

# COMITE FRANCAIS DE MECANIQUE DES SOLS

## Illustrations du rôle de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

# Plan de l'exposé

1. La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière
2. Un exemple : expérience vécue sur un projet Onshore (OML 58-Nigéria)
3. Conclusions & Recommandations

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

## Le contexte OIL and GAS

- Des projets majeurs en termes de poids financier: les projets de plus de 1 Md \$ sont fréquents
- Un contexte très internationalisé, avec jusqu'à présent une dominante anglo-saxonne, mais où l'on observe depuis peu l'apparition de nouveaux acteurs (Chine, Brésil, Inde, sans oublier l'Iran)
- Une organisation du marché faisant la part belle aux « EPC Contractors » (Engineering / Procurement / Construction) dont l'objectif est de livrer des usines clé en main (pénalités de retard souvent colossales)

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

## Le contexte OIL and GAS

- Une logique industrielle laissant peu de place au génie civil et à la construction : une hiérarchie clairement établie 1) process 2) piping 3) équipements 3 bis) instrumentation-électricité 4) génie civil - construction
- Une montée en puissance de la prise de conscience des contraintes environnementales, en particulier chez les grandes compagnies américaines et européennes
- La gravité des accidents / risques potentiels et le contexte réglementaire associé (atmosphères explosives, risques d'incendie, risques de pollution, risques sismiques...)

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

## Et la géotechnique dans tout cela ?

- L'impact financier direct de la géotechnique est très faible : coût de la construction = 10 à 20 % du coût d'un projet, fondations et terrassements = 10 % à 20 % du coût construction; la géotechnique a donc un impact sur moins de 5 % du coût total d'un projet
- MAIS : le respect des délais est un enjeu majeur pour tous les acteurs (perte de production / pénalités)
- Et c'est très souvent dans les opérations de construction / génie civil que s'accumulent les retards des projets, en particulier pour une mauvaise appréciation des conditions géotechniques au sens large

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

## Les enjeux de la géotechnique : risques et incertitudes associées

- Les risques géotechniques réels : aléas géologiques, risques sismiques...il faut se donner les moyens de les évaluer objectivement, c'est-à-dire allouer le temps nécessaire à l'ingénierie géotechnique (reconnaitances et études)
- Les pratiques réglementaires usuelles de conception et de réalisation des fondations (ou travaux dans le sol au sens large) sont parfois insuffisantes ou floues pour des ouvrages qui sont inévitablement « sensibles »
- Il faut souligner, très souvent, l'insuffisante formation / sensibilisation des acteurs et en particulier des décideurs dans le domaine particulier de la géotechnique

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

Le contexte contractuel des projets OIL and GAS dans le domaine géotechnique (prise en compte du « risque sols »)

- Client et entrepreneur se rejettent mutuellement les conséquences futures des risques géotechniques : notion de « RELY UPON DATA »
- Il est rare de voir la discipline géotechnique identifiée en tant que telle (à l'exception des projets Anglo-Saxons et en particulier Nord-Américains), c'est une sous-discipline de CIV (Génie Civil)
- La fonction du géotechnicien est souvent assurée par des consultants extérieurs dont l'implication vis-à-vis du risque géotechnique est très variable
- Absence fréquente d'organismes de contrôle (marchés privés...)
- Rôle souvent décisif des assurances

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

Les conséquences pratiques : des campagnes de reconnaissances géotechniques très détaillées

- Sondages carottés de rigueur
- CPT
- SPT
- Essais down-hole / cross-hole
- Essais de laboratoire
- Et même ...



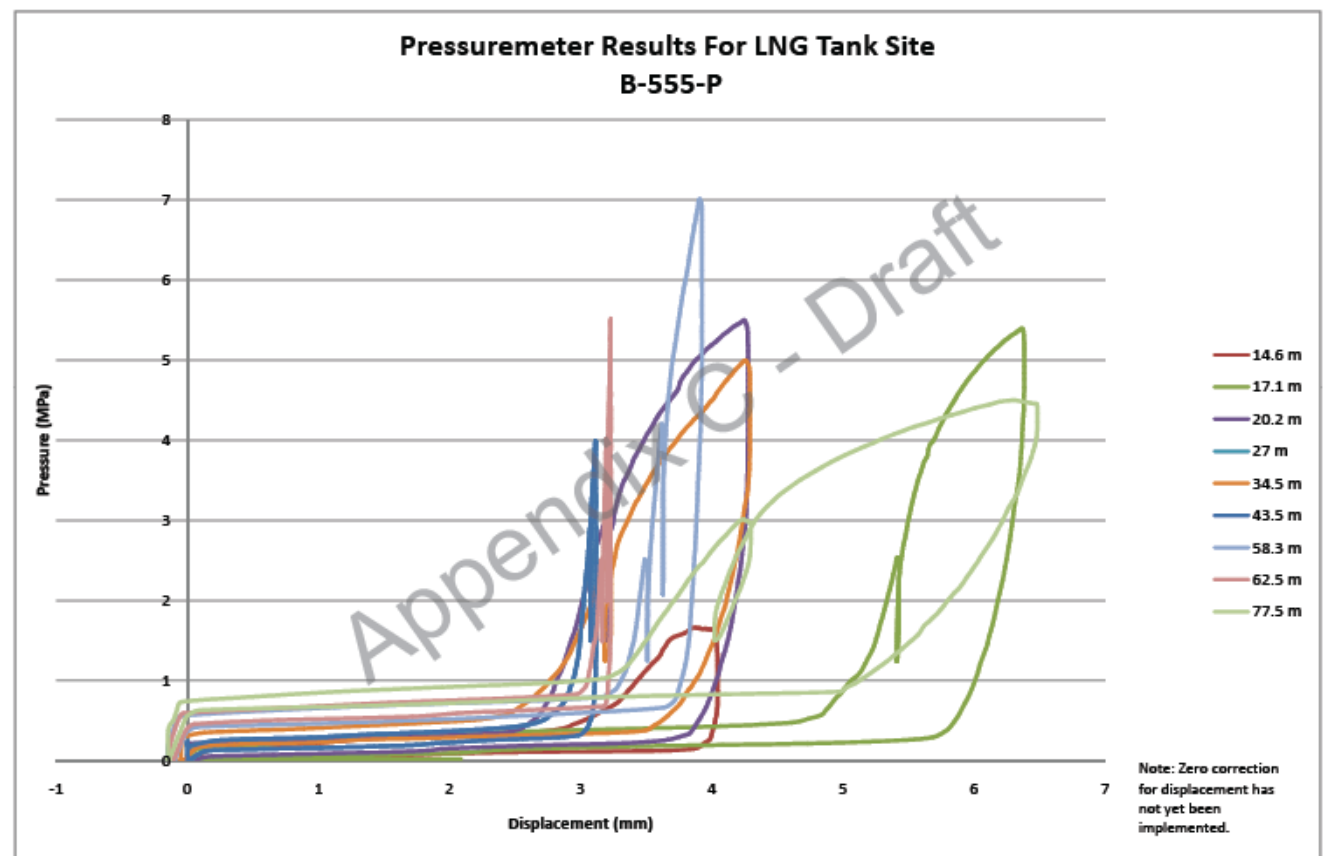
# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

- ...Du pressiomètre !



# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

- Le pressiomètre est un test universel !



097642446 B-555-P Combined.xlsx

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

- Mesure de l'énergie transmise lors d'essais SPT



# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

- Conséquences pratiques : Importance accordée aux essais de chargement



# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

- Essais de chargement de pieux...



# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

- ...comme essais de chargement de fondations superficielles



# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

Les conséquences pratiques : dans l'onshore, peu de temps pour une véritable ingénierie géotechnique

- Une logique binaire fondation superficielle / pieux : le sol est bon ou mauvais
- Méconnaissance des concepts d'interaction sol-structure (SSI) par les ingénieurs civils
- Pas d'évaluation réelle des capacités (= possibilités offertes) du sol
- L'avenir appartient (peut-être ?) aux traitements / renforcements du sol

# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

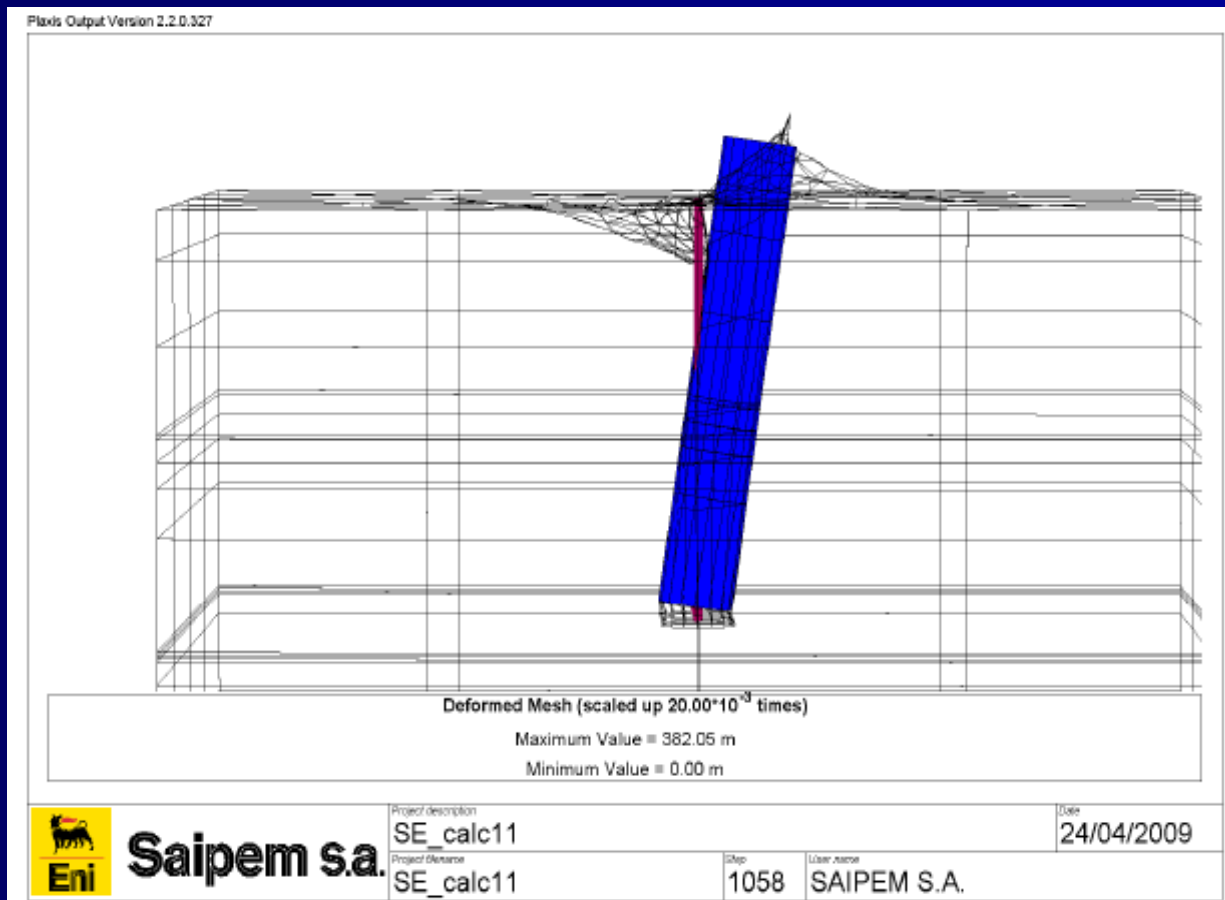
Heureusement, des contre-exemples où l'ingénierie géotechnique est sollicitée et reconnue :

- Les ouvrages spéciaux comme les réservoirs GNL / GPL
- Les fondations des machines tournantes
- La partie maritime des usines (« Nearshore »)
- Et bien sûr l'offshore, où le coût de l'installation et la nature des sols justifient de nombreuses analyses



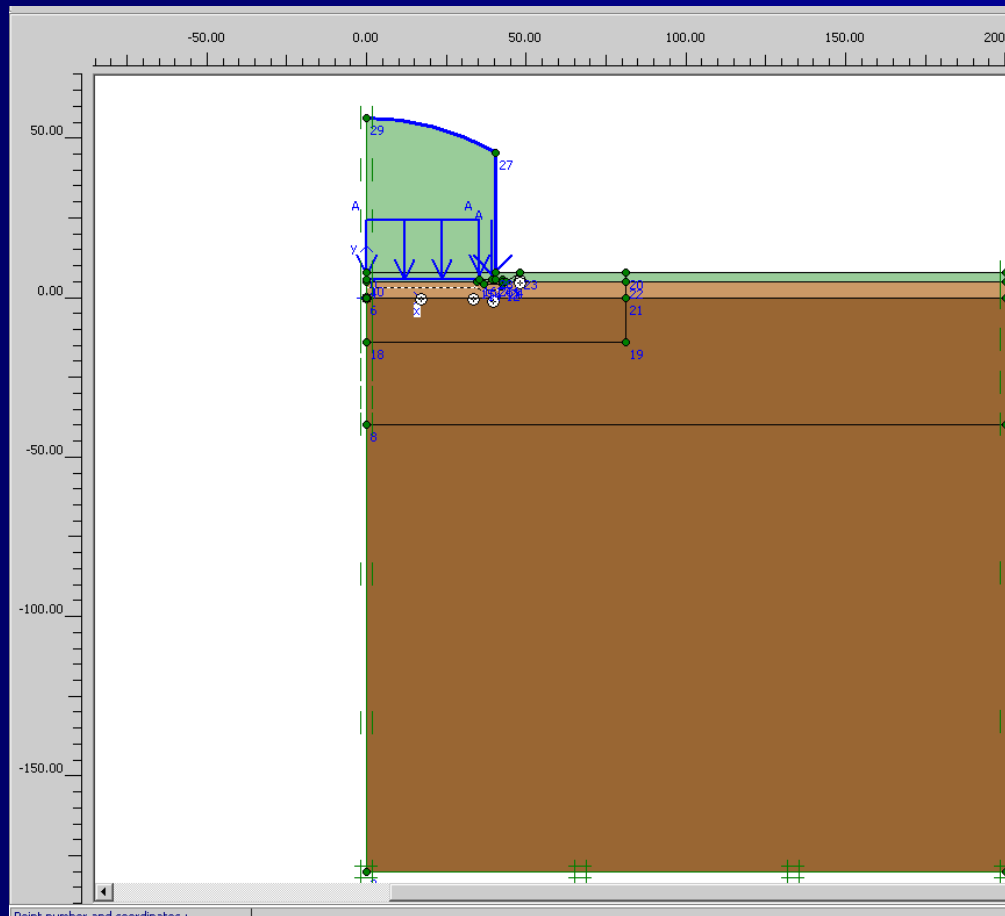
# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

## Offshore : calcul MEF 3D d'un ancrage de FPSO



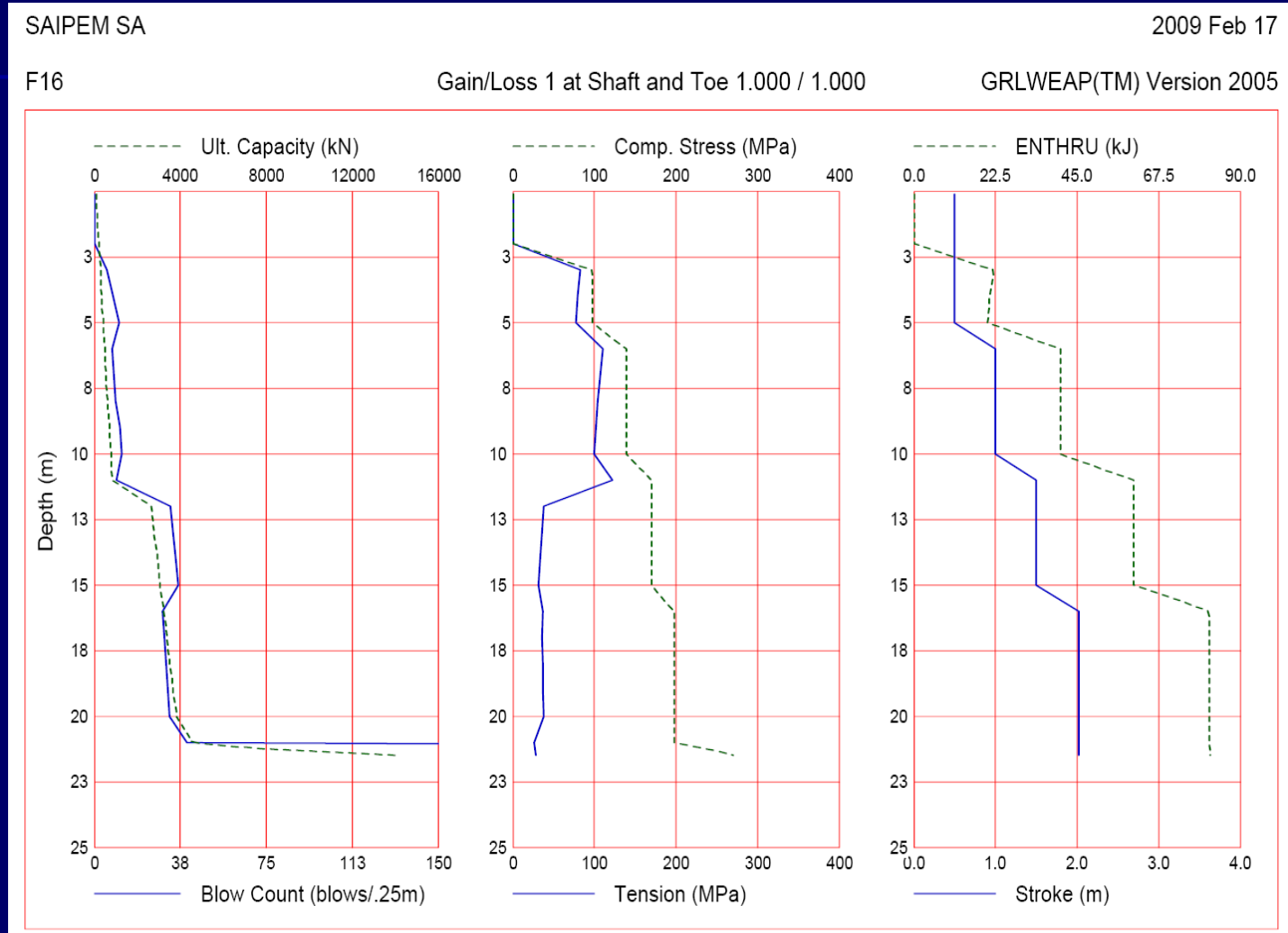
# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

Calcul MEF de tassements sous des réservoirs GNL : phases successives de remplissage et vidange + modèles de sol élaborés



# La place de la géotechnique dans l'industrie pétrolière et gazière

- Etudes de battage de pieu en nearshore /offshore

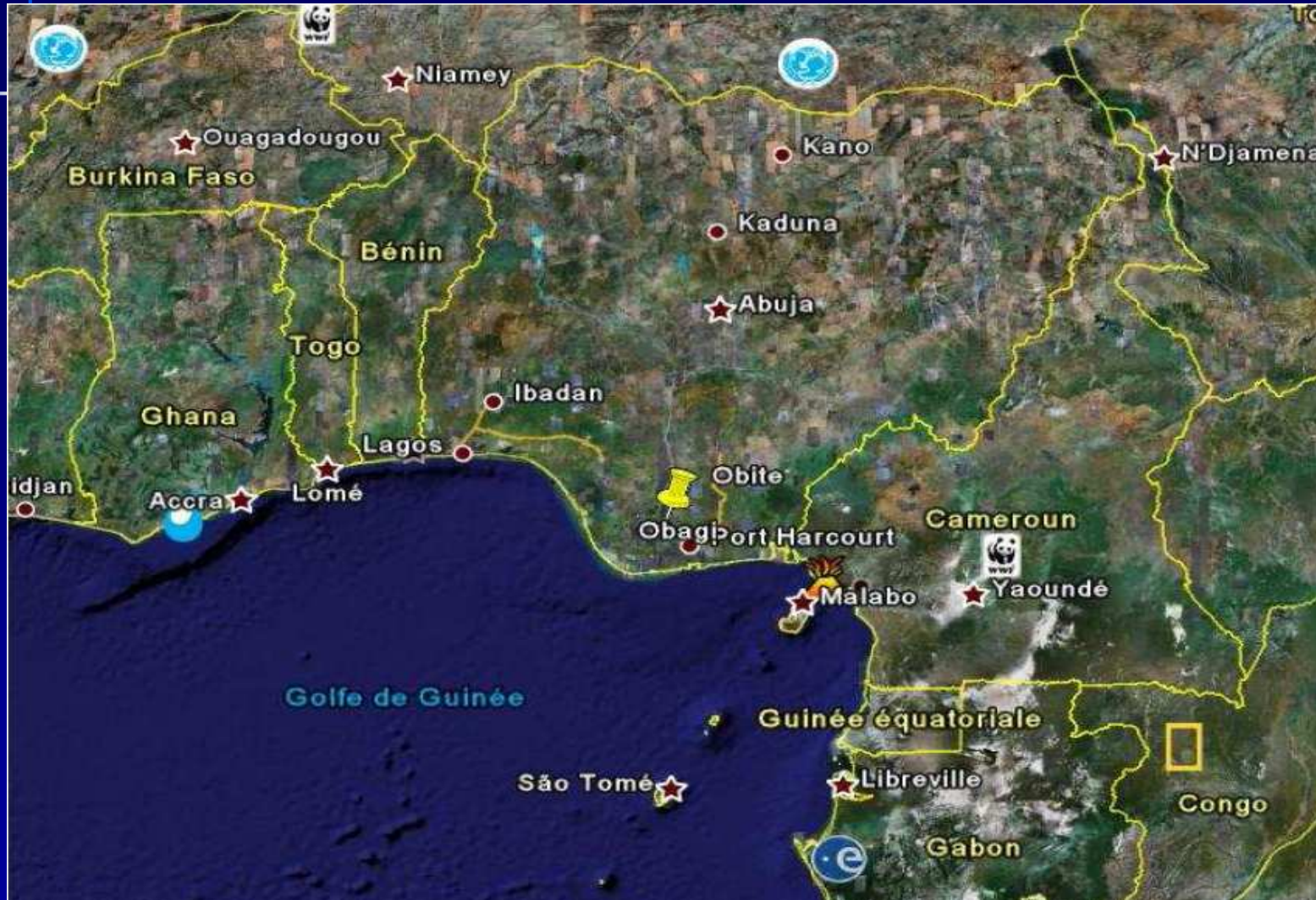


# Illustration : le Projet OML 58

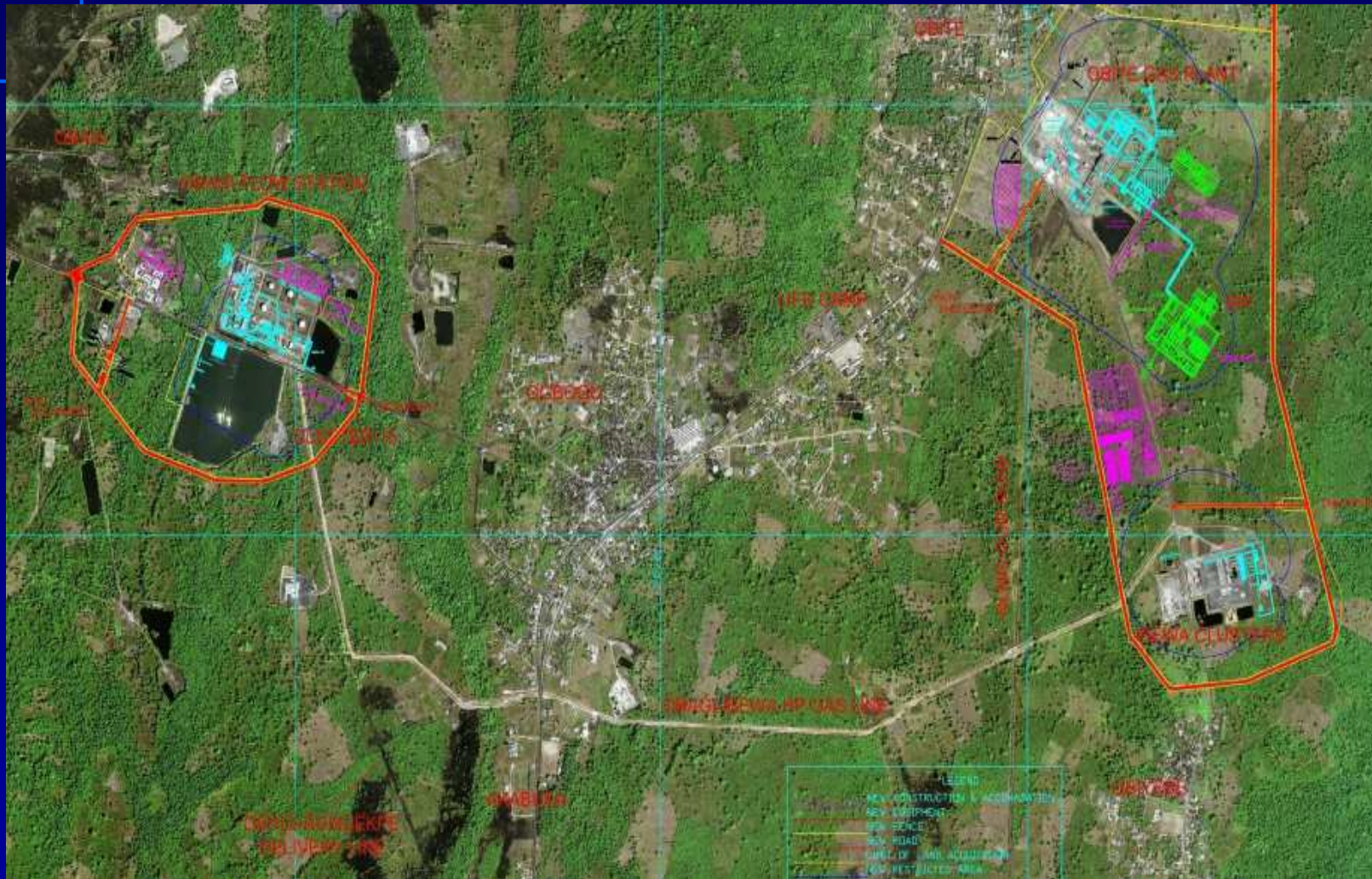
## 1/ Présentation du projet

- Client : Joint Venture NNPC / TEPNL
- Lieu : NIGERIA – River State – OGBOGU / OBITE (env. 75km N-O Port Harcourt)
- Objectif : Troisième « Revamping » d'unités de production et traitement de gaz et hydrocarbures
- Contrat : E P C (Ingénierie/Procurement/Construction)
- C A global : Supérieur à 1,2 Milliard \$ US

# Projet OML58 - Plan de situation

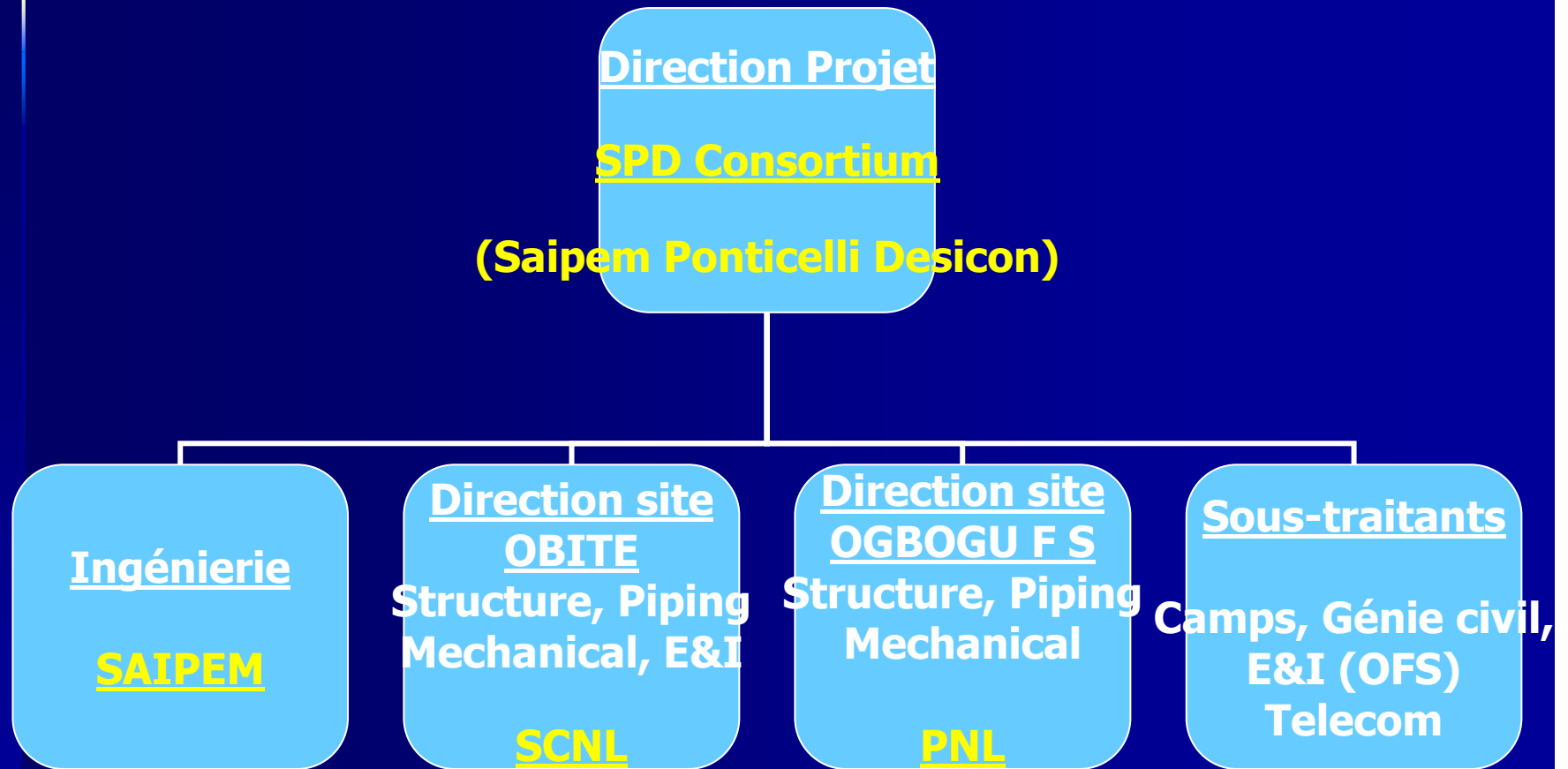


# Projet OML58 – Vue aérienne



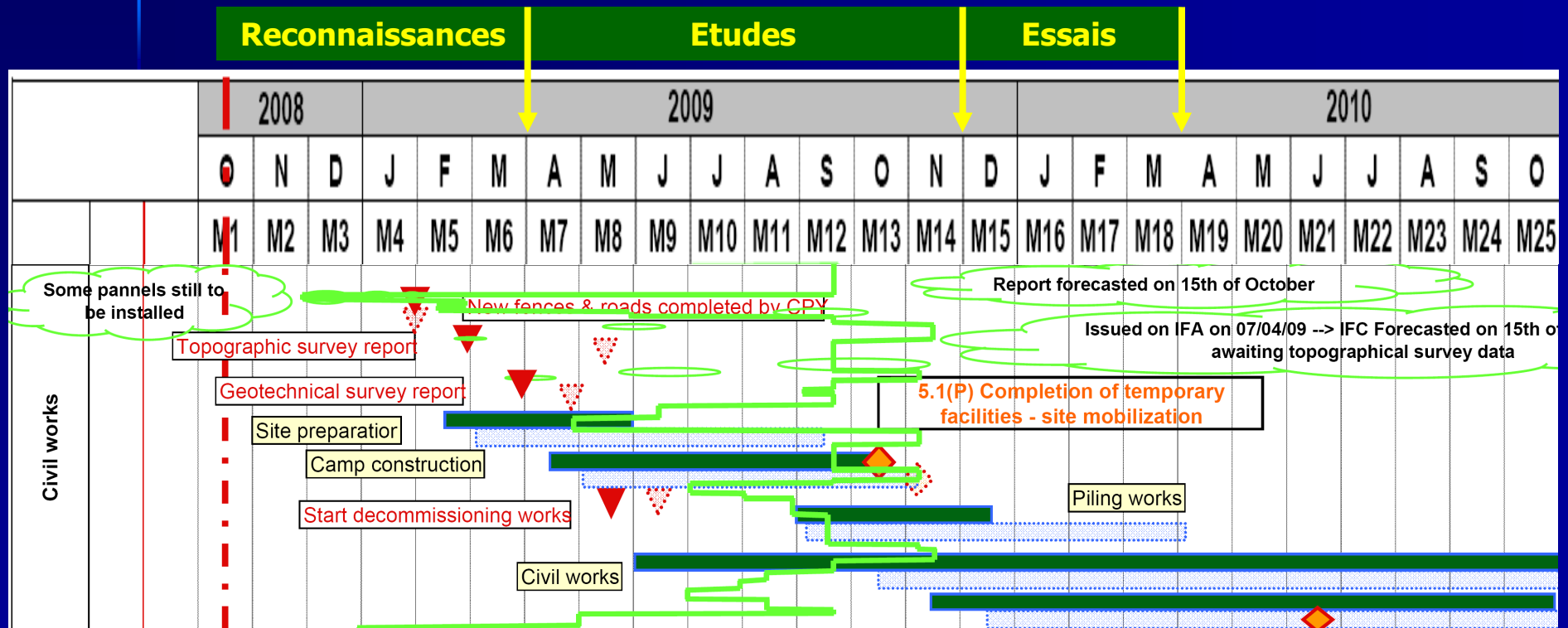
# Projet OML58 Upgrade

## 2/ Organisation du projet (*simplifiée*)



# Projet OML58 Upgrade

## 3/ Planning Ingénierie / Construction



Durée Géotech / Génie Civil = 58% / Total Projet = 42%



# Projet OML58 Upgrade

## 4/ Présentation des pôles d'activité

## Mission

- Reconnaissances G2
- Analyse / Interprétation G2
- Design (Conception + Dimensionnement) G2
- Gestion des Sous-traitants  
*(Spécification travaux + Désignation entreprise)* G2
- Gestion Qualité *(Revue document Sous-traitant + Procédure interne QCS + Planches d'essai)* G3/G4

# Projet OML58 Upgrade

## 5.1/ Reconnaissances / Interprétation **Mission G2**

1. Revue des données géologiques existantes
2. Spécification (programme d'essais)
3. Analyse des offres (proposition technique)
4. Désignation de l'entreprise
5. Supervision des travaux → **Missions sur site**
6. Analyse / Interprétation des résultats
  - **Rapport factuel**
  - **Rapport d'interprétation « Engineering report »**  
*(zonage géologique + modèle géotechnique)*

# Projet OML58 Upgrade

## 5.1/ Reconnaissances / Interprétation *(suite)*

### **Principales difficultés rencontrées :**

- Équipements adaptés au contexte ATEX (*ATmosphere EXplosive*)
- Travaux de préparation :
  - Accès → *déforestation / terrassements*
  - Réseaux enterrés non répertoriés (OFS) → *avant-trou systématique*
- Essais en laboratoire (*durée*) → *analyses préliminaires basées sur essais in-situ (CPT)*

# Projet OML58 Upgrade

## 5.2/ Conception & Dimensionnement des ouvrages géotechniques

### Mission G2

1. Définition des concepts de fondation
2. N d C Fondations superficielles (\*)
3. N d C Fondations profondes
4. Raideurs dynamiques (*machines vibrantes*)
5. N d C Ouvrages spécifiques (*Ouvrages enterrés / Réservoirs*)

- (\*) → **Abaques de dimensionnement**  
→ **N d C détaillées (par ouvrage)**

# Projet OML58 Upgrade

## 5.2/ Conception & Dimensionnement des ouvrages géotechniques *(suite)*

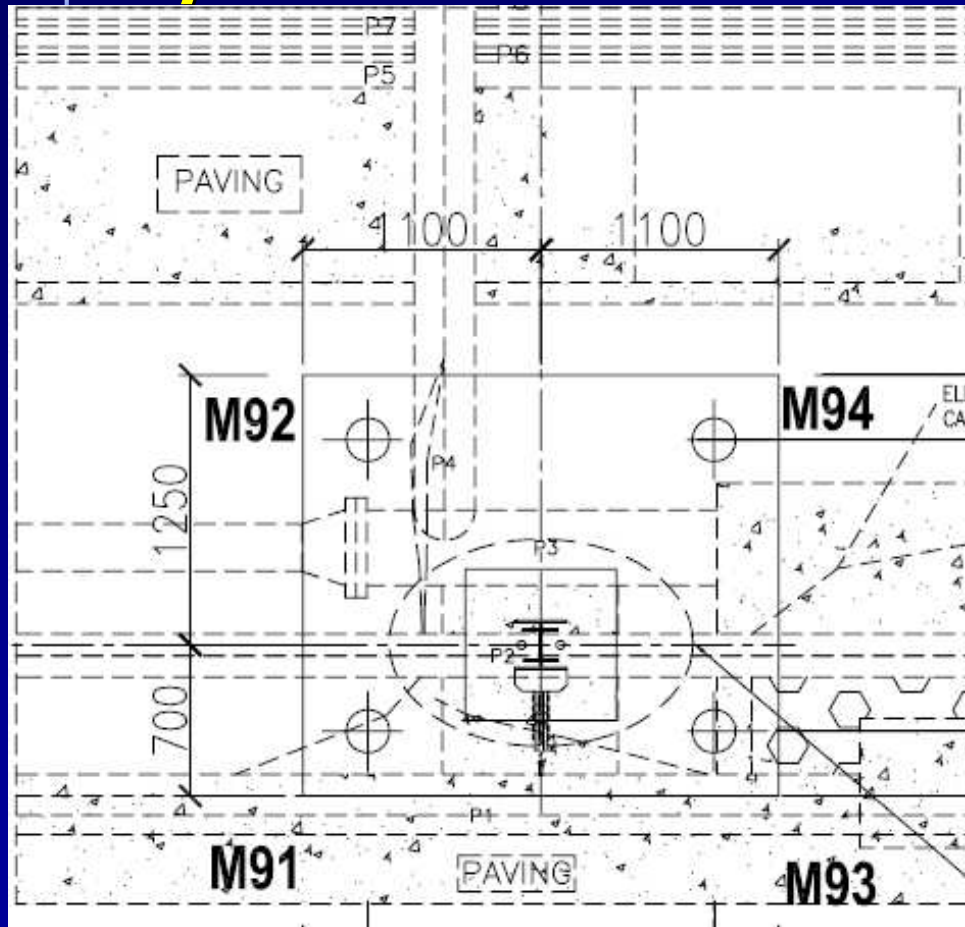
### ***Principales difficultés rencontrées :***

- Cadre réglementaire → *Fasc. 62 Titre V adopté en accord avec Client*
- Pieux forés tarière creuse → *justification de ferrailage sur hauteur réduite (imposé par sous-traitant)*
- Interaction micropieux / réseaux → *justification sous sollicitations horizontales*

# Projet OML58 Upgrade

## 5.2/ Conception & Dimensionnement *(suite)*

### **Principales difficultés rencontrées :**



## Réseaux enterrés

→ *campagne d'excavations*

→ *dimensionnement des micropieux au cas par cas.*

# Projet OML58 Upgrade

## 5.3/ Gestion des Sous-traitants

## Mission G2

1. Spécification travaux (*pieux et micropieux*)
2. Spécification travaux (*terrassements*)
3. Analyse des offres (proposition technique)
4. Clarifications techniques
5. Désignation de l'entreprise (*pieux et micropieux*)

→ Spécification Travaux détaillée (*incluant programme des planches d'essai, essais de chargement et essais de contrôle*)

# Projet OML58 Upgrade

## 5.3/ Gestion des Sous-traitants *(suite)*

### **Principales difficultés rencontrées :**

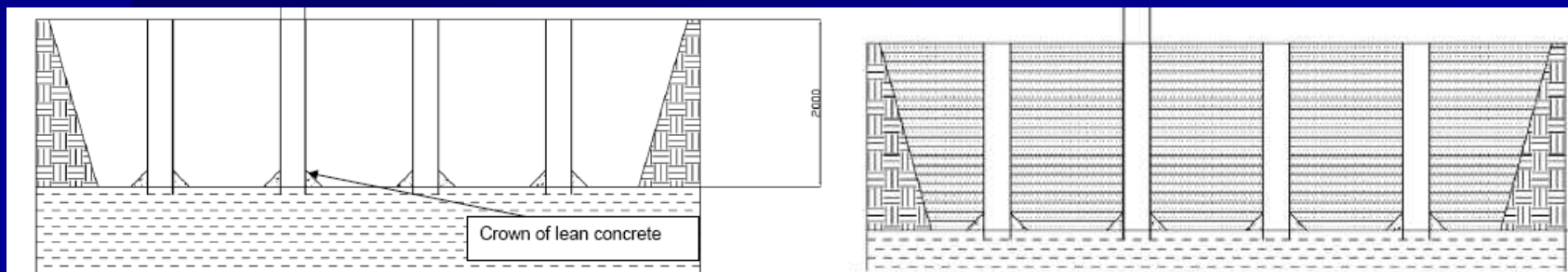
- Sous- traitant « pieux » en position de monopole
  - ➔ *dérogations aux spécifications*
  - ➔ *frein à l'innovation technique*
- Interface Ingénierie / Construction ➔ *communication en amont*
- Formulation du béton ➔ *béton « pieu foré » fourni par SPD*
- Contraintes liées à l'exiguïté du site (OFS) ➔ *missions sur site*
- Contexte SIMOPS (SIMultaneous OPerationS) ➔ *équipements appropriés*



# Projet OML58 Upgrade

## 5.3/ Gestion des Sous-traitants (suite)

**Principales difficultés rencontrées : → pré-excavations + tubes-guides**



# Projet OML58 Upgrade

## 5.4/ Gestion Qualité

## Mission G3/G4

1. Revue des documents Sous-traitant (*procédures d'exécution, essais de chargement, essais de contrôle*)
2. Procédure interne QCS « Quality Control Specification »
3. Suivi des planches d'essai (*validation des méthodes d'exécution et du design des fondations*)
4. Réponse à sujets spécifiques pendant la construction

- Doc. QCS (*en relation avec responsable Qualité*)
- Missions sur site (*planches d'essai*)
- Rapports d'interprétation (*essais de chargement*)

# Projet OML58 Upgrade

## 5.4/ Gestion Qualité (suite)

### *Principales difficultés rencontrées :*

- Interface Géotech / Consultant Client → *interprétation des essais*
- Interface Géotech / Construction / Sous-traitant
  - ➔ *QC site peu familier des problématiques fondations*
  - ➔ *organisation pratique des essais*
  - ➔ *ajustement des procédures d'essai (contraintes locales)*
  - ➔ *strict respect des règles HSE*
- Validation de la méthode d'exécution des micropieux → *missions*
- Interprétation des essais de chargement latéraux
  - ➔ *vérification du design des fondations avec raideur plus faible*

# Projet OML58 Upgrade

## 6/ Interfaces Géotech / Intervenants Projet

	Collecte données	Conception fondations	Gestion Sous-traitant	Suivi Qualité
Client	**	***	**	***
Ingénierie Génie Civil	**	***	*	**
Autre Ingénierie	*	**	NA	*
Sous-traitant	***	*	**	***
Construction	NA	*	***	***

# Projet OML58 Upgrade

## 7/ Implication Géotech / Type d'ouvrage

	Collecte données	Conception	Gestion Sous-traitant	Suivi Qualité
Fondations superficielles	100%	75%	10%	10%
Fondations profondes	100%	100%	100%	50%
Terrassement	100%	25%	100%	50%
Ouvrages enterrés	100%	100%	10%	25%
Réservoirs	100%	100%	10%	50%

# Projet OML58 Upgrade

## 8/ Conclusion et Recommandations

1. Nombreux interfaces
2. Contexte multiculturel
3. Fort contenu local
4. Rôle transversal de la Géotechnique
5. Missions indispensables  
*(reconnaisances & planches d'essai)*

→ Ingénierie Géotechnique = force de proposition

→ ANTICIPER + COMMUNIQUER !

# Conclusions et recommandations

- L'impact des risques géotechniques dans l'OIL and GAS est un challenge quotidien pour le géotechnicien qui doit savoir communiquer efficacement et s'engager, sans faire preuve d'alarmisme...ni d'optimisme excessif !
- Le géotechnicien doit pouvoir maîtriser les problématiques d'interaction sol-structure afin de les prendre à son compte...pour exister !
- Nécessité d'une codification internationale des études et missions géotechniques (cf. NF P 94-500), notamment pour réévaluer la part de l'ingénierie par rapport aux reconnaissances
- Le géotechnicien devra maîtriser un contexte normatif et réglementaire de plus en plus développé en rapport avec l'augmentation de la perception du risque industriel
- Il y a probablement un avenir pour les renforcements de sol dans l'industrie pétrolière et gazière, au regard de la recherche permanente de l'optimisation des délais

# Merci de votre attention!