flotteurs :
 - Installation par remorquage et transfert sur site → Similaire FPSO / SBM → mature
 - Société de remorquage de haute mer / parapétrolier
- Turbines :
 - Installation préalable au remorquage en cale sèche ou baie protégée → Technologie mature
 - Opérateurs de services portuaires
 - Δ Gigantisme & stockage intermédiaire
 - Moyens d'installation moins puissant (vs posé)
- Câbles :
 - Câbles dynamique → nouvelle technologie, cf ombilicaux
 - Câbles export longue distance
 - Offshore parapétrolier → Moyens d'installation plus important
 - Δ **Volume d'activité**
- Maintenance : Opérations lourdes par déconnexion et retour à terre





Point de vue de l'installateur

Table des matières

- Introduction
- Problématiques spécifiques à l'éolien maritime posé,
(en comparaison à l'offshore parapétrolier)
- Développement de l'éolien flottant
- **Résumé**

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Développement de l'éolien flottant – Résumé

Sujet		Resp	Posé	Flottant
Marché		Autorités	😊 Mature, croissant	😊 Exponentiel, maturité horizon > 10 ans
Permis		Opérateur	😊 Nombreux interlocuteurs	😊😞 emprise ↗, ↘ d'interlocuteurs
Technologie	Turbines	Turbinier	😊 Système à maturité	😊 Développement de turbines spécifiques
	Support		😊 ⚠ Convergence	😊 ⚠ Convergence & optimisation
	Ancrage		😊 Grand bateaux grues	😊 Bateaux de taille intermédiaire
	Câblage	Câblier	😊 Bateaux spécialisés	😊 Aspect dynamique/empreinte
	Connectique	Installateur	😊 Flotel DP/spécialistes	😊 Idem
	Maintenance		😊 Opérations lourdes sur place	😊 Opérations lourdes par déconnexion
Fabrication			<ul style="list-style-type: none"> 😊 Gigantisme 😊 Logistique 😊 Saturation du marché 😞 Industrialisation 😊 Externalisation 	Idem
Installation				😊 Stockage intermédiaire flottant
Vigilance				😊 Idem exacerbé
				😊 Mouvement flotteur vs turbine

Energies Marines Renouvelables - Eolien maritime

Développement de l'éolien flottant – Conclusion

Eolien Maritime Posé:

- ✓ Un marché en pleine expansion
- ✓ Politiques volontaristes de soutien
- ✓ Des technologies adaptées et matures

- Optimisation des risques industriels
- Gigantisme → Capacité des moyens
- Accroissement du volume d'activité

- △ Interfaces & convergence de conception
- △ Logistique → capacité des infrastructures
- △ Industrialisation → gain de productivité
- △ Séquence complexe → Risque délai
- △ Mosaïque d'intervenants → Risque qualité / délai / coûts

⇒ **Aujourd'hui**

⇒ **Rôle primordiale du Maître d'œuvre**

Eolien Maritime Flottant:

- ✓ Un marché exponentiel
- ✓ Politiques volontaristes subventionnée
- ✓ Des moyens navals moins importants → Plus de concurrence, coûts réduits

- Un marché en devenir
- Des technologies en cours de validation
- Comportement dynamique des câbles

- △ Délicates interfaces flotteur vs turbine → Risques délais / coûts
- △ Empreinte des fermes flottantes sur le domaine maritime → Conflit d'utilisation

⇒ **Demain:** Horizon moyen terme

⇒ **Rôle croissant du Maître d'œuvre**

THANK YOU



subsea 7