



Réseau de transport d'électricité

Accueil de la production d'énergie « éolienne en mer »

Raccordement au Réseau Public de Transport

14/05/2014 – Eric FOURNIER

SOMMAIRE



1. Contexte:

Le développement de l'éolien offshore en France et le rôle de RTE

2. Le raccordement des parcs de production au RPT :

- schémas de principe
- problématiques réseaux et choix technologiques
- études en mer/détermination d'un tracé

3. Illustrations : moyens maritimes / pose des câbles

A photograph of an offshore wind farm at sunset. The sun is low on the horizon, creating a bright glow and reflecting on the water. A helicopter is flying in the sky above the turbines. The foreground shows the white structure of a wind turbine.

01

Contexte :

**Le développement de l'éolien offshore
en France ...**

...et le rôle de RTE


Un système d'Appel d'Offres


Les pouvoirs publics ont annoncé les principes d'un plan de développement de l'énergie éolienne en mer par appel d'offres pour atteindre **6000 MW en 2020** :

- un premier Appel d'Offres pour **3000 MW (*)** lancé le **11/07/2011**
(* seulement **1928 MW** attribués)
- un deuxième Appel d'Offres lancé le **18/03/2013**
à hauteur de **1000 MW**
- un troisième Appel d'Offres est en préparation (éolien posé, mais également : fermes expérimentales éolien flottant et hydroliennes) ... ?



Lauréats 1^{er} et 2^e appels d'offres éolien en mer

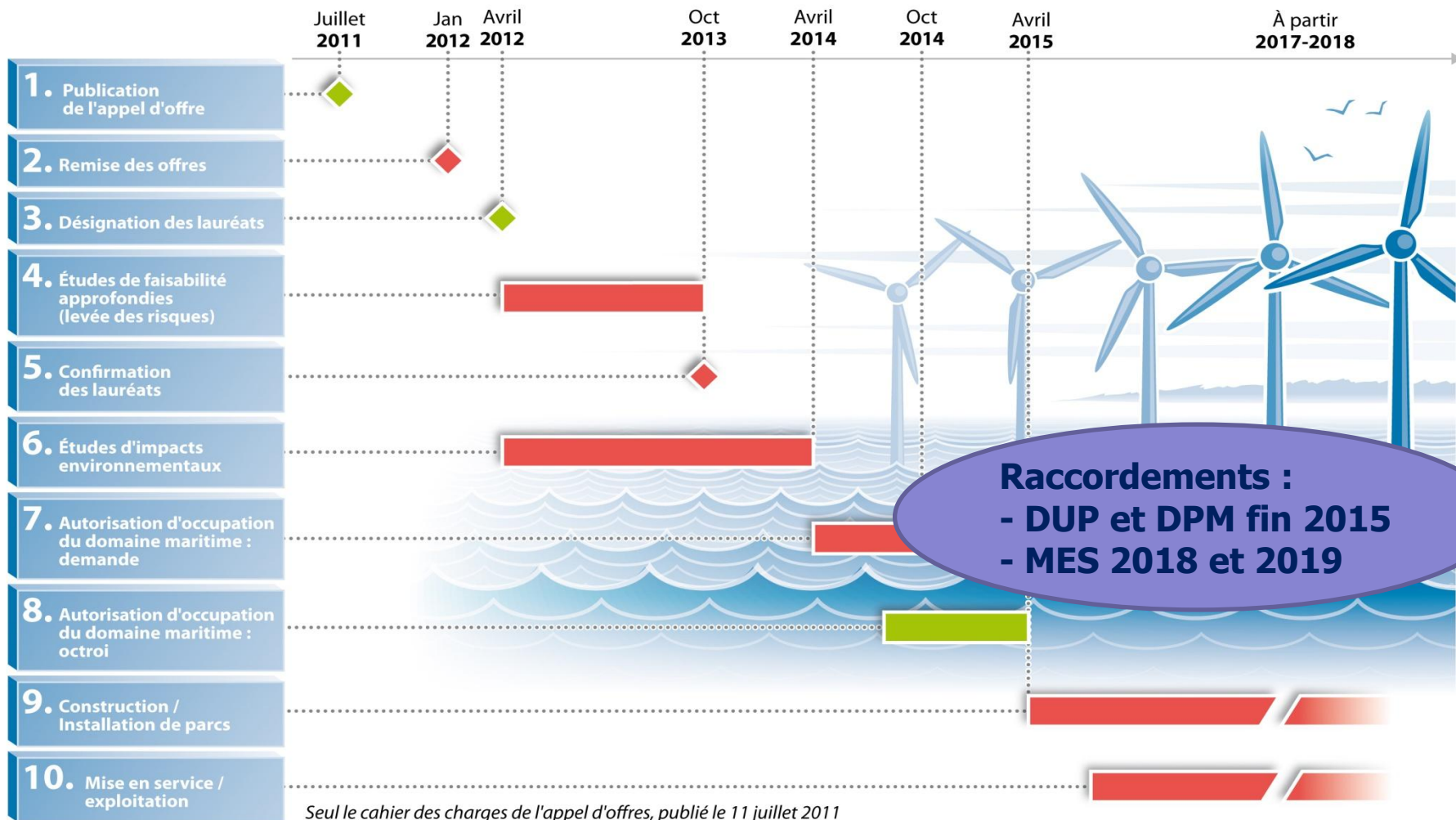
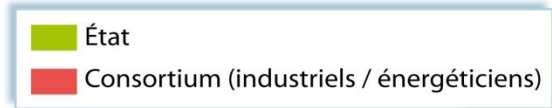
 Zone d'installation des éoliennes du 2nd appel d'offres

 Zone d'installation des éoliennes du 1^{er} appel d'offres

XXX... : détenteurs du capital de la société de projet

(Y.....) : fournisseur d'éoliennes, développeur associé

Le 1^{er} appel d'offres éolien en mer en dix étapes clés



Raccordements :
 - DUP et DPM fin 2015
 - MES 2018 et 2019

Seul le cahier des charges de l'appel d'offres, publié le 11 juillet 2011 sur le site Internet de la Commission de régulation de l'énergie, fait foi

MER001 - IREQ-INDUC/COM/11012 - juillet 2011

Le rôle de RTE dans les Appels d'Offres

➤ Avant le lancement des AO1 et AO2 :

RTE a appuyé la DGEC pour l'élaboration des cahiers des charges :
Potentiel de raccordement, rédaction, estimations / faisabilité, coûts, délais

➤ Une fois les lauréats désignés par le Gouvernement :

RTE doit répondre aux demandes de PTF faites par les lauréats dans un délai de 3 mois

➤ Une fois les PTF acceptées par les lauréats :

RTE met en œuvre les études et travaux de raccordement

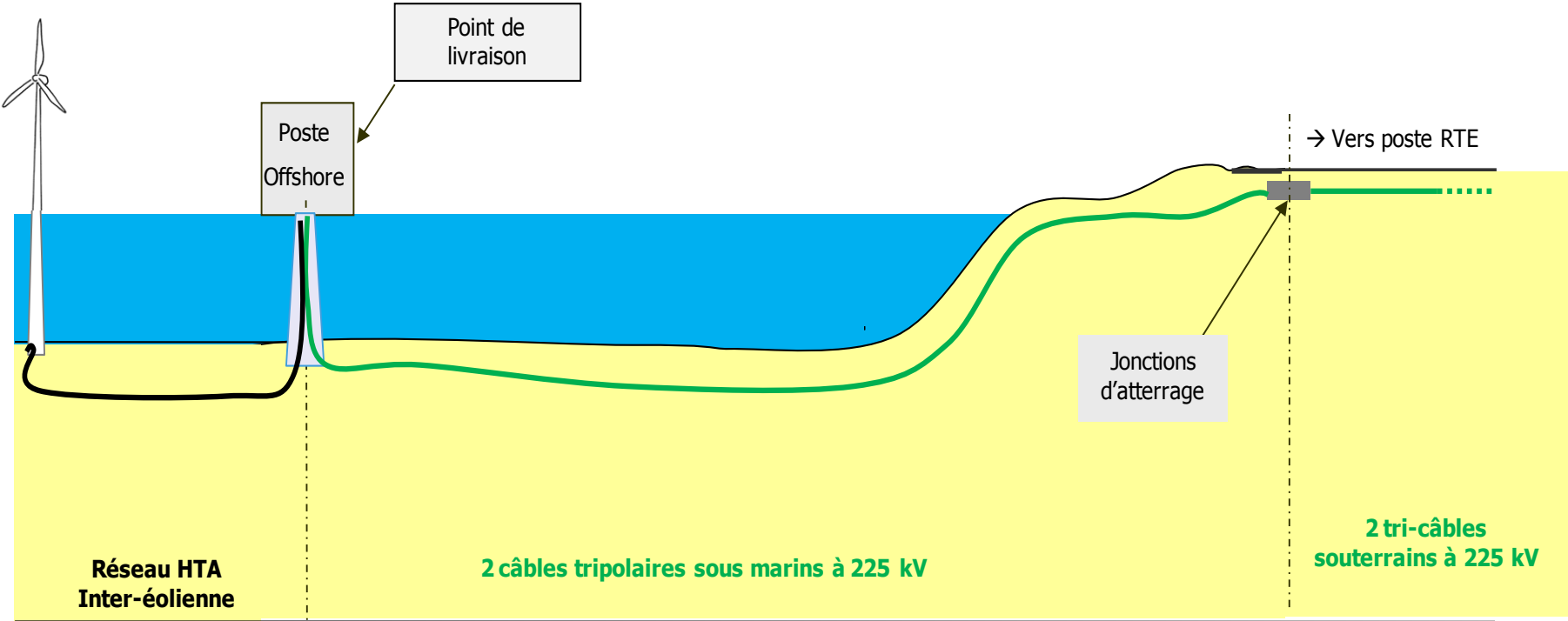


02

Le raccordement des parcs de production au RPT

Raccordement d'un parc offshore : schéma de principe

Limite de propriété
(tête de câble)



Les câbles sous-marins

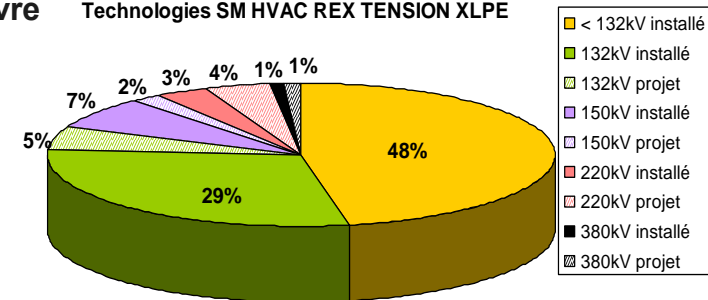


→ Choix Technologiques AO1 et AO 2

- **Technologie HVAC (et HVDC)**
 - pertinent sur le plan technique / couple « puissance – distance »
 - critère économique : HVDC plus coûteux
- **Câble tripolaire synthétique 225 kV**
 - meilleur compromis technico-économique
 - limite le nombre de liaisons
- **Ame Al ou Cu**
 - stratégie retenue: laisser ouvert au câblier → e câblier en charge du dimensionnement
 - Aluminium: moins coûteux et adapté pour le raccordement de parcs 2x250MW
 - Au niveau de l'atterrage : probablement une âme en Cuivre

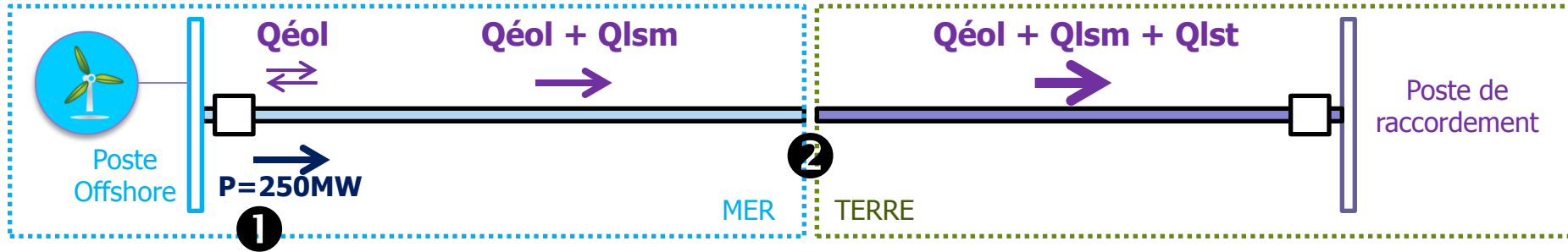
Technologies SM HVAC REX TENSION XLPE

- **Qualification RTE nécessaire**
 - pour garantir la fiabilité des liaisons
 - technologie émergente (niveau de tension et sections)



Etude de l'état de l'art en 2011

Les problématiques réseaux : le TRANSIT (A)



❶ Contrainte de transit à la remontée vers la plateforme



$$P \pm Q_{\text{éol}} < \ll 750 \text{ A environ} \gg$$

❷ Contrainte de transit à l'atterrage



$$P + Q_{\text{éol}} + Q_{\text{lsm}} < \ll 700 \text{ A environ} \gg$$

Sinon, à P_{max} nécessité de réduire la puissance réactive... (tronquage diagramme P/Q)

Type de câble + Tracé

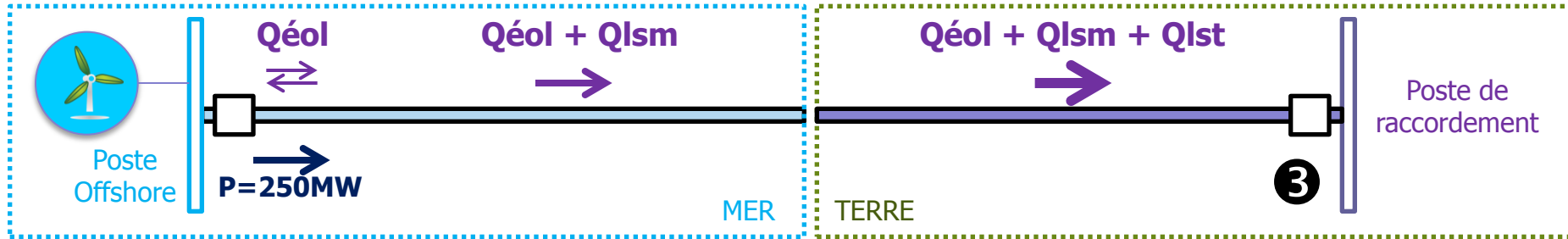
Modification des transits Q

Modification de la stratégie de compensation

Impact sur structure poste

$$Q \cong 2\pi f \times C \times U^2$$

Les problématiques réseaux : TENSION (kV)



③ Réglage de la tension au poste de raccordement

Réactif important en provenance des câbles

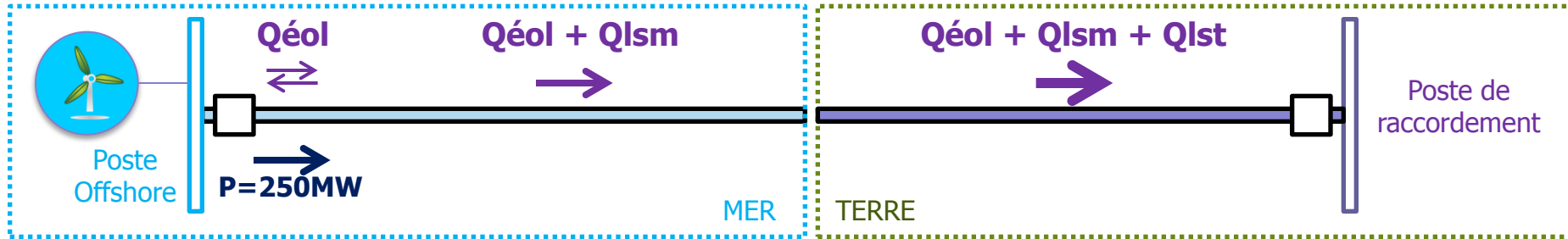
Puissance « soutirée » de la zone en baisse

~~Compensation sur la plateforme offshore~~

Risque de tension haute !

- Contraintes de maintenance : accès - conditions météo
- Coûts plus importants : investissement et maintenance

Les problématiques de Résonance et d'Harmoniques



Enclenchement du transformateur client

- ✓ Génération d'harmonique, phénomène de Ferro-résonance
→ solutions envisagées : Commande synchro et/ou Résistance d'insertion sur TR client

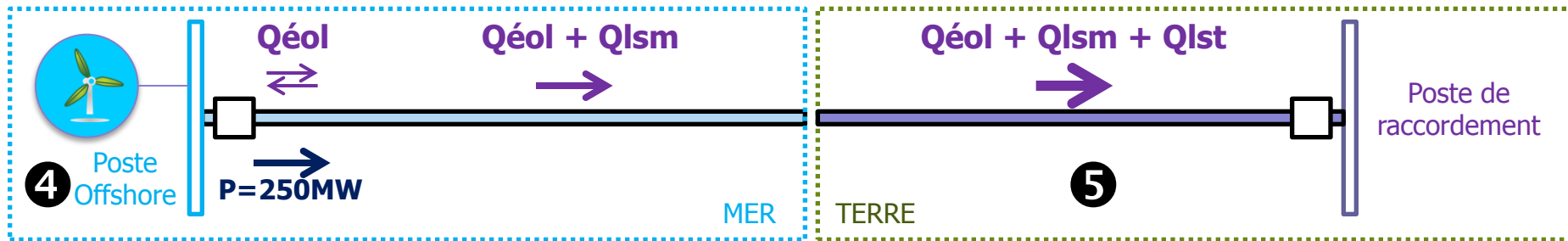
Enclenchement des selfs de compensation

- ✓ Phénomène de non passage par zéro du courant : risque de non élimination de défaut, destruction de DJ en cas de défaut
→ solution envisagée : commande synchro sur self

Amplification des harmoniques pré-existants en régime permanent

- ✓ Tensions harmoniques < 4 % amplifiées par le raccordement sur le poste offshore du producteur
→ solutions envisagée : installation de filtres dans les postes RTE

Les règles de raccordement



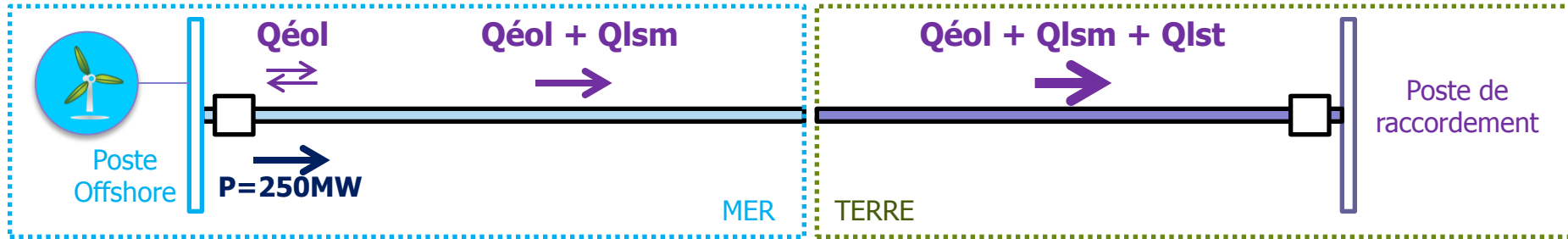
- ④ Maitrise de la tension au poste client

La règle : **$U_{\text{offshore}} < 245 \text{ kV}$**

- ⑤ Contrainte à l'enclenchement du câble

$\Delta U / U < 3\%$ en 400kV et 5% en 225kV (contrat CART producteur)

Nécessité de compenser



Installation de moyens de compensation (self) à terre, au poste de raccordement :

- Permet d'absorber le réactif en provenance des installations
- Permet de reconstituer à terre la plage de réactif manquante

La continuité du diagramme est assurée à terre si on a au moins 2 x 40 MVar de réglage sur le parc

Diagramme PQ réglementaire au niveau du PDL (en mer)

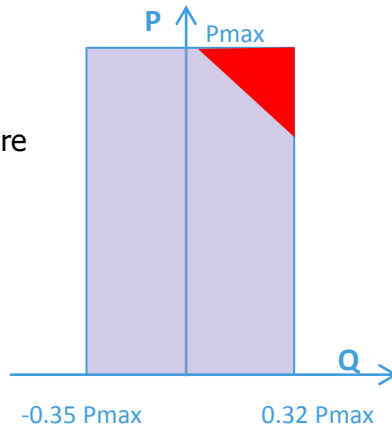
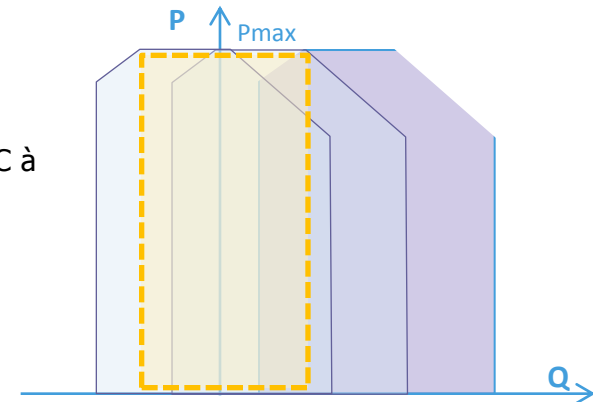
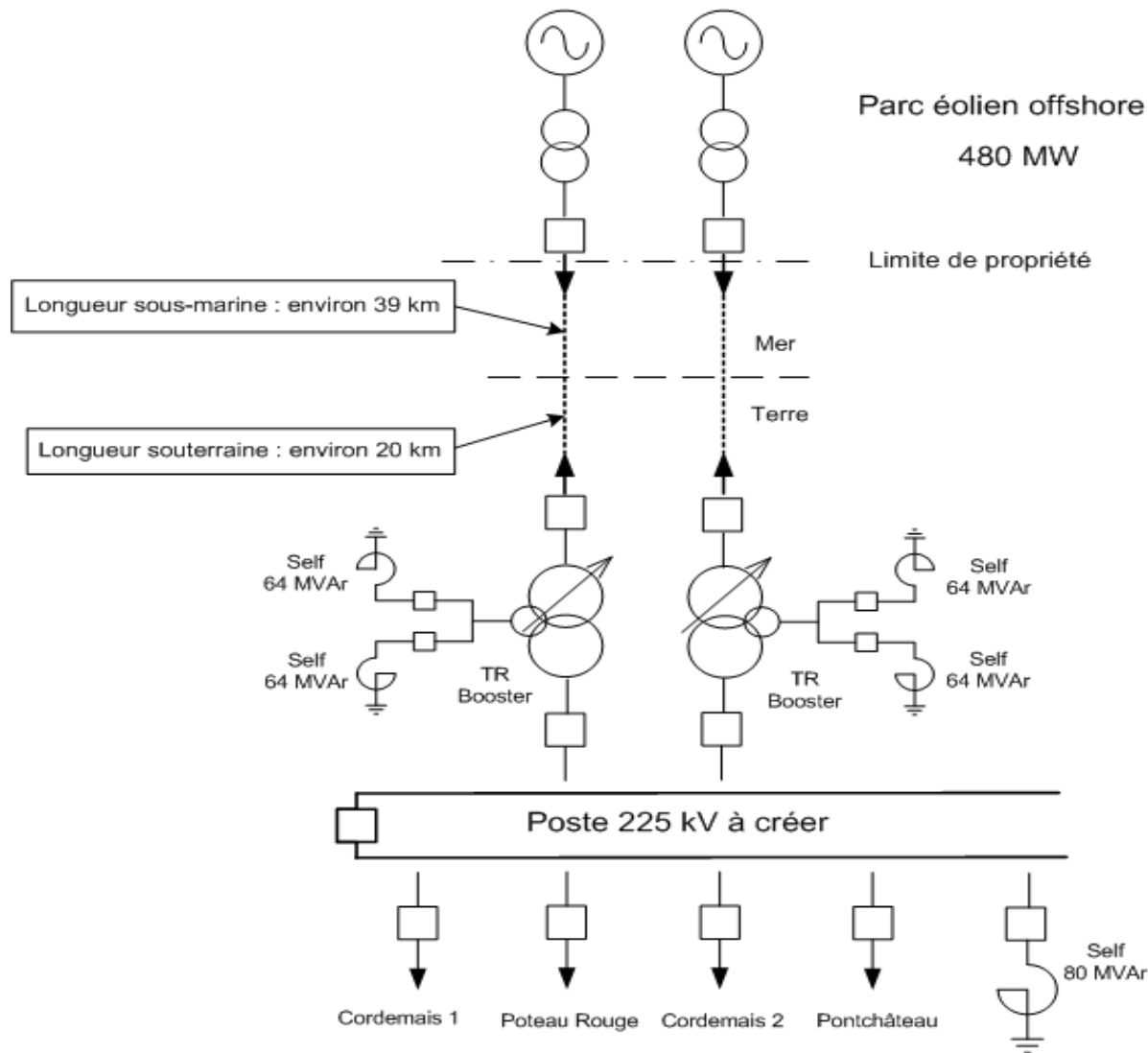


Diagramme PQ résultant au PdC à terre



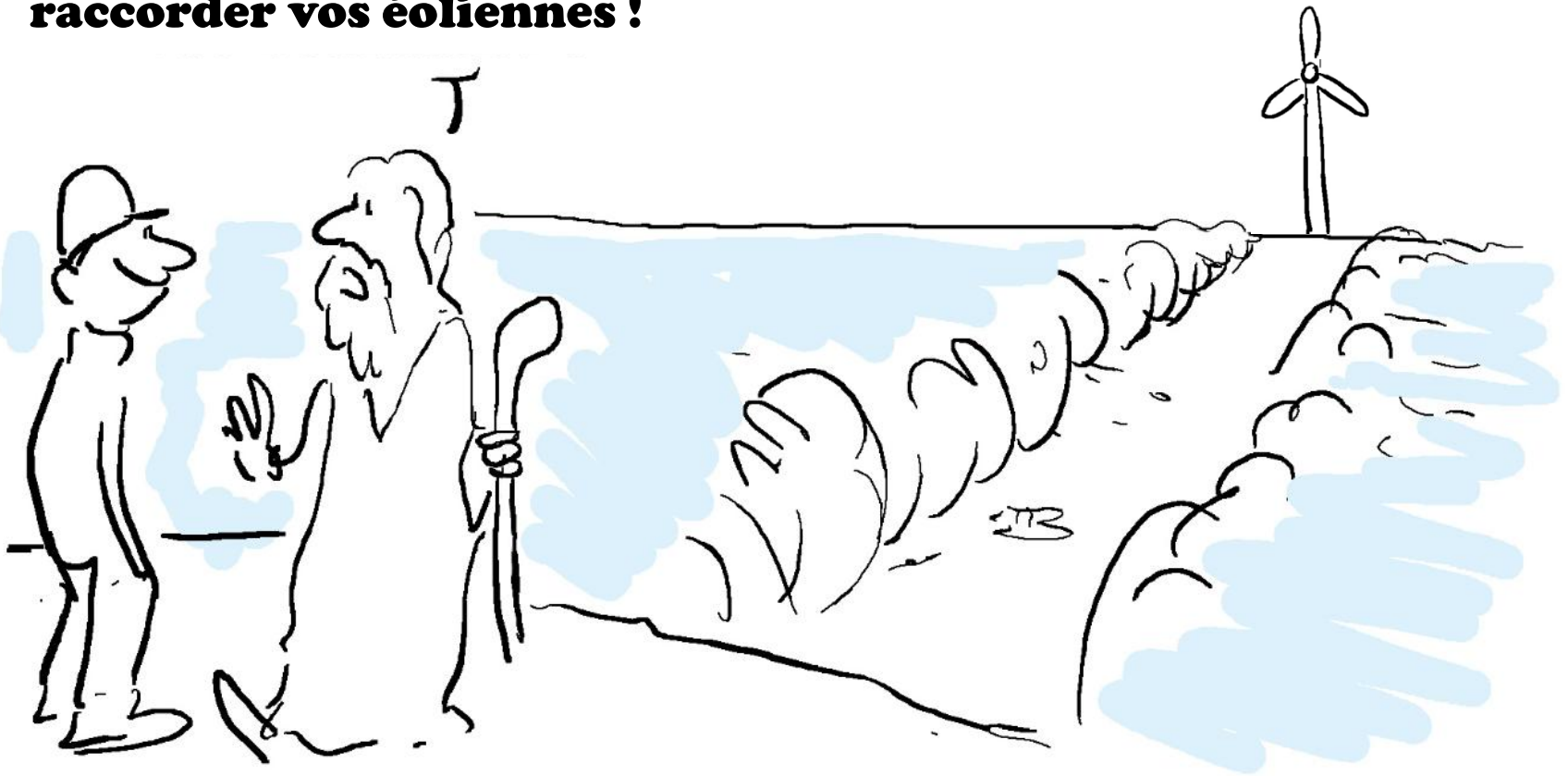
Raccordement d'un parc offshore : schéma unifilaire (ex)



Détermination d'un tracé en mer

Parce qu'avant c'était plus facile ...!

**C'est bon, vous pouvez
raccorder vos éoliennes !**



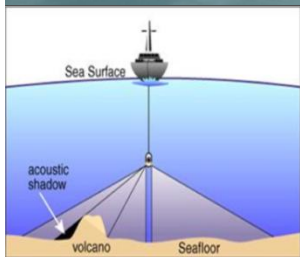
Détermination d'un tracé en mer

Connaissance des fonds, des contraintes d'usages et des risques en milieu marin :

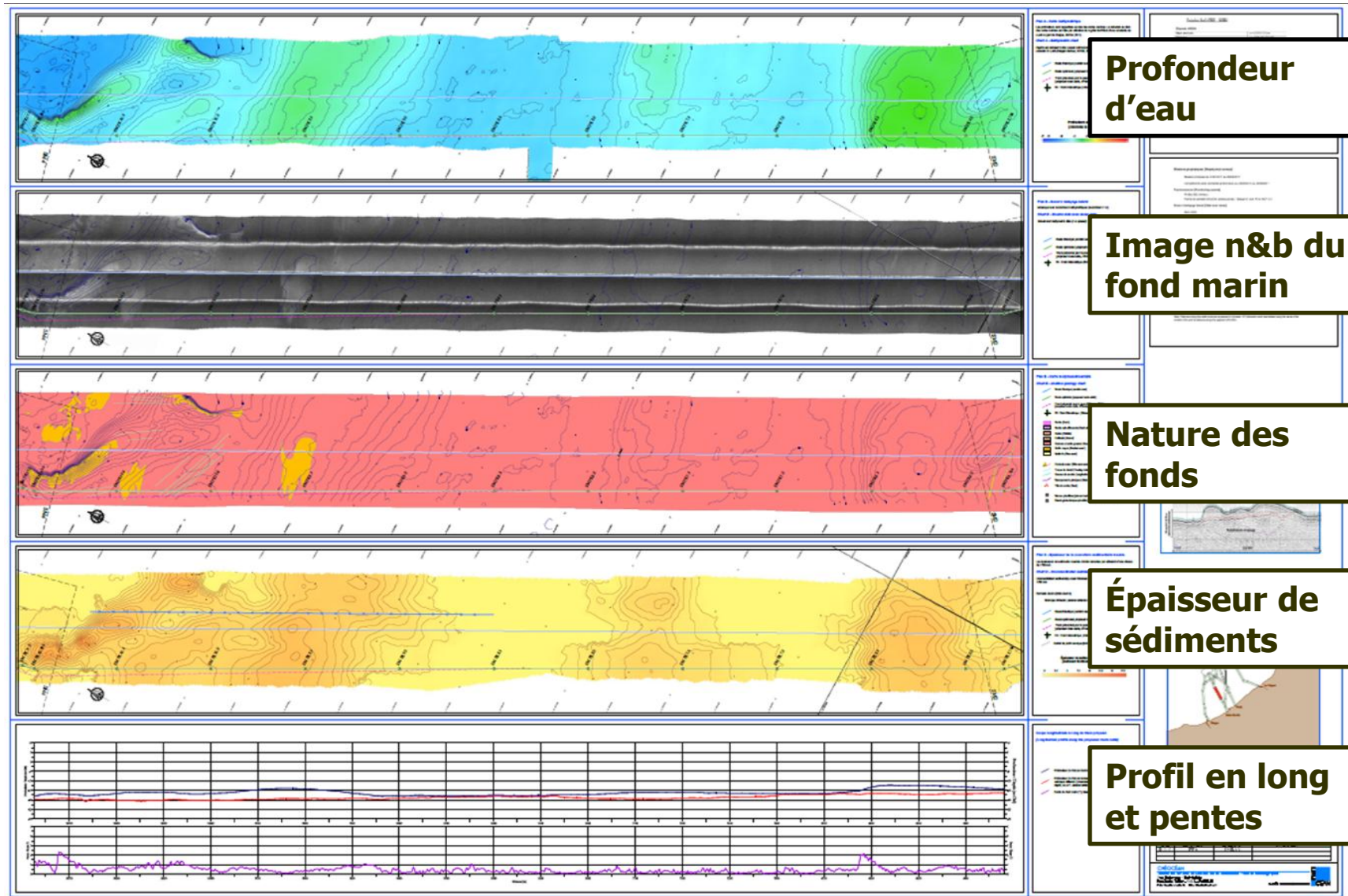
- **Etudes sur cartes (DTS)** : contraintes environnementales et techniques
- **Survey géophysique** (bathymétrie, type de fonds, épaisseur de sédiment)
- **Survey géotechnique** (carottages : dureté du sol – possibilités d'ensouillage) avec détection **UXO préalables**
- **Etudes des Risques** liés à la pêche et à la navigation
- **Etudes hydrosédimentaires** , et des conditions météo et océaniques
- **Etudes d'impact et d'incidence** (études spécifiques en milieu marin : benthos, halieutique, mammifères marins, bruit de fond, etc.)

Tracé + modes de pose et protections associés,
selon les données environnementales et la concertation (usagers de la mer) :

Surveys Géophysiques



Résultats de surveys géophysiques



Géotechnique – Offshore

Objectif : connaître les propriétés physiques et mécaniques des fonds
→ Environ un sondage (carottage et test de pénétration) tous les kilomètres



Géotechnique – Outils utilisés



Vibrocarotier
– utilisé dans
les sédiments
meubles

Carottier – utilisé
dans la roche



CPT (Pénétromètre statique)

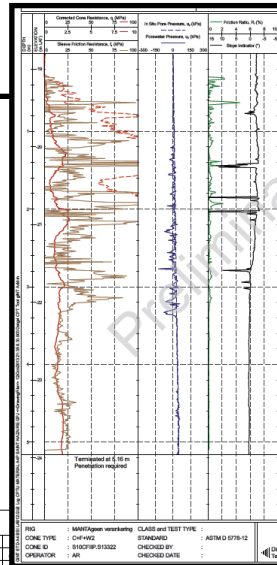
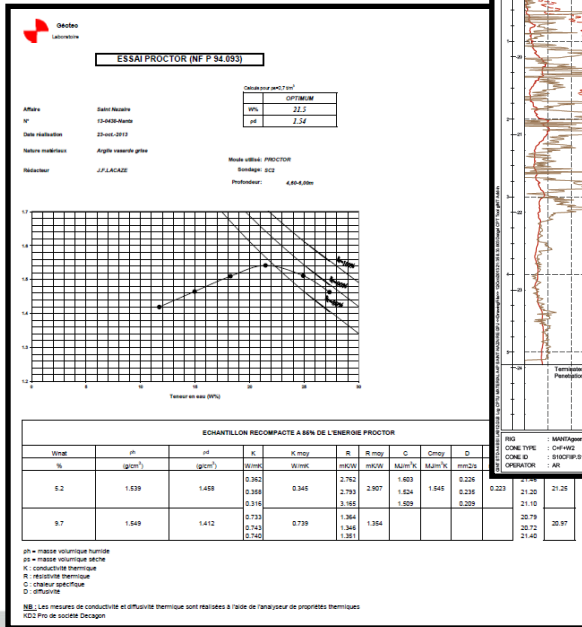
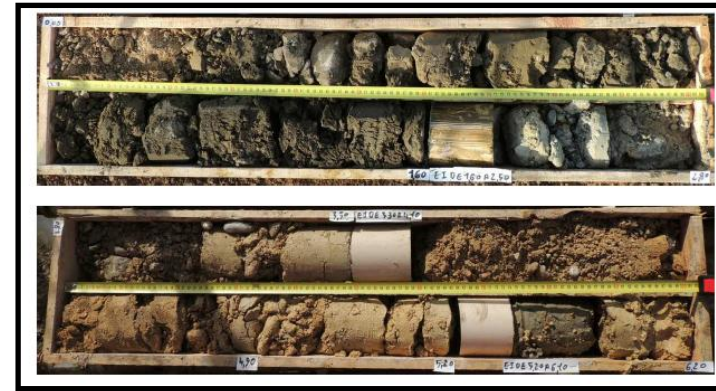
Géotechnique – Nearshore

Zone côtière – utilisation de plateforme autoélevatrice « jack-up »



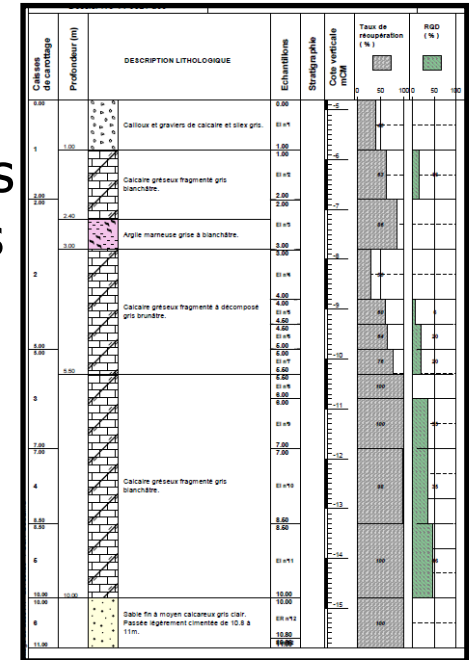
Fécamp et Calvados : 2013

Géotechnique – Les résultats

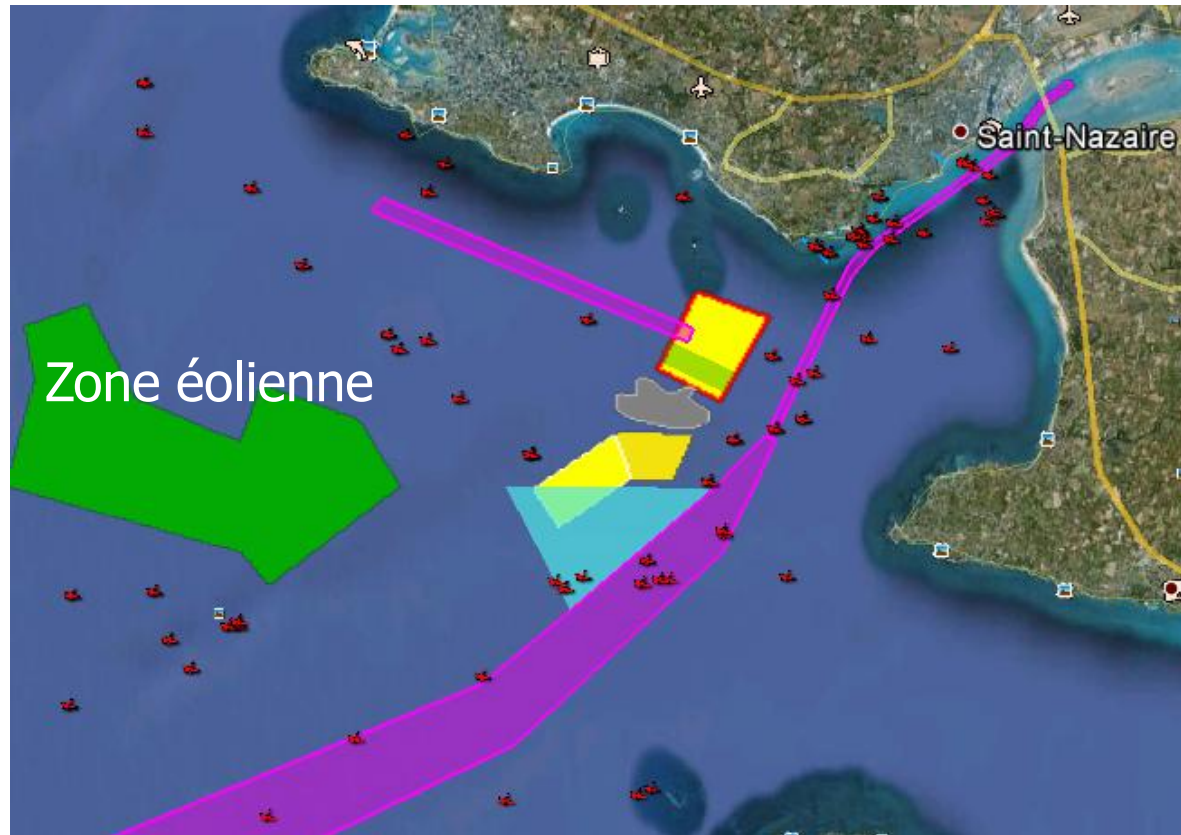


Identification des couches sédimentaires et de leurs propriétés

Tests de laboratoire (résistivité thermique, granulométrie, etc.)



Exemple de contraintes en mer : zone de Saint-Nazaire



Le chenal de navigation:

- La zone d'attente
- Les zones de mouillage
- Les zones d'urgence

L'estuaire de la Loire :

- Des fonds hétérogènes
- Des zones d'eau peu profondes
- Les forts courants

Les activités :

- Extraction de granulats
- Zone de clapage

Les obstacles:

- Épaves
- Bancs Rocheux
- Etc.

Raccordement du parc de COURSEULLES – SUR - MER 500 MW (77 km²)



Raccordement du parc de FECAMP 498 MW (88 km²)



Raccordement du parc de SAINT – NAZAIRE 480 MW (78 km²)



Raccordement du parc de SAINT – BRIEUC 500 MW (180 km²)

Le raccordement envisagé en sous-marin et souterrain

Pour acheminer les 500 mégawatts produits par le parc éolien en mer, RTE envisage de créer une liaison double à 225 000 volts.

Construite en technique sous-marine depuis le parc éolien au large de la baie de Saint-Brieuc, elle se poursuivra en technique souterraine jusqu'au réseau à 225 000 volts existant.

Deux postes électriques pourront être utilisés pour ce raccordement au réseau: soit Doberie sur la commune d'Hénansal en passant par Erquy dans un secteur non classé Espace Remarquable Loi Littoral, soit Tréguieux en passant par Plérin en fonction de l'évolution de la réglementation sur les Espaces Remarquables.

2



Le raccordement sur Doberie ou Tréguieux

Chacun des deux postes électriques 225 000 volts situés dans la région de Saint-Brieuc est en mesure d'évacuer la production des éolennes sur le réseau de RTE. Ils participent à l'alimentation électrique de l'agglomération de Saint-Brieuc et au lien avec les Côtes d'Armor et de la Bretagne. Le choix du poste de raccordement sera fait en concertation.

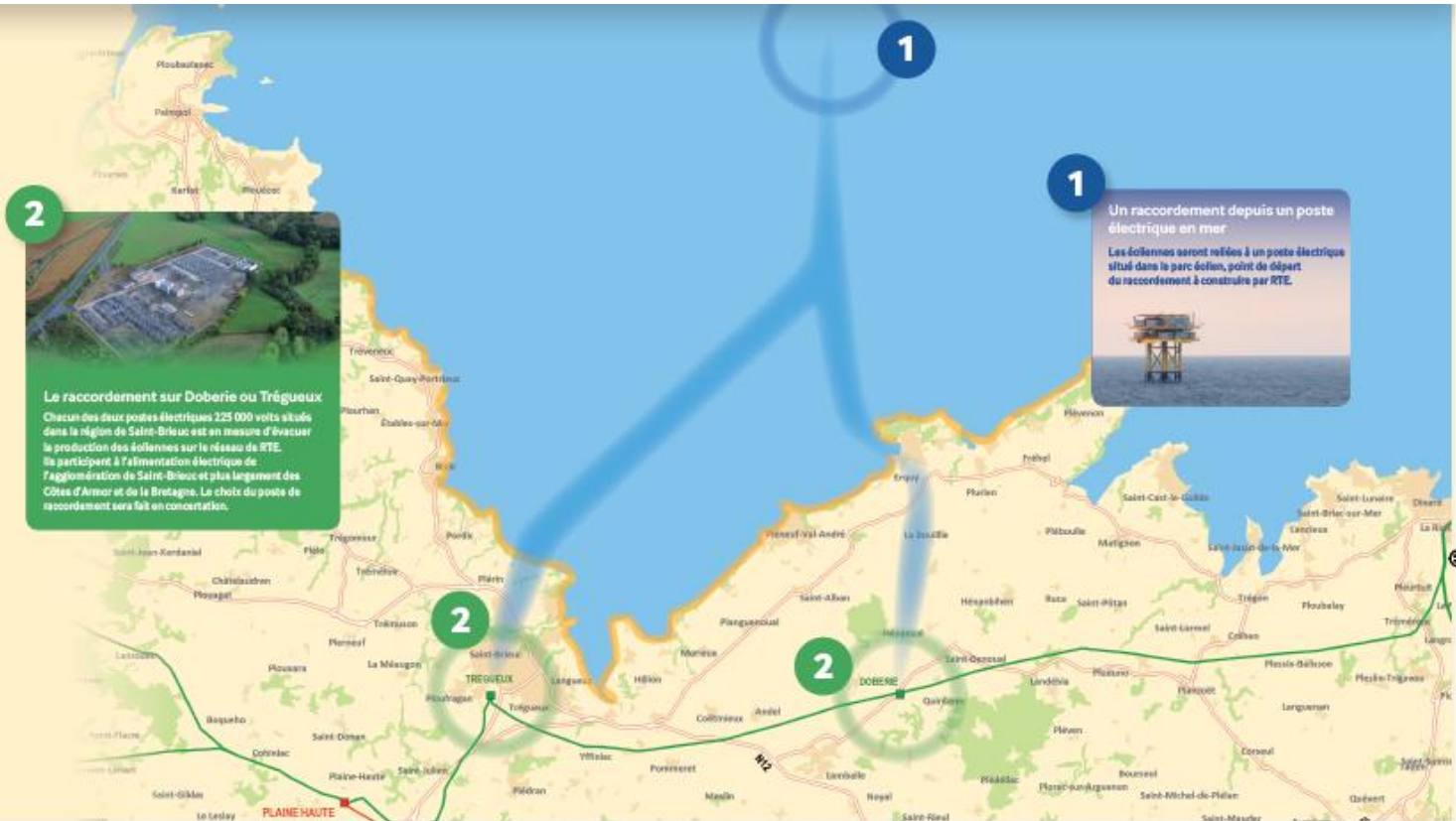
1

Un raccordement depuis un poste électrique en mer

Les éolennes seront reliées à un poste électrique situé dans le parc éolien, point de départ du raccordement à construire par RTE.



- lignes 400 000 volts
- lignes 225 000 volts
- ■ postes électriques
- = 3 km
- Espaces Remarquables (Loi Littoral)
- possibilités de raccordement



03



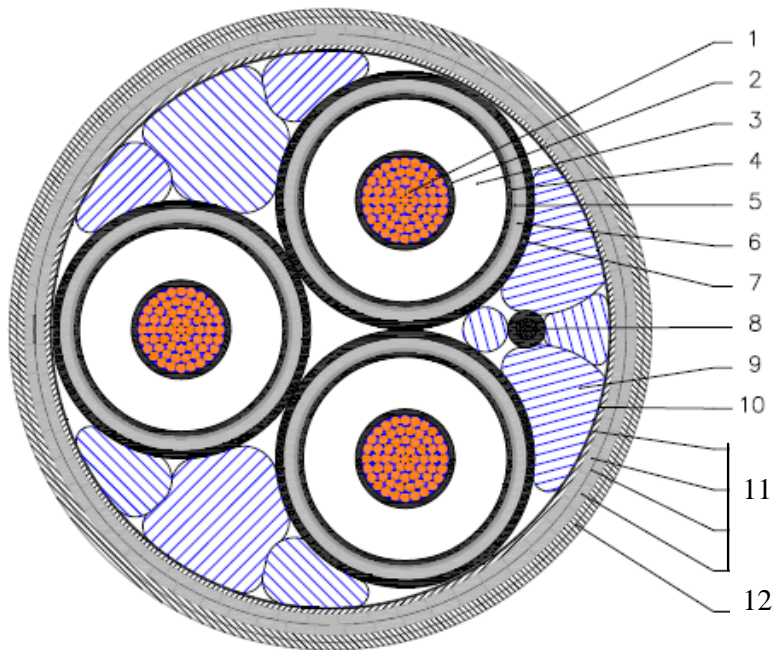
Illustrations

Moyens maritimes et exemples de réalisations





Exemple de câble tripolaire à courant alternatif 225 kV



1	Ame (cuivre, circulaire, non segmentée)
2	Semi conducteur interne
3	Isolant principal (PR)
4	Semi conducteur externe
5	Matelas interne (étanchéité longitudinale)
6	Ecran métallique (plomb)
7	Gaine PE (généralement semi-conductrice)
8	Fibre optique
9	Bouillage (PP)
10	Matelas armure
11	Armure de protection (acier galvanisé) Brins plats ou circulaires
12	Revêtement externe (Fibres PP+bitume)

Poids : 100 à 120 kg / mètre

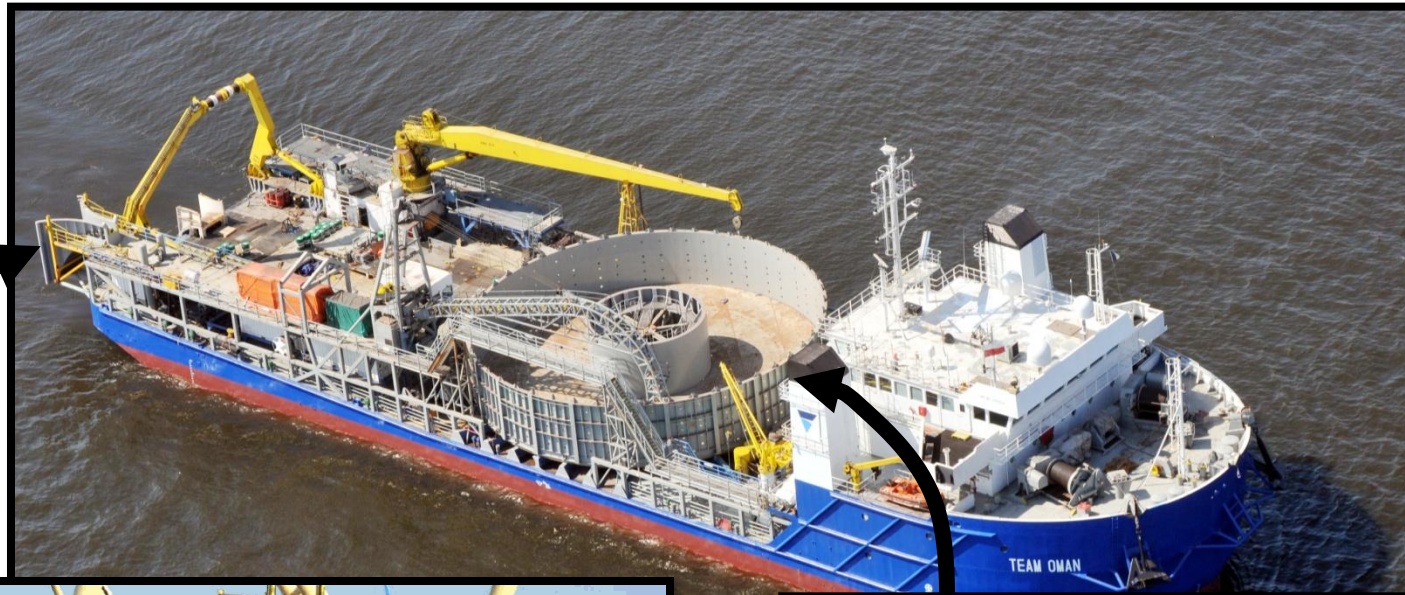
Moyens de pose des câbles en mer

Navire Câblé



Barge

Moyens de pose des câbles en mer

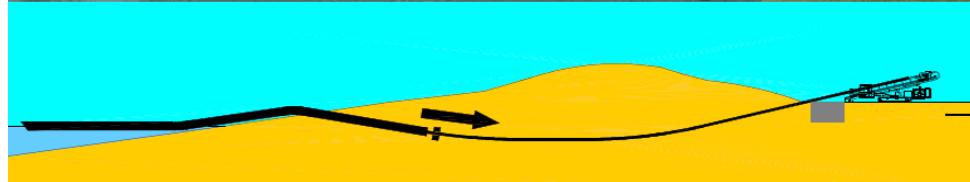


Pose du câble

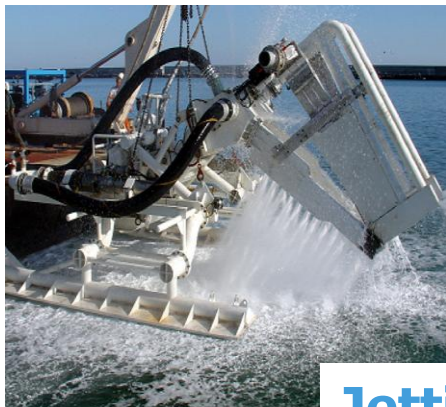


Stockage du câble

Pose des câbles sous marins : l'atterrage



Principaux modes d'ensouillage au fond de la mer



Jetting



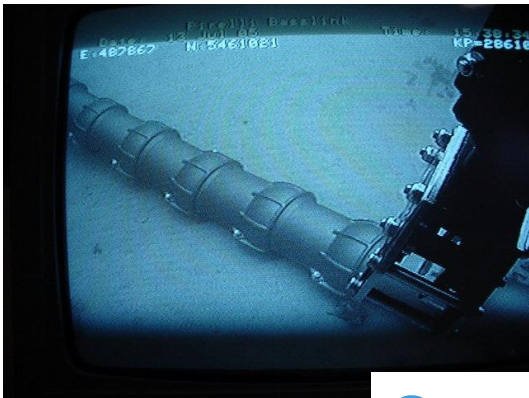
Tranchage



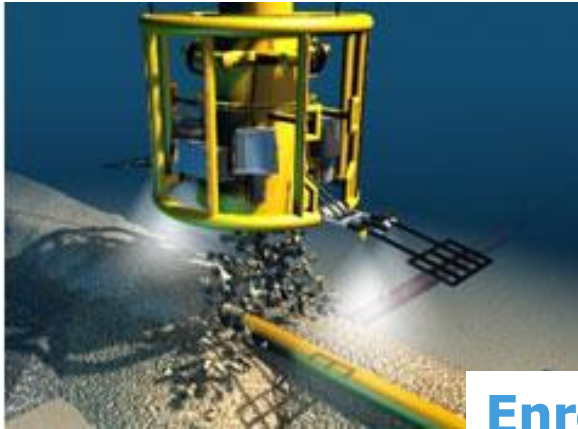
Charruage



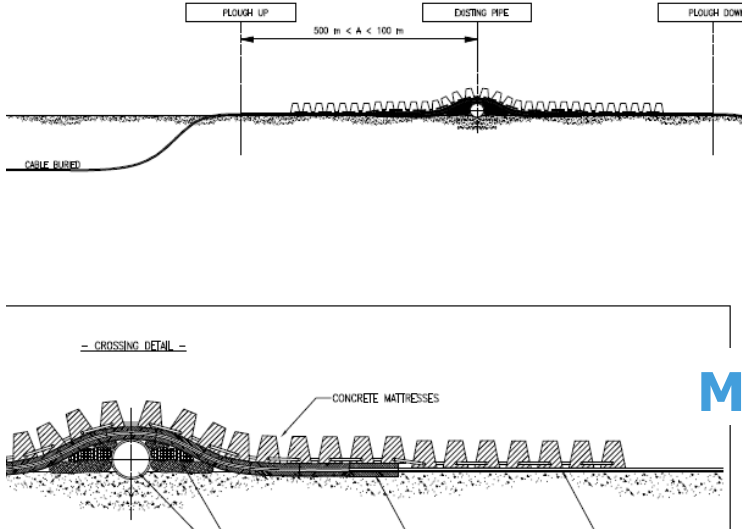
Autres modes de protection



Coquilles



Enrochement



Matelas



Merci de votre attention ...

