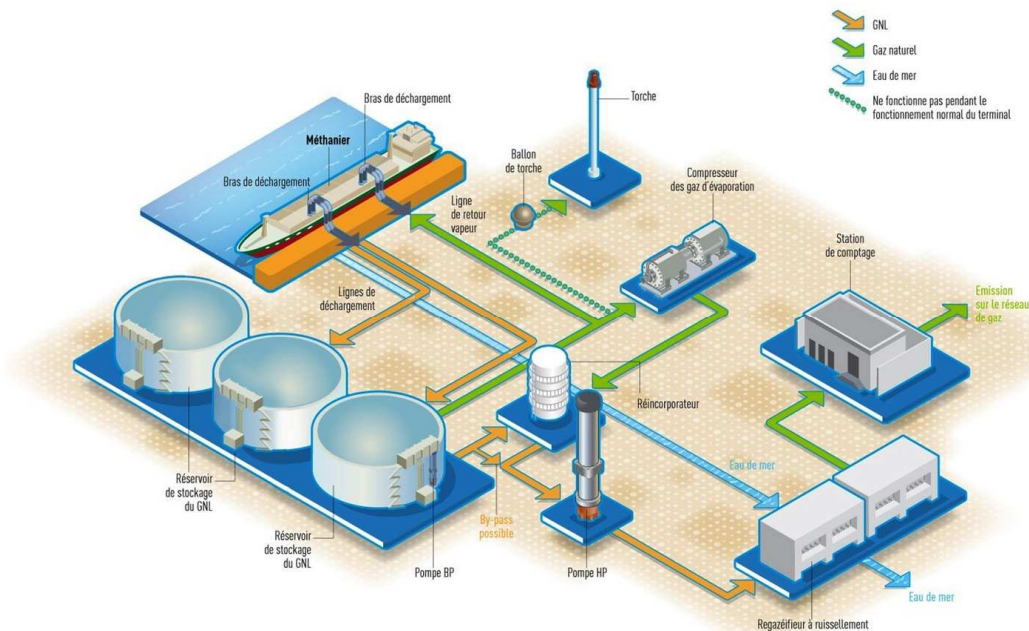


19 septembre 2012 à Dunkerque
Le terminal méthanier



La délégation AFGC Nord Picardie a organisé une visite du chantier consacrée au terminal méthanier de Dunkerque

Rappel du programme

- 9h00 : Accueil des participants
Yannick Jeanjean – AFGC NP
- 9h30 : Présentation par les Maîtres d'Ouvrage
 GPMD - Le projet depuis l'enquête aux travaux
 DK LNG - Le projet industriel
Sylvain Ringot
- 10h00 : L'infrastructure du nouveau port
 Maître d'oeuvre ARCADIS - Le projet
Philippe Graille
 SODRACO - Le dragage
Kurt Levrau
 MENARD - Le renforcement de sol
H Scache
 BYTPRF - Les X BLOCS et autres GC
B Codognatto
 Colas - Les digues et terre plein
G Douriez
- 11h00 : Pause
- 11h20 : Le terminal méthanier
 L'assistant maître d'Ouvrage
COFIVA - Ph Claret

Les réservoirs
Bouygues TP - S Meecham
Entrepose - Serge Casadei
 Le tunnel d'amenée des eaux
RAZEL BESSAC SOLETANCHE
 Le Process industriel
TECHNIT SENER

- 12h20 : Départ en bus pour déjeuner
 14h00 : Visite du site

Synthèse des présentations

Pourquoi développer un terminal méthanier ?

- Une infrastructure d'importation du gaz par une voie maritime
 - ✓ Transformer le GNL en gaz gazeux : fournir un service commercial à des clients souscripteurs de capacité
- Le terminal méthanier de Dunkerque offre ainsi à ses clients (EDF et TOTAL) un service de :
 - ✓ Réception de méthaniers qui déchargent leur GNL (gaz naturel liquéfié)
 - ✓ Stockage du GNL dans les 3 réservoirs de 190.000 m3 chacun
 - ✓ Régazéification du GNL en utilisant les eaux tièdes de rejet de la centrale nucléaire de Gravelines et émission du gaz vers les réseaux de transport en France et en Belgique

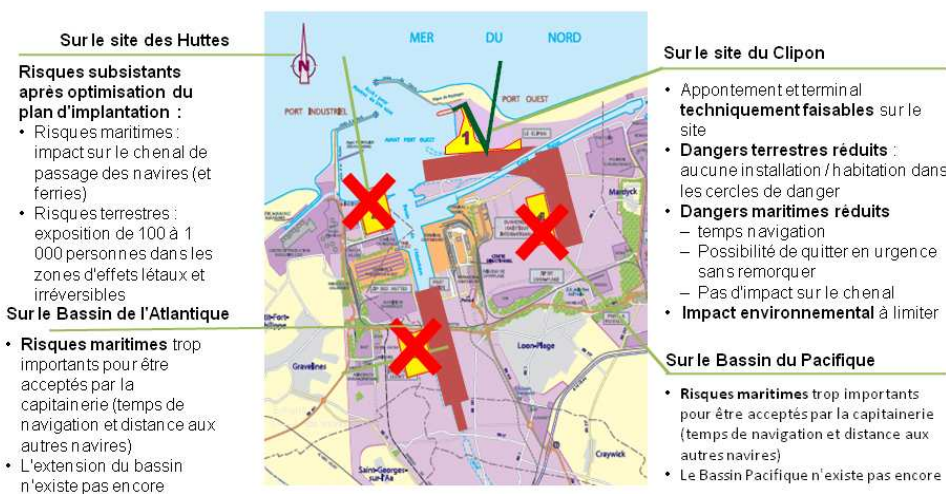
- Pour répondre aux besoins en gaz du Groupe EDF
 - ✓ Impératif de diversification d'approvisionnement
 - ✓ Disposer à des capacités de re-gazéification adaptées aux besoins du Groupe EDF
 - ✓ Levier de négociation pour obtenir du GNL de la part des producteurs

Genèse : le projet a été initié dès 2006

- Dès 2005, EDF a étudié les meilleurs sites possibles pour développer un terminal méthanier en France

- Suite à l'appel à projet lancé en 2006 par le Port de Dunkerque un accord de réservation de terrain dans le Port Ouest est signé pour 50 ans entre EDF et le Grand Port Maritime de Dunkerque (GPMD)
- Contour initial du projet : capacité limitée aux besoins seuls d'EDF, soit 6 Gm3/an
- En 2007, tenue d'un débat public :
 - ✓ En même temps que le Verdon et Antifer
 - ✓ Piloté et animé en co-Maitrise d'Ouvrage GPMD / Dunkerque LNG / GRT

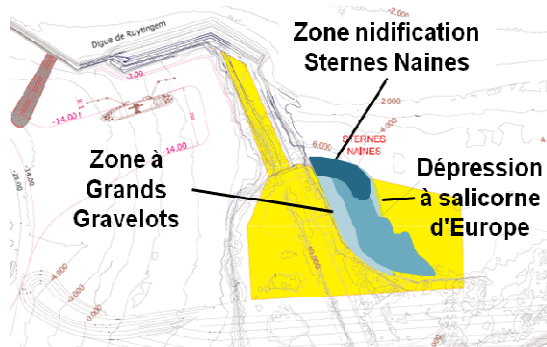
Les différents sites étudiés : le Clipon, le site retenu



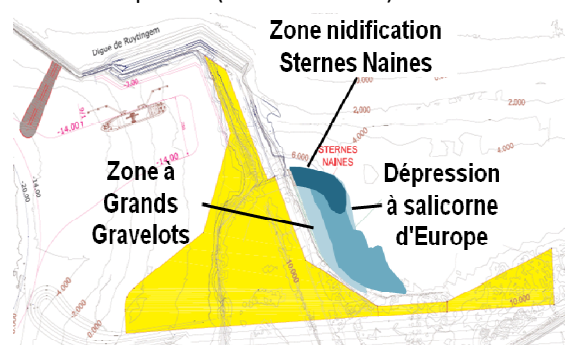
La mesure environnementale phare issue du débat public : la modification du plan masse qui a permis de réaliser le projet

Délimitation comparée des projets Clipon 1, Clipon bis et Clipon ter

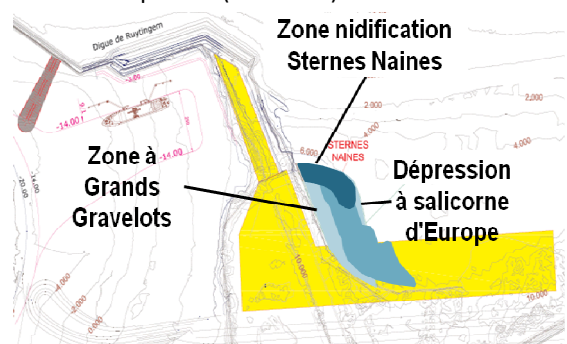
le site de Clipon 1 (avril 2007)



le site de Clipon bis (décembre 2007)



Le site de Clipon ter (avril 2008)



Les manifestations régionales

La nouvelle délimitation des contours de l'installation, techniquement plus complexe (élargissement ex nihilo sur la darse au sud-ouest, allongement extrême du site avec un 'doigt de gant' étiré à l'est), permet d'éviter tout impact sur les zones de biodiversité les plus importantes (zones de nidification des sternes naines, herbiers à salicorne – habitat remarquable faune et flore).

Une évolution du besoin

- Le contour initial du projet visait une capacité limitée aux besoins seuls d'EDF, soit 6 Gm³/an

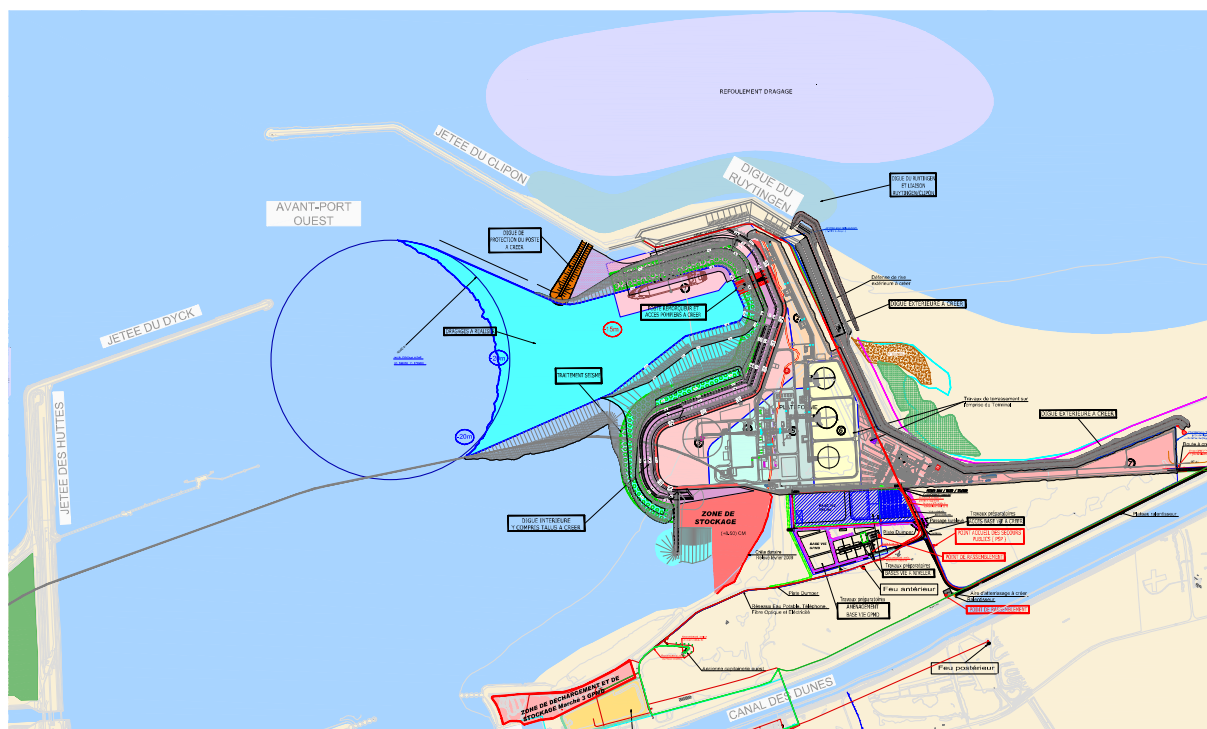
Un design conçu pour répondre aux besoins des clients

- L'approfondissement des études et l'évolution forte des coûts de construction ont mis en évidence le fait qu'un tel dimensionnement n'était plus compétitif
- La taille du projet a été ainsi portée jusqu'à 13 Gm³/an, avec de fait la nécessité d'avoir d'autres partenaires / souscripteurs de capacité aux côtés d'EDF
- La démarche commerciale s'est déroulée jusqu'à la décision de réalisation

Capacité commerciale	Volume de stockage	Appontement	Plage d'émission du gaz
13 bcm/y (# 9.2 mtpa)	3 tanks of 190,000 m ³ 570,000 m ³ total	1	0 – 1,9 Mm ³ /h



Une capacité commerciale équivalente à 20% de la consommation française et belge de gaz, Dunkerque sera le plus gros terminal de l'Europe continentale



Des investissements massifs



Developpement, construction, et exploitation du terminal

CAPEX (Euro 2010)

1000 M€



Construction des ouvrages maritimes et préparation du site

150 M€



Raccordement au réseau de transport de gaz français

400 M€



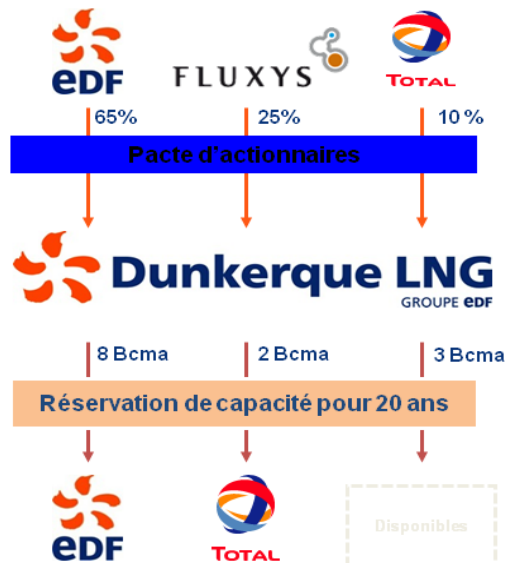
Raccordement au réseau de transport de gaz Belge

150 M€

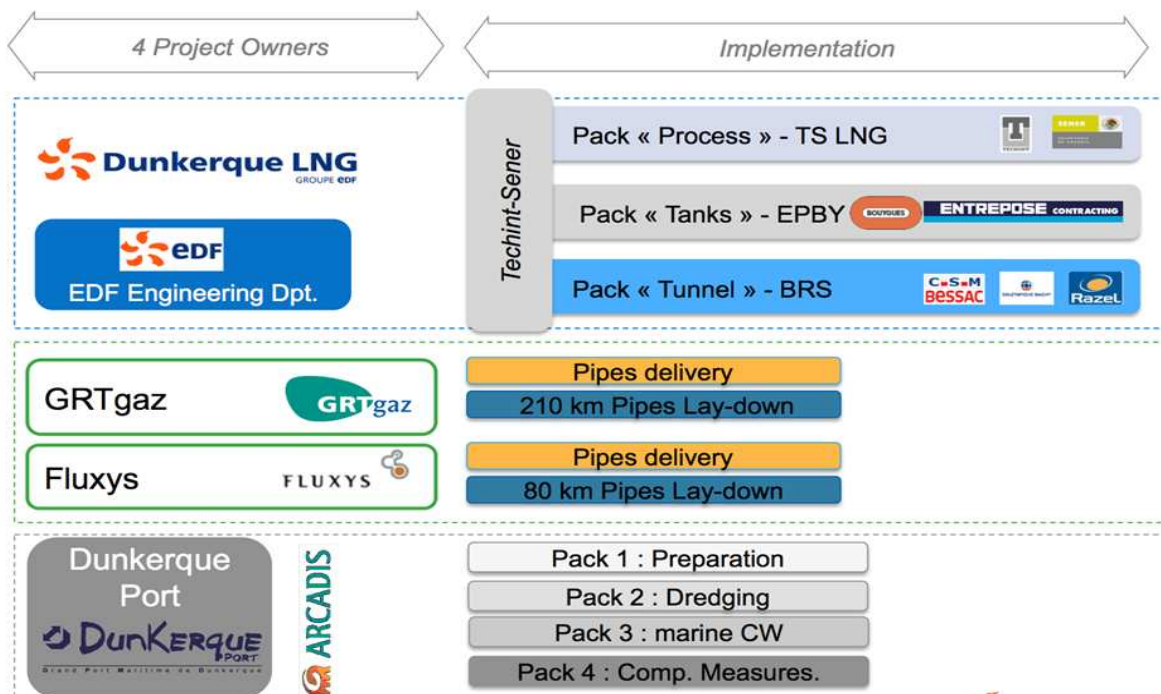
1700 M€

3 actionnaires et 2 clients, pour l'instant

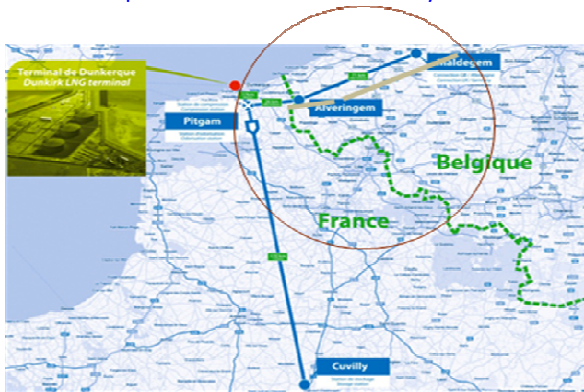
- **Dunkerque LNG** : une filiale du Groupe EDF
- **Fluxys** :
 - Gestionnaire du réseau de transport de gaz en Belgique
 - Opérateur du terminal méthanier de Zeebrugge
- **Total** :
 - Nombreuses participations dans des terminaux de liquéfaction et de regazéification dont Fos-Cavaou et South Hook (Pays de Galles)
 - Fournisseur de gaz naturel en NW Europe
- **3 Gm3 de capacité encore disponibles en vente**



Organisation industrielle



Un chantier sur le site du Clipon mais aussi un chantier de pose de 280 kilomètres de tuyaux



Quelques challenges

- Plateforme : dimensionnée dès 2008 pour résister aux pires conditions climatiques,

Les manifestations régionales

- Réservoirs : Full containment, avec démonstration de la résistance au sur-remplissage
- Tunnel : paroi moulée de 65 m, fichée dans l'argile des Flandres, et tunnel de 5 km
- Appontements : accueil prévus des « Qmax »

Qu'il faut compléter par des mesures environnementales

Les mesures de transplantation et de déplacement conformément à l'arrêté du 31/07/2009 sont les suivantes :

Mesure T01 : transplantation du Panicaut maritime au sein du site de compensation à l'est

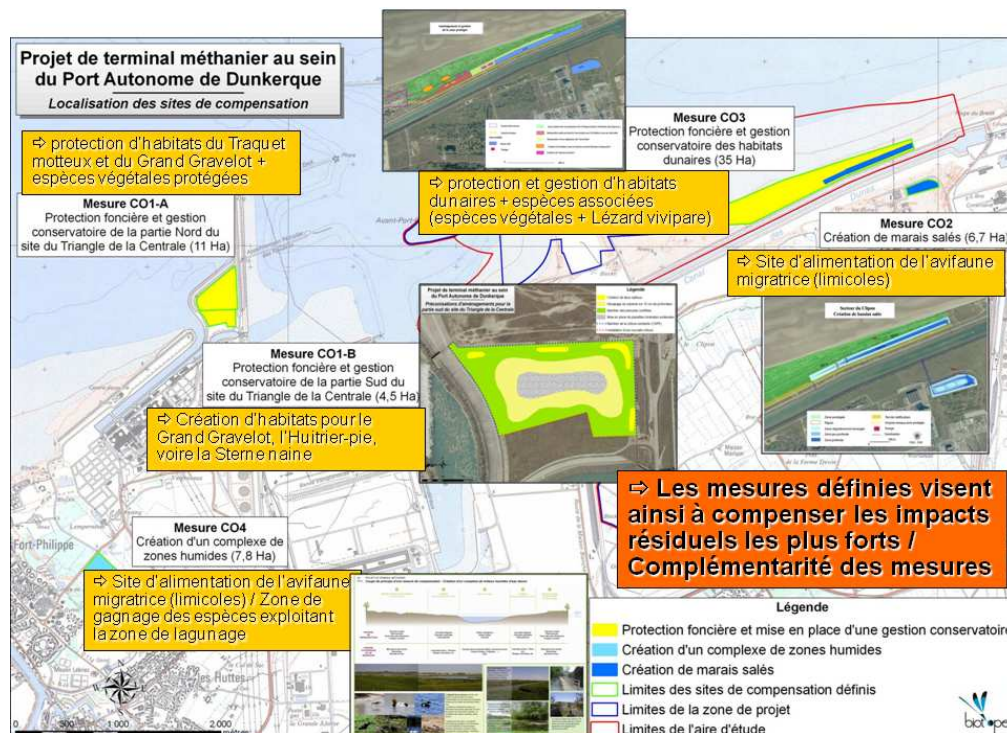
- ➔ Prélèvement d'individus entiers, de graines et de fragments d'individus (opération réalisée avec succès dans les dunes flamandes par le CG59)

Mesure T02 : transplantation de la Sagine noueuse et du Gnaphale jaunâtre au sein des pannes créées au sein du site de compensation à l'est du Clipon

- ➔ Prélèvement de plaques de sol avec la banque de graines + prélèvement de graines à l'automne

Mesure T03 : capture / déplacement du Lézard vivipare

- ➔ Capture des lézards avec des pièges non vulnérants et par des techniques manuelles + pose de plaques et de micro-habitats favorables / Déplacement sur le site de compensation à l'est du Clipon et sur le site du triangle de la Centrale



La création d'une zone d'accueil des oiseaux migrateurs


Dunkerque LNG
GRUPPO EDP

Terminal méthanier de Dunkerque

Projet d'aménagement de la mesure compensatoire n°4




Paroi verticale caillouteuse


Grandeite des rivières


Chevalier gambette


Grande grèbe

Objectif poursuivi : Création de conditions favorables à l'alimentation, l'hivernage et la reproduction des oiseaux de zones humides
 Localisation : Commune de Gravelines sur la ZAC du Nord Banc
 Maîtrise d'ouvrage : Dunkerque LNG
 Futur gestionnaire : Conseil général du Nord

La mesure C04 consiste en la création d'une zone humide alimentée par la nappe affleurante. Elle vise à compenser la perte d'estran pour le gagnage* et la remise** des oiseaux d'eau impactés par le terminal méthanier.

Ce marais d'eau douce, d'une superficie d'au moins 20 ha, comportera des milieux variés où la recolonisation végétale spontanée sera favorisée. Sa mise en place nécessite un important travail de modelage des polders existants afin de créer un gradient d'humidité. Les remblais seront en majeure partie stockés sur site.

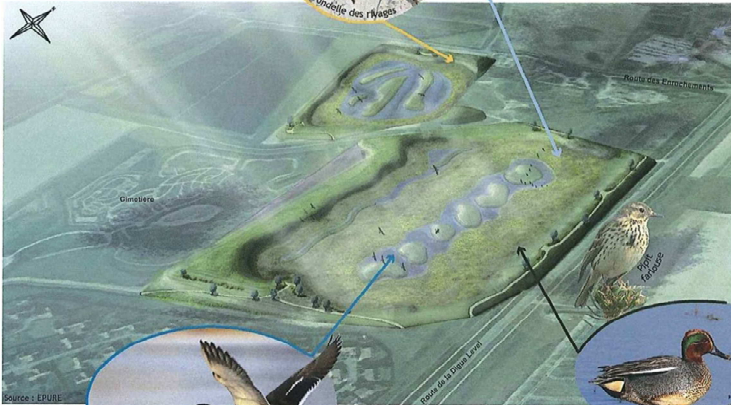
La mesure C04 prévoit également l'équipement de cette future zone humide en cheminements piétons et dispositifs pédagogiques.

Les principes de gestion prévoient :

- le pâturage de la prairie humide;
- le fauchage extensif et tardif des roseaux avec exportation
- la tonte du chemin piéton
- le débroussaillage sélectif.

*gagnage : zone d'alimentation

**remise : zone de repos




Canard Col vert


Sarcote d'hiver


Vanneau argenté


Bécassine des marais


Gallinule Poule d'eau

Évolution du chantier en images



16 septembre 2011

3 février 2012



20 avril 2012



27 juin 2012



24 août 2012

Le Projet et ses études

Philippe GRAILLE – ARCADIS - Maîtrise d'œuvre

Les ouvrages d'infrastructures à construire – leurs fonctions



Les ouvrages à construire – les volumes

Dragages :

8 Millions de mètre cube dragué pour établir la darse à la cote -15 CM ;

- 3,4 Millions de m³ de vase clapées sur les dépôts d'immersion
- 4,6 Millions de mètre cube de sable utilisés en refoulement pour constitution des plateformes maritimes ou bien en comblement de fosses marines d'érosion et en stabilisation de la digue de Ruytingen.

Remblais pour plateformes :

- Remblais hydrauliques : 1 450 000 m³
- Remblais par moyens terrestres pour plateformes définitives : 400 000 m³
- Remblais pour plateformes provisoires : 400 000 m³.

Matériaux mis en œuvre :

- 1 million de tonnes d'enrochements naturels ;
- 600 mille tonnes de tout-venant de carrière ;
- 3 300 blocs artificiels X-Blocs en béton de 15 T de poids unitaires ;
- 350 000 m² de géosynthétiques ;
- 10 Hectares de terrains traités en profondeur vis-à-vis du risque de liquéfaction sismique (traitement par vibro-flotation et par colonnes ballastées par voie nautique et terrestre).

Les reconnaissances géotechniques

Comment caractériser l'ensemble des terrains encaissant alors qu'on en reconnaît que 0,1 % !

Objectifs principaux :

- Définir la stratigraphie et les matériaux à draguer (vases / sables)

- Caractériser la sensibilité à la liquéfaction
- Evaluer la résistance au cisaillement des horizons en place

Méthode :

- Synthèse de l'existant
- Définition et interprétation d'une campagne terrestre et maritime
- 10 carottés / 50 CPT / 16 piézos / 10 pressiomètres

Réalisation Janvier – Avril 2008

Stratigraphie :

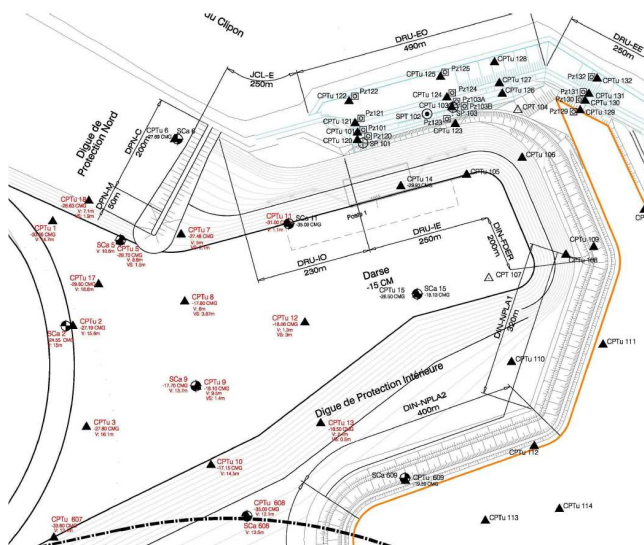
Vases

Remblais sableux récents (1970)

Les sables flandriens en place

Les argiles des Flandres

Mais lentilles plus ou moins silteuses au sein des sables



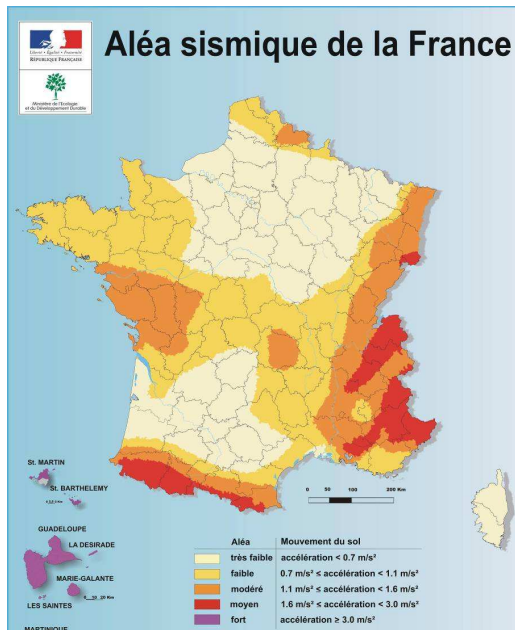
Les hypothèses hydrodynamiques et les enjeux

Houles et niveau d'eau extrêmes

Combinaison	Houle au large			Niveau d’eau Pleine Mer		
	Période retour	de	Hauteur Hs	Période Tp	Période de retour	Niveau (CMG)
« Doctrine EDF »	100 ans*		6,3 m	10,5 s	1 000 ans	9,32
Centennale	100 ans		5,7 m	10 s	100 ans	8,62
Décennale	10 ans		4,9 m	9 s	10 ans	8,12
Annuelle	1 an		4,0 m	8 s	~1 ans	6,92



Digue de Ruytingen - Tempête de Mars 2007



Région du Nord en zone de sismicité faible

Ouvrage à risque normal :

→ $ag \sim 0,1g = 1,0 \text{ m/s}^2$

Ouvrage à risque spécial (ICPE) :

→ Etude spécifique d'aléas sismique

Séisme Majoré de Sécurité (SMS)

→ Accélération nominale : $ag = 0,27 \text{ m/s}^2$

→ Accélération en surface : $ag = 0,30 \text{ m/s}^2$

Equivalent à une zone à sismicité moyenne à forte

Le terminal et ses infrastructures à protéger

Différents ouvrages et fonctions : exigences de stabilité variables

- Digues intérieures : garantir la stabilité de la plateforme : pérennité 5 mois
- Talus de l'apponnement : maintenir le méthanier à poste : 24 h
- Digue de protection du poste : garantir la tranquillité du poste : pas de critère



Les manifestations régionales

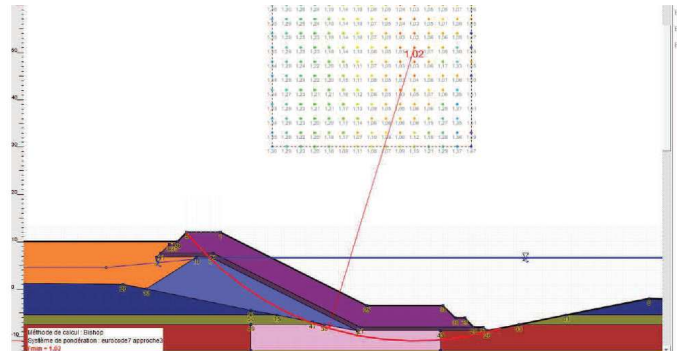
Effet d'un séisme sur les talus

1. Forces d'inertie horizontales et verticales :

$$F_h = \pm m \cdot a_{gh} \text{ et } F_v = \pm m \cdot a_{gv}$$

Etude de stabilité au grand glissement (analyse pseudo-statique)

Etude en déformation (analyse temporelle)



- Pente à adoucir
- Butée de pied à allonger
- Matériaux à sélectionner

2. Phénomènes de liquéfaction

Relation de Terzaghi : $\sigma = \sigma' + u$

σ : contrainte verticale totale

σ' : contrainte effective

u : pression interstitielle

Séisme → ondes de cisaillement → $u \uparrow$

σ constant (poids des terres)

Donc $\sigma' \downarrow$ jusqu'à s'annuler → plus de contraintes intergranulaires



- Perte de rigidité
- Tassements
- Ecoulement latéral (lateral spreading)

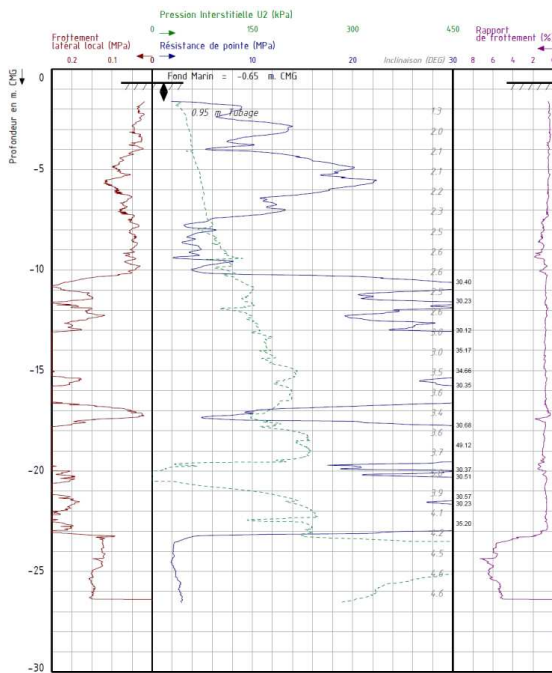
Prise en compte du risque de liquéfaction

1. A partir des sondages CPT, calcul du potentiel de liquéfaction des différents horizons
2. Prédimensionnement de solutions de confortement
 1. Augmentation de la compacité (vibro-compaction, injections solides)
 2. Redistribution des contraintes de cisaillement au profit de colonnes ballastées
 3. Amélioration des conditions de drainage

Principe retenu vis-à-vis de la liquéfaction :

La stabilité des protections côtières périphériques doit permettre de confiner la plateforme et prévenir tout phénomène de « latéral spreading »

A charge en revanche des concepteurs des ouvrages du Terminal de dimensionner leurs ouvrages vis-à-vis des risques d'instabilité locales et des tassements induits par la liquéfaction.



L'Avant-Projet : Les objectifs

- Phase clé, déterminante
- Figurer les hypothèses
- Evaluer les solutions envisageables, les prédimensionner, les comparer

Pour in fine garantir au Maître d'Ouvrage :

- La faisabilité technique
- La performance suffisante pour satisfaire aux critères explicites (et parfois implicites)
- Une certaine « robustesse » des solutions sans tomber dans le conservatisme
- Le juste budget à prévoir
- Un planning réaliste

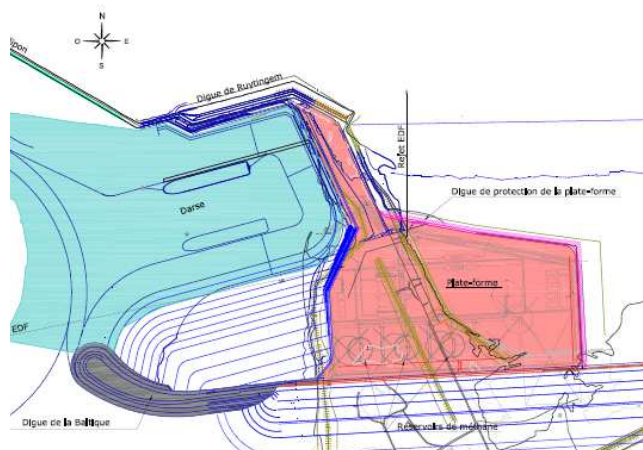
Les manifestations régionales

Les difficultés :

- Comment figer des hypothèses avant d'en connaître les conséquences ?
- Comment faire partager et adhérer aux solutions proposées l'ensemble des intervenants ?

L'Avant-Projet : Quel plan masse ?

Début 2008 : La Sterne naine s'invite dans les choix



Plan masse fin 2007



Plan masse modifié début 2008

- Augmentation des linéaires des protections côtières
- Augmentation des houles de dimensionnement en pied d'ouvrage (DIN)
- Majoration des problèmes de liquéfaction

L'Avant-Projet : Quelques exemples de sujets étudiés

1. Quels sont les ouvrages réutilisables ?

La Digue existante de Ruytingen par exemple

- Evaluation de ses performances hydrauliques
- Remplacement pure et simple ?
- Régénération et adaptation ?



2. Quel niveau de protection vis-à-vis de la submersion ?

Submersion par surcote :

Plateforme calée à +10.00 CMG

Pour surcote à +9.32 CMG (surcote milléniale)

Submersion par franchissement de la houle :

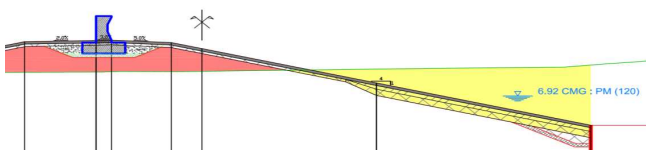
Ouvrages concernés vis-à-vis des débits q

- Zones avec conduites cryogéniques : $q \sim 0$
- Zone piétonnes : $q < 3 \text{ l/s/ml}$
- Zone véhicules : $q < 10 \text{ à } 50 \text{ l/s/ml}$

Combinaison Houle / Niveau d'eau associé :

Ouvrages « normaux » du GPMD : H_{10} / Z_{10}

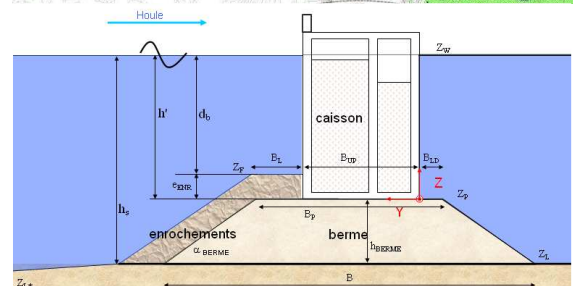
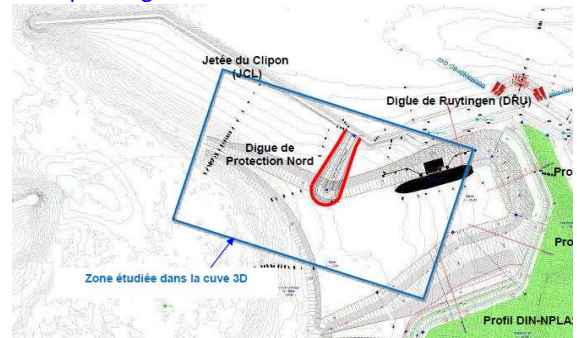
Ouvrages DK LNG : H_{100} / Z_{1000} puis : H_{100} / Z_{100}



Les manifestations régionales

3. Quel type de digue conviendrait le mieux ?

Exemple : Digue de Protection du Poste



Digue à caissons ou digue à talus ?



4. Quel type de digue conviendrait le mieux ?

Exemple : Digue Extérieure – DEX-ER

Digue à talus en enrochements ou digue en sable revêtue de béton bitumineux ?

4. Quels matériaux ?

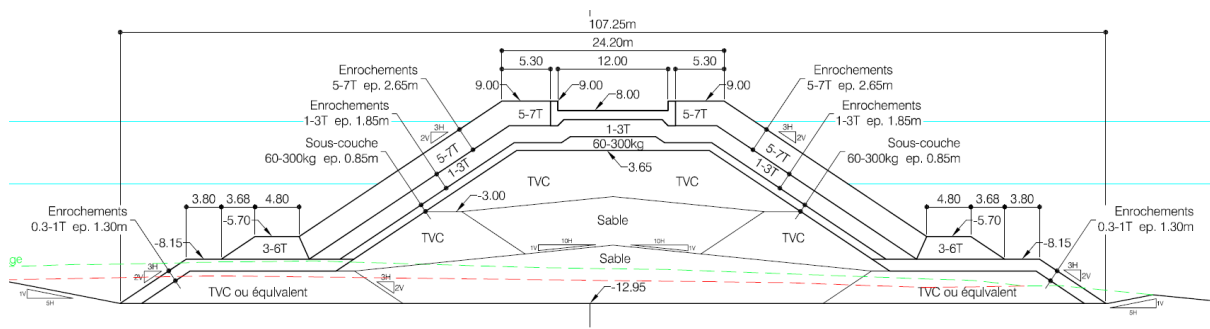
Exemple : DPP

Pour la gamme des carapaces de 5 à 10 T :

Blocs artificiels ou enrochements naturels ?



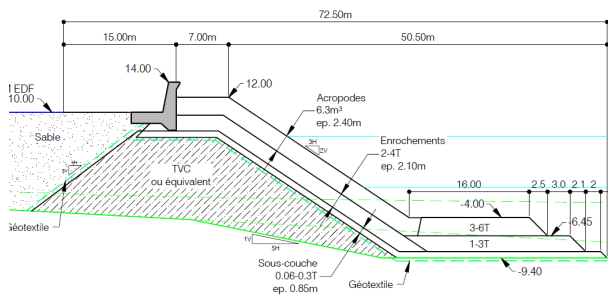
Noyau plein en Tout-venant ou Sable engagé dans des cavaliers en Tout-venant ?



Les optimisations en phase Projet

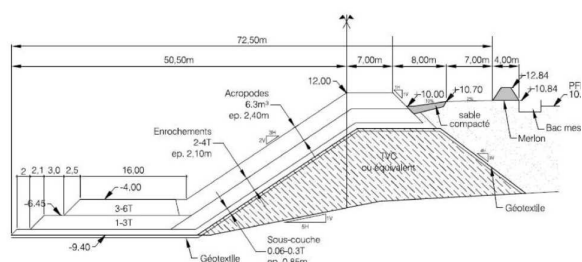
Profil DIN-OPLA initial :

- Critère de franchissement à respecter : $q < 10-50 \text{ l/s/ml}$ en conditions H_{100}/Z_{1000}
- Dimensionnement de murs chasse-mer de 4 m de hauteur



Profil DIN-OPLA optimisé : Remplacement des murs chasse-mer de 4 m de hauteur

- Redéfinition de la période de retour de l'évènement : H_{100}/Z_{100} au lieu de H_{100}/Z_{1000}
- Principe : accepter les franchissements dans la bande de 15 m en tête mais éviter qu'ils ne se propagent sur la plateforme : Drainage + Merlon arrière de 2 m



Le calendrier des études des ouvrages d'infrastructure

DATE	ACTION
2007	Etudes de faisabilité
Janvier à Avril 2008	Reconnaissance géotechniques - Synthèses
Mai 2008 à Mai 2009	Etudes AVP et PRO
Juin à Juillet 2009	Dossier de Consultation des Entreprises
Août 2009	1 ^{ère} consultation
2010	Décision de poursuivre suspendue
Mai 2011	Décision des investisseurs
Août 2011	2 ^{ème} consultation
Fin Novembre 2011	Notification du marché au groupement SODRACO
Fin Décembre 2011	OS de démarrage



Présentation générale

Marché

- Groupement SODRACO / BYTP RF / COLAS / MENARD
- Marché de 120 M€ - Part BYTP RF 7,5 M€
- Ouvrages BYTP RF:
 - Réalisation et mise en stock de Xblocs
 - Construction de la dalle de couronnement de la Digue de Protection du Poste
- Délais: Xblocs – 6 mois / DPP – 3,5 mois

Organisation

- Effectifs: 32 compagnons en pointe – 3 Ingénieurs – 2 Chefs de Chantier
- Etudes:
 - Structure: BET BYTP RF
 - Béton: Direction Technique BOUYGUES
- Production béton: Centrale à béton BYTP

Production X Blocs



Chiffres Clés

- Production de 3 000 unités
- 18 000 m³ de béton
- 20 000 heures de production
- Réalisation de 30 Xblocs / jour

Les manifestations régionales



Organisation

- 2 lignes de production (180 m³ / jour)
- 30 coffrages outils
- 2 équipes (Coffrage / Bétonnage) en horaires décalés
- Mise en œuvre du béton par pompage
- Manutention des Xblocs au moyen d'une chargeuse 18 T avec outil adapté sur les fourches
- Travail réalisé en amont sur l'ergonomie des coffrages afin de faciliter le décoffrage (utilisation vérin)

Béton

- C 25/30 – CEM I 42,5 PM (280 Kg/m³) – Cendres Volantes (120 Kg/m³)
- Exigences:
 1. de résistance au jeune âge (ouvrage non armé):
 - 6 MPa à 18 h – Ouverture des coffrages
 - 12,5 MPa 28 h – Déplacement des Xblocs
 2. sur les températures du béton lors de sa montée en résistance:
 - T° max < 70 °C
 - T° cœur – T° peau < 20 °C



Plan de contrôle

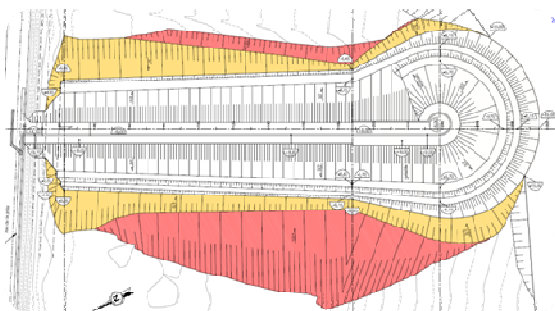
- 1 fiche de contrôle / Xbloc
- Eprouvettes de contrôle / 50 m³ (traction et compression)
- 1 Mesure thermique (thermocouples) / 600 Xblocs
- 2 carottages mécaniques et 1 pesée / 100 Xblocs



Construction de la digue de protection du poste

Chiffres clés :

- Dalle en béton armé de 250 ml (largeur 8 ml / épaisseur 1,40 m)
- 4 000 m³ de béton
- 150 T armatures
- 8 000 heures de production



Organisation :

- Travaux réalisés à la marée
- Réalisation d'une bêche sous ouvrage coulée pleine fouille
- Mise en œuvre de murs en L (préfabrication chantier) pour le coffrage de la rive de dalle (emprise, accessibilité, délais, protection contre la houle)
- Progression par plots de 20 ml / 2 jours
- Mise en œuvre des bétons par pompage

Les manifestations régionales



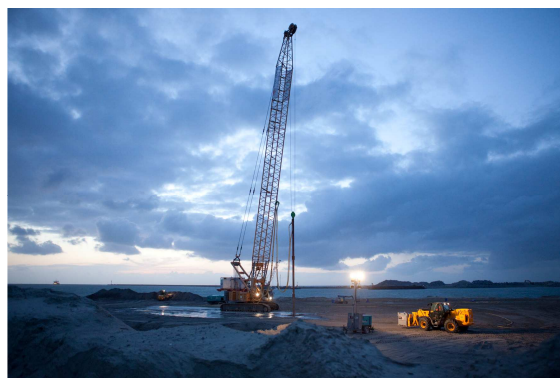
Traitement anti-liquéfaction

Chiffres clés

- 9 mois de travaux (préparation = 2 mois / production = 7 mois)
- 5 ateliers mobilisés (3 terrestre, 2 maritime)
- Travaux maritimes 22h/24 7j/7,
- Travaux terrestres 21h/24 5j/7,
- Surface des zones traitées = 90.000 m²,
- Volume de terrain traité en colonnes ballastées = 600.000m³
- 30 m de hauteur de traitement au maximum,
- 11.5 millions d'€ de CA

Principales étapes

- Préparation de chantier,



Matériel Terrestre



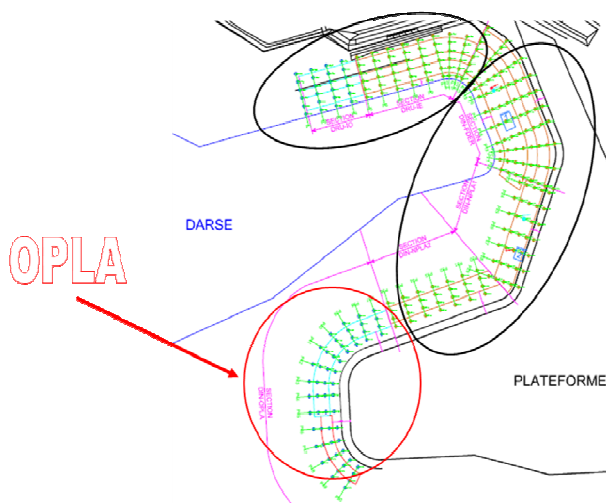
Matériel Maritime



Matériel Maritime

- **Campagne de référence,**
- Constituée de :
 - 160 CPT par voie terrestre avec magnetocône
 - 90 CPT par voie maritime avec magnetocône
 - 4 sondages carottés avec prélèvement d'échantillons pour essais de labo
- Confirmer les zones liquéfiables en plan (surface de traitement) et définir les zones liquéfiables en profondeur (volume de traitement)
- Réaliser le ou les plot(s) d'essai dans une zone d'intérêt particulier
- Valider suite au plot d'essai
 - Faisabilité des techniques de renforcement choisi (validation du critère de déclenchement du traitement complémentaire)
 - Définir les paramètres de réalisation (maille, vitesse remontée, diamètre de CB...)
 - Définir les temps de repos

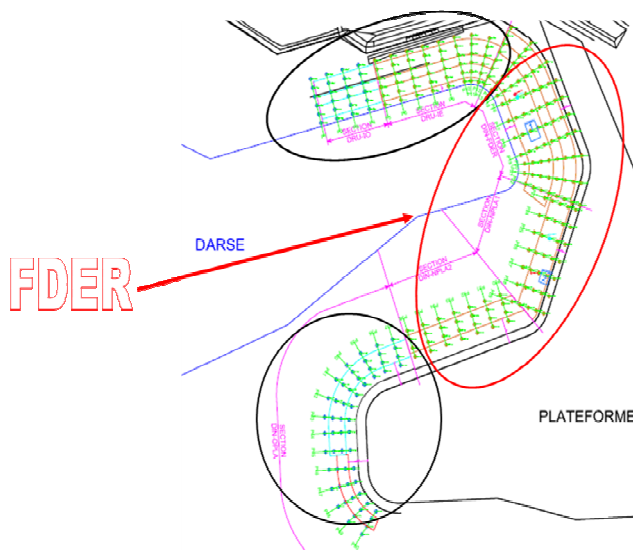
• **Réalisation de la campagne de référence**



OPLA

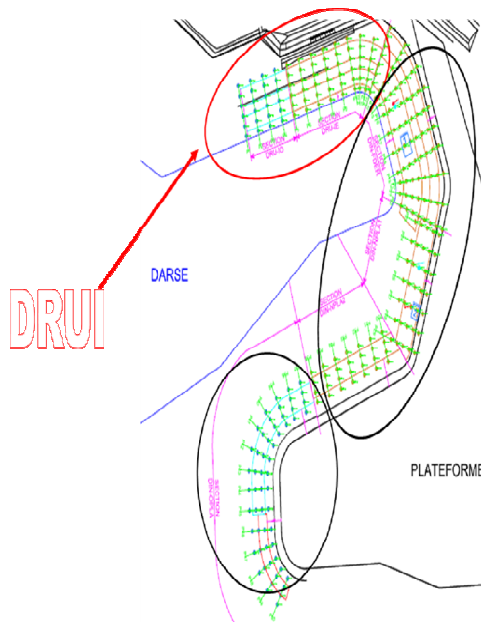
- Profondeur de traitement peu importante
- Niveau fini du projet suffisamment bas pour permettre de réaliser une substitution par

dragage et mise en œuvre de Tout-Venant par voie maritime



FDER

- Terrain liquéfiable jusqu'à la cote -14CMG, soit 22m par rapport au niveau d'intervention.
- Terrain se traitant par vibroflotation et par colonnes ballastées

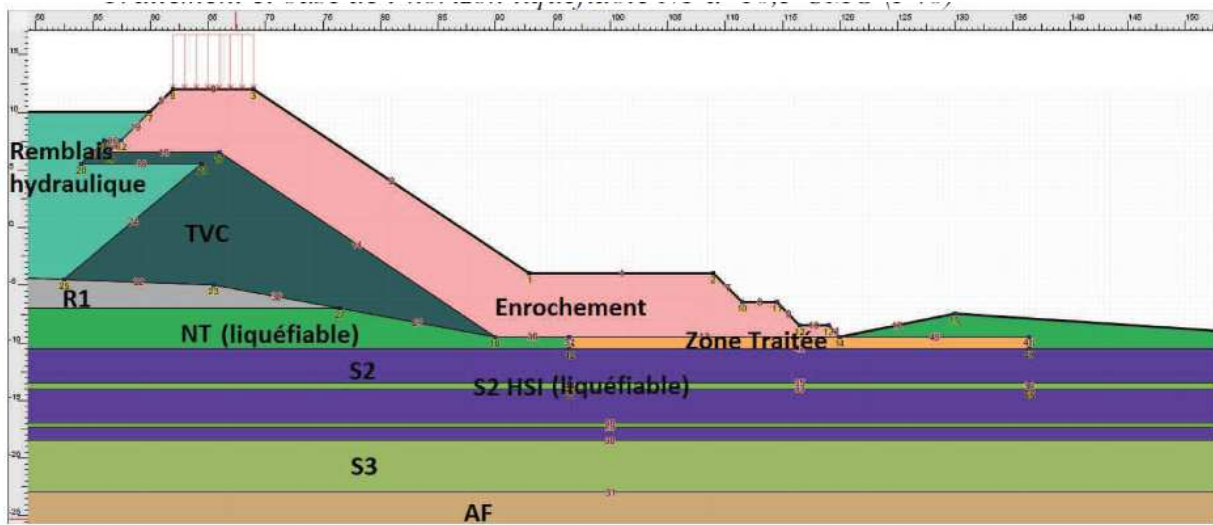


DRUI

- Alternance de sols liquéfiables et non liquéfiables jusqu'à la cote -22m CMG, soit 30m par rapport au niveau d'intervention.
- Terrain se traitant par vibroflotation et par colonnes ballastées
- Difficultés rencontrées pour forer les couches indurées

Étude de stabilité

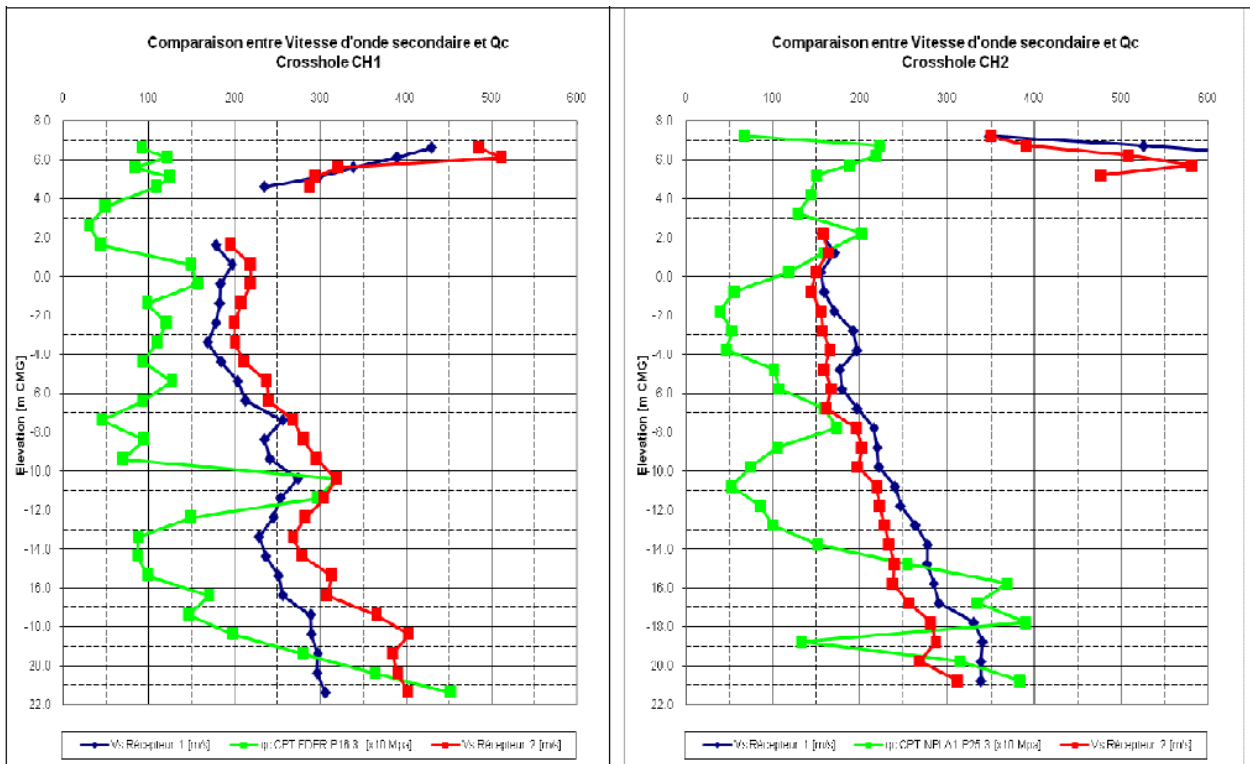
Stabilité sous séisme



Analyse des ondes de propagation

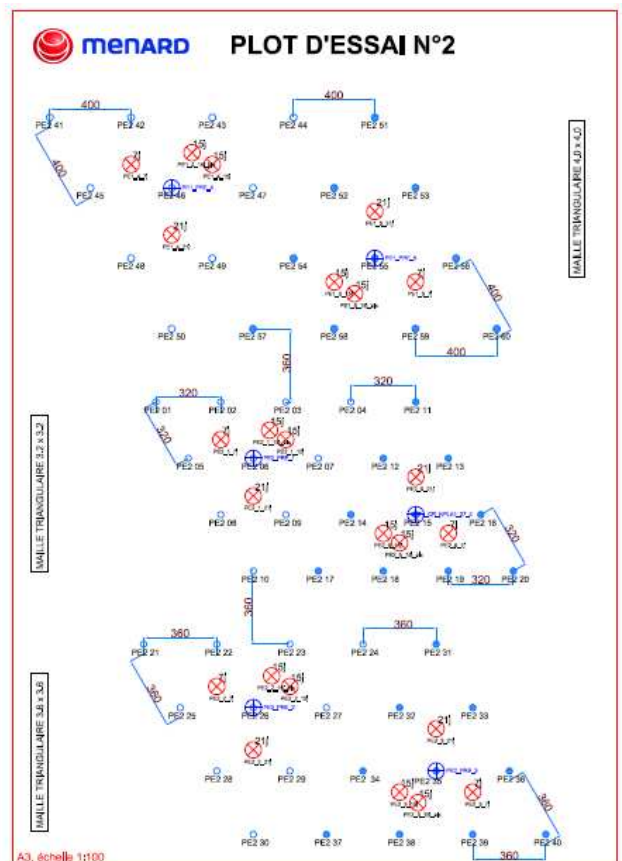
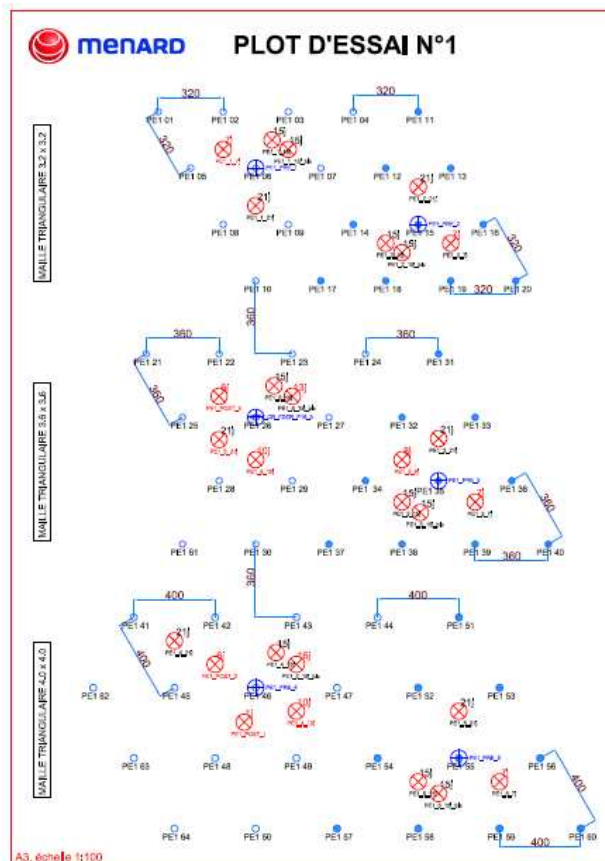
Estimation du module à petite déformation

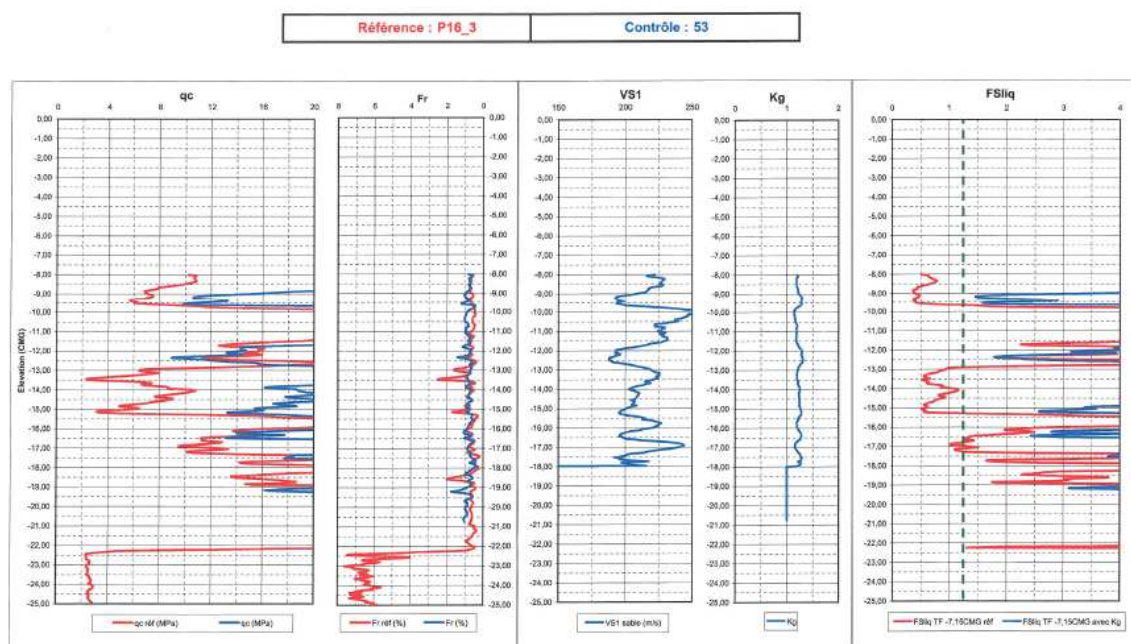
- Dans les colonnes ballastées
- Dans le sol



	Source	Recepteur	Distance (m)	Sigma eff capteur (kPa)	Sigma eff corrigé (kPa)	Delta t (ms)	Vs (m/s)	Vs1 (m/s)
Essai 16	"Noire"	"Rouge"	4.06	61	30.5	10.5	387	520
Essai 17	"Noire"	"Rouge"	4.06	61	30.5	10.4	390	525
Essai 18	"Noire"	"Noire"	3.88	61	30.5	9.9	392	527
Essai 19	"Noire"	"Noire"	3.88	61	30.5	9.8	396	533
Essai 21	"Noire"	"Rouge"	4.06	61	30.5	10.4	390	525
Essai 23	"Noire"	"Noire"	3.88	61	30.5	9.8	396	533
Essai 28	"Rouge"	"Rouge"	3.98	61	30.5	9.9	402	541
Essai 29	"Rouge"	"Noire"	4.17	61	30.5	10.7	390	524
Essai 31	"Rouge"	"Rouge"	3.98	61	30.5	9.9	402	541
Essai 35	"Rouge"	"Noire"	4.17	61	30.5	10.9	383	515
Essai 36	"Rouge"	"Rouge"	3.98	61	30.5	9.8	406	546
Essai 37	"Rouge"	"Rouge"	3.98	61	30.5	9.9	402	541
Essai 38	"Rouge"	"Noire"	4.17	61	30.5	11	379	510
Essai 39	"Rouge"	"Noire"	4.17	61	30.5	11	379	510
							Min	510
							Max	546
							Moy	528

Plot d'essai,



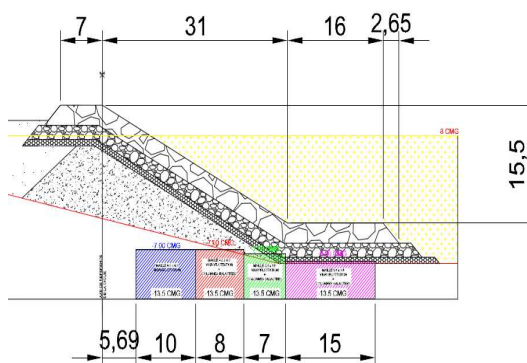


Zones de traitement

SUIVI DU TRAITEMENT_ VUE EN PLAN



VUE EN COUPE



Les digues extérieures



DEXER

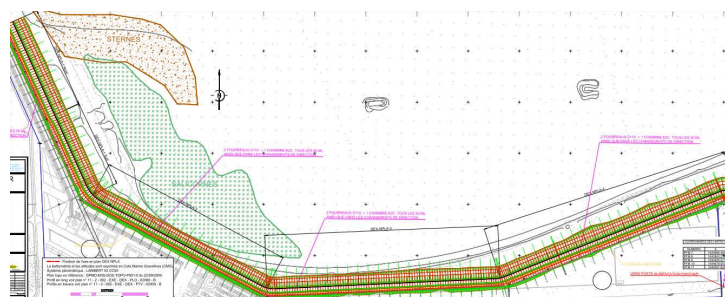


DEXNPLA



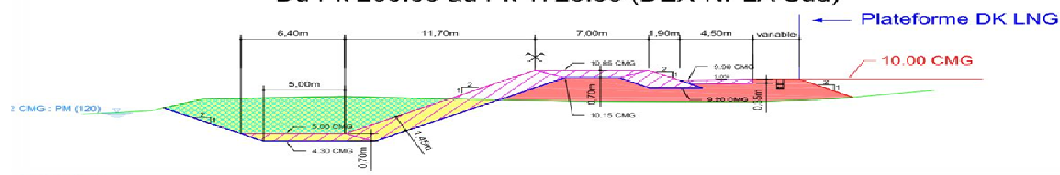
DEXNPLA

- Longueur de la digue 1,700 km
- 2 Zones à très grand intérêt écologique



0,17 CMG : BNL (120)

Du Pk 200.00 au Pk 1720.00 (DEX-NPLA Sud)



- Digue en enrochements 0,5t/1,5t : 60 000 m³ (GME cdb-cs-cvh)
- Surface de géotextile : 90 000 m²
- Déblais : 100 000 m³
- Noyau de la digue réalisé en sable : 40 000 m³
- Reconstitution du cordon dunaire : 60 000 m³
- Travaux réalisés de mars 2012 à juin 2012
- Avancement : 30 ml/jours

DEXNPLA

Phasage et réalisation des travaux

Phase 1 :

Pré-terrassement et rabattement de la nappe

Phase 2 :

Terrassement du fond de drouille, réalisation du noyau de digue en sable et pose du géotextile



Phase 3 :

Mise en œuvre des enrochements du pied de digue



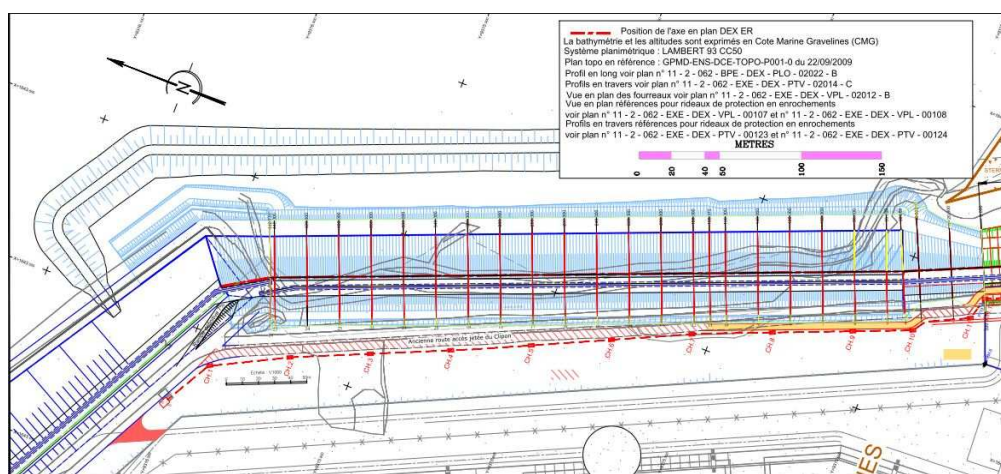
Phase 4 :
Reconstitution du cordon dunaire



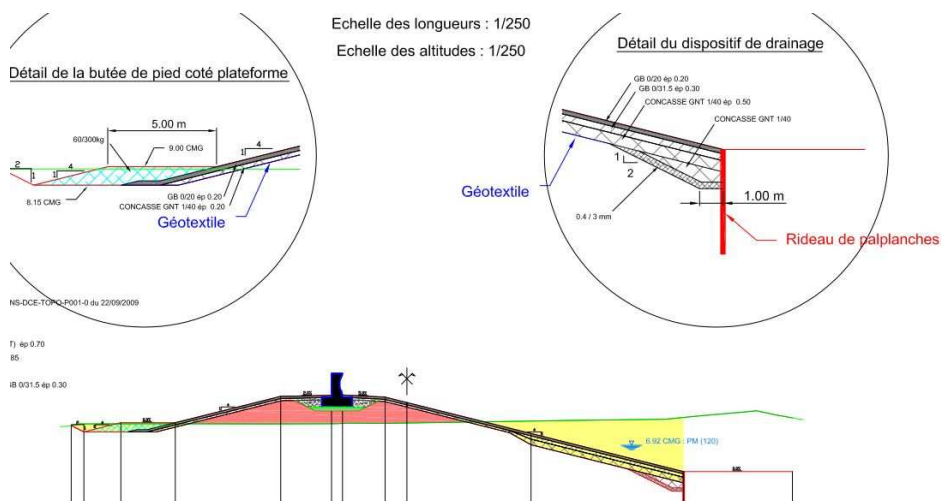
Phase 5 :
Réalisation de la carapace en enrochements



La digue DEXER



- Longueur de la digue 470 ml
- Digue en sable enrobé



- Mise en remblai de 70 000 m³ de sable
- 25 000 m² de géotextile
- 6000 m³ de GNT 1/40
- 20 000 Tonnes d'enrobés (GB 0/20 et GB 0/31,5)

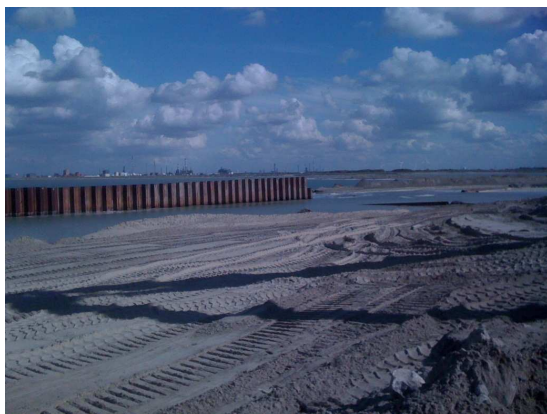
Phase 1 :

Réalisation par SODRACO d'un dispositif de protection et dépose des enrochements existants



Phase 2 :

Mise en œuvre du sable de remblai



Phase 3 :

Mise en œuvre du géotextile, de la GNT 1/40 et réalisation du filtre en pied de palplanche

- Approvisionnement de la GNT 1/40 en Dumper A40
- Mise en œuvre au Bull D6N équipé de GPS

Les manifestations régionales

Phase 4 :

Les bétons bitumineux

- Mise en œuvre de 2 couches de béton bitumineux
 - 1 couche de 30 cm en pied de digue jusqu'à la côte +8 CMG
 - 1 couche de 20 cm sur l'ensemble de la digue
- Les problématiques posées par le cahier des charges :
 - Respect de l'étanchéité (digue en partie immergée à la marée)
 - Densification des matériaux
 - Application en pentes (25%)
 - Limiter les joints et le nombre de couches

2 formules ont été retenues

- GB 0/31,5 en « sous couche » de la partie la plus souvent immergée
 - Mise en œuvre en 1 seule couche de 30 cm
 - 5% de bitume afin d'assurer la compacité (95% DURIEZ)
- GB 0/20 en couche de protection sur toute la digue
 - Mise en œuvre en 1 couche de 20 cm

Le béton bitumineux : la mise en œuvre

- Application au finisseur « en montant » par bandes de 3 m de large
- Mise au point d'un finisseur avec Inter Service Finisseur
 - Inclinaison du bac moteur via un système réglable
 - Bac d'alimentation de grande capacité et incliné (25tonnes)
 - Allègement de la table (suppression de l'hydraulique)
 - Optimisation de la table pour améliorer l'étanchéité via un redans compacté à la plaque vibrante tirée par le finisseur

L'approvisionnement

- Alimentateur FRANEX en haut de digue
- Besoin d'une alimentation supplémentaire à mi hauteur

Le compactage

- Compactage au Dynapac V4 Monobille
- Equipement d'un palonnier et d'un système d'arrosage de la bille
- Aide à la traction par un semi remorque équipé d'un treuil 36 tonnes asservi placé en haut de digue

La construction du Terminal Méthanier de Dunkerque
 Assistant maitre d'ouvrage Cofiva

1/L'Organisation pour la construction.

Le site actuel du Clipon et le futur terminal



Engagement de la réalisation du terminal méthanier de Dunkerque

Le projet a été lancé le 3 Mai 2011 par le Président d'EDF.

La réalisation est confiée à 3 entreprises sur la base de contrats clés en mains. Ces contrats ont été signés le 4 Mai 2011.

Un mandat du Maître d'Ouvrage Dunkerque LNG a été confié le 5 Mai à COFIVA pour assurer le pilotage de la réalisation et le pilotage des contrats de construction.

L'équipe projet de COFIVA s'appuie sur des compétences internes d'Edf (EDF CIT Groupe Gaz) et des compétences issues de sociétés spécialisées comme : SOFREGAZ (ingénierie spécialisée en GNL) , ING'EUROP, ATEIM, CATEP, SAFETY RISK Services, ANOTECH,

Un projet porté par plusieurs Maîtres d'Ouvrages

2 maîtres d'ouvrage



filiale d'



CAPEX

1000 M€*

Propriétaire et exploitant du terminal.
4 ans de chantier, jusqu'à 1200 personnes



Construction des ouvrages de protection maritime de la plateforme et préparation du site : livraison par étapes, sur 2 ans

150 M€

Un partenaire clé



Raccordement au réseau de transport de gaz : chantier 191 kms
Travaux sur 2 étés (2012 et 2013)

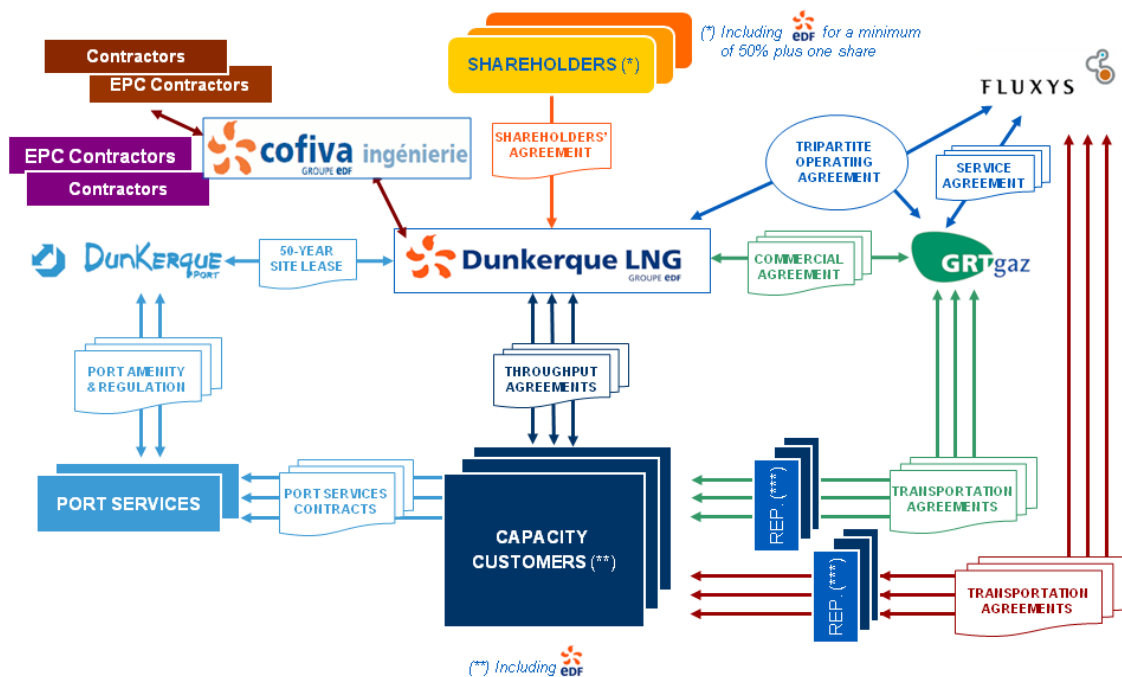
500 M€

► Une nécessaire coordination pour un projet d'ampleur nationale

Le Terminal Méthanier – Septembre 2012



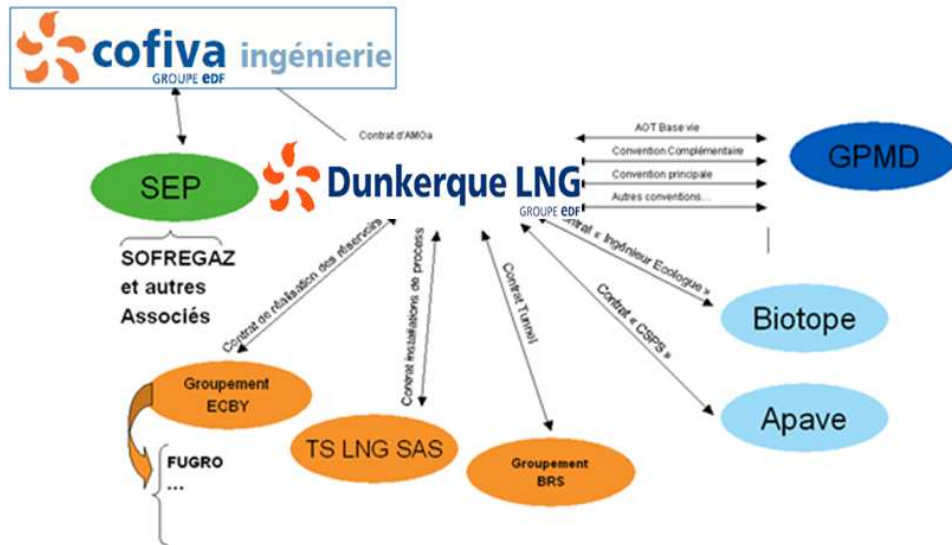
Au sein d'une organisation commerciale d'ampleur



TERMINAL METHANIER DE DUNKERQUE -



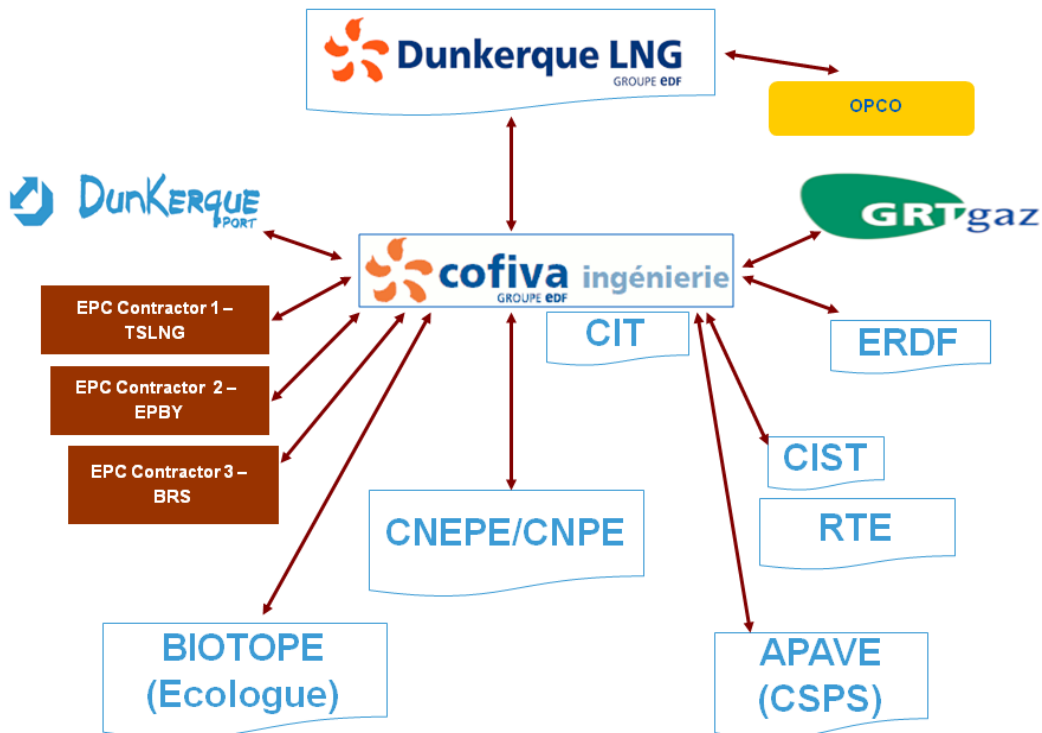
DKLNG et les acteurs pour la réalisation



Le Terminal Méthanier– Septembre 2012



Un Pilotage de la réalisation par COFIVA Ingénierie



Le Terminal Méthanier– Septembre 2012



- ➔ Dunkerque LNG est le Maître d'Ouvrage des travaux de construction du terminal.
Dunkerque LNG est une filiale d'EDF (65 %), Fluxys (25 %) et Total (10 %)
- ➔ Trois contrats EPCC (clé en main forfaitaire) vont réaliser le Terminal :
 - Le groupement BRS - CSM Bessac – Razel – Solétanche Bachy réalise le tunnel
 - Le consortium EPBY Bouygues TP – Entrepose Projets réalise les 3 réservoirs
 - TS LNG SAS (filiale commune Techint et Sener) réalise l'usine (du déchargement à la regazéification et l'émission)
 - COFIVA, filiale de EDF, a reçu un mandat du Maître d'Ouvrage Dunkerque LNG.

2/ Le Rôle de COFIVA

Mandat du Maître d'Ouvrage entre DKLNG et COFIVA

- ➔ Le contrat de COFIVA a débuté le 2 mai 2011 pour une durée de 56 mois.
- ➔ Le mandat confié par Dunkerque LNG comprend les missions suivantes :
- ➔ Le pilotage contractuel et technique des contrats EPCC
- ➔ Le pilotage des interfaces techniques avec les deux autres Maîtres d'Ouvrage GRTGAZ & GPMD,
- ➔ Le pilotage technique des interfaces entre les autres intervenants (RTE, CNEPE/CNPE, ERDF,...) et les EPCC.
- ➔ Le pilotage des études et de l'achat de la barge transport des pompiers.

La mission de COFIVA :

- ➔ La gestion technique et contractuelle des contrats EPCC et des contrats / conventions avec les tierces parties impliquées dans la construction, comme GPMD, RTE, ERDF, GRTGaz, CNEPE-CNPE,
- ➔ La gestion des budgets de construction des entités sus mentionnés, (hors coût de la MOA et du GRTGaz).
- ➔ La responsabilité du planning de réalisation des EPCC et l'élaboration du planning général (études, travaux, mise en service),
- ➔ Le pilotage des interfaces techniques et planning entre toutes les parties intervenant sur le projet (GRT, GPMD, RTE, CNPE de Gravelines...).
- ➔ Le contrôle des performances des autres contrats par rapport à leurs engagements et aux autorisations administratives.

Les manifestations régionales

- ➔ Le reporting général intégrant les contrats EPCC, et les autres intervenants ainsi que l'activité de COFIVA,

3/ Notre rôle comme superviseur de l'Activité Génie Civil

Les Contrôles faits par COFIVA

- ➔ Vérifications des études de structure sur tous les ouvrages GC du Projet.
 - Réservoirs, Puits, Tunnel, Ouvrages maritimes (Appontement, Station de pompage, Rejet), Bâtiments et massifs associés au process
 - Appui d'experts externes et internes à EDF dans l'ensemble des spécialités (Séisme, Formulation Béton, Géotechnique, Travaux souterrains..)
- ➔ Vérifications des préalables avant les travaux de GC sur site
 - Planches d'essais (traitement de sol),
 - Formulation des bétons, Essais de convenue,
 - Levée de préalable avant coulages
- ➔ Vérifications pendant la réalisation des ouvrages de GC
- ➔ Réceptions des Ouvrages de GC avant transfert au Propriétaire

Les principaux ouvrages de génie-civil du projet

1. Les particularités du site

- ➔ Aléa sismique à prendre en compte : p.g.a = 0,30g (palier du spectre = 0,80g)
- ➔ Risque de liquéfaction locale : traitement contre la liquéfaction sous les ouvrages
- ➔ Risque de liquéfaction généralisée et « lateral spreading » : traitement périphérique de la plate-forme (travaux GPMD)

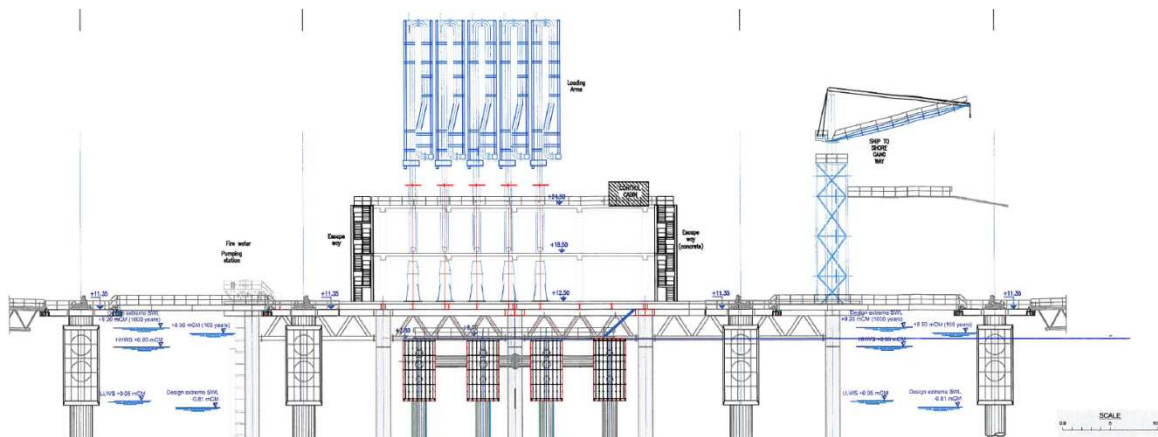
2. La cité administrative et les bâtiments

- ➔ 10 000 m² de planchers
- ➔ Un programme architectural ambitieux



- ◆ Appontement composé :
 - D'un pont d'accès (estacade) : Pont mixte de 400 m environ
 - D'une jetée portant :
 - Bras de déchargement
 - Passerelle d'accès aux méthaniers
 - Local technique
 - ...

Des structures d'amarrage et d'accostage des méthaniers



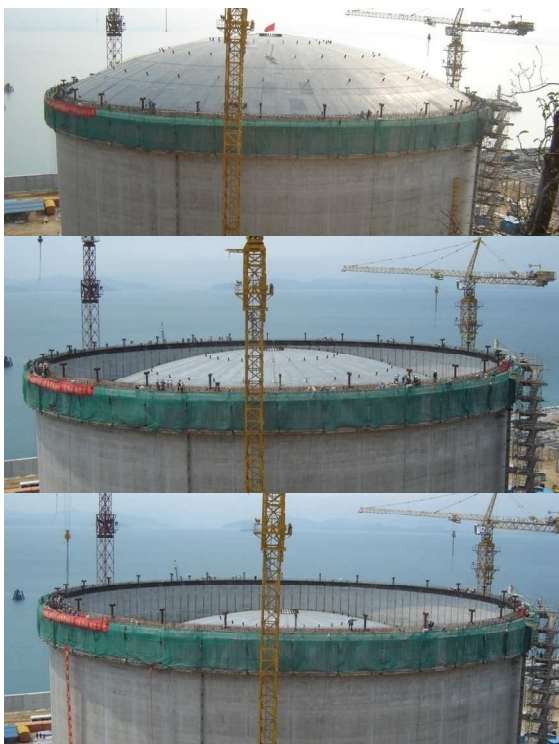
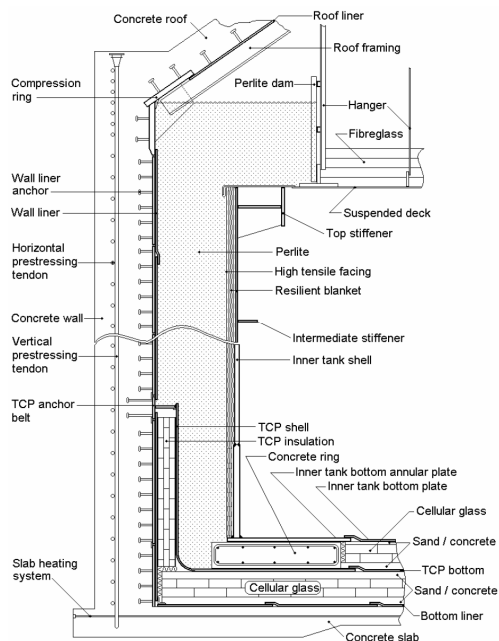
4. Les réservoirs



- ◆ Réservoirs auto-portants à intégrité totale:
 - Dimensions :
 - Diamètre = 93 m
 - Hauteur = 51 m

- Cuve externe :
 - Voiles BA et BP
 - Dôme : liner métallique et BA
- Cuve interne :
 - Structure auto-portante en acier cryogénique

Volume utile : 190 000 m³ de GNL



Les manifestations régionales

5. Le tunnel - La particularité du terminal de Dunkerque

◆ Un tunnel pourquoi ?

- Pour utiliser les eaux chaudes de la centrale nucléaire de Gravelines

=> Une économie de 50 000 à 100 000 tonnes de CO₂ par an

- Débit max = 12 m³/s soit environ 5% des eaux de refroidissement
- Prélèvement sur 4 tranches du CNPE

◆ Caractéristiques :

- Creusé au tunnelier à pression de terre
- Tracé intégralement dans l'argile des Flandres
- Longueur : 5 km
- Diamètre interne : 3,00 m



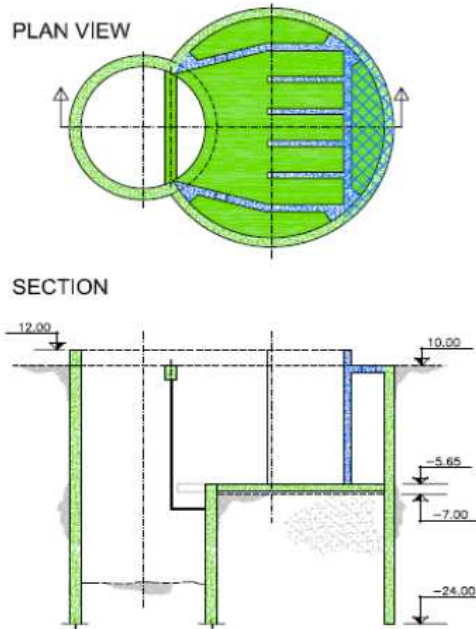
◆ Echangeurs thermiques eau/GNL : les ORV



6. Le puits et la station de pompage

- ◆ Puits d'accès et station de pompage : Un bilobe de paroi moulée
- ◆ Puits d'accès au tunnel :
 - Paroi moulée
 - Diamètre : 16 m
 - Profondeur : 65 m
 - Épaisseur des panneaux : 1,20 m

- ◆ Station de pompage :
 - Contigüe au puits
 - Diamètre : 29 m
 - Épaisseur des panneaux : 0,60 m
 - Profondeur : 34 m



7. Le génie civil pour la protection de l'installation

- ◆ Installation Seveso seuil haut
- ◆ Le génie civil assure aussi des fonctions de protection de l'installation :
 - Séisme
 - Franchissements maritimes : murs chasse mer
 - Risques de feux : Murs pare-feu
 - Risques d'explosions : bâtiments « blast proof »
 - Risques de projectiles : résistance à la chute d'avion et aux impacts de vannes

4/ Le suivi du Projet



Le chantier

Les manifestations régionales

5/ Présentation Technique du Terminal

Les aspects techniques

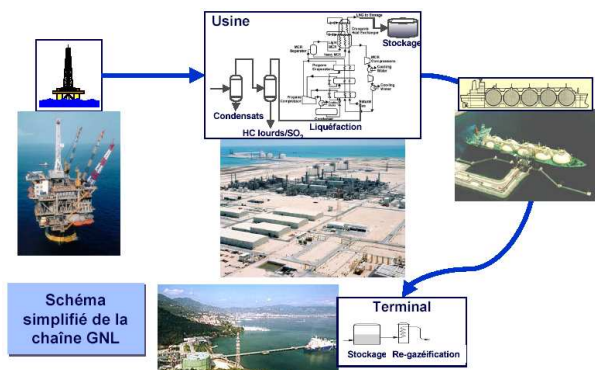
Un outil de réception de Gaz Naturel Liquéfié (GNL ou LNG)

- ➔ T de -162 °C et Pression atmosphérique : installation cryogénique,
- ➔ Approvisionné par navires de 65 000 m³ à 265 000 m³
- ➔ Stocké dans 3 Réservoirs (3 x 190 000 m³), pompé BP & HP (96 bars), réchauffé & injecté

Les caractéristiques principales du Terminal de Dunkerque

- ➔ Un débit annuel de 13 Gm³/an ,
- ➔ Une darse et un appontement
- ➔ 3 réservoirs cryogéniques de 190 000 m³,
- ➔ Un débit horaire maximal de l'ordre de 1 900 000 m³/h de gaz
- ➔ quelques ordres de grandeur :
 - 1m³ de GNL représente 600 m³ de gaz, 480 kg
 - 1 Gm³/an correspond à la consommation d'une centrale cycle combiné de 800 MW

Transport du gaz par GNL



Plan masse détaillé





Accostage méthanier



Construction des Réservoirs LNG
ENTREPOSE Projets / BYTP

Dalle béton

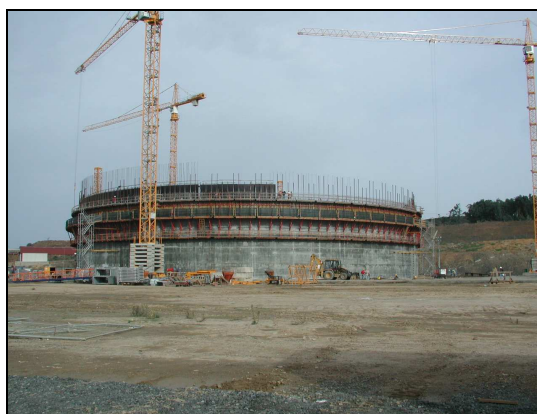


Les manifestations régionales

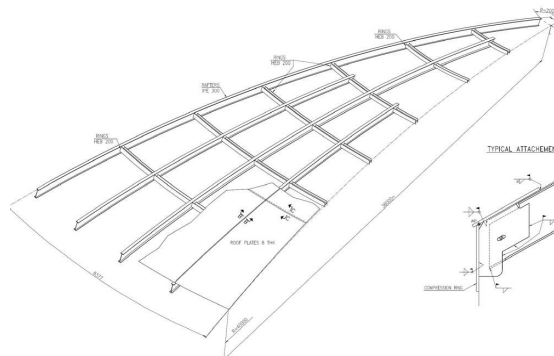
Ferraillage dalle



Construction mur béton



Éléments de toit

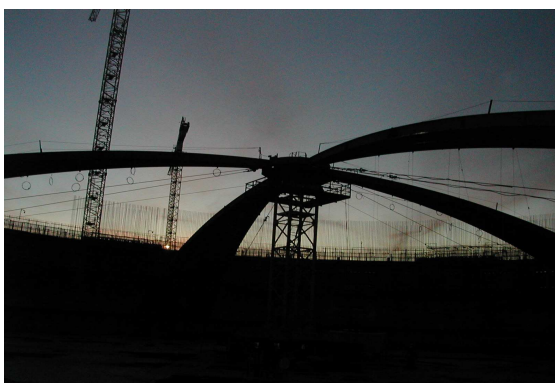


Levage éléments toit (~25t)

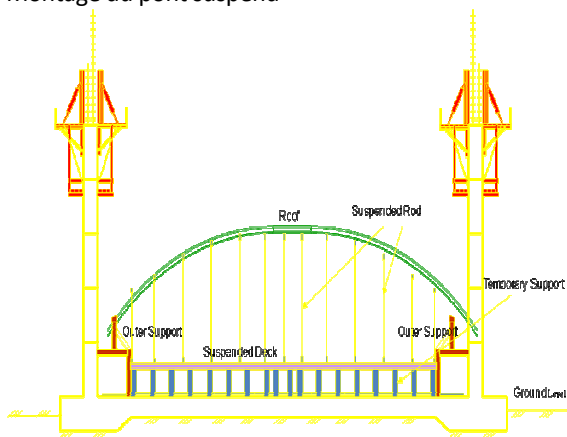




Montage éléments de toit



Montage du pont suspendu



Les manifestations régionales

Anneau de compression



Toit en position basse



Levage à l'air du toit

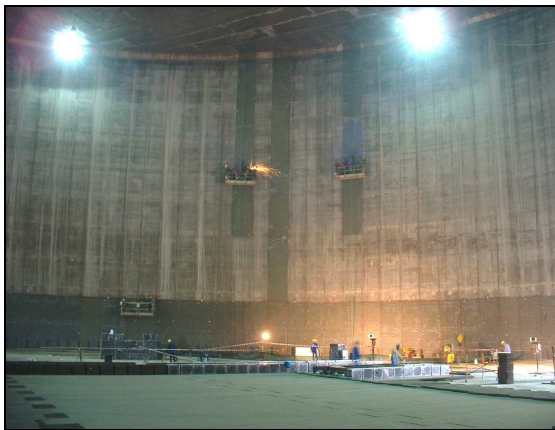


Raccordement toit (position haute)

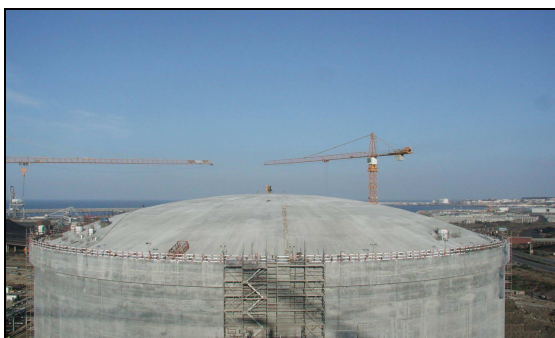
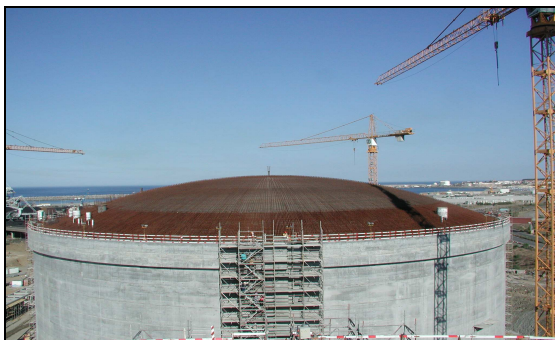




Montage soudage barrière vapeur + installation isolation de fond



Mise en pression et bétonnage toit

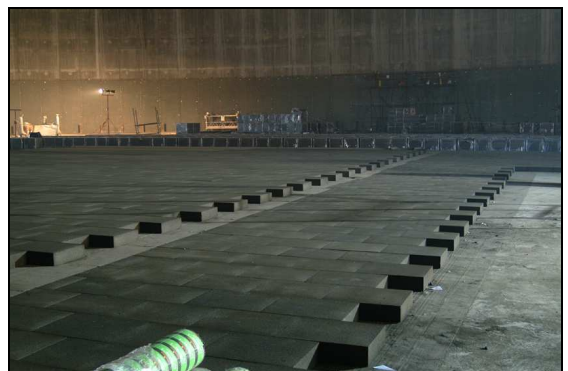


Les manifestations régionales

Montage cuve interne



Installation isolation de fond



Montage tuyauteries internes



Couronne de mise en froid

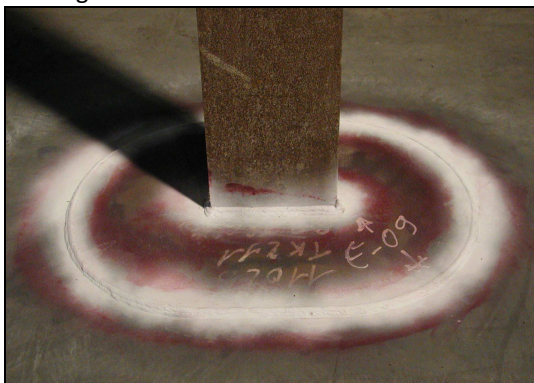


Contrôle qualité

Visuel et dimensionnel



Ressuage



Radiographies



Les manifestations régionales

Vérification composition métallurgique



Tests pression



Contrôles Ultra sons

Épreuve hydraulique

Structures externes

Plateforme principale



Échafaudage pour pipe rack



Pipe rack et gaines précontraintes



Tuyauteries externes



Instrumentation



Les manifestations régionales

Soupapes dépression

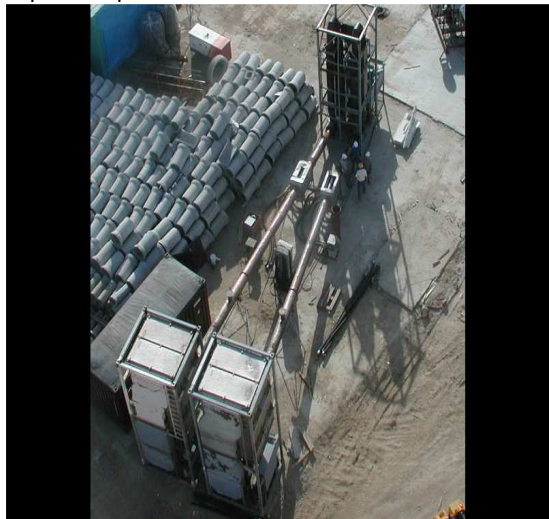


Soupapes pression



Mise en place isolation





Perlite : mise en place et vibration



Isolation pont suspendu



Les manifestations régionales

Vue générale extérieure



« SEA WATER TUNNEL »

Razel, CSM Bessac, Soletanche Bachy

LES TRAVAUX DE NOTRE MARCHÉ COMPRENNENT

- Deux puits en paroi moulée qui serviront à la construction du tunnel puis qui seront converti en station de pompage des eaux du tunnel vers les installations du terminal méthanier.
- Un tunnel d'amenée d'eau tiède de la centrale de Gravelines vers le terminal méthanier pour réchauffer le gaz liquide avant son envoi dans le réseau de distribution.
- 12 Raccordements sur les siphons de prise d'eau au niveau de la Centrale Nucléaire de Gravelines

PRÉSENTATION DU GROUPEMENT

ATTRIBUTAIRE DU MARCHÉ

« SEA WATER TUNNEL »

Réalisation du tunnel

CSM Bessac : Mandataire du groupement

Fournisseur du tunnelier

Razel

Réalisation du puits en paroi moulée

Soletanche Bachy

SOUS-TRAITANCE

Pré fabricant de Voussoirs

Réalisation des plates-formes de chantier

Terrassement

Transport et évacuation des déblais

Évacuation et traitement de boues

Levages

Transports

Sciage / carottage de béton

Travaux topographiques

Nettoyage

LE Puits

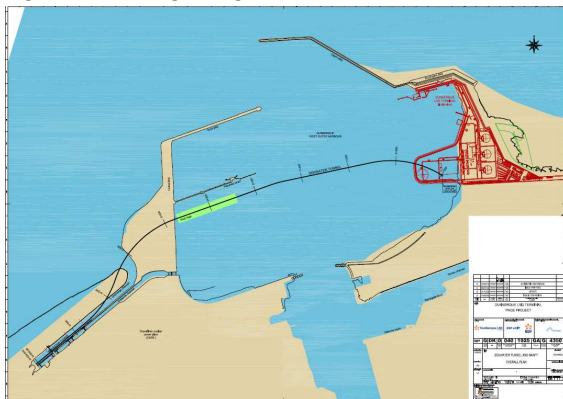
- Profondeur : 50 m (fiche à 70 m)
- Diamètre intérieur : 16 m
- Épaisseur de la paroi moulée : 1,50 m
- Outillage : Benne hydraulique type KS

LE TUNNEL



CONSTRUCTION DU TUNNEL

VUE EN PLAN DU TRACE



PRINCIPALES QUANTITÉS DU PROJET

TUNNEL

Longueur : 5 000 m
Couverture : 50 m
Charge hydrostatique : 50 mCE
Déblais : 55 000 m³
Volume de béton préfabriqué voussoirs : 12 800 m³
Volume d'injections de blocage : 7500 m³
Poids d'armatures 1100 T :

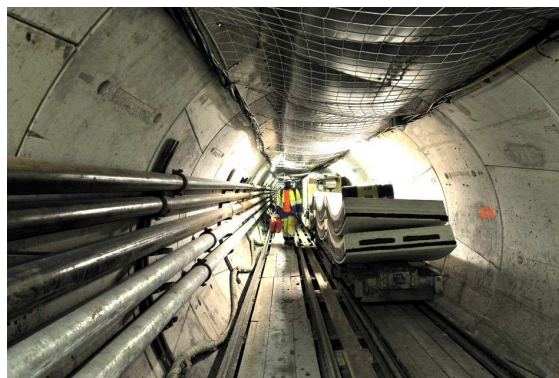
TUNNELIER A PRESSION DE TERRE - EPB

Principe de la pression de terre : Le terrain abattu est malaxé avec des additifs, il est mis en pression dans la

Les manifestations régionales

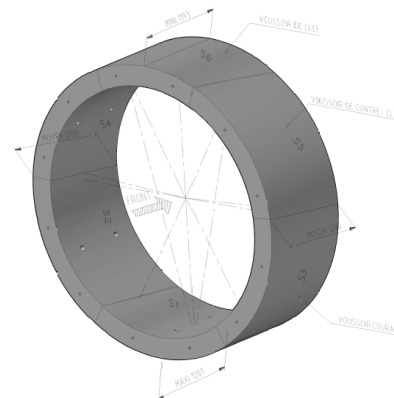
chambre par la poussée du tunnelier en corrélation avec l'extraction par la vis

TRAIN SUIVEUR ET TRAIN DE MARINAGE



VUE 3D D'ENSEMBLE DE L'ANNEAU

Ech = 1/33



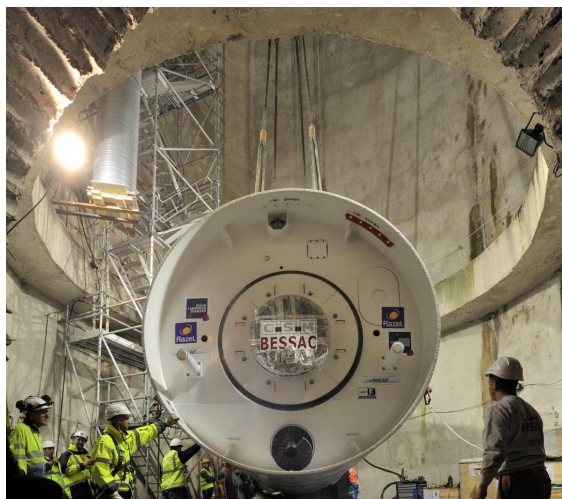
L'anneau de voussoirs : est assemblé dans la jupe du tunnelier puis au fur et à mesure de la poussée du tunnelier, l'anneau est libéré dans le terrain. Le vide annulaire est alors comblé de mortier

GALERIE DE RECU

La galerie de recul : permet le recul du train de marinage dans le puits pour la vidange des bennes et la mise en place des voussoirs

TRANSPORT ET DESCENTE DU TUNNELIER

La descente du tunnelier : est une opération délicate et importante consistant à décharger le tunnelier du convoi pour le descendre dans le fond du puits.



INSTALLATIONS DE CHANTIER

Les installations de chantier du tunnelier : Ce sont toutes les installations nécessaires au bon déroulement des travaux de tunnelier (moyens de levage, poste de transformation électrique, Atelier, Magasin, zone de préparation des voussoirs, compresseur, alimentations en air respirable , ...)

Chantier en groupement pour la réalisation d'un tunnel d'acheminement des eaux de mer pour le terminal méthanier de Dunkerque.

- **Montant du projet : 43 159 003 € H.T.**
 - CSM BESSAC / RAZEL BEC : (radier provisoire, galerie de recul, tunnel de 5 km et branchement sur les siphons) – **55 000 m3 de déblais de marinage, 5 km de tunnel**
 - Soletanche Bachy : (murettes guides, paroi moulée, puits de rabattement, recépage, rabotage de la paroi, poutres de couronnement, poutres de jonction, radier du puits et de la station de pompage) – **6 500 m3 de déblais de paroi moulée en épaisseur de 1 200 et 600 mm à 65 et 35 m de profondeur, 20 000 m3 de terrassement**

Travaux de paroi moulée

- **Paroi moulée du puits:**
 - 1 200 mm d'épaisseur
 - 65 m de profondeur
 - 8 panneaux de 520 m3 de béton
 - Rendement estimé = 1 panneau par semaine

Les manifestations régionales

- **Paroi moulée de la station de pompage:**
 - 600 mm d'épaisseur
 - 35 m de profondeur
 - 11 panneaux de 150 m3 de béton
 - Rendement estimé = 2 à 3 panneaux par semaine
- **Barrettes**
 - 1 200 mm d'épaisseur
 - 35 m de profondeur
 - 2 barrettes de 65 m3 de béton

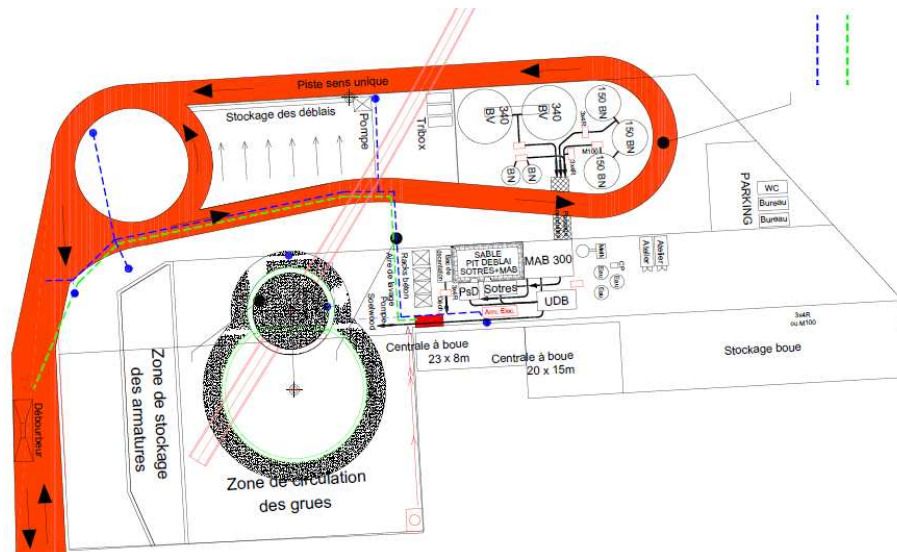
Travaux de génie civil

- Poutres de couronnement (élément en tête des parois moulées) – cet ouvrage a pour objectif d'unir les panneaux de paroi moulée
- Poutres de jonction (3 éléments répartis entre +9.85 CMG et -1.00 CMG) – ces ouvrages reprennent la résultante de compression entre les parois moulées du puits et de la station de pompage
- Radier de la station de pompage – 1 m d'épaisseur – cet élément doit reprendre les sous-pressions, il est encastré dans les parois moulées et les barrettes
- Radier du puits – 0.40 m d'épaisseur – de type radier piston

CHIFFRES CLÉS

- **Quantités:**
 - 140 ml de murettes guides
 - 6 320 m3 de béton de paroi moulée
 - 900 m3 de béton de génie civil
 - 6 500 m3 de déblais de paroi moulée
 - 20 000 m3 de déblais de terrassement
 - 4 000 m3 d'eau à extraire pour vider la boîte (2m3/h pour maintenir le niveau d'eau de la nappe durant les travaux)
- Déviation de 0.40% autorisée sur la verticalité de la paroi moulée
- Béton en C40/50 pour les paroi moulée avec une rhéologie de 4 heures
- Béton en C35/45 pour les ouvrages en génie civil
- 3 postes de travail durant l'exécution de la paroi moulée – 50 personnes réparties sur les trois postes

PLAN GENERAL DU SITE – phase paroi moulée



Avancement des études

- **Paroi moulée:**
 - Note d'hypothèses générales => FUS
 - Note de sollicitation => FUS
 - Note de ferrailage => FAC, en attente de remarques
 - Plan de cages => FAC, en attente de remarques
 - Note de vérification au séisme + liquéfaction => en cours, envoi prévu pour semaine 23
- **Génie civil:**
 - Note de calcul du radier de la station de pompage => FAC, en attente de remarques
 - Plan de coffrage du radier de la station de pompage => FAC, en attente de remarques
 - Plan de ferrailage du radier => en cours
 - Note de calcul des poutres de jonction et couronnement => en cours
 - Plan de coffrage et ferrailage des poutres => en cours
 - Note de calcul et plan de coffrage et ferrailage du radier du puits => en attente des résultats des essais sur les argiles des Flandres

Fabrication des voussoirs



Moules dans le hall de production



Ferrailage

Les manifestations régionales



Bétonnage et vibration



Décoffrage



Finitions



Collage des joints



Stockage avant expédition