Dossier d'information sur le raccordement CM1

Commissions nautiques

Table des matières

Liste des tableaux 3

Liste des figures 3

I. LOCALISATION DES OUVRAGES EN MER 4

I.2 Localisation de la plateforme en mer 4

I.2 Localisation de la liaison sous-marine en courant continu 5

I.3 Localisation de la jonction d'atterrage 6

II. DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU RACCORDEMENT CM1 7

II.1 DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER 7

II.1.1 Caractéristiques de la superstructure de la plateforme électrique en mer 7

II.1.2 Caractéristiques de la sous-structure de la plateforme électrique en mer 8

II.1.3 Description des systèmes de balisages en mer 10

II.2 DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA LIAISON SOUS-MARINE EN COURANT CONTINU 12

III. MODALITES DE TRAVAUX DE CONSTRUCTION DES INSTALLATIONS ET OUVRAGES DU RACCORDEMENT CM1 14

III.1 OPERATION D'INSTALLATION DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER 14

III.1.1 Opérations d'installation de la protection anti-affouillement de la plateforme électrique en mer 15

III.1.2 Transports 15

III.1.3 Installation de la sous-structure (Jacket) 16

III.1.4 Installation des pieux 16

III.1.5 Installation de la superstructure 20

III.2 TRAVAUX DE POSE DE LA LIAISON SOUS-MARINE 22

III.2.1 Ecartement entre les câbles 22

III.2.2 Organisation du chantier 23

III.2.3 Travaux de protection par ensouillage 25

III.2.4 Travaux de protection externe 28

III.2.5 Scénario probable pour le raccordement CM1 29

III.3 TRAVAUX DE POSE DES CABLES SOUS-MARINS AU NIVEAU DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER 31

III.4 TRAVAUX D'INSTALLATION DES OUVRAGES A L'ATTERRAGE 33

III.4.1 Travaux avec un passage en sous-œuvre 33

III.4.2 Travaux avec un passage en tranchée et en sous-œuvre 36

III.4.3 Travaux de la jonction d'atterrage 37

IV. DESCRIPTION DE LA PHASE D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE DU RACCORDEMENT CM1 38
IV.1 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER 38
IV.1.1 Surveillance de l'ouvrage 38
IV.1.2 Maintenance préventive 39
IV.1.3 Maintenance curative..... 40
IV.2 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE LA LIAISON SOUS-MARINE 41
IV.2.1 Maintenance préventive 41
IV.2.2 Maintenance curative..... 41
V. MODALITES DE DEMANTELEMENT ET DE REMISE EN ETAT DU SITE 43
V.1 CONTEXTE JURIDIQUE 43
V.2 DEMANTELEMENT DES PLATEFORMES ELECTRIQUES EN MER..... 44
V.3 DEMANTELEMENT DE LA LIAISON ELECTRIQUE SOUS-MARINE 45
VI. PLANNING DU PROJET DE RACCORDEMENT CM1 46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées de la zone d'implantation de la plateforme électrique en mer 4
Tableau 2: Numéro de parcelle concernée par la jonction d'atterrage 6
Tableau 3 : Dimensions et caractéristiques de la plateforme électrique en mer 9
Tableau 4 : Dimensions et caractéristiques de la liaison sous-marine..... 13

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'implantation de la plateforme électrique en mer 4
Figure 2 : Zone dans laquelle sera installée de la liaison sous-marine 5
Figure 3 : Localisation de la parcelle d'installation de la jonction d'atterrage 6
Figure 4 : Exemple de plateforme électrique en mer. Source : RTE..... 8
Figure 5 : Schéma de principe d'un câble sous-marin unipolaire. Source : RTE 12
Figure 6 : Exemple de transports de pieux et de la sous-structure sur une barge. Source : DNV 15
Figure 7: Installation des pieux à travers la sous-structure a : grue de levage et barge de transport des pieux, b : sous-structure posée et pieux installés, c : zoom sur un pieux dans la sous-structure, d : exemple de battage d'un pieu. Source : RTE..... 19
Figure 8: Exemple d'installation d'une superstructure. Source : RTE 20
Figure 9: Schématisation des options de pose de la liaison sous-marine..... 23
Figure 10 : Exemple d'opération de transfert de câble du navire de transport vers un navire câblier. Source : RTE - chantier de Saint-Nazaire 24
Figure 11 : Charrue. Source : RTE 25
Figure 12: Engin d'injection d'eau. Source : RTE 26
Figure 13: Trancheuse mécanique à roue. Source : RTE 27
Figure 14: Exemple d'outil pour ensouillage à grande profondeur – Vertical Injector « Moonfish ». Source : RTE..... 27
Figure 15: Représentation de la méthode d'insufflation d'eau à forte pression. Source : RTE 28
Figure 16 : Photo d'une pose d'un matelas béton sur un câble sous-marin. Source : RTE..... 29
Figure 17: Représentation d'une jonction type Oméga – Source : RTE 30
Figure 18: Schéma d'installation de la liaison sous-marine à proximité de la plateforme en mer (incluant le stockage temporaire des câbles sur le fond marin) – Source : RTE 31
Figure 19: Exemple de protections anti-affouillement des câbles aux pieds de la plateforme électrique en mer. Source : DNV 32
Figure 20: Etapes de réalisation d'un forage dirigé - source RTE..... 34
Figure 21: Exemple de plateforme jack-up pour assistance à forage 34
Figure 22 : Exemple de pelle excavatrice en zone de déferlement 37
Figure 23 : Principe d'opération de maintenance curative d'une liaison électrique en mer. Source : RTE..... 42
Figure 24: Planning de travaux du raccordement CM1..... 46

I. LOCALISATION DES OUVRAGES EN MER

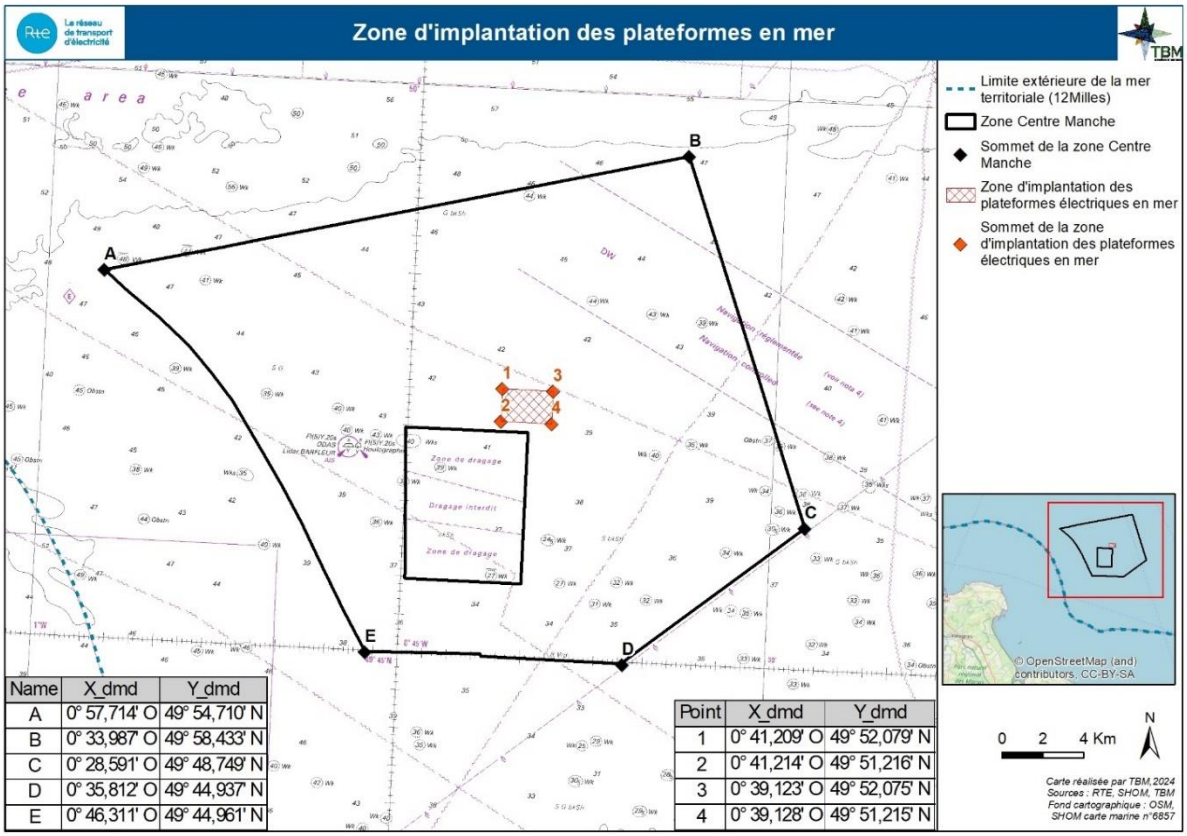
I.2 Localisation de la plateforme en mer

La plateforme électrique en mer du raccordement CM1 est située au sein d'une surface de 4 000 000 m² (400 ha) dont les coordonnées sont précisées ci-dessous.

TABLEAU 1 : COORDONNEES DE LA ZONE D'IMPLANTATION DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER

Point	*Latitude*	*Longitude*
1	49°52'4.764"N	0°41'12.556"W
2	49°51'12.960"N	0°41'12.818"W
3	49°52'4.476"N	0°39'7.369"W
4	49°51'12.888"N	0°39'7.664"W

L'emplacement précis de la plateforme électrique en mer du raccordement CM1 sera définie, au sein de cette zone d'implantation, en tenant compte des contraintes géologiques et des éventuels risques pyrotechniques.



Name	X_dmd	Y_dmd
A	0° 57,714' O	49° 54,710' N
B	0° 33,987' O	49° 58,433' N
C	0° 28,591' O	49° 48,749' N
D	0° 35,812' O	49° 44,937' N
E	0° 46,311' O	49° 44,961' N

Point	X_dmd	Y_dmd
1	0° 41,209' O	49° 52,079' N
2	0° 41,214' O	49° 51,216' N
3	0° 39,123' O	49° 52,075' N
4	0° 39,128' O	49° 51,215' N

FIGURE 1 : LOCALISATION DE LA ZONE D'IMPLANTATION DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER

I.2 Localisation de la liaison sous-marine en courant continu

La zone dans laquelle est installée la liaison sous-marine, d'une largeur moyenne de 400 m, s'étend de la plateforme électrique en mer à la jonction d'atterrage sur le littoral de la commune de Saint-Marcouf.

La liaison sous-marine traverse la Zone Economique Exclusive puis le Domaine Public Maritime de l'Etat pour un linéaire maximum de 75 km.

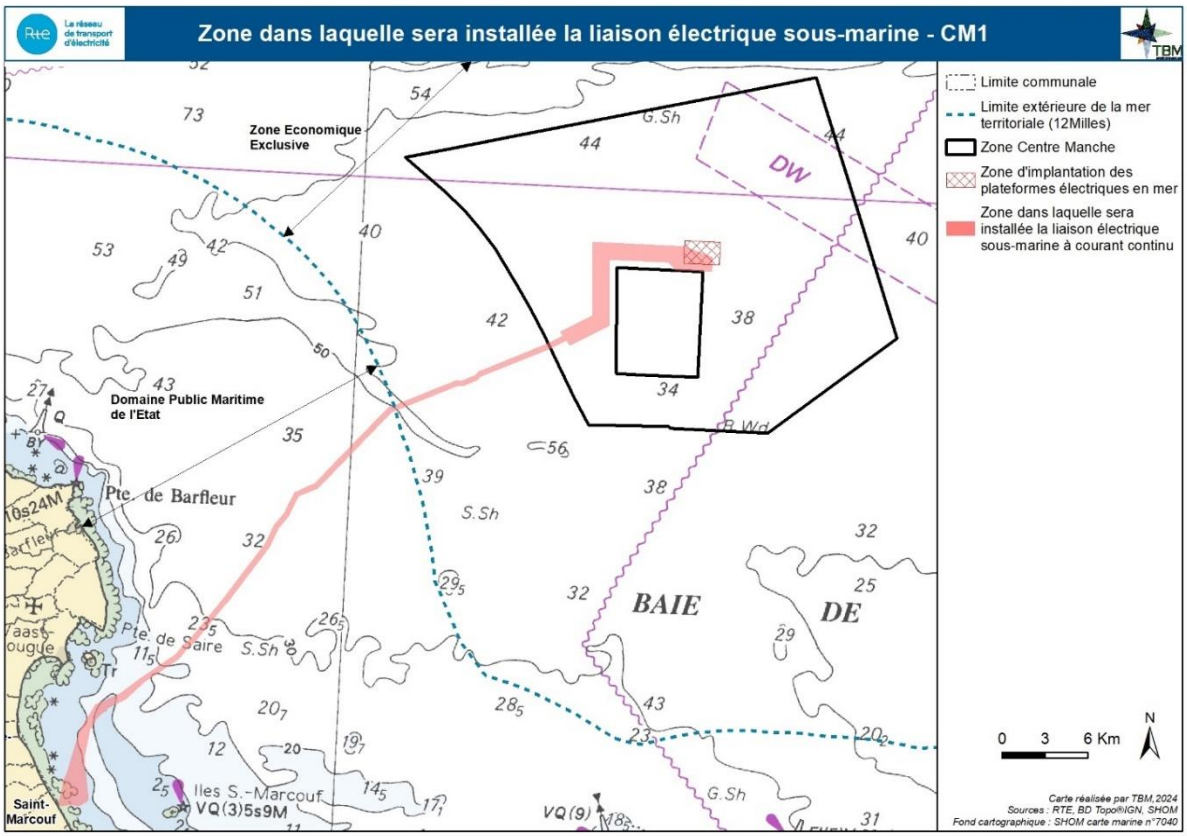


FIGURE 2 : ZONE DANS LAQUELLE SERA INSTALLEE DE LA LIAISON SOUS-MARINE

I.3 Localisation de la jonction d'atterrage

La jonction d'atterrage est positionnée sur le littoral de la commune de Saint-Marcouf (50). Les coordonnées cadastrales de la parcelle concernée sont les suivantes :

TABLEAU 2: NUMERO DE PARCELLE CONCERNEE PAR LA JONCTION D'ATTERRAGE

N° des parcelle cadastrale
Section AD / N°68

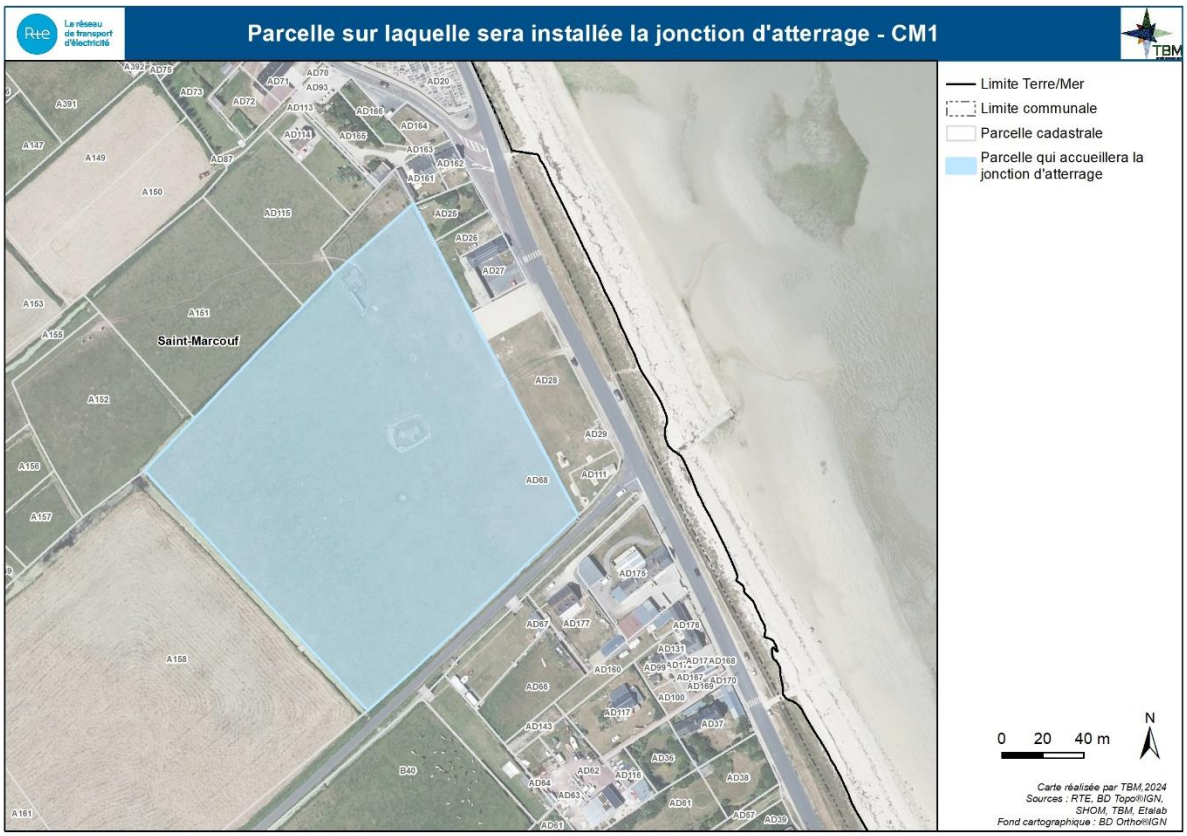


FIGURE 3 : LOCALISATION DE LA PARCELLE D'INSTALLATION DE LA JONCTION D'ATTERRAGE

II. DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU RACCORDEMENT CM1

Le raccordement CM1 se compose :

- d'une plateforme électrique en mer ;
- d'une liaison sous-marine en courant continu ;
- d'une jonction d'atterrage ;
- d'une liaison souterraine en courant continu ;
- d'une station de conversion à terre ;
- d'une liaison souterraine en courant alternatif.

II.1 DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER

La plateforme comprend une station de conversion et un poste électrique, et est composée :

- d'une superstructure émergée ;
- d'une sous-structure en partie immergée.

La structure de la plateforme en mer sera composée :

II.1.1 Caractéristiques de la superstructure de la plateforme électrique en mer

La superstructure, émergée, présente les caractéristiques maximales suivantes : 63 mètres de largeur, 103 mètres de longueur et de 45 mètres de hauteur, hors installations disposées sur le pont supérieur telles que mâts de télécommunication, grues principales, plateforme hélicoptère, quartier d'habitation.

La superstructure est posée sur la sous-structure à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau des plus basses eaux.

FIGURE 4 : EXEMPLE DE PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER. SOURCE : RTE

Elle est composée de plusieurs étages fermés pour les installations électriques : d'une part, le poste électrique permettant le raccordement des câbles inter-éoliennes et l'élévation de la tension à 400 000 Volts ; d'autre part, la station de conversion qui permet de transformer le courant alternatif 400 000 Volts en courant continu 320 000 Volts, ainsi que pour les salles de contrôle et services auxiliaires, de zones de stockage, de vestiaires et sanitaires.

Le pont supérieur accueille les grues principales, les mâts de communication de l'ordre d'une vingtaine de mètres de hauteur, un hélideck, et un quartier de vie pour 48 personnes. Il n'y a pas de personnel à demeure, elle est occupée ponctuellement lors d'opérations de maintenance.

Par ailleurs, la plateforme électrique en mer est équipée d'un système de protection incendie (systèmes automatiques d'extinction) afin d'assurer la sécurité du personnel, et celle des matériels et des infrastructures. Elle est également équipée de réservoirs permettant de collecter les effluents.

La superstructure présente une masse de l'ordre de 16 000 tonnes.

II.1.2 Caractéristiques de la sous-structure de la plateforme électrique en mer

La sous-structure, de type jacket, présente les caractéristiques maximales suivantes : une emprise de 90 mètres par 60 mètres de côté sur le fond marin, et une hauteur totale de 70 mètres (soit une partie immergée d'environ 50 mètres de hauteur, et une partie émergée d'environ 20 mètres de hauteur).

Cette sous-structure est ancrée dans le fond marin à l'aide de 16 pieux métalliques. Chaque pieu a un diamètre maximal de 3,5 mètres et une longueur maximale d'enfoncement de 70 mètres dans le sol marin.

La sous-structure supporte les dispositifs suivants :

- des structures d'accostage et d'accès à la plateforme supérieure (deux prévues à ce stade). Les zones de refuge sont positionnées sur la superstructure ;

- trois séries de J-tubes ayant pour rôle de protéger et de guider les câbles depuis la plateforme électrique jusqu'au fond marin, soit :
    - une première série de 12 J-tubes pour les câbles inter-éoliennes ;
    - une seconde série 3 J-tubes pour les câbles de la liaison électrique sous-marine (2 câbles de puissance et un câble optique) ;
    - une troisième série de 3 J-tubes de réserve.

- un système de protection cathodique contre la corrosion de la partie immergée de la sous-structure composée d'anodes sacrificielles. La masse totale d'anodes sacrificielles pour la durée d'exploitation de la plateforme électrique en mer est de 550 tonnes au maximum. Les anodes, réparties sur toute la partie immergée de la sous-structure, sont composées d'environ 95% d'aluminium et 5% de zinc.

La sous-structure métallique est dimensionnée pour pouvoir supporter le poids de la superstructure et les contraintes mécaniques environnementales locales : vagues, courant, vent…

Pour éviter le phénomène d'affouillement du sol conduisant à ce que les câbles se retrouvent en suspension libre à la sortie des J-tubes et à leur endommagement, une protection anti-affouillement est installée au niveau de l'emprise au sol de la sous-structure pour stabiliser le fond marin, susceptible de s'éroder. Cette protection, d'une surface de plus 8 000 m2, est constituée d'une à deux couches de roches superposées d'une épaisseur totale entre 0,70 et 1 m.

Les dimensions et caractéristiques de la plateforme électrique en mer sont les suivantes.

TABLEAU 3 : DIMENSIONS ET CARACTERISTIQUES DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER

Caractéristiques	***Valeur***
SUPERSTRUCTURE	
Longueur et largeur	103 m X 63 m
Hauteur	45 m (hors mât télécom, helideck et grue notamment)
SOUS STRUCTURE DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER	
Type de fondation	Jacket
Emprise sur les fonds marins	90 m X 60 m
Hauteur immergée	50 m
Hauteur émergée	20 m
Nombre de pieu	Inf. ou égal à 16
Diamètre des pieux	Inf. ou égal à 3.5 m
Longueur des pieux dans les fonds marins	Inf. ou égal à 70 m
PROTECTION ANTI-AFFOUILLEMENT	
Matériaux	Roche
Epaisseur	1 m
Surface	8 000 m^2
Protection contre la corrosion	550 tonnes maximum d'anodes sacrificielles

II.1.3 Description des systèmes de balisages en mer

La plateforme électrique en mer représente un obstacle potentiel à la navigation maritime et aérienne. L'identification de cet obstacle par tous les usagers de la mer et des airs doit être facilité au moyen d'un balisage et d'une signalisation appropriés et conformes à la réglementation. Le balisage présenté est élaboré au regard de la réglementation actuellement en vigueur.

BALISAGE A L'USAGE DE LA NAVIGATION MARITIME

En ce qui concerne le balisage à l'usage de la navigation maritime, il convient de mentionner les règles de droit interne (décret n° 2017-1653 relatif à la signalisation maritime et arrêté ministériel du 30 novembre 2017 portant définition du système de balisage maritime et de son référentiel nautique et technique) qui renvoient aux règles de l'AISM et qui imposent des contraintes de balisage à la plateforme électrique en mer.

Ce référentiel définit notamment les dimensions, formes, couleurs du balisage et caractères des signaux lumineux ou électromagnétiques à mettre en place.

La base de la plateforme électrique en mer est peinte en jaune (RAL 1003 ou équivalent) depuis le niveau des plus hautes marées astronomiques jusqu'à 15 mètres au-dessus de ce niveau. Cette teinte a vocation à être bien visible par les navires présents aux abords immédiats de la plateforme en mer.

La plateforme électrique en mer est également identifiée par des panneaux d'identification affichant un code composé de lettres ou des chiffres noirs sur fond jaune visibles de toutes les directions de jour comme de nuit.

Le balisage lumineux dépend du plan de signalisation maritime des parcs éoliens qui caractériseront la plateforme, à savoir soit :

- en tant que structure au sein de parcs éoliens en mer. Le balisage maritime suit alors le plan de signalisation maritime mis en place pour les parcs éoliens. Il est défini en tenant compte des lignes fictives reliant les différentes composantes (éoliennes, poste électrique en mer) implantées en limite des parcs éoliens. Ces composantes sont dites structures périphériques significatives (SPS) pour celles qui constituent les extrémités ou points remarquables du contour des parcs (angles par exemple), et structures périphériques intermédiaires (SPI) pour celles qui ne sont pas des SPS, mais qui s'intercalent entre deux SPS à des intervalles n'excédant pas 2 milles nautiques. La distance entre deux SPS successives n'excède pas 3 milles nautiques. Le balisage maritime de ces structures (SPS et SPI) est le suivant :

o pour les Structures Périphériques Significatives (SPS), il est composé de feux jaunes rythmés et synchronisés entre eux d'une portée d'au moins 5 milles nautiques (MN), visibles depuis toutes les directions ;

o pour les Structures Périphériques Intermédiaires (SPI), il est composé de feux jaunes rythmés et synchronisés entre eux d'une portée d'au moins 2 milles nautiques, visibles depuis toutes les directions.

- en tant que « Transformateur de champ éolien / poste de transformation (excentré d'un champ) ». Le balisage maritime est composé d'un feu blanc, rythmé suivant la lettre Morse « U » (• • —) avec une période maximale de 15 secondes, une portée de 10 milles nautiques et visible de toutes les directions.

Le plan de signalisation maritime de la plateforme en mer est soumis à l'avis de la Grande Commission Nautique avant approbation par la Préfecture Maritime. Les dispositifs de signalisation sont ensuite portés sur les documents nautiques et signalés par les moyens réglementaires de diffusion de l'information nautique.

BALISAGE A L'USAGE DE LA NAVIGATION AERIENNE

En ce qui concerne le balisage à l'usage de la navigation aérienne, il convient de tenir compte des dispositions combinées des articles R. 6352-2 du code des transports et de l'arrêté ministériel du 25 juillet 1990 relatif aux installations dont l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation. Ces textes imposent des contraintes aux installations dépassant une certaine hauteur à partir du niveau de l'eau (une hauteur de référence de 80 mètres est notamment fixée hors agglomération).

S'agissant d'un obstacle massif et au vu de la hauteur de la plateforme électrique en mer, l'arrêté du 25 juillet 1990 ne prescrit pas de balisage diurne ou nocturne spécifique de la plateforme.

L'utilisation du gris clair est ainsi prévue pour la superstructure (RAL 7035 à titre d'exemple).

Pour les obstacles minces que sont les deux grues principales et le mat telecom situés au sommet de la plateforme, il est prévu :

- du balisage diurne par bandes de couleur alternées et contrastantes ;
- du balisage nocturne par feux d'obstacle de moyenne intensité de type B ;

Concernant la plateforme hélicoptère, il est prévu un marquage composé des éléments suivants :

- marque "H" ;
- marque nominative ;
- marque de masse maximale admissible ;
- marque de délimitation d'aire de prise de contact et d'envol ;
- marque de positionnement ;
- un balisage lumineux composé de :
- feux de délimitation de l'aire de prise de contact et d'envol ;
- projecteurs d'aire de prise de contact et d'envol ;
- feux d'éclairage de l'indicateur de vent ;
- phare d'hélistation.

II.2 DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA LIAISON SOUS-MARINE EN COURANT CONTINU

La liaison électrique sous-marine se compose de deux câbles conducteurs : un câble pour le pôle +320 000 Volts et un câble pour le pôle -320 000 Volts. Elle est accompagnée d'un câble optique pour les besoins de communications de la plateforme en mer, et pour la détection de défaut.

Chaque câble conducteur, d'un diamètre de 15 cm, est composé d'une partie centrale en cuivre (l'âme) enveloppée dans plusieurs couches isolantes et couches protectrices métalliques (l'armure).

Le câble optique d'un diamètre extérieur de 3 à 4 cm comprend 96 fibres optiques ceintes d'une gaine protectrice armurée.

Les particularités du câble marin sont :

- la composition de l'écran : écran plomb pour une bonne souplesse pour la pose ;
- la présence de l'armure en brins d'acier galvanisé qui permet de protéger le câble des abrasions et agressions extérieures (ancres, chaluts…) et lui confère les propriétés mécaniques nécessaires à son installation.

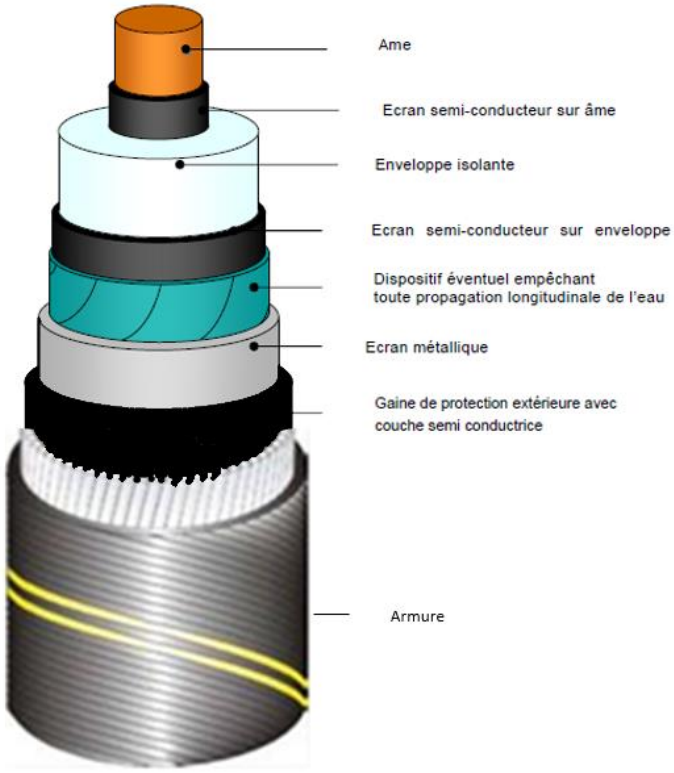


FIGURE 5 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UN CABLE SOUS-MARIN UNIPOLAIRE. SOURCE : RTE

Les dimensions et caractéristiques de la liaison sous-marine figurent dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 4 : DIMENSIONS ET CARACTERISTIQUES DE LA LIAISON SOUS-MARINE

Caractéristiques	***Valeur***
Longueur	75 km
Nombre de câbles	2 câbles conducteur et 1 câble de fibre optique
Tension des câbles	+ /-320kV
Diamètre d'un câble	15 cm (câble conducteur) / 4 cm (fibre optique)

III. MODALITES DE TRAVAUX DE CONSTRUCTION DES INSTALLATIONS ET OUVRAGES DU RACCORDEMENT CM1

En amont du chantier, des travaux préparatoires sont réalisés en mer :

- levés de confirmation :

S'il est nécessaire de confirmer certains résultats des études, des campagnes de levés géophysiques et géotechniques complémentaires peuvent être menées 1 à 2 ans avant le démarrage des travaux par les entreprises mandatées par le contractant câblier ou le contractant de la plateforme en mer. Ces levés peuvent inclure des investigations pour confirmer la présence d'engins pyrotechniques (par exemple : des inspections visuelles par plongeur ou par véhicule sous-marin téléguidé). Pour vérifier la présence de munitions non explosées, les opérations ont lieu mois de 6 mois avant le début des travaux. En cas de présence d'une munition dans l'emprise des travaux ne pouvant être évitée, des opérations de déminage ou déplacement sont réalisées par la Marine Nationale.

- opérations de déblaiement d'obstacles :

Afin d'assurer l'absence d'objets pouvant gêner la pose des ouvrages, des opérations de déblaiement sont réalisées dans des couloirs de quinze mètres de large pour la liaison électrique sous-marine et sur l'emprise de la protection anti-affouillement de la plateforme électrique en mer. Le déblaiement d'obstacles est effectué à l'aide d'un grappin tiré dans les fonds. Des grappins peuvent également être utilisés pour soulever et déplacer des obstacles (par exemple : des rochers) en dehors des couloirs de pose des câbles sous-marins et de la zone de la plateforme en mer.

III.1 OPERATION D'INSTALLATION DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER

La superstructure, la sous-structure et ses pieux sont construits ou préassemblés dans des usines situées à proximité de ports, avant d'être acheminés en mer pour y être installés.

L'installation des plateformes électriques en mer se compose des étapes suivantes, dont la chronologie de réalisation peut varier selon le mode opératoire retenu par l'entreprise chargée des travaux :

- installation de la protection anti-affouillement ;
- transport de la superstructure, de la sous-structure et des pieux. Le transport des ouvrages est réalisé à l'aide d'une barge jusqu'à l'emplacement de la zone d'installation ;
- installation de la sous-structure. La sous-structure est posée sur les fonds marins à l'aide d'un navire à grue ;
- installation des pieux. Après la mise en place des pieux avec un outil de levage, ils sont enfoncés par battage et/ou vibrofonçage jusqu'à atteindre la profondeur cible ;
- installation de la superstructure sur la sous-structure. Des travaux finaux sont réalisés dans la superstructure puis des essais avant la mise en service.

III.1.1 Opérations d’installation de la protection anti-affouillement de la plateforme électrique en mer

La protection anti-affouillement consiste en l’installation d’enrochements sur une zone nivelée de 8 000 m2 au droit de la plateforme électrique en mer.

Elle est constituée d’une à deux couches d’enrochements, qui sont mises en place en une ou plusieurs étapes, avant et/ou après l’installation des pieux et/ou de la sous-structure. Compte tenu du volume de roches à installer, le navire de pose de roches travaille sur une durée cumulée de 7 jours pour placer les roches sur le fond marin. Cette durée ne tient pas compte du retour éventuel à la carrière ou au port pour charger de nouvelles roches, ni des aléas météorologiques.

III.1.2 Transports

Les composants de la plateforme électrique en mer (superstructure, sous-structure, pieux), sont fixés et transportés sur une ou plusieurs barges éventuellement déplacées par des remorqueurs depuis le chantier de construction vers le site d’implantation en mer où ils sont ensuite installés par un navire de levage.

FIGURE 6 : EXEMPLE DE TRANSPORTS DE PIEUX ET DE LA SOUS-STRUCTURE SUR UNE BARGE. SOURCE : DNV

La durée du transport dépend de l'emplacement du ou des chantier(s) de fabrication des composants par rapport au site d’implantation en mer. Les temps d'arrêt dus aux intempéries peuvent également augmenter la durée d’acheminement.

III.1.3 Installation de la sous-structure (Jacket)

La sous-structure est transportée sur site de façon horizontale ou verticale sur la barge, puis posée sur les fonds marins à l'aide d'un navire à grue.

Les opérations de levage et de pose prennent quelques jours une fois que le navire et la barge sont sur le site d'installation. Ces durées sont dépendantes des conditions météorologiques.

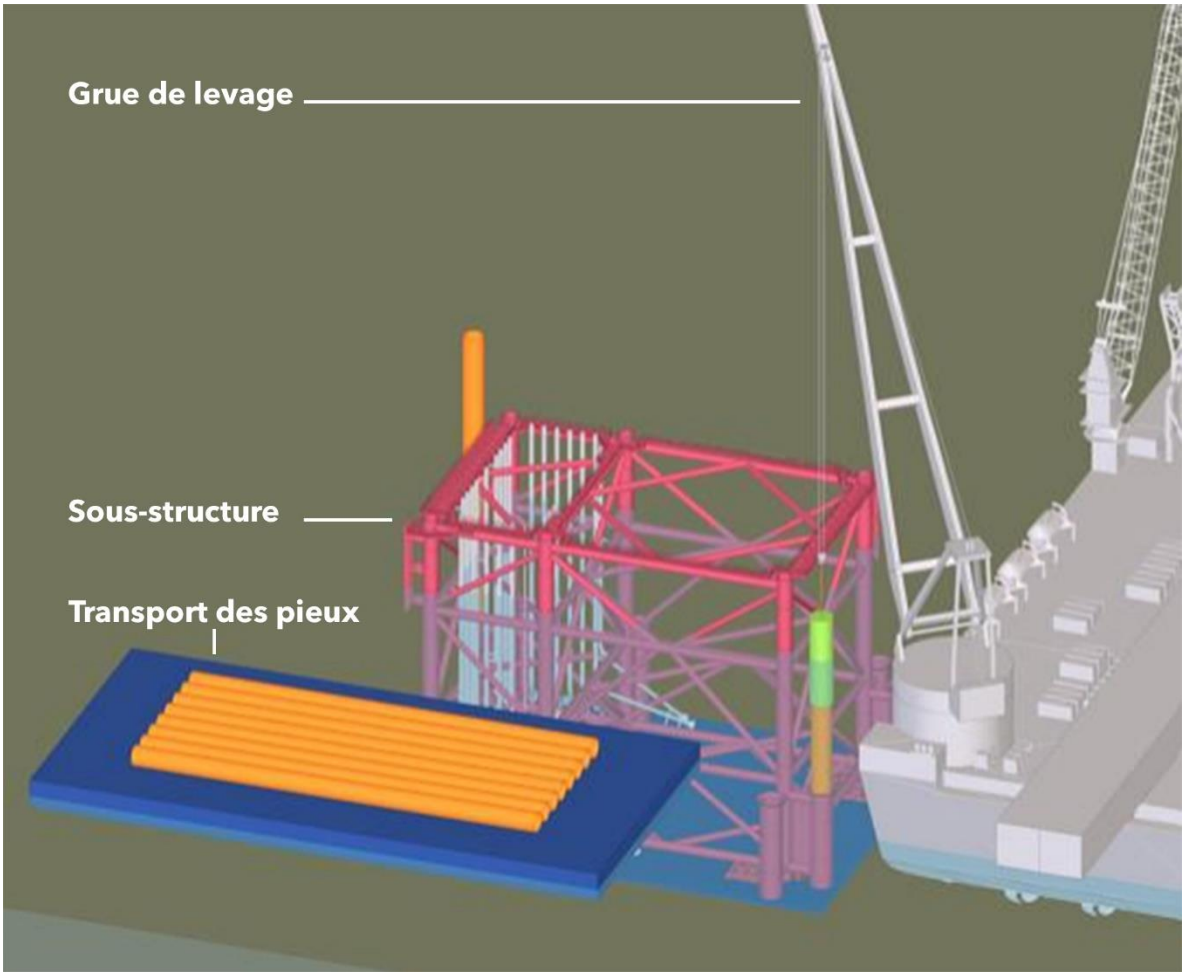
III.1.4 Installation des pieux

La sous-structure de la plateforme électrique en mer peut être conçue avec des guides extérieurs accolés à sa base, impliquant la mise en place de la sous-structure en amont de l'installation des pieux.

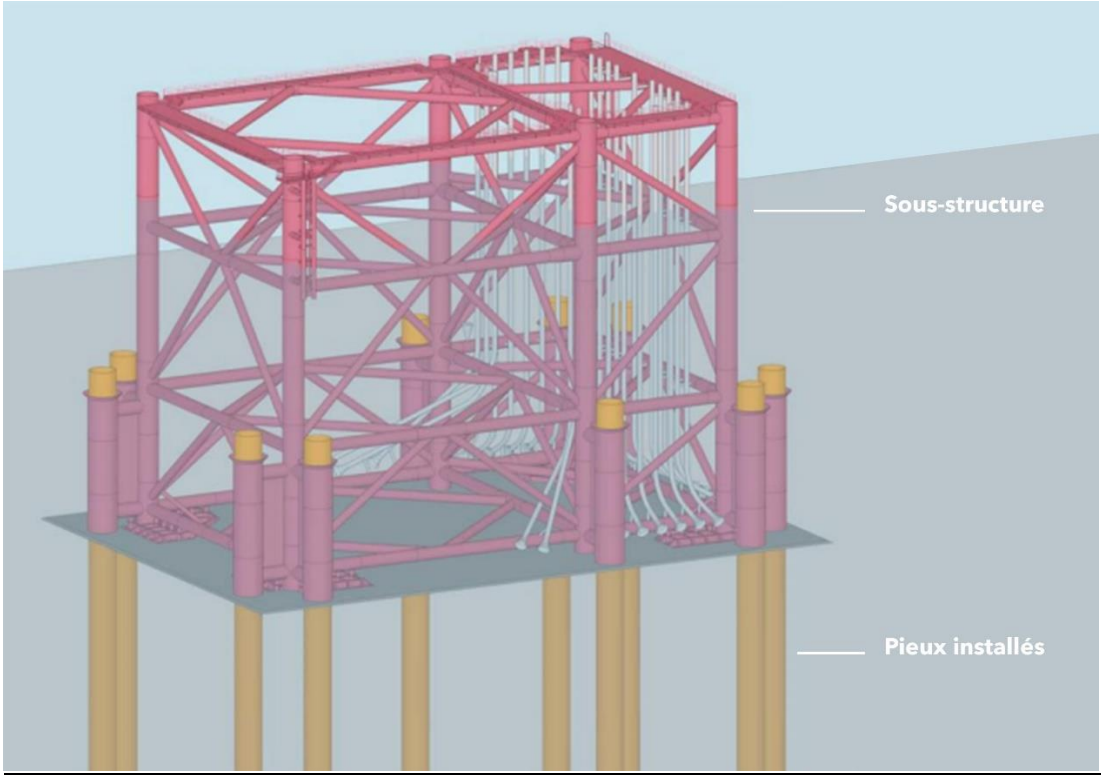
Une fois la sous-structure posée et stabilisée sur le fond marin, l'insertion des pieux à travers les jambes ou les guides extérieurs peut commencer.

Les pieux sont soulevés depuis la barge à l'aide d'un outil de levage fixé à la grue principale.

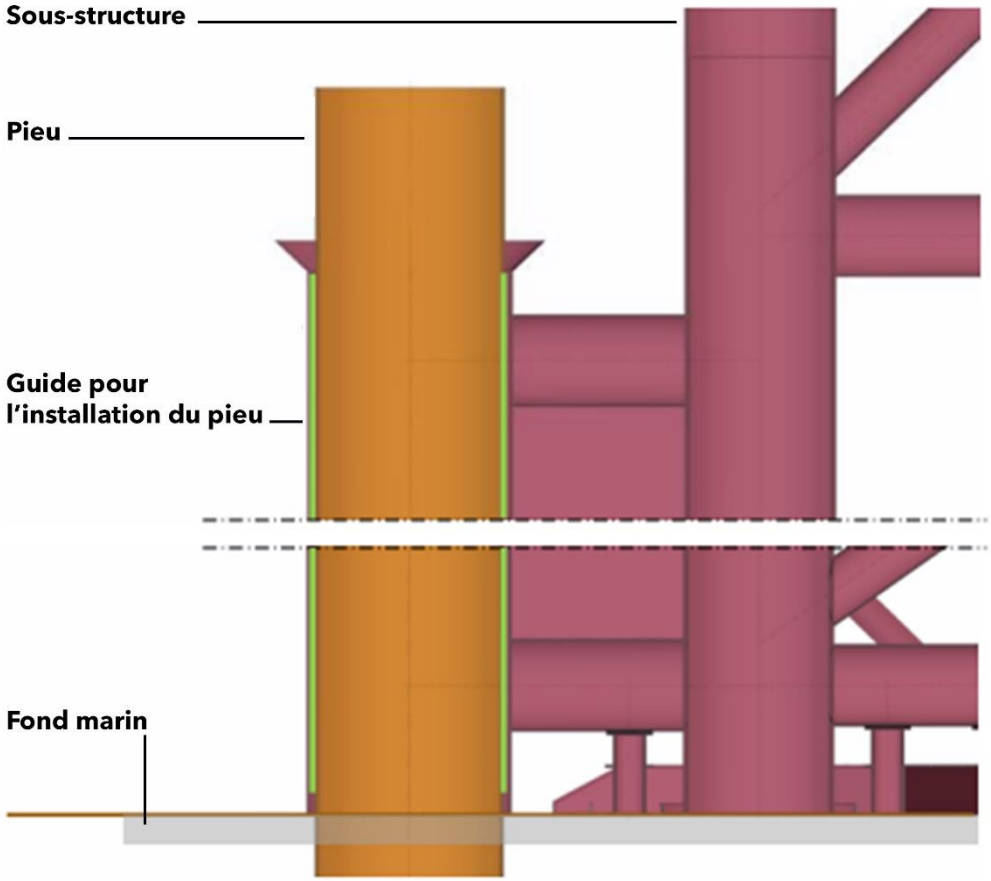
Grue de levage et barge de transport des pieux :



Sous-structure posée et pieux installés :



Zoom sur un pieux dans la sous-structure :



Exemple de battage d'un pieu :

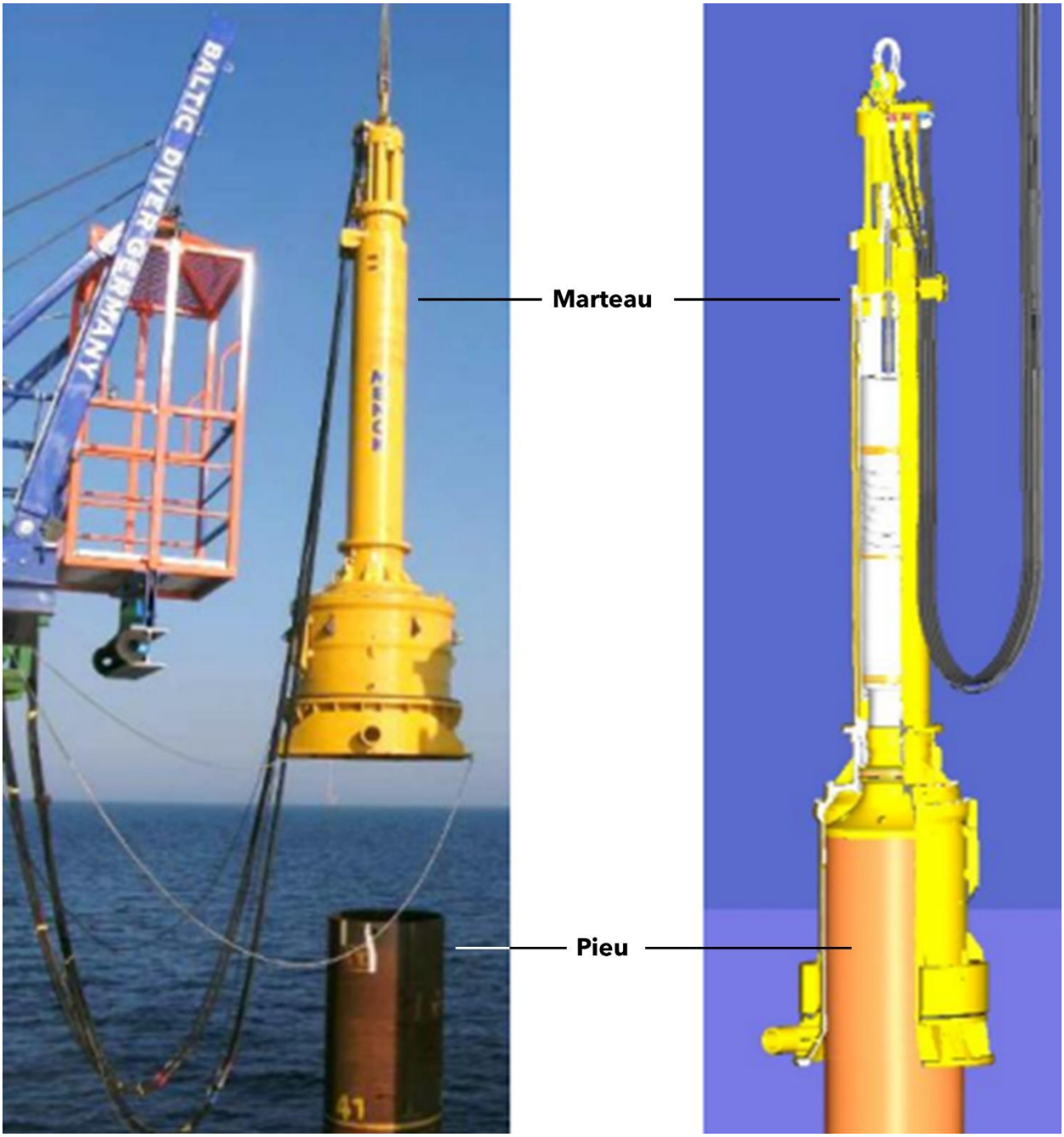


FIGURE 7: INSTALLATION DES PIEUX A TRAVERS LA SOUS-STRUCTURE A : GRUE DE LEVAGE ET BARGE DE TRANSPORT DES PIEUX, B : SOUS-STRUCTURE POSEE ET PIEUX INSTALLES, C : ZOOM SUR UN PIEUX DANS LA SOUS-STRUCTURE, D : EXEMPLE DE BATTAGE D'UN PIEU. SOURCE : RTE

Une fois que les pieux sont en place, l'outil de levage est retiré et un dispositif (marteau hydraulique ou vibro-marteau) est fixé à la grue pour enfoncer les pieux par battage, ou par une solution mixte incluant le vibrofonçage puis battage, jusqu'à la profondeur cible dans le fond marin.

Le choix de la solution est défini en amont des travaux en lien avec l'entreprise en charge de l'installation de la plateforme électrique en mer.

Les deux solutions (battage ou solution mixte) sont à l'étude dans la suite de l'étude d'impact, et constituent une caractéristique variable discrète.

Une fois la profondeur cible atteinte, une connexion est réalisée entre le pieu et la jambe d'enveloppe ou entre le pieu et le guide extérieur avec du mortier (volume maximum cumulé de 500 m3 pour les pieux).

Dans le cas des pieux traversant des guides extérieurs aux pieds des jambes, la longueur des pieux au-dessus des guides extérieurs est coupée. Les pièces métalliques coupées sont retirées, placées dans la barge et recyclées à terre.

Le levage, la mise en place et l'enfoncement des pieux dure en cumulé 7 jours. La mise en place d'un pieu dure environ 4 heures, à raison de 60 coups par minute au maximum avec la technique de battage. Un seul pieu est installé à la fois (pas de mise en place de pieux de la plateforme électrique en mer de manière simultanée).

La connexion entre la sous-structure et les pieux ainsi que leur coupe prennent quelques jours.

Ces durées sont dépendantes des conditions météorologiques.

III.1.5 Installation de la superstructure

L'installation de la superstructure peut être réalisée en la levant puis en la posant sur la sous-structure, ou par dépose directe sur la sous-structure (sans levage).

Cette opération est réalisée à l'aide de navires-grue flottants, de barges ou navires de pose. Afin d'assurer leur connexion, la superstructure et la sous-structure sont soudées.

FIGURE 8: EXEMPLE D'INSTALLATION D'UNE SUPERSTRUCTURE. SOURCE : RTE

Le repositionnement, le levage et la mise en place de la superstructure prennent quelques jours. Le sablage et la peinture sont achevés au niveau des points de contact entre la superstructure et la sous-structure une fois la superstructure soudée, ce qui prend quelques semaines. Ces opérations sont localisées sur des surfaces réduites.

Ensuite, les travaux sont localisés à l'intérieur de la superstructure pour finaliser les opérations de raccordement puis procéder aux essais et à la mise en service.

Afin de faciliter les travaux dans la plateforme en mer, il peut être envisagé de déployer un moyen nautique du type barge jack-up par exemple pour servir de base vie à proximité immédiate de la plateforme. Sinon, des allers retours réguliers avec des petits navires de transfert de personnel ont lieu depuis la terre jusqu'à la plateforme.

III.2 TRAVAUX DE POSE DE LA LIAISON SOUS-MARINE

III.2.1 Ecartement entre les câbles

Les câbles seront posés de manière jointive (type « bundle ») dans une seule tranchée sur la majeure partie du tracé.

Selon la capacité de stockage du navire câblier :

- soit la liaison sous-marine est installée sans jonction : dans ce cas, de l'atterrage à la plateforme en mer, les deux câbles et la fibre optique sont réunis en un seul paquet sécurisé par une gaine et appelé « bundle ».

- soit la liaison est installée avec une jonction en mer, localisée aux alentours de 10/12 km de la côte. Cette solution technique peut avoir localement une emprise au sol plus importante à l'endroit de la jonction si la protection de la jonction se fait par protection externe. Elle pourrait, cependant permettre d'optimiser la durée des travaux en décorrélant les opérations de la zone proche de la côte (de faible profondeur), de la zone plus éloignée de la côte (avec des profondeurs d'eau plus importantes).

Ces deux méthodes de pose des câbles (avec ou sans jonction en mer) constituent une caractéristique variable discrète.

A l'approche de la plateforme en mer, le « bundle » de câbles est dissocié sur les 500 derniers mètres afin de permettre un tirage de chaque câble indépendamment. Il est possible que cette longueur de câbles soit temporairement stockée sur le fond marin avant d'être connectée à la plateforme.

La figure suivante représente ces situations, ainsi que les options d'atterrage qui sont décrites au chapitre V.4).

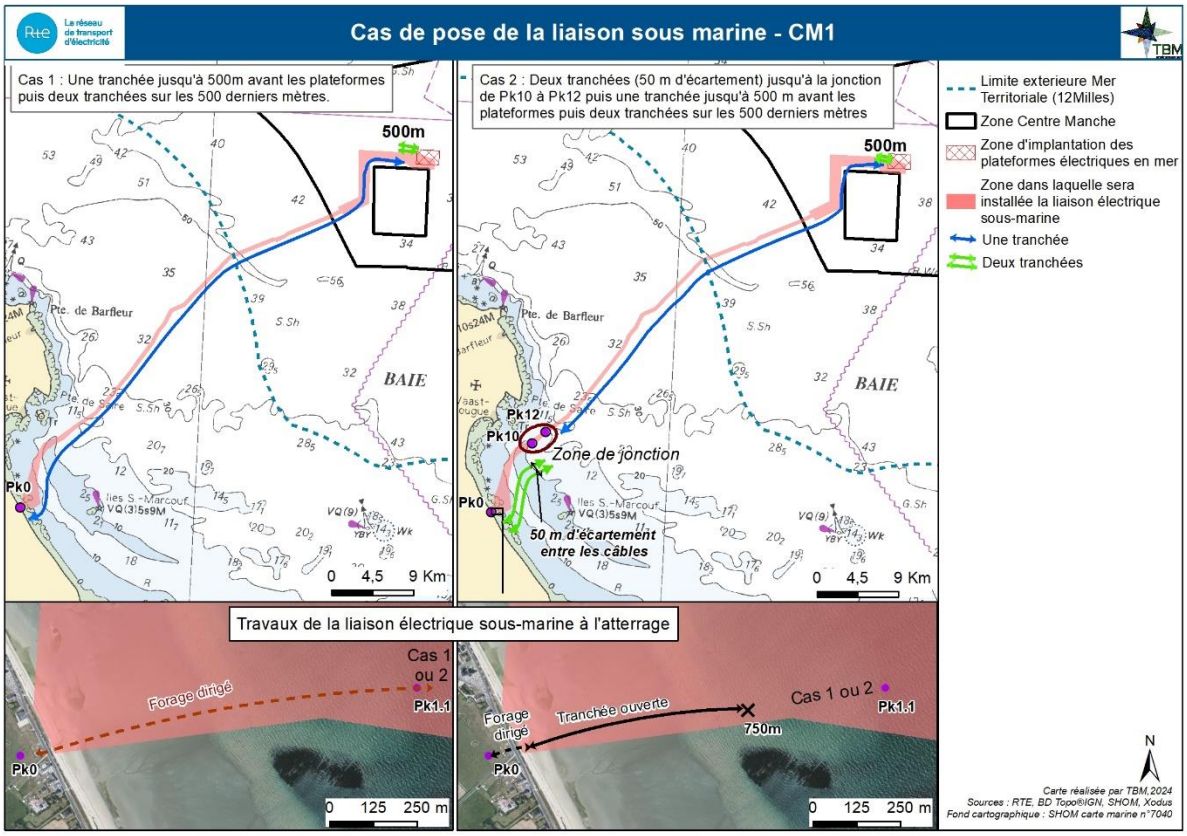


FIGURE 9: SCHEMATISATION DES OPTIONS DE POSE DE LA LIAISON SOUS-MARINE

III.2.2 Organisation du chantier

L'installation de la liaison électrique sous-marine comprend les étapes suivantes :

- transport puis pose des câbles incluant le tirage des câbles jusqu'à la jonction d'atterrage ;
- travaux de protection des câbles par ensouillage ou protection externe le cas échéant ;
- travaux de raccordement des câbles à la plateforme électrique en mer (éventuellement après une période de stockage en mer).

Comme pour la plateforme, la durée de ces opérations dépend des conditions météorologiques. A titre indicatif, les durées peuvent être les suivantes :

- travaux génie civil à l'atterrage : de 7 à 12 mois ;
- travaux préparatoires et surveys en mer : de 8 à 12 mois
- installation des câbles en mer : de 9 à 12 mois ; puis hypothèse de 6 mois à 1 an de « stockage en mer » avant de pouvoir les raccorder à la plateforme ;
- travaux de raccordement des câbles à la plateforme : de 2 à 3 mois.

Les câbles sont transportés par voie maritime depuis l'usine de fabrication jusqu'à la zone d'installation des câbles soit par le navire câblier qui réalisera également la pose soit par un autre navire et sont ensuite transférés sur un navire ou une barge de pose en vue de leur installation.

FIGURE 10 : EXEMPLE D'OPERATION DE TRANSFERT DE CABLE DU NAVIRE DE TRANSPORT VERS UN NAVIRE CABLIER. SOURCE : RTE - CHANTIER DE SAINT-NAZAIRE

Le moyen de pose doit assurer un positionnement précis des câbles tout en étant adapté à la bathymétrie de la zone. Dans les zones de faibles profondeurs d'eau (par exemple à proximité de l'atterrage), le moyen de pose peut une barge utilisant un système d'ancres papillonnantes pour se stabiliser et se déplacer. Les ancres sont placées puis déplacées à l'aide de remorqueurs, à des distances de plusieurs centaines de mètres autour de la barge. Selon les moyens disponibles, l'installateur peut également utiliser un navire avec un système de positionnement dynamique et d'un plus grand tirant d'eau. Pour ce faire, il faut prendre en compte les marées afin de planifier l'accessibilité du navire le long du tracé. Il est également possible d'avoir recours à un navire pouvant basculer entre un déplacement par ancres et un déplacement par positionnement dynamique.

Le moyen de pose peut opérer en continu, 24h/24, ce qui permet d'optimiser le travail sur site et de minimiser l'incidence sur les autres activités du plan d'eau. Des navires de protection ont pour objectif de sécuriser la zone de travaux. Pour les changements d'équipage ou pour une opération particulière, des navires de transferts sont utilisés entre les ports et le chantier en mer.

Selon les capacités de fabrication des câbles en usine, leur installation peut être prévue en une ou deux périodes distinctes pouvant intervenir sur deux années consécutives.

En fonction des modes opératoires de l'installateur retenu par RTE, les opérations de protection par ensouillage des câbles peuvent être faites en même temps et par le même moyen de pose. Dans le cas contraire, les câbles sont posés sur le fond marin, puis une campagne ultérieure pour les travaux d'ensouillage est réalisée avec un moyen nautique dédié.

III.2.3 Travaux de protection par ensouillage

Après avoir été posés sur le fond ou dans une opération simultanée, les câbles sont ensouillés à une profondeur suffisante pour les protéger des agressions externes et pour se prémunir des mouvements hydrosédimentaires. En fonction de la nature des fonds marins et des moyens disponibles à la date du chantier, l'ensouillage peut être réalisé de différentes manières.

Le choix des moyens techniques est défini à l'approche des travaux avec l'entreprise en charge de l'installation des câbles, il constitue une caractéristique variable discrète.

Les différents moyens présentés ci-dessous (charruage, injection d'eau, tranchage, outils hybrides, outils à insufflation d'eau à forte pression) sont à l'étude dans la suite de l'étude d'impact, et constituent une caractéristique variable discrète.

III.2.3.1 Le Charruage

Le charruage est similaire à une charrue qui fend la terre. Le charruage utilise l'action tranchante d'un soc. Le sillon créé peut alors atteindre 1 mètre de large pour 1 à 3 mètres de profondeur. L'emprise au sol de la charrue peut être d'environ 6 mètres de largeur et sa vitesse de progression peut atteindre 300 m/h dans les sédiments meubles. Le sillon se referme par gravité ou nivellement par la charrue quasi simultanément.

Cette technique peut être directement mise en œuvre avec une charrue qui, tractée par le navire câblier, opère aussi bien la pose et l'ensouillage du câble (cas de la pose et protection simultanée).

FIGURE 11 : CHARRUE. SOURCE : RTE

III.2.3.2 L'injection d'eau

L'injection d'eau consiste à souffler des jets d'eau afin de creuser un sillon ou de fluidifier les sédiments, ce qui permet au câble de s'enfoncer dans le sol sous son propre poids. Le sillon mesure environ 0,5 mètre de large pour 1 mètre à 3 mètres de profondeur. L'emprise au sol est de 5 à 6 mètres de largeur et l'engin avance à vitesse variable en fonction de la nature du sol (entre 100 et 300 m/h).

Cette technique peut être directement mise en œuvre par une charrue à injection d'eau qui opère la pose et la protection de manière simultanée, tractée par le navire câblier ou au moyen d'un véhicule sous-marin téléguidé depuis un navire support dédié après déroulage du câble sur le fond marin.

FIGURE 12: ENGIN D'INJECTION D'EAU. SOURCE : RTE

III.2.3.3 Le tranchage

Le tranchage permet, avec une scie circulaire à roue ou à chaîne, de couper le sol sur environ 0,5 mètre de large pour une profondeur de 0,5 à 2,5 mètres.

L'emprise au sol des systèmes d'ensouillage par tranchage est de 10 mètres maximum. La vitesse d'avancement est comprise entre 50 et 300 m/h selon la nature des sols.

Cette technique requiert d'un navire dédié au déploiement de l'engin.

FIGURE 13: TRANCHEUSE MECANIQUE A ROUE. SOURCE : RTE

Cette technique est employée principalement sur des fonds durs.

III.2.3.4 Outils hybrides

Les outils hybrides outils combinent les techniques d'injection d'eau, charruage et/ou tranchage et permettent de manière simultanée de poser et d'ensouiller des câbles. À titre d'exemple, l'outil connu sous l'appellation « Vertical Injector » peut atteindre des profondeurs d'ensouillage jusqu'à une dizaine de mètres.

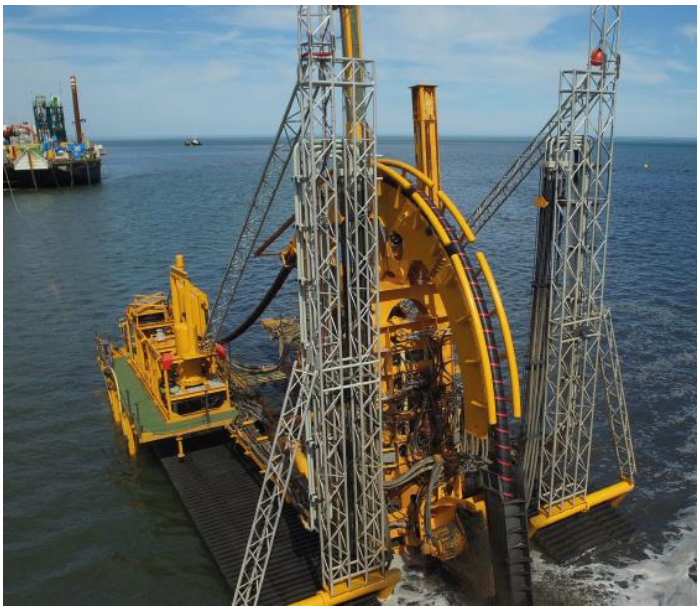


FIGURE 14: EXEMPLE D'OUTIL POUR ENSOUILLAGE A GRANDE PROFONDEUR – VERTICAL INJECTOR « MOONFISH ». SOURCE : RTE

III.2.3.5 Outils à insufflations d'eau à forte pression

Les outils excavant les sédiments par flux d'eau à forte pression peuvent être utilisés pour ensouiller des jonctions de câbles en mer, nettoyer l'entrée des J-tubes pour les remontées des câbles ou bien pour reprendre et approfondir l'ensouillage des câbles en cas de difficultés à atteindre la profondeur cible.

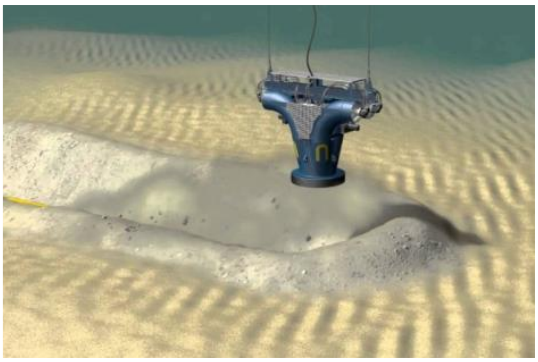


FIGURE 15: REPRESENTATION DE LA METHODE D'INSUFFLATION D'EAU A FORTE PRESSION. SOURCE : RTE

III.2.4 Travaux de protection externe

Dans le cas où la protection par ensouillage n'est pas possible (conditions de sol ponctuellement non adaptées, ou à l'arrivée à la plateforme électrique en mer), et qu'il est nécessaire d'assurer la protection des câbles par des moyens externes, les solutions par enrochement et/ou matelas en béton sont mises en œuvre.

Ces moyens de protections externes (enrochement, matelas béton) constituent une caractéristique variable discrète.

III.2.4.1 L'enrochement

L'enrochement consiste à créer un ouvrage de roches sur le câble à protéger d'une largeur de 15 m et d'une hauteur de 2 m.

L'enrochement est réalisé après la pose des câbles. Il requiert un navire dédié dont le choix dépend de la profondeur d'eau et de la nature des courants.

En moyenne, un navire d'enrochement peut déverser jusqu'à 5 000 tonnes de roches en 24 heures. Sachant que leur capacité de chargement se situe entre 10 000 et 30 000 tonnes, ces navires doivent effectuer des trajets de rechargement.

Compte-tenu des différences de vitesse entre le déroulage du câble et la mise en œuvre de l'enrochement, il peut s'écouler plusieurs semaines avant qu'une section de câble soit complètement protégée.

III.2.4.2 Matelas en béton

La dépose des matelas en béton réalisée après la pose des câbles. Elle requiert un navire dédié dont le choix dépend de la profondeur d'eau et de la nature des courants.

FIGURE 16 : PHOTO D'UNE POSE D'UN MATELAS BETON SUR UN CABLE SOUS-MARIN. SOURCE : RTE

Les matelas en béton sont directement déposés sur les câbles à partir d'engins de type grue.

Dans l'eau, selon les courants et profondeurs, la mise en place est accompagnée soit par des plongeurs, soit à l'aide d'un moyen mécanisé de type « véhicule téléguidé ».

Un matelas présente une longueur de 6 m, une largeur de 3 m et une hauteur de 0,3 m.

III.2.5 Scénario probable pour le raccordement CM1

Les résultats de l'étude de faisabilité d'ensouillage ont conduit à définir une profondeur d'ensouillage cible comprise entre 1 m et 2,5 m sous le niveau des fonds marins pour tenir compte de la mobilité des sédiments et des risques liés au trafic maritime et aux activités de pêche. Ces résultats préliminaires sont revus et ajustés par les câbliers lors de la préparation du chantier ou pour tenir compte de difficultés rencontrées durant le chantier.

D'apprès l'étude de faisabilité, les outils d'ensouillage recommandés sont :

- les outils hybrides injection d'eau/tranchage sur environ 25 km ;
- les outils hybrides injection d'eau/charrue sur environ 40 km.

Certaines portions du tracé sous-marin peuvent requérir en complément des protections externes pour atteindre le niveau de protection souhaité. Ces zones identifiées comme pouvant nécessiter des protections externes sont des zones où le sol est irrégulier, ce qui présente un risque de ne pas atteindre la profondeur d'ensouillage souhaitée.

Le linéaire cumulé maximum pour les protections externes est de 42 km. Les localisations approximatives sur le tracé sous-marin de ces portions sont présentées ci-dessous :

- point kilométrique 1.1-5 (avec potentiellement 2 tranchées) ;
- point kilométrique 8-33 (avec potentiellement 2 tranchées) ;
- point kilométrique 55-61.

A proximité du littoral, la liaison sous-marine est installée par la technique en sous-œuvre dont le point de sortie se situe à une distance de l'ordre de 750 m à 1150 m du trait de côte et à une profondeur maximale d'environ 30 m.

Aux alentours des points kilométriques 8 à 10, le linéaire traverse le « Banc de la Rade » où les profondeurs d'eau sont ponctuellement faibles, interdisant l'accès aux « gros » bateaux d'installation requis pour installer les deux câbles de la liaison.

Une solution envisagée est de scinder l'installation en deux parties au moyen d'une jonction :

- les 10 premiers kilomètres sont installés par un bateau de faible tirant d'eau ;
- les 55 kilomètres suivants sont installés par un bateau plus conséquent, là où la profondeur d'eau est suffisante (>10 m).

Les conséquences d'un tel choix seront :

- l'installation pour la partie de faible profondeur : les câbles seraient séparés d'une centaine de mètres, sur les 10 premiers kilomètres ;
- la présence de 2 jonctions en mer : emprise au sol de la forme de 2 joints Oméga, protégés par des protections externes.

Les deux schémas ci-dessous (non à l'échelle) décrivent cette emprise au sol avec 2 câbles (en mauve) + 1 fibre optique (en rouge).

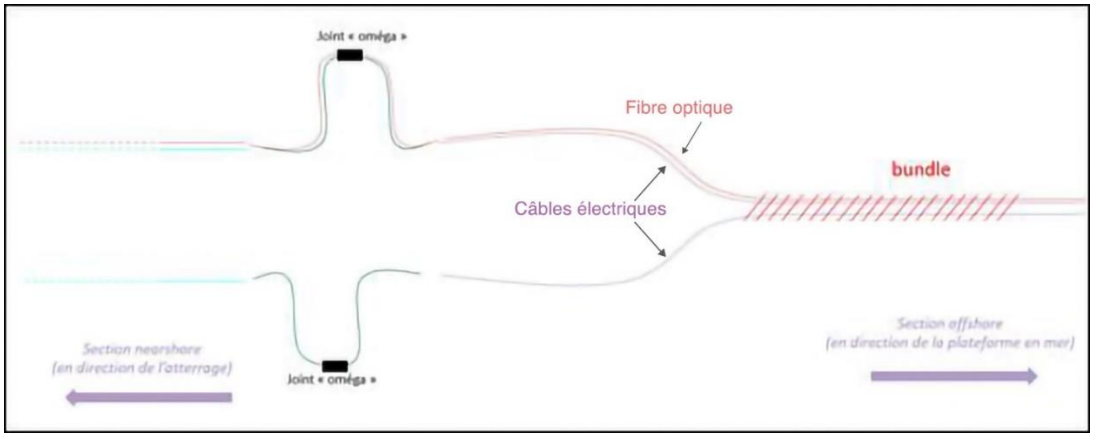


FIGURE 17: REPRESENTATION D'UNE JONCTION TYPE OMEGA – SOURCE : RTE

Pour finir, à l'approche de la plateforme en mer, le bundle est à nouveau dissocié sur les derniers 500 mètres approximativement. Les câbles peuvent alors être éventuellement stockés temporairement sur le fond marin avant l'installation de la plateforme, puis tirés indépendamment

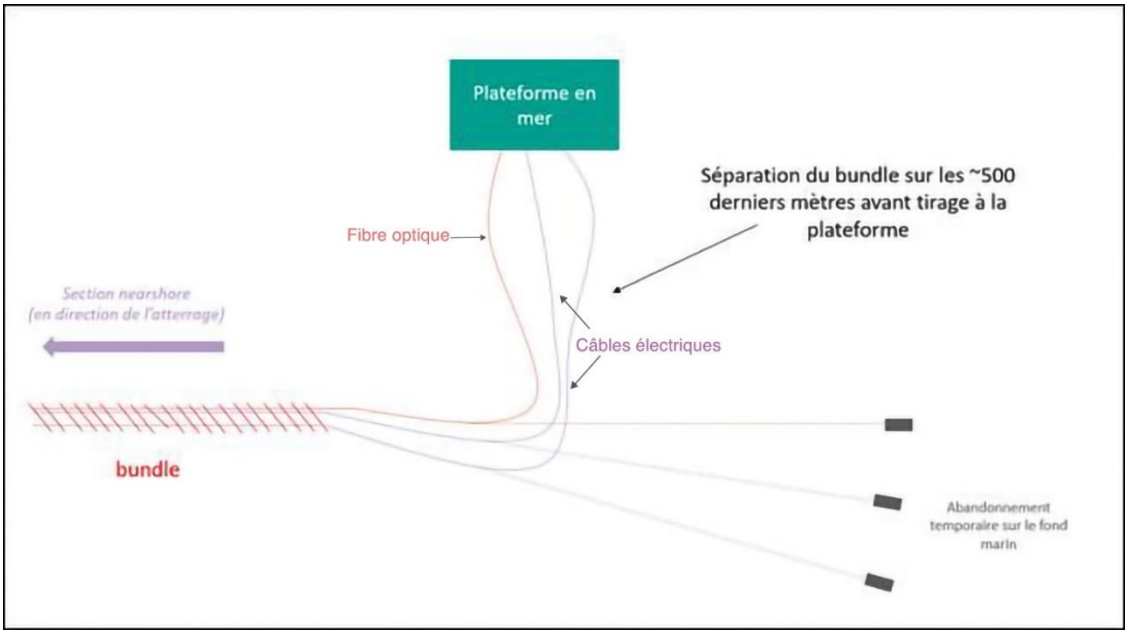


FIGURE 18: SCHEMA D'INSTALLATION DE LA LIAISON SOUS-MARINE A PROXIMITE DE LA PLATEFORME EN MER (INCLUANT LE STOCKAGE TEMPORAIRE DES CABLES SUR LE FOND MARIN) – SOURCE : RTE

III.3 TRAVAUX DE POSE DES CABLES SOUS-MARINS AU NIVEAU DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER

Dans le cas où la plateforme électrique en mer n'est pas disponible pour accueillir la remontée des câbles sous-marins, le navire dépose l'extrémité du câble sur le fond à environ 500 m de la future plateforme électrique en mer. Cette opération est appelée « wet storage ». ». Le câble reste immergé à proximité de l'emplacement de la plateforme en mer, stabilisé, par des sacs de roches par exemple, et ce jusqu'à la mise à disposition de la plateforme.

Lors de l'installation des câbles sur la plateforme électrique en mer, un navire est mobilisé pour récupérer le câble et le remonter sur la plateforme en mer.

Une fois la plateforme mise à disposition, le navire en charge de la pose des câbles s'en approche pour réaliser les opérations de remontées de câbles.

Les câbles sont tirés à travers des J-tubes puis raccordés à la plateforme électrique en mer.

Au niveau de l'entrée des J-tubes, les câbles sont stabilisés avec une couche de roches posée en dessous et par-dessus. Cette opération d'enrochement est assurée par un navire dédié.

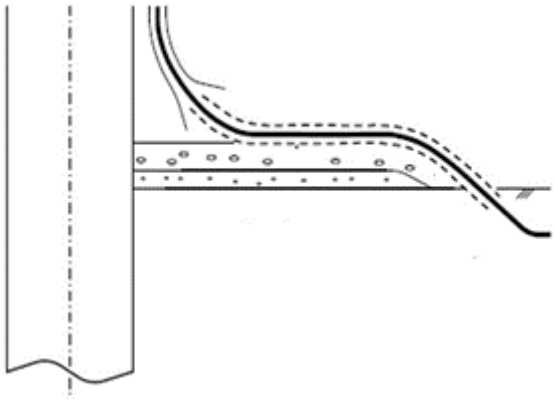


FIGURE 19: EXEMPLE DE PROTECTIONS ANTI-AFFOUILLEMENT DES CABLES AUX PIEDS DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER. SOURCE : DNV

Une fois les câbles remontés sur la plateforme électrique en mer, les équipes du câblier travaillent sur les extrémités afin de les raccorder aux équipements de la plateforme électrique en mer.

A l'issue des travaux de pose et protection de la liaison électrique sous-marine, un relevé géophysique est réalisé sur l'ensemble du tracé pour contrôler la conformité de l'installation, la protection des câbles sous-marins, et relever précisément leur localisation et leur profondeur d'ensouillage.

III.4 TRAVAUX D'INSTALLATION DES OUVRAGES A L'ATTERRAGE

Pour atteindre la jonction d'atterrage, la liaison sous-marine peut utiliser :

- un passage en sous-œuvre réalisé depuis la jonction d'atterrage jusqu'à un point de sortie en mer (solution privilégiée) ;
- un passage en sous-œuvre suivi d'une tranchée.

Les solutions de passage à l'atterrage présentées ci-dessus (sous-œuvre, solution mixte) sont à l'étude dans la suite de l'étude d'impact, et constituent une caractéristique variable discrète.

La jonction d'atterrage est installée dans un site :

- permettant d'espacer les câbles pour éviter les échauffements mutuels (idéalement 10 mètres entre chaque câble) ;
- présentant d'un sol favorable à l'évacuation de la chaleur.

Les durées prévisionnelles (indicatives) pour les travaux à l'atterrage pour la solution du forage dirigé sont de 47 semaines au total, qui se décomposent comme ci-après :

- installation : 2 semaines ;
- forages et tirages hors stand-by météo : 40 semaines ;
- ouvrage de jonction, remise en état : 5 semaines.

III.4.1 Travaux avec un passage en sous-œuvre

III.4.1.1 Installation des fourreaux

Le forage vise des couches de sol profondes pour assurer sa stabilité. Au vu des données géotechniques, une profondeur maximale de 30 mètres (profondeur en cote marine) est envisagée.

Trois forages distincts permettent la mise en place de deux fourreaux d'environ 400 mm de diamètre (un par câble) pouvant être espacés chacun de 10 mètres et d'un alésage pour la fibre optique. Un atelier de forage est installé dans la zone d'atterrage, au niveau de la parcelle. Cet atelier comprend entre autres une foreuse, des supports annexes (pompes, unités de recyclage), des équipements de levage de fourreaux, une pelle excavatrice. Une base vie est installée sur ou à proximité de la zone d'atterrage.

Les opérations de forage consistent en la réalisation d'un trou pilote suivi de phases d'alésages. Les opérations de forage nécessitent l'utilisation de fluides, composés essentiellement d'eau et de bentonite, une argile favorisant l'avancée des trous pilotes dans le sol. Des moyens nautiques (plateforme auto-élévatrice, plongeurs, bateaux…) sont déployés au niveau de la sortie du forage sur l'estran ou en mer (selon la distance), afin de faciliter la réalisation du trou pilote et son alésage.

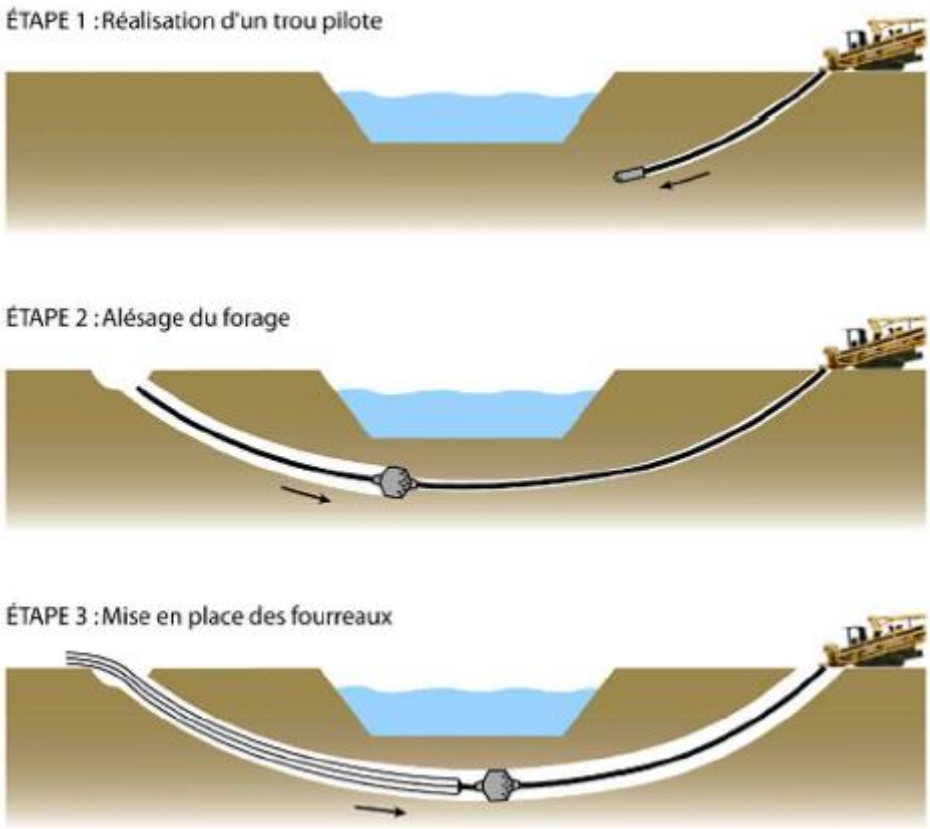


FIGURE 20: ETAPES DE REALISATION D'UN FORAGE DIRIGE - SOURCE RTE

FIGURE 21: EXEMPLE DE PLATEFORME JACK-UP POUR ASSISTANCE A FORAGE

Les fourreaux sont assemblés à proximité immédiate de la zone d'atterrage. Une fois assemblés, les fourreaux sont stockés, pour une durée maximale de 3 mois, en attente de la réalisation du forage. Ceux-ci sont alors tirés soit depuis la parcelle vers la mer, soit à l'inverse depuis la mer vers la parcelle. Dans ce cas, les longueurs de fourreaux (pouvant aller jusqu'à 1 200 mètres de longueur) sont amenées par flottaison en mer, tractées par un navire de type remorqueur.

III.4.1.2 Gestion des boues et déblais de forage

La mise en œuvre de techniques en sous-œuvre nécessite l'utilisation de fluides de forage, composés essentiellement d'eau et de bentonite, une argile favorisant l'avancée des trous pilotes dans la roche. Des additifs peuvent être ajoutés par l'entreprise en charge du forage afin d'en assurer la performance. Le volume maximal de bentonite utilisé est de 2 100 m3 en considérant la réalisation de deux forages pour les câbles et un forage pour la fibre optique. Lors du chantier, un mélange combinant les fluides de forage et les matériaux en place forés est sorti du trou de forage. Pendant les opérations de forage du trou-pilote, le mélange est recirculé vers le point d'entrée à terre. Ces boues sont recyclables et réutilisables grâce à des bassins de récupération et de traitement placés en amont du forage.

Pendant les opérations d'alésage, dans le cas où une partie des boues et des déblais de forage serait rejetée en mer de manière fortuite fuites, cela serait sans danger pour l'environnement marin et la turbidité ainsi générée se dissoudrait rapidement.

III.4.1.3 Travaux de tirage des câbles

Les travaux d'installation des câbles sous-marins dans les fourreaux démarrent une fois les travaux de génie civil à l'atterrage finalisés et une fois le navire câblier arrivé sur place. Le déroulage se fait depuis le navire câblier, un câble après l'autre. Des moyens nautiques sont mobilisés en mer (plongeurs, bateaux de travail), et des équipes et moyens de tirage sont présents à terre.

Les étapes de cette phase de tirage du navire vers l'atterrage sont les suivantes :

- le câble, positionné sur le navire câblier, est descendu du navire lors d'une marée haute. Au fur et à mesure de sa descente, des bouées sont installées tout le long du câble pour le rendre flottant ;

- le câble flottant est ensuite connecté à un treuil positionné au niveau de la jonction d'atterrage.

Afin de limiter les efforts de tirage entre le navire câblier et la jonction d'atterrage, des barges autoportantes peuvent être positionnées à mi-chemin et équipées de tensionneurs pour contrôler et reprendre la tension dans le câble. Des moyens nautiques intermédiaires peuvent également être positionnés le long câble en flottaison, pour contrôler sa trajectoire, notamment en cas de courants de surface élevés.

- le câble est ensuite tiré dans le fourreau d'amené à la chambre de jonction d'atterrage.

- la fibre optique est tirée dans un fourreau indépendant en acier.

Ces opérations à l'atterrage se déroule de manière préférentielle sur une période durant laquelle les conditions météo-océaniques sont favorables aux travaux en mer.

Une fois les jonctions avec les câbles terrestres finalisées, la jonction d'atterrage est refermée. Le site est remis en état.

III.4.2 Travaux avec un passage en tranchée et en sous-œuvre

III.4.2.1 Traversée de l'estran en tranchée

Dans le cas d'un passage en tranchée dans l'estran, les câbles sous-marins sont posés dans des fourreaux enterrés, éventuellement lestés par des cavaliers en béton au fond de la tranchée, dont la profondeur est déterminée en tenant compte des mouvements de sable sur l'estran afin que les ouvrages demeurent ensouillés. Il est souhaitable d'avoir une hauteur de 2 m environ au-dessus des câbles, soit par ensouillage dans le sable, soit par tranchage de la roche si cela est possible , soit par protections externes (enrochement privilégié dans la mesure du possible pour permettre la poursuite des activités de pêche).

La profondeur d'ensouillage des fourreaux dans l'estran prend en compte une marge de sécurité pour se prémunir de l'érosion usuelle. Il est à noter que des risques de désenfouissement partiel des fourreaux ne sont pas à exclure en lien avec des mouvements sédimentaires induits en cas de tempêtes violentes. La concordance de facteurs tels que forts coefficients et conditions météorologiques exceptionnelles peuvent entraîner des conséquences multiples et variées, du déplacement d'enrochement au recul du trait de côte, surtout en zone dunaire.

En considérant les éléments décrits ci-dessus, pour une tranchée de longueur maximale de 750 m, le volume de sédiments déplacé est d'au plus :

largeur (2m) * profondeur (2m) * longueur (750m) = 3000 m3

De manière à prévenir les risques de désenfouissement, des opérations de visites et de maintenance préventives sont programmées à intervalle régulier. Des opérations curatives sont effectuées au besoin.

Pour réaliser la tranchée ouverte, une pelle mécanique est utilisée. La tranchée est suffisamment profonde pour que le câble soit protégé par d'une couverture suffisante de remblai. Les travaux en partie haute de la plage sont réalisés avec des moyens terrestres classiques. En partie basse, ils sont réalisés soit avec des moyens terrestres adaptés, de type pelle surélevée permettant de travailler dans l'eau, ou avec des moyens nautiques, de type pelle excavatrice sur ponton flottant (BHD).

FIGURE 22 : EXEMPLE DE PELLE EXCAVATRICE EN ZONE DE DEFERLEMENT

En fonction du sol rencontré, il est possible de devoir utiliser des palplanches pour maintenir la tranchée ouverte.

III.4.2.2 Traversée depuis la plage jusqu'à la zone d'atterrage en sous-œuvre.

La technique de pose de la liaison sous-marine pour le passage de la route, de la digue et de la plage est la réalisation d'un sous-œuvre jusqu'à la chambre d'atterrage.

III.4.3 Travaux de la jonction d'atterrage

La construction de la chambre d'atterrage nécessite l'intervention d'engins de chantier classiques pour déblayer le sol avant installation des ouvrages puis le remblayer.

IV. DESCRIPTION DE LA PHASE D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE DU RACCORDEMENT CM1

IV.1 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE LA PLATEFORME ELECTRIQUE EN MER

IV.1.1 Surveillance de l'ouvrage

Il n'y a pas de personnel à demeure sur les plateformes électriques en mer, elles sont équipées d'un système de contrôle qui permet de la surveiller et de la téléopérer à distance. Les rares interventions à faire sur site sont planifiées au moment où les conditions sont les plus favorables.

Un quartier vie pouvant accueillir 48 personnes est installé sur le pont surveillance. Il est utilisé pendant la phase de travaux et essais en mer, puis pendant les campagnes de maintenance.

Un système de contrôle et d'acquisition de données propre au fonctionnement des systèmes support de la plateforme électrique en mer permet la prise en compte d'informations de monitoring avancées, comme :

- le contrôle des équipements auxiliaires ;
- les conditions de fonctionnement de la plateforme et en particulier la température et l'hygrométrie des salles sensibles ;
- l'état des systèmes sensibles de la plateforme comme notamment les systèmes de protection « incendie » mais aussi les systèmes de balisage et d'aide à la navigation ;
- les informations concernant les conditions de mer et météorologiques à proximité de la plateforme ;
- le contrôle des entrées et sorties à l'aide d'un système de vidéosurveillance ;
- le comportement de la structure de la plateforme afin de détecter toute déformation anormale.

L'accès à la plateforme depuis la terre peut se faire soit par navire de transfert de personnel (CTV) soit par hélicoptère. Compte tenu des distances éloignées des côtes, la solution hélicoptère est privilégiée pour des interventions sur site de courte durée (aller et retour dans la même journée) tandis que la solution navire peut être mise en œuvre pour des interventions plus longues au cours desquelles le personnel sera maintenu sur la plateforme ou à proximité de la plateforme pendant plusieurs jours. Il est anticipé qu'il puisse y avoir une centaine d'aller-retour en hélicoptère par an.

IV.1.2 Maintenance préventive

Les plateformes électriques en mer sont des ouvrages sensibles en raison de la puissance électrique raccordée et de la difficulté d'accès. RTE applique en conséquence une maintenance préventive adaptée. Le plan de maintenance préventif est basé sur une surveillance des installations à distance et in situ en visuel (par plongeur ou par robot sous-marins commandés à distance pour les parties immergées), et sur une adaptation des actions à mettre en œuvre en fonction des observations réalisées.

Matériel haute tension et équipement de la plateforme électrique en mer :

La maintenance préventive est :

- basée sur des mesures, des contrôles visuels, auditifs ou thermiques, et des visites régulières, des auto-détections et des analyses de comportement des matériels. Ces opérations ont une périodicité de plusieurs mois et correspondent à une visite permettant de détecter les modes de défaillance moyennement critiques, comme par exemples des dégradations de surfaces ;

- basée sur des tests de fonctionnement, des contrôles réglementaires, des mesures internes, des prélèvements et des manœuvres périodiques. Cette maintenance permet de vérifier l'état de l'ouvrage.

RTE met en œuvre également une maintenance préventive des équipements de la plateforme, selon une périodicité adaptée en fonction de chaque spécificité et des certifications nécessaires.

Structures et fondations :

Une maintenance préventive se décline de la façon suivante :

- un contrôle de l'ensemble des infrastructures sous-marines de la plateforme est réalisé environ un an après mise en service ;
- des visites ultérieures régulières (fréquence adaptée en fonction des résultats des visites antérieures afin de prendre en compte en particulier l'évolution des fonds marins, de la protection anti-affouillement et de la vie marine) ;
- des visites déclenchées suite à des évènements climatiques exceptionnels ou suite à des points critiques remontés par les systèmes de surveillance ou par les usagers de la mer.

Les fonds marins sur lesquels les fondations sont construites peuvent évoluer avec le temps, notamment sous l'action des vagues et des courants qui peuvent causer des mouvements sédimentaires (érosion, accrétion, formation et déplacement de dunes sous-marines) et dégrader l'ancrage des fondations (phénomènes d'affouillements, déplacement des protections).

À la suite de ces contrôles, en cas d'anomalie détectée et selon son niveau de gravité, RTE déclenche la réalisation de travaux correctifs comme par exemple, la réalisation de dragage ou de renforcement des protections des fondations anti-affouillement de la plateforme ou encore enfin la correction de problèmes rencontrés sur les systèmes de protection contre la corrosion.

IV.1.3 Maintenance curative

Une réparation en mer nécessite des navires pour amener les intervenants à bord de la plateforme et les approvisionner en matériels et outils.

La mobilisation de navires importants pour remplacer des équipements lourds comme les transformateurs sont mobilisés de manière exceptionnelle.

IV.2 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE LA LIAISON SOUS-MARINE

La liaison électrique sous-marine est équipée de fibres optiques pour surveiller l'ouvrage en exploitation.

IV.2.1 Maintenance préventive

Une surveillance régulière de l'ensouillage de la liaison est mise en œuvre. Elle consiste en un relevé géophysique permettant de contrôler la position de la liaison et la configuration des fonds marins à ses abords.

Une première vérification de l'ensouillage est réalisée environ un an après la mise en service. La récurrence des visites ultérieures, tous les 3 à 10 ans, est fonction du type de protection, des résultats de la première vérification et des zones à risques traversées (forts courants, dynamique sédimentaire…).

La fréquence de suivi est validée par les services gestionnaires et les autorités compétentes en lien avec RTE dans le cadre de la concession d'utilisation du domaine public maritime et de l'autorisation unique concernant les installations situées en ZEE.

Les mesures de sécurité appliquées lors de ces vérifications sont édictées par la Préfecture maritime.

IV.2.2 Maintenance curative

La maintenance curative consiste à réaliser une réparation en cas de défaut sur les câbles selon les étapes suivantes :

- repérage du défaut sur la liaison électrique ;
- si besoin, enlèvement des protections existantes ;
- réalisation des coupes de part et d'autre du tronçon à retirer ;
- récupération des deux extrémités du câble à bord ;
- réalisation des jonctions avec le tronçon de réparation et réalisation de test optique sur la liaison ;
- redépose de la boucle sur les fonds après la réparation ;

Cette réparation induit une longueur de câble supplémentaire et le câble est redéposé sur le fond marin, à proximité de sa position initiale ;

- protection du câble réparé.

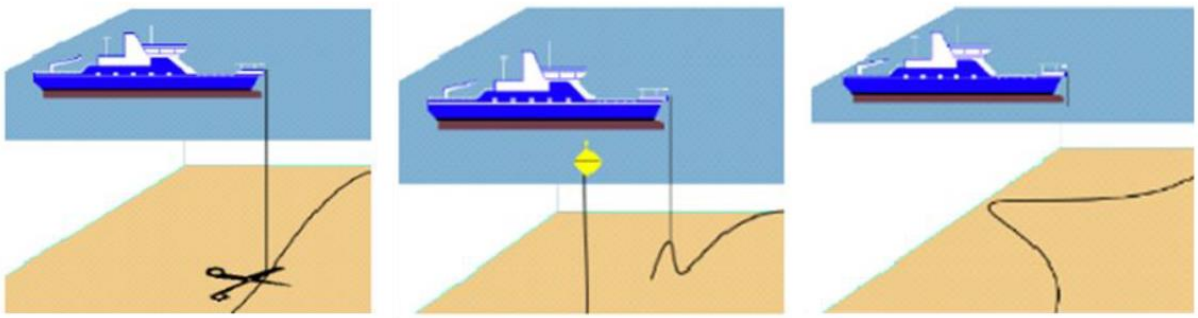


FIGURE 23 : PRINCIPE D'OPERATION DE MAINTENANCE CURATIVE D'UNE LIAISON ELECTRIQUE EN MER. SOURCE : RTE

La réparation du câble s'effectue à partir d'un moyen maritime de pose de câble. La durée est dépendante de la période de l'année et des conditions de mer. Les mesures de sécurité prises sont édictées par la préfecture maritime. Les activités sont similaires à celles de pose et de protection initiale.

Si un nouvel ensouillage est nécessaire, les techniques mises en œuvre et les moyens associés sont ceux décrits précédemment. Cependant, l'ensouillage des câbles sur un tracé en courbe étant délicat à réaliser, la portion de câble réparée est le plus souvent protégée à l'aide de protections externes telles que l'enrochement ou les matelas en béton.

V. MODALITES DE DEMANTELEMENT ET DE REMISE EN ETAT DU SITE

La présence physique d'une plateforme électrique en mer, lorsqu'une protection anti-affouillement est installée, ou d'un câble, lorsqu'il est posé et protégé (matelas, rochers…), aura probablement permis l'installation progressive et durable d'un habitat nouveau. Le démantèlement complet pourrait alors causer des perturbations sur la faune et les habitats avec potentiellement une perte locale de la biodiversité, de site de nourriture et d'une zone de refuge. Ce sont des éléments à intégrer lors des réflexions et investigations préalables au démantèlement et qui seront l'objet de l'étude environnementale dédiée et mentionnée ci-dessous.

V.1 CONTEXTE JURIDIQUE

Avant d'envisager un démantèlement, les ouvrages du réseau de transport d'électricité sont – en toute ou partie – préférentiellement réaffectés à un autre usage, en fonction de l'évolution du réseau électrique et des besoins de desserte dans la zone. En pareille hypothèse, RTE pourra ainsi être amené à solliciter de nouvelles autorisations pour les ouvrages concernés qui le nécessitent. Au contraire, si l'exploitation de certains ouvrages est définitivement arrêtée en l'absence de tels besoins à court ou moyen terme, RTE s'engage à remettre le site en état conformément à la réglementation actuellement en vigueur et en particulier :

- aux dispositions des articles L. 181-1 et suivants (notamment l'article L. 181-23) du code de l'environnement, les installations et ouvrages étant soumis à autorisation environnementale ;

- pour la partie des ouvrages et installations implantée en ZEE , aux dispositions de l'ordonnance n° 2016-1687 du 8 décembre 2016 relative aux espaces maritimes relevant de la souveraineté ou de la juridiction de la République française (article 23 et 28 notamment) et du décret n° 2013-611 du 10 juillet 2013 relatif à la réglementation applicable aux îles artificielles, aux installations, aux ouvrages et à leurs installations connexes sur le plateau continental et dans la zone économique exclusive et la zone de protection écologique ainsi qu'aux câbles et pipelines sous-marins (articles 13, 17 et 19 notamment).

- pour la partie des ouvrages et installations implantée au sein du domaine public maritime , aux dispositions des articles R. 2124-1 et suivants (notamment articles R. 2124-2 et R. 2124-8 du code général de la propriété des personnes publiques).

Au regard de ces dispositions, la remise en état des sites devra être guidée par des principes environnementaux. Dès lors, RTE s'engage à réaliser, au plus tard deux ans avant la fin d'exploitation, une étude portant sur les conditions de remise en état du site qui devra analyser les incidences des opérations de démantèlement des ouvrages et installations concernés et porter sur l'optimisation des conditions de réalisation des opérations de démantèlement.

Cette étude permettra de proposer un périmètre précis de démantèlement envisagé et de déterminer les conditions exactes de mise en œuvre, le cas échéant en comparant le bilan environnemental d'un démantèlement à celui d'un maintien en l'état de certains ouvrages (ou parties d'ouvrages) désaffectés. Certaines opérations de démantèlement pourraient en effet présenter un bilan environnemental moins favorable que le maintien en l'état de certains ouvrages désaffectés (eu égard notamment aux incidences de travaux de démantèlement, à l'éventuel effet récif généré par les ouvrages, etc…).

Sur la base de cette étude environnementale et sous réserve de la réglementation alors en vigueur, RTE procédera aux opérations de remise en état, de restauration ou réhabilitation du site afin d'assurer la réversibilité effective des modifications apportées au milieu naturel ; le cas échéant en tenant compte des prescriptions des autorités compétentes visant le maintien total ou partiel de certains ouvrages et installations.

Au regard du contexte rappelé ci-avant, la description des opérations de démantèlement au sein de ce chapitre (ainsi que la description des effets du démantèlement au chapitre dédié) se fonde sur des hypothèses basées sur des éléments génériques et sur les connaissances et données actuelles. Ces éléments seront précisés dans le cadre des études réalisées à l'approche de la fin d'exploitation, au regard des meilleures technologies disponibles, des données environnementales enrichies, et de la réglementation qui sera alors applicable.

V.2 DEMANTELEMENT DES PLATEFORMES ELECTRIQUES EN MER

Les travaux de démantèlement de la plateforme électrique en mer peuvent être réalisés a priori, dans l'attente de l'étude environnementale mentionnée au-dessus, selon les étapes suivantes :

- la plateforme est découpée en sciant les connexions entre la superstructure émergée et la sous-structure et entre la sous-structure et les fondations (à proximité du niveau du sol) ;

- les structures découpées sont levées et déposées sur une barge (ou sur le pont d'un bateau de levage) ;

- la fondation est découpée au niveau du sol (au maximum à 1 m au-dessus du sol, en raison des limites techniques des outils existants).

- après son enlèvement, les vestiges peuvent être recouverts d'enrochements. Sur fonds sableux, la fondation peut être découpée sous le niveau du substrat (ou à 1 m sous la surface selon les évolutions sédimentaires du site).

La partie souterraine des fondations (partie des pieux enfoncée dans le sol) n'est pas concernée par le démantèlement. Les pieux en acier sont en effet une infrastructure inerte sans risque majeur de pollution du milieu marin.

Les installations offshores désaffectées sont déposées et leurs éléments sont acheminés vers les infrastructures à terre afin d'être réutilisés (après nettoyage et reconditionnement), recyclés (par ex. refonte aciers) ou éliminés dans les filières adéquates (par ex. valorisation énergétique).

V.3 DEMANTELEMENT DE LA LIAISON ELECTRIQUE SOUS-MARINE

Si le démantèlement des câbles sous-marins s'avère nécessaire, il peut être réalisé a priori, dans l'attente de l'étude environnementale mentionnée au-dessus, selon les étapes appliquées lors de sa pose, mais dans un ordre inversé :

- l'ouverture de la tranchée pour le désensouillage à l'aide de moyens équivalents à l'ensouillage ;
- le retrait des protections externes si elles ont été installées lors de la pose des câbles ;
- le retrait de la chambre de jonction à l'atterrage ;
- la récupération du câble en l'enroulant ou en le débitant sur un navire ;
- la revalorisation des matériaux (cuivre, acier…) suivant les procédés favorisant la réutilisation, la régénération, le recyclage et traitement des déchets résiduels dans les filières industrielles adaptées.

L'ensemble de ces opérations qui inclut la gestion de la sécurité en mer serait réalisée suivant les meilleures conditions environnementales, techniques et économiques dans le respect de la réglementation en vigueur au moment du démantèlement.

VI. PLANNING DU PROJET DE RACCORDEMENT CM1

Le planning de travaux du raccordement CM1 est présenté sur la figure suivante.

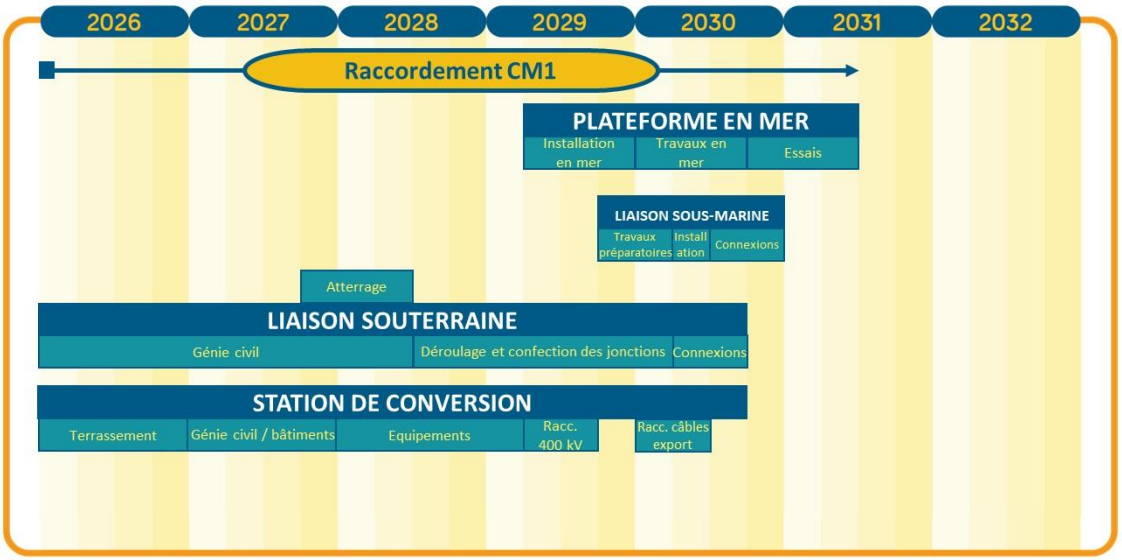


FIGURE 24: PLANNING DE TRAVAUX DU RACCORDEMENT CM1