



Projet de parc éolien en mer au large  
de Courseulles-sur-Mer

Synthèse d'étude relative à la  
protection des câbles

## Sommaire

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE .....</b>	<b>4</b>
CONFIGURATION DU PARC EOLIEN EN MER DE COURSEULLES-SUR-MER.....	4
<b>2. IDENTIFICATION DES RISQUES.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MOYENS DE PROTECTION DES CABLES .....</b>	<b>6</b>
3.1. CONSTITUTION DES CABLES.....	6
3.2. L'INSTALLATION DES CABLES.....	7
3.3. CONTROLE ET ENTRETIEN DES CABLES DE L'INSTALLATION AU COURS DE LA DUREE DE VIE DU PARC.....	8

## Liste des figures

<i>FIGURE 1 : SCHEMA D'IMPLANTATION DES CABLES SOUS-MARINS DU PARC EOLIEN EN MER DE COURSEULLES-SUR-MER.....</i>	<i>4</i>
<i>FIGURE 2 : RECENSEMENT DES RISQUES ET CONDITIONS PARTICULIERES D'IMPLANTATION ASSOCIEES.....</i>	<i>5</i>
<i>FIGURE 3 : ILLUSTRATION D'UN CABLE SOUS-MARIN INTER-EOLIENNES – SOURCE : DRAKA, 2011 .....</i>	<i>6</i>

## **PREAMBULE**

En avril 2012, la société Éolien Maritime France (EMF) - consortium regroupant les sociétés EDF EN France et DONG Energy Power - a été autorisée à exploiter un parc éolien localisé sur le domaine public maritime au large de Courseulles-sur-Mer. Cette autorisation fait suite à la désignation de la société EMF comme lauréat de l'appel d'offres lancé par l'État pour l'installation de parcs éoliens au large des côtes françaises. En partenariat avec wpd Offshore, EMF a créé la société de projet « Éoliennes Offshore du Calvados » pour la réalisation du projet.

Dans le cadre du débat public sur ce projet qui se tient du 20 mars au 20 juillet 2013, la société Éoliennes Offshore du Calvados souhaite mettre à disposition de tous, les synthèses de certaines études réalisées depuis l'origine du projet.

Cette synthèse d'étude relative à la protection des câbles réalisée par EDF Energies Nouvelles a été menée en 2011 selon les données disponibles et la configuration du projet à ce moment. Ainsi, cette synthèse repose sur les données disponibles au moment de la rédaction de l'étude. Les conclusions sont donc amenées à évoluer en fonction des modifications apportées au projet depuis la réalisation de cette étude.

## 1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

Pour acheminer la production électrique d'un parc éolien en mer, un réseau électrique inter-éoliennes doit être aménagé pour relier électriquement les éoliennes entre elles, puis à un unique poste de livraison en mer par l'intermédiaire de câbles sous-marins. La liaison d'export, composée de 2 câbles et destinée à rapatrier l'énergie produite par la centrale éolienne en mer vers la terre, ne sera pas évoquée ici car sa construction ne relève pas de la responsabilité du maître d'ouvrage mais sera dimensionnée, approvisionnée et installée par le gestionnaire du réseau de transport d'électricité (RTE).

L'implantation des câbles électriques d'un parc éolien en mer et leurs caractéristiques mécaniques propres doivent permettre de garantir une protection optimale contre les agressions potentielles (engins de pêche, ancres, courants...) et d'assurer la sécurité des usagers (notamment les pêcheurs professionnels) en évitant les éventuels accrochages.

### Configuration du parc éolien en mer de Courseulles-sur-Mer

La configuration du projet de parc éolien en mer de Courseulles-sur-Mer prévoit 75 éoliennes (d'une puissance unitaire de 6MW), réparties en 7 lignes différentes et espacées de 950 mètres. Les éoliennes d'une même ligne sont connectées entre elles par des câbles électriques inter-éoliennes d'une tension de 33 kV, orientées suivant l'axe principal des courants (100°).

Ces câbles sont reliés au poste de livraison par grappes. Chaque grappe comprend 5 à 6 éoliennes compte tenu de la capacité maximale des câbles et de la tension de sortie de l'éolienne (33 kV).

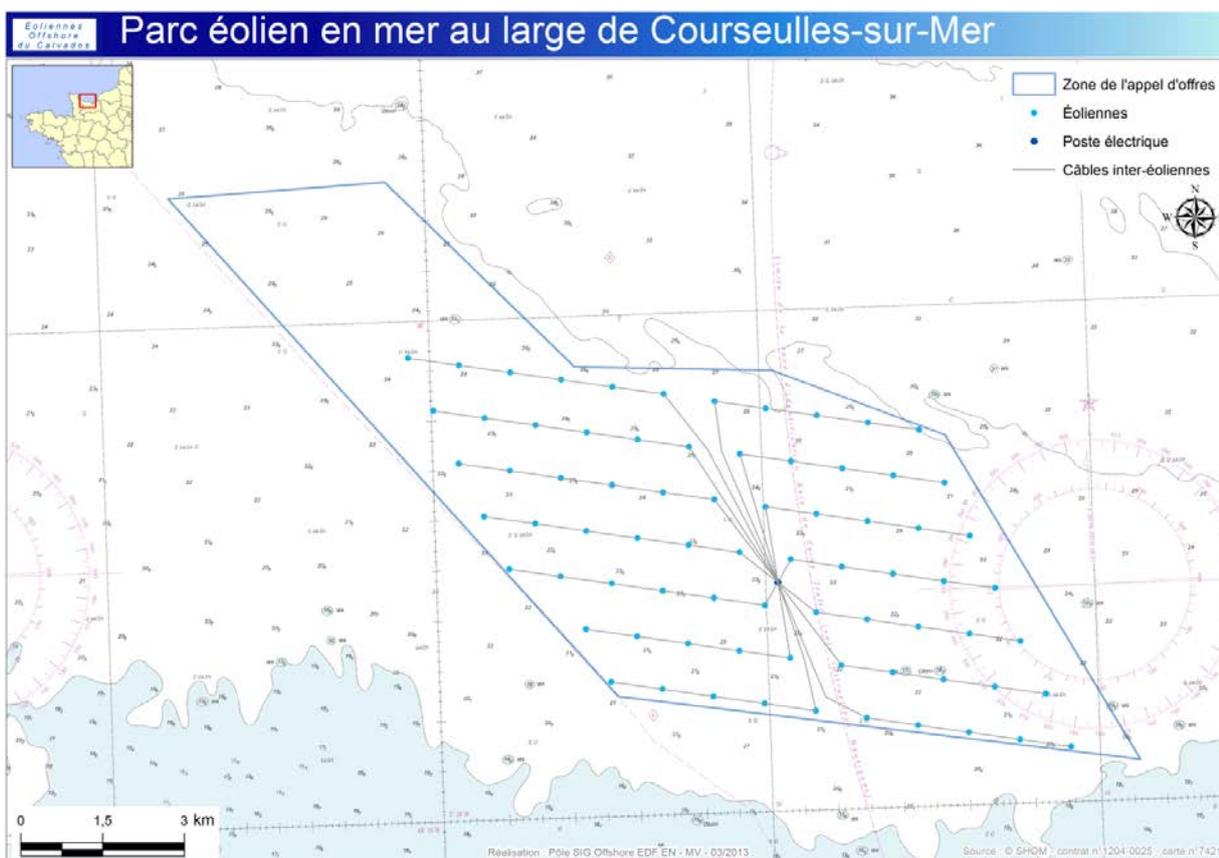


Figure 1 : Schéma d'implantation des câbles sous-marins du parc éolien en mer de Courseulles-sur-Mer

## 2. IDENTIFICATION DES RISQUES

Les câbles qui s'étendent le long de la fondation de chaque éolienne sont protégés par des tubes en acier appelés J-tubes. A la sortie de ces tubes, les câbles sont protégés jusqu'au sol, soit par une gaine flexible, soit par une technique appelée « rock-dumping » (protection par des roches qui recouvrent le câble) jusqu'à la profondeur d'ensouillage<sup>1</sup>.

Les résultats de l'étude des risques auxquels sont exposés les câbles permettent de définir les conditions particulières d'implantation de ces liaisons (tracé et niveau de protection), pour minimiser ces risques. Les caractéristiques des fonds marins influencent le choix des méthodes de protection qui seront utilisées.

Le tableau ci-dessous présente les différents risques qui peuvent apparaître, leur origine et les moyens de prévenir ces risques :

Agressions potentielles	Risques pour les câbles	Conditions d'implantations mise en œuvre
<b>Pêche</b>	Endommagement par chute d'engins, tirage ou arrachage des câbles	- Agencement des câbles en minimisant la traversée des couloirs de pêche - Protection des câbles contre les engins de pêche - Disposition des câbles suivant les lignes de courant
<b>Ancrage</b>	Endommagement par chute d'ancres, tirage ou arrachage des câbles	- Placement des câbles en dehors des voies de navigation - Protection des câbles contre les ancres
<b>Construction et maintenance du parc éolien</b>	Écrasement par les jambes des plateformes autoélévatrices <sup>2</sup> ou par chute d'objet accidentelle	- Agencement des câbles à proximité des fondations en dehors des zones réservées à la l'installation et la maintenance - Protection en sortie de J-tubes.
<b>Épaves, mines, affleurement rocheux imposant...</b>	Endommagement ou blocage des engins de pose	Contournement ou éventuellement retrait des objets indésirables
<b>Effets des courants marins et des vagues</b>	Abrasion (déplacement du câble), fatigue des câbles	Conception d'une armure du câble appropriée ou protection extérieure ou ensouillage
<b>Érosion et mobilité des sédiments</b>	Mise à nu éventuelle des câbles ensouillés	- Contournement des zones d'érosion identifiées - Protection supplémentaire - Ensouillage en surprofondeur - Disposition des câbles suivant les lignes de courant

Figure 2 : Recensement des risques et conditions particulières d'implantation associées

<sup>1</sup> Action qui consiste à enfouir les câbles électriques dans les sédiments marins.

<sup>2</sup> Pour assurer la stabilité des plateformes d'installation pendant la phase de chantier en mer, ces plateformes sont équipées de jambes, qui se posent sur le fond marin et permettent d'élever la plateforme au-dessus du niveau de la mer.

### 3. MOYENS DE PROTECTION DES CABLES

---

#### 3.1. CONSTITUTION DES CABLES

Chaque câble est constitué de trois conducteurs en cuivre, chacun gainé par un matériau hautement isolant, le polyéthylène réticulé, permettant une utilisation jusqu'à un niveau de tension de 36 kV. Une armure extérieure constituée notamment d'une tresse en acier galvanisé, servant à protéger le câble, regroupe les trois conducteurs et un faisceau de fibres optiques pour former un câble d'un seul tenant. Les fibres optiques permettent de créer un réseau de communication entre les éoliennes et le poste de livraison.

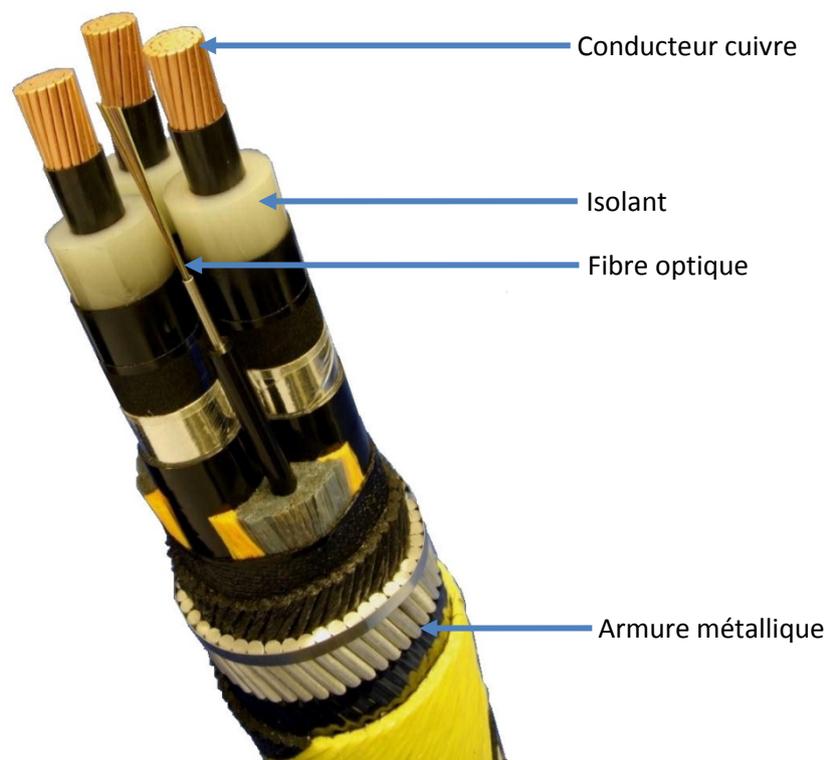


Figure 3 : Illustration d'un câble sous-marin inter-éoliennes – Source : Draka, 2011

La dimension des câbles utilisés dépendra du nombre d'éoliennes qu'ils doivent relier et du matériau sélectionné pour le conducteur. Une première série d'études géophysiques et géotechniques réalisée en 2011, et qui doit être complétée par une seconde, a permis d'établir le dimensionnement préliminaire des câbles. Il prévoit d'utiliser deux sections différentes de conducteur, 240 mm<sup>2</sup> Cu ou 400 mm<sup>2</sup> Al d'une part et 630 mm<sup>2</sup> Cu d'autre part, ce qui correspond à un diamètre extérieur du câble compris entre 11cm et 15cm et pour un poids de 20 à 40 kg par mètre environ.

Les câbles utilisés seront certifiés et dimensionnés selon les normes et réglementations en vigueur, dont les principales sont les suivantes :

- la norme IEC 60502-2 : Câbles d'énergie à isolant extrudé et leurs accessoires pour des tensions assignées de 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) à 30 kV ( $U_m = 36$  kV)
- la norme IEC 60228 : Âmes des câbles isolés
- la norme IEC 60287 : Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent

## 3.2. L'INSTALLATION DES CABLES

### Description du scénario de base

Sur la base de la connaissance actuelle du site, l'ensouillage des câbles électriques sur le site de Courseulles-sur-Mer devrait nécessiter quatre méthodes d'installation différentes. Ces méthodes dépendent du type de sol rencontré, qui peut varier au sein de la zone d'implantation du parc éolien.

- **Sol calcaire**

Une partie du site présente un substrat calcaire affleurant ou sub-affleurant qui requiert un type d'outil d'ensouillage spécifique. Une trancheuse mécanique à chenille serait a priori la méthode d'ensouillage la plus adaptée pour ces conditions de sol.

- **Surface recouverte de graviers**

Une autre partie du site est recouverte de graviers et de galets. Ce type de couverture sédimentaire rend assez délicate la réalisation des opérations d'ensouillage, les outils courants d'ensouillage étant inefficaces dans cette configuration. L'utilisation d'une charrue en « V » pour réaliser un pré-tranchage pourrait être envisageable à l'avenir.

Les conditions hydro-sédimentaires du site pourraient également nécessiter le passage d'un système hydro-jet (communément appelé « jetting machine »), pour nettoyer la tranchée avant d'y dérouler le câble au fond. Le passage d'une autre charrue afin de reboucher la tranchée pourrait également être nécessaire.

- **Surface recouverte par une couche de sable conséquente**

La présence de ce type de sol n'a pas encore été observée lors des reconnaissances géophysique et géotechnique préliminaire sur le site de Courseulles-sur-Mer.

Néanmoins, dans le cas probable de cette configuration, les câbles pourraient être ensouillés grâce à des systèmes hydro-jet.

- **Autre(s) configuration(s) de sol**

Les résultats des études réalisées à ce jour font apparaître que le site de Courseulles-sur-Mer est relativement hétérogène dans les premiers mètres du fond marin et présente parfois des combinaisons de plusieurs types de sols, représentant toutes des contraintes différentes pour l'ensouillage. Dans ces cas, la seule alternative sera alors de les protéger par enrochement<sup>1</sup>. Les dimensions du cordon d'enrochement ne sont pas connues à ce jour.

### Description des scénarii alternatifs

Les outils et méthodes suivants pourraient être utilisés comme alternatives au scénario de base, en fonction des types de sol rencontrés.

---

<sup>1</sup> Entassement de roches posées au fond de l'eau ou dans un terrain mouvant pour servir de fondations ou de protection et empêcher les affouillements.

- **Sol calcaire**

Si une trancheuse mécanique ne parvient pas à ensouiller les câbles, la seule alternative sera alors de les protéger par de l'enrochement. Les dimensions du cordon d'enrochement ne sont pas connues à ce jour.

- **Surface recouverte de graviers**

Si l'option décrite plus haut s'avérait impossible à réaliser les deux alternatives suivantes pourraient également permettre d'enfourer les câbles dans ce types de sols (mais entraînent néanmoins des contraintes opérationnelles) :

- l'utilisation d'une vibro-charrue (pose et ensouillage simultanés) peut également être envisagée
- Enfin, un outil appelé « Injecteur vertical » pourrait également être une possibilité pour réaliser l'ensouillage des câbles à la place de la solution de pré-tranchage

- **Surface recouverte par une couche de sable importante**

Les alternatives pour ce type de sol seraient:

- L'utilisation d'une charrue en « V » pour réaliser un pré-tranchage. Les conditions hydro-sédimentaires du site pourraient également nécessiter le passage d'un système hydro jet pour nettoyer la tranchée avant d'y dérouler le câble au fond. Le passage d'une autre charrue afin de reboucher la tranchée peut également être nécessaire.
- Un outil appelé « Injecteur vertical » pourrait également être une possibilité pour réaliser l'ensouillage des câbles inter éoliens à la place de la solution en pré tranchage.

### 3.3. CONTROLE ET ENTRETIEN DES CABLES DE L'INSTALLATION AU COURS DE LA DUREE DE VIE DU PARC

Les câbles ne nécessitent normalement pas d'entretien puisqu'ils sont installés et fixés dans le sol avec le niveau de protection nécessaire pendant toute la durée d'exploitation du parc éolien.

Néanmoins, une vérification de la profondeur d'ensouillage et de l'efficacité des protections externes sera menée régulièrement afin de s'assurer que les câbles restent bien protégés et en place.

Dans le cas où un câble n'aurait plus le niveau de protection nécessaire, une action corrective pourra consister à ré-ensouiller le câble à une profondeur supplémentaire à l'aide d'un engin sous-marin télécommandé si la couverture sédimentaire le permet, ou bien de poser de nouvelles protections au-dessus des câbles.