

◆ Rapport d'Etude Géotechnique

Client : Mairie de Palavas-les-Flots
16 Boulevard Joffre
BP 106
34250 PALAVAS-LES-FLOTS

Dossier n° : 19-251

Commune de : Palavas-les-Flots (34)

Adresse de l'opération : Extension de la Capitainerie
Quai Rive Droite

Type de Mission : **Missions G2 PRO (NF P94-500)**
Etude géotechnique de conception Phase PROjet

Date : Le 03-01-2020

Rédigé par	Contrôlé par	Indice	Date du rapport
Achraf MENZOU	Olivier MAUREL	-	Le 31-12-2019
Achraf MENZOU	Olivier MAUREL	A	Le 03-01-2020

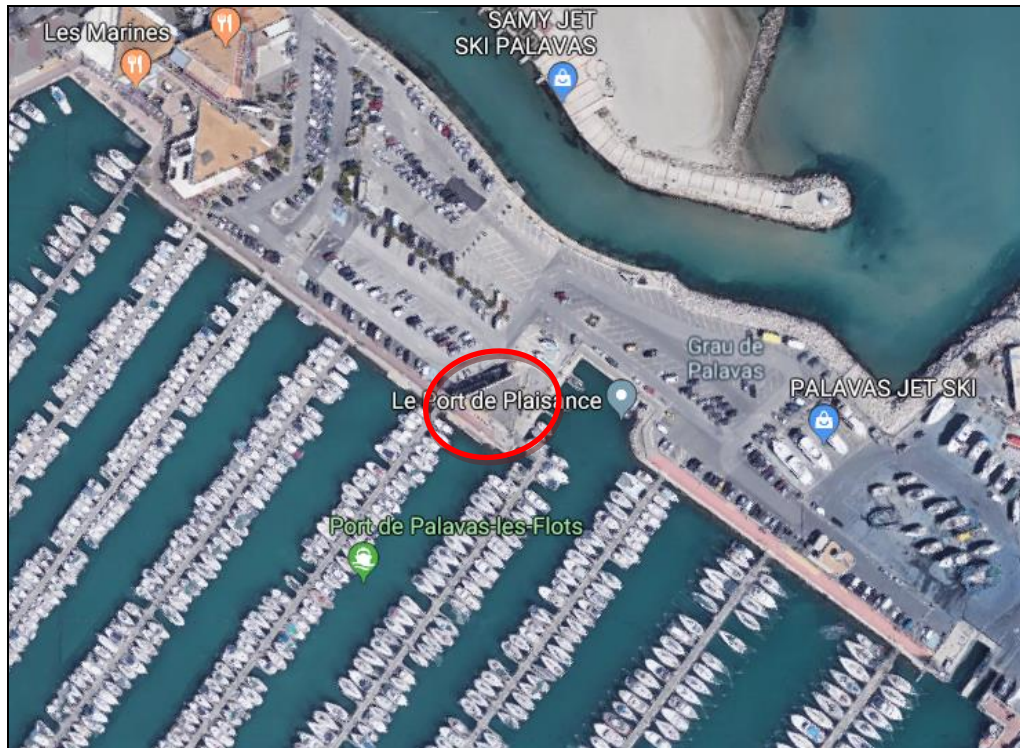
SOMMAIRE

01. OBJET DU MARCHE	3
01.1. Type de mission.....	3
01.2. Cadre géologique local.....	3
01.3. Documents remis	4
01.4. Intervenants	4
02. INVESTIGATIONS	5
03. CARACTERISTIQUES MECANQUES DES SOLS	5
03.1. Examen des pressiogrammes.....	5
03.2. Examen des essais de pénétration dynamique.....	5
04. CONTEXTE GEOLOGIQUE	5
04.1. Remblais.....	5
04.2. Dépôts 1	6
04.3. Dépôts 2	6
04.4. Hydrogéologie	6
05. SISMICITE.....	7
05.1. Données sismiques.....	7
05.2. Analyse du potentiel de liquéfaction des sols.....	7
06. RAPPEL DE LA MISSION G2 AVP ET OBJET DE LA MISSION G2 PRO	7
07. DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS	7
07.1. Principe de fondation.....	7
07.1.1. Justification vis-à-vis de la résistance des matériaux.....	9
07.1.2. Justification vis-à-vis de la résistance du sol	9
07.1.3. Justification vis-à-vis des efforts horizontaux	13
07.1.4. Synthèse	15
07.1.5. Sujétions d'exécution	16
ANNEXES	18
A. Plan d'implantation	19
B. Pressiogrammes	21
C. Pénétrogrammes.....	24
D. Résultats de calculs du logiciel foxta	27
E. Calcul Piecoef	36
F. Missions Géotechniques	39

01. OBJET DU MARCHÉ

01.1. TYPE DE MISSION

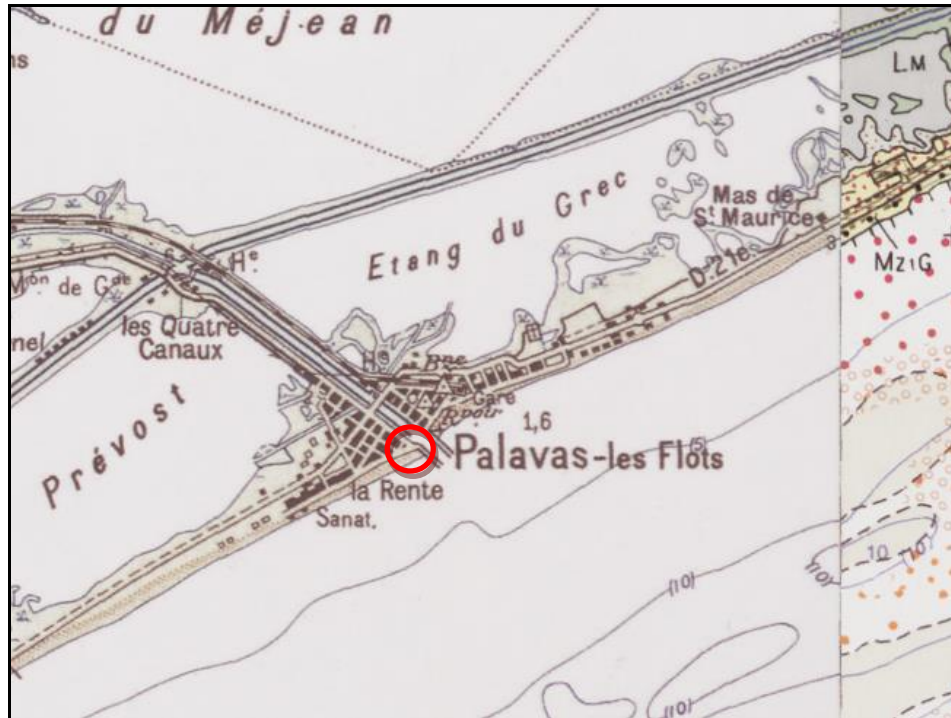
Le projet prévoit la surélévation en R + 2 du bâtiment de la capitainerie, située au niveau du Quai Rive Droite, au Sud de la commune de Palavas-les-Flots (34).



Nos investigations ont été réalisées aux abords du bâtiment constituant la capitainerie du Port de Palavas-les-Flots. Celui-ci se présente sous la forme de 2 blocs (RdC et R + 1) triangulaires décalés l'un par rapport à l'autre.

01.2. CADRE GÉOLOGIQUE LOCAL

D'après les données de la carte géologique de Sète 1/50000^{ème}, les matériaux constitutifs du sous-sol appartiennent ici à des formations alluvions récentes et modernes, datées du Quaternaire (Ere Tertiaire).



D'après le site du BRGM, le terrain se situe en aléa faible en ce qui concerne le risque de retrait-gonflement des sols par dessiccation-imbibition.

01.3. DOCUMENTS REMIS

Les pièces qui nous ont été fournies pour cette étude sont :

- ✓ Plan RdC de l'existant ;
- ✓ Vu 3D du projet ;
- ✓ Descentes de charges fournies par le BET Cabinet Delorme.

01.4. INTERVENANTS

Maître d'ouvrage :

Mairie de Palavas-les-Flots
16 Boulevard Joffre
BP 106
34250 PALAVAS-LES-FLOTS

Bureau d'étude de sols et entreprise de sondages :

GEOMECA SUD
75 rue Jérémy Bentham
34470 PEROLS

02. INVESTIGATIONS

Les travaux sur le terrain et en laboratoire ont consisté en la réalisation de :

- ✓ **2 sondages de reconnaissance géologique de 17.50 m (PR1) et 16.00 m (PR2)** de profondeur avec prélèvements d'échantillons remaniés pour identification en laboratoire et essais pressiométriques tous les 1.50 m jusqu'à la base des sondages ;
- ✓ **2 essais au pénétromètre dynamique lourd (PD1 et PD2)** poussés au refus.

Ces investigations sont reportées sur le plan d'implantation joint en annexe A.

03. CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES SOLS

03.1. EXAMEN DES PRESSIOGRAMMES

Chaque essai pressiométrique détermine deux caractéristiques mécaniques essentielles du sol :

- ✓ la pression limite (PI en MPa) qui correspond à l'état limite de rupture et qui permet le calcul de la capacité portante.
- ✓ le module pressiométrique (E en MPa) qui caractérise le comportement contraintes déformations dans la phase pseudo-élastique de l'essai et permet ainsi l'estimation des tassements.

On trouvera les pressiogrammes en annexe B avec, en regard des valeurs de PI et E, les coupes géologiques correspondantes.

03.2. EXAMEN DES ESSAIS DE PÉNÉTRATION DYNAMIQUE

Les caractéristiques mécaniques des sols sont mesurées « in situ » par la résistance à la pénétration dynamique d'une pointe enfoncée par battage dans le sol.

Le pénétromètre utilisé ici est du type COMACCHIO PC64 répondant aux spécifications de la norme NF P 94-115.

Les pénétrogrammes joints en annexe C montrent :

- ✓ En abscisse, la résistance de pointe R_d en MPa ;
- ✓ En ordonnée, la profondeur en mètres.

04. CONTEXTE GEOLOGIQUE

04.1. REMBLAIS

Au droit de l'ensemble de nos investigations, nous avons mis en évidence une couche de remblais sur des épaisseurs comprises entre 0.40 m et 0.50 respectivement au droit des sondages PR1 et PR2. Cette couche n'a pas été identifiée au droit des sondages pénétrométriques du fait de la réalisation d'un avant-trou afin d'éviter un refus précoce.

04.2. DÉPÔTS 1

Directement sous les remblais de surface, nous avons mis en évidence des dépôts sableux faiblement graveleux de teinte grisâtre à marron.

Cette formation s'étend jusqu'à des profondeurs par rapport au Terrain Naturel (TN) actuel comprises entre 9.60 et 10.00 m respectivement au droit des sondages PD2 et PR1-PR2.

Cette formation sableuse donne des caractéristiques mécaniques très faibles à moyennes :

PI \Rightarrow 0.28 à 1.64 MPa

E \Rightarrow 1.2 à 21.4 MPa

R_d \Rightarrow 1 à 18 MPa

04.3. DÉPÔTS 2

Sous les dépôts 1 sablo-graveleux, donc à une profondeur de 9.60-10.00 m / TN actuel, nous avons identifié des sables de teinte marron.

Cette formation s'étend jusqu'à la base de nos sondages.

Les caractéristiques mécaniques mesurées dans ces sables sont moyennes :

PI \Rightarrow 1.43 à 2.45 MPa

E \Rightarrow 5.2 à 13.4 MPa

R_d \Rightarrow > 50 MPa (Refus)

D'après la carte géologique au 1/50000^{ème} feuille de Sète, ces formations constituent des alluvions +/- récentes (Ere Quaternaire).

La lithologie relevée est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

Sondage	PR1	PR2	PD1	PD2
Base des remblais et/ou dalle béton / Toit des dépôts 1 (m / TN)	0.40	0.50	-	-
Base des dépôts 1 / Toit des dépôts 2 (m / TN)	10.00	10.00	9.80	9.60
Base des dépôts 2 (m / TN)	>17.50	>17.50	-	-

Les sondages ont donné lieu à l'établissement de coupes géologiques jointes en annexe B et C.

04.4. HYDROGÉOLOGIE

En ce qui concerne la nappe, des venues d'eau ont été identifiées à la fin des forages à une profondeur de 1.00 m / TN actuel.

Ce niveau correspond au toit de la nappe en relation direct avec la mer et sera donc soumis à ses fluctuations journalières et saisonnières.

Toutefois, compte tenu du caractère ponctuel de notre intervention, seul un relevé périodique, dans un équipement piézométrique, permettrait de suivre les fluctuations de ce niveau, notamment en période climatique défavorable, et ainsi estimer un niveau de hautes eaux.

05. SISMICITE

05.1. DONNÉES SISMQUES

En ce qui concerne le risque sismique et d'après le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune de Palavas-les-Flots (34) se trouve en zone de sismicité très faible (zone 1) ce qui correspond à une accélération au niveau d'un sol de type rocheux (classe A selon la norme NF EN 1998-1) de $a_{gr} = 0.4 \text{ m/s}^2$.

Sous réserve d'éléments transmis par le Maître d'Ouvrage, selon l'article 2.1 de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique, le futur bâtiment correspond à la catégorie d'importance II et on pourra donc retenir un coefficient d'importance $\gamma_I = 1.0$.

Considérant un sol de classe D selon l'Eurocode 8 pour le site et une zone sismique de type 2, le paramètre de sol à appliquer est $S = 1.6$.

L'accélération maximale pour le site du projet est donc $a_{max} = a_{gr} \times \gamma_I \times S = 1.6 \text{ m/s}^2$.

05.2. ANALYSE DU POTENTIEL DE LIQUÉFACTION DES SOLS

Le phénomène de liquéfaction d'un sol se produit au cours d'un séisme lorsque la pression interstitielle d'eau augmente dans un matériau saturé sans cohésion, jusqu'à faire chuter de manière drastique la capacité du sol à résister au cisaillement. Il en résulte une diminution de la portance.

D'après l'arrêté du 22 octobre 2010, l'évaluation de la sensibilité des sols à la liquéfaction n'est pas requise en zone de sismicité 1.

06. RAPPEL DE LA MISSION G2 AVP ET OBJET DE LA MISSION G2 PRO

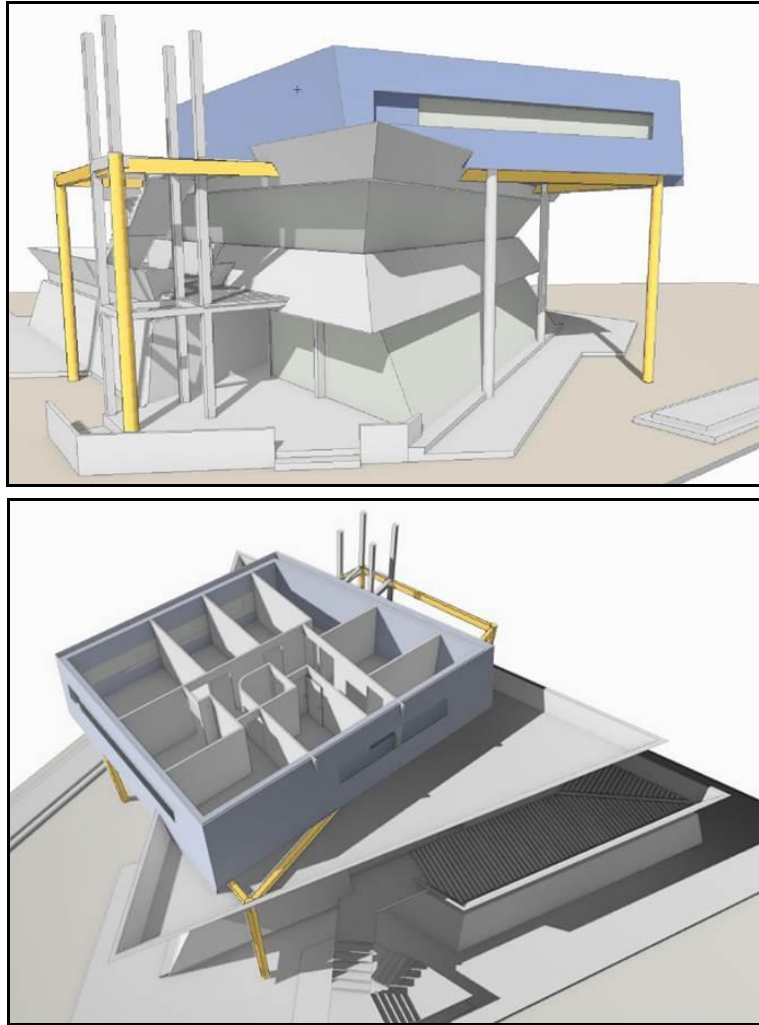
Lors de la mission G2 AVP, nous avons envisagé pour le bâtiment des fondations profondes par micropieux.

Il nous a été demandé dans le cadre de la mission G2 PRO de dimensionner des micropieux en fonction des descentes de charge fournies par le BET Cabinet Delorme.

07. DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS

07.1. PRINCIPE DE FONDATION

Le projet prévoit la surélévation en R + 2 du bâtiment de la capitainerie par ajout d'un bloc de forme carré au-dessus de la structure existante. Ce nouveau bâti sera totalement désolidarisé de la structure existante et sera porté par des poteaux disposés de part et d'autre de l'existant. Les charges de la nouvelle structure seront donc reprises par des appuis isolés sous les poteaux.



Compte tenu des descentes de charges, des caractéristiques géomécaniques du site avec notamment une couche superficielle sableuse compressible jusqu'à 10.00 m de profondeur / TN actuel reposant sur des sables de bonne compacité et de la difficulté d'accès des zones des futurs appuis (impossibilité de mettre en station une machine à pieux), nous avons retenus une solution de fondation par micropieux de type III, donc de classe 8 et catégorie 19 réalisés sous la protection d'une boue de forage de densité suffisante ou d'un tubage provisoire. Ceux-ci consistent en la réalisation d'un forage préalable de diamètre pré-déterminé, 0.25 m dans le cas présent. Le forage est ensuite équipé d'armatures métalliques, qui sont les seules prises en compte dans la transmission des charges (critère de dimensionnement vis-à-vis de la résistance des matériaux) et d'un système d'injection (tube à manchettes mis en place dans un coulis de gaine ou scellement). Le transfert des charges (dimensionnement vis-à-vis du sol) se fait uniquement par frottement latérale ; la résistance de pointe (R_b) n'est pas prise en compte dans le cas des micropieux.

La réalisation de micropieux type III nécessite :

- un matériel adapté (tubes à manchettes, obturateurs, pompes d'injection, etc..) ayant fait l'objet de contrôle conduisant à l'élaboration de rapports ;
- des enregistrements en continu des différents paramètres de forage et d'injection ;

- une implantation précise afin de satisfaire aux critères d'excentrement, à savoir < 4 cm dans le cas de micropieux (Chapitre 1,15 du DTU 13.2).

Dans le cas où l'entreprise de fondations spéciales proposerait une autre méthodologie, celle-ci devra être justifiée par une mission d'étude géotechnique d'exécution (G3) à la charge de l'entreprise.

07.1.1. Justification vis-à-vis de la résistance des matériaux

À l'aide des formules du chapitre 6.4.1 de la norme NF P 94-262, nous avons calculé les charges admissibles à l'E.L.S et à l'E.L.U.

Les armatures seront des tubes en acier type N80 de limite élastique $F_e = 56.2 \text{ kg/mm}^2$. La contrainte admissible ELS de l'acier est prise égale à 1/2 de celle de la limite élastique.

Il vient, pour la gamme de tube :

Diamètre ext (mm)	Epaisseur (mm)	Section (mm ²)	Q _{ELU} (KN)
88.90	6.50	1682.64	945.6
114.00	7.00	2353.05	1322.0
127.00	9.00	3336.37	1875.0
139.70	9.50	3885.84	2184.0
177.80	10.50	5518.68	3101.0

07.1.2. Justification vis-à-vis de la résistance du sol

07.1.2.1. Principes

Ces fondations (micropieux) ont été calculées conformément à la norme NF P 92-262 de juillet 2012 en utilisant l'approche « modèle de terrain » (paragraphe 9.2.4 de la norme NF 94-262) et la méthode pressiométrique (Annexe F de la norme NF 94-262).

La résistance ultime (R_c) d'un micropieu isolé soumis à un effort de compression verticale est donnée par la somme des termes de frottement latéral des différentes couches le long du fût du micropieu (R_s), selon la formule suivante :

$$R_c = R_s \text{ (Le terme de pointe est négligé dans le cas de micropieux)}$$

La résistance ultime à la traction (R_t) d'un micropieu isolé soumis à un effort de traction verticale est donnée par la somme des termes de frottement latéral des différentes couches le long du fût du micropieu (R_s), selon la formule suivante :

$$R_t = R_s$$

Résistance du frottement latéral R_s :

Elle est donnée par la relation :

$$R_s = \sum A_{s,j} \times q_{s,j} = \sum A_{s,j} \times \alpha_{\text{pieu-sol}} \times f_{\text{sol}} [p_i^*(i)]$$

Avec:

- $A_{s,i}$: surface de la section transversale du fût de la fondation profonde pour la ième couche ;
- $q_{s,i}$: valeur de frottement axial unitaire limite pour la ième couche ;
- $\alpha_{\text{pieu-sol}}$: coefficient déterminé conformément au Tableau F.5.2.1 ;
- la fonction f_{sol} , définie par la formule :

$$f_{\text{sol}} [p_i^*(i)] = (a \times p_i^*(i) + b) (1 - e^{-c \times p_i^*(i)})$$

Avec a, b et c : coefficients déterminés selon le tableau F.5.2.2, permettant d'établir les courbes Q_1 à Q_5 pour f_{sol} selon les différents types de sol (Figure F.5.2.1).

On définit ensuite les valeurs caractéristiques de frottement latéral :

$$R_{s,k} = R_s / (\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2})$$

Avec :

- $\gamma_{R;d1}$: valeur du coefficient partiel de modèle lié à la dispersion du modèle de calcul (Tableau F.2.1) ;
- $\gamma_{R;d2}$: valeur du coefficient partiel de modèle lié au calage des méthodes de calcul (Tableau F.2.1).

Puis les valeurs de calcul selon les cas de charges :

ELU :

La valeur de calcul de la portance du terrain sous fondation profonde $R_{c;d}$ est définie comme suit :

$$R_{c;d} = R_{c,k} / \gamma_t$$

La valeur de calcul de la résistance de traction du terrain sous fondation profonde $R_{t;d}$ est définie comme suit :

$$R_{t;d} = R_{t,k} / \gamma_{s,t}$$

Avec :

- $R_{c,k} = R_{s,k}$: valeur caractéristique de la portance du terrain sous une fondation profonde ;
- $R_{t,k} = R_{s,k}$: valeur caractéristique de la résistance de traction de la fondation profonde ;
- γ_t et $\gamma_{s,t}$: facteur partiel de résistance pour les fondations profondes dépendant du cas de charge, déterminé selon le Tableau C.2.3.1 pour les situations durables et transitoires et le Tableau C.2.3.2 pour les situations accidentelles.

ELS :

La valeur de calcul de la charge de fluage en compression $R_{c;cr;d}$ est définie par :

$$R_{c;cr;d} = R_{c;cr,k} / \gamma_{cr}$$

La valeur de calcul de la charge de fluage en traction $R_{t;cr;d}$ est définie par :

$$R_{t;cr;d} = R_{t;cr;k} / \gamma_{s,cr}$$

Avec:

- $R_{c;cr;k}$: valeur caractéristique de la charge de fluage en compression définie telle que :
 $R_{c;cr;k} = 0.7 R_{s;k}$ (pieux mis en œuvre avec ou sans refoulement)
- $R_{t;cr;k}$: valeur caractéristique de la charge de fluage en traction définie telle que :
 $R_{t;cr;k} = 0.7 R_{s;k}$ (pieux mis en œuvre avec ou sans refoulement)
- γ_{cr} et $\gamma_{s,cr}$: facteur partiel de résistance pour les fondations profondes dépendant du cas de charge, déterminé selon le Tableau 14.2.1.1 pour l'ELS caractéristique et le Tableau 14.2.1.2 pour l'ELS quasi permanent.

De plus, il sera nécessaire de veiller à ne pas dépasser la contrainte admissible vis-à-vis des matériaux constitutifs de la fondation profonde conformément au § 6.4 de la Norme NF P 94-262.

07.1.2.2. Modèles géomécaniques

Selon l'Eurocode 7, ce modèle doit constituer une estimation prudente des valeurs qui influencent l'occurrence des états limites à justifier. De plus, il est à considérer qu'il est établi à partir des résultats des investigations géotechniques ponctuelles. Des variations de la profondeur ou des caractéristiques mécaniques sont ainsi possibles.

Le tableau suivant présente la synthèse géomécanique du site pour des micropieux type III (Classe 8, catégorie 19) :

Formations	Profondeur du toit en m/ TN	P_l^* en MPa	Terme de frottement		
			$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	Courbe type	Q_{si} en kPa
Mort Terrain Remblai + Mort Terrain ¹	1.00	-	-	-	-
Dépôts 1 sablo-graveleux	10.00	0.35	2.9	Q2	63
Dépôts 2 sableux	>17.50	1.80	2.9	Q2	200

¹ Couche neutralisée.

Compte tenu de la méthode de calcul et du type de micropieux type III (classe 8, catégorie 19), on retiendra pour des sollicitations en compression, les coefficients de modèle suivants :

$$\gamma_{R;d1} = 1.7$$

$$\gamma_{R;d2} = 1.1$$

07.1.2.3. Résultats

Les charges admissibles ont été calculées conformément à la norme NF P 92-262 grâce au logiciel FoXta.

Le tableau en Annexe D présentent les charges en compression et en traction (verticales centrées) reprises selon les différentes combinaisons d'actions vis-à-vis des ELU et ELS pour des micropieux de type III et de \varnothing 0.25 m.

En compression :

Charges admissibles en compression pour des micropieux type III (classe8, catégorie 19)					
Longueur en m/TN	Diamètre (m)	Justification à l'ELS		Justification à l'ELU	
		Combinaison quasi-permanente	Combinaison caractéristique	Situation durable et transitoire	Situation accidentelle
		$R_{C;cr;d}$ (kN)	$R_{C;cr;d}$ (kN)	$R_{C;d}$ (kN)	$R_{C;d}$ (kN)
5.00	0.25	81.9	100.2	117.1	128.8
10.00	0.25	184.3	225.5	263.5	289.9
17.00	0.25	638.7	781.3	912.9	1004.2

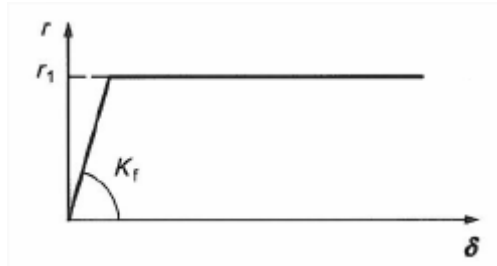
En traction :

Charges admissibles en compression pour des micropieux type III (classe8, catégorie 19)					
Longueur en m/TN	Diamètre (m)	Justification à l'ELS		Justification à l'ELU	
		Combinaison quasi-permanente	Combinaison caractéristique	Situation durable et transitoire	Situation accidentelle
		$R_{C;cr;d}$ (kN)	$R_{C;cr;d}$ (kN)	$R_{C;d}$ (kN)	$R_{C;d}$ (kN)
5.00	0.25	29.8	81.9	112.1	122.6
10.00	0.25	67.0	184.3	252.2	275.9
17.00	0.25	232.0	638.7	873.7	956.0

07.1.3. Justification vis-à-vis des efforts horizontaux

07.1.3.1. Principe de calcul

Nous avons déterminé le déplacement en tête et le moment fléchissant maximum au sein d'un micropieu soumis à un effort horizontal en tête conformément à l'annexe I de la norme NP 94-262 en retenant la loi de mobilisation frontale suivante :



Légende : r_1 : réaction frontale ; δ : déplacement relatif de l'élément de fondation.

Le module linéique de mobilisation frontale K_f d'un élément de fondation profonde est déterminé, dans le cas de sollicitations de courte durée d'application par les formules suivantes :

$$K_f = \frac{12E_M}{\frac{4}{3} \frac{B_0}{B} \left[2,65 \frac{B}{B_0} \right]^\alpha + \alpha} \text{ lorsque } B \geq B_0$$

$$K_f = \frac{12E_M}{\frac{4}{3} [2,65]^\alpha + \alpha} \text{ lorsque } B \leq B_0$$

Avec :

- E_M : module pressiométrique Ménard ;
 - o B : largeur de l'élément de fondation profonde perpendiculaire au sens de déplacement ;
- B_0 : largeur de référence prise à 0.60 m ;
- α : coefficient caractérisant le terrain dans la méthode pressiométrique.

Ici, dans le cas de sollicitations sismiques, de courte durée d'application, le module dynamique est défini comme $E_{dyn} = 3 \times E_M$

On définit également, une longueur de transfert, par le rapport :

$$l_0 = \left(\frac{4EI}{K_f} \right)^{0.25}$$

Avec :

- E : module élastique d'acier estimé à 210 000 MPa ;
- I : module d'inertie du micropieu ;
- K_f : module linéique de mobilisation frontale.

Le pieu sera sollicité sur une longueur égale à 3 x l₀.

Pour un pieu encasté, soumis à un effort tranchant H, la déformée en tête est calculée selon la formule suivante :

$$y = \frac{H}{K_f \times l_0}$$

Le moment fléchissant maximum est donné par la formule suivante :

$$M = \frac{-H \times l_0}{4}$$

07.1.3.2. Modèle géomécanique

Le comportement de la tête du pieu est conditionné par celui des remblais et des dépôts 1 sableux faiblement graveleux peu compacts. Le module linéique de mobilisation frontale K_f à considérer correspond donc à celui de ces dépôts 1.

07.1.3.3. Résultats

Le tableau ci-après récapitule les modules K_f ainsi que les longueurs de transfert, en fonction des différents diamètres des pieux.

∅ (m)	K _f (MPa)	l ₀ (m)
0.25	22.46	2.64

Le tableau ci-après récapitule la déformée en tête du pieu ainsi que le moment maximal au sein du pieu calculés avec Foxta (voir Annexe F pour quelques exemples de pieux), résultant des efforts horizontaux H figurant pour chaque pieu dans le tableau p. 15 à 18.

Noeud	Ø (m)	Effort horizontal cumulé H (kN)	Moment en tête de fondation cumulé (kN.m)	Déformée en tête maximum* (cm)	Longueur de sollicitation du pieu (m)
54	0.25	8.7	0.0	0.2	4.0
57	0.25	14.7	0.0	0.3	4.0
105	0.25	58.0	0.0	1.2	4.0
113	0.25	53.0	0.0	1.1	4.0
324	0.25	18.2	0.0	0.4	4.0
344	0.25	13.6	0.0	0.3	4.0
409	0.25	1.0	0.0	0.02	4.0
410	0.25	1.0	0.0	0.02	4.0
425	0.25	50.0	150.0	4.0	4.0

*valeurs ne prenant pas en compte le tube de renfort

Tous les micropieux étant soumis à des efforts sismiques horizontaux devront être renforcés par une tube complémentaire, dont l'épaisseur et la longueur seront déterminés par l'entreprise en charge des travaux dans le cadre de sa note de calcul.

07.1.4. Synthèse

À l'aide du plan de fondation et des descentes de fournis par le BET Structure (voir plan en Annexe F pour la numérotation des appuis), nous avons déterminé la longueur de chaque micropieu.

Le tableau ci-après récapitule ces résultats.

Nœud	G (kN)	Q (kN)	ELS/micropieu	ELU/micropieu		Fiche (m / TA)	Diamètre ext du tube principal (mm) ⁽²⁾
			G+Q (kN)	1.35 G+ 1.5 Q + N + V (kN)	1.35 G + 1.5 Q – V (kN)		
54	37.7	20.0	57.5	129.8	35.8	6.0 ⁽¹⁾	88.90
57	50.0	24.0	75	165.0	53.5	6.1	88.90
105	438.0	45.0	483	874.8	658.8	15.7	88.90
113	91.0	31.0	122	194.8	169.3	7.0	88.90
324	32.0	19.0	51	84.7	71.7	6.0 ⁽¹⁾	88.90
344	3.5	8.5	12	76.0	-39.0	6.0 ⁽¹⁾	88.90
409	4.0	7.5	11.5	19.1	16.6	6.0 ⁽¹⁾	88.90
410	2.5	4.7	7.2	12.7	10.4	6.0 ⁽¹⁾	88.90
425	190.0	57.5	247.5	402.2	342.75	11.1	88.90

⁽¹⁾Afin d'assurer la reprise des efforts, nous préconisons de réaliser des micropieux de 6.0 m minimum.

⁽²⁾ Les diamètres des tubes de renfort et des barres GEWI seront déterminés par l'entreprise en charge des travaux.

Il conviendra de vérifier lors de l'exécution des micropieux les plus profonds, nos hypothèses en profondeur suivant le DTU 13.2 de Septembre 1992, dans le cadre de la mission G3.

Le micropieu correspondant au Nœud n°344 étant soumis à une force de traction, devra être équipée d'une barre GEWI dont la section et la longueur devront être caractérisés par l'entreprise en charge dans le cadre de sa note de calcul/

Majoration (+ 33 %) 12U = 93.2 ml

Il vient ainsi 9 micropieux de Ø 0.25 m pour une longueur totale de 69.9 m.

Compte tenu des charges à reprendre par chaque micropieu à l'E.L.U. fondamentale (cas le plus défavorable), le diamètre du tube d'armature sera de 88.90 mm.

Ces résultats sont valables à condition de respecter un entraxe entre micropieux supérieur ou égal à 3 diamètres pour éliminer l'effet de groupe. Dans le cas de pieux voisins (entraxe inférieur à 3 diamètres), un effet de groupe devra être pris en compte via l'application d'un coefficient minorateur sur le frottement latéral des pieux (coefficient C_e calculé d'après la formule J.2.1 de l'Annexe J de la norme NF P 94-262). Ceci devra être pris en compte dans le cadre de la mission d'Étude d'exécution (G3) en fonction du plan de calepinage des micropieux.

Compte tenu du nombre de micropieux, des conditions de site considéré comme « simple » et un ouvrage de catégorie géotechnique 2 (cf Norme NF EN 1997-1), un essai de contrôle (essai de chargement en compression ou en traction) devra être réalisé (Chapitre 8.9 norme NF P 94-262). Il permettra de s'affranchir de l'application d'un coefficient minorateur de 1.5 sur les charges limites calculées (cf DTU 13.2 Chapitre 10,32).

Nous avons effectué les calculs de justification des micropieux vis-à-vis du flambement. La charge critique de flambement obtenue est de 1014 KN (cf. calcul en annexe E), donc largement supérieur à la charge maximale ELS en compression simple au quelle est soumise les micropieux.

Le liaisonnement des micropieux avec les massifs BA de tête sera assuré par l'intermédiaire de platine en acier dont le dimensionnement sera réalisé dans le cadre de la mission G3.

07.1.5. Sujétions d'exécution

L'ensemble des vestiges enterrés devra être purgé lors des travaux de démolition avant la réalisation des micropieux ou des techniques particulières devront être employées afin d'éviter tout refus lors de la foration et/ou excentrement préjudiciable à la réalisation de la superstructure du bâtiment.

Le dimensionnement final devra être réalisé par l'entreprise de travaux spéciaux (mission G3), en fonction des descentes de charges Phase EXE du projet et devra fournir des justifications vis-à-vis des efforts transversaux et/ou moments. Celui-ci sera validé dans le cadre d'une mission de supervision géotechnique d'exécution (G4).

Les moyens d'exécution des entreprises soumissionnaires n'étant pas connus à ce jour, il y aura lieu d'estimer les éventuelles sujétions et difficultés de mise en œuvre au vu des paragraphes énoncés dans ce rapport.

Les investigations réalisées sur le site pour cette étude ayant un caractère ponctuel, les recommandations exposées dans ce rapport seront mises en œuvre en tenant compte des conditions réelles du terrain mis à jour au cours des travaux. Par ailleurs, la découverte de toute anomalie devra nous être signalée afin d'affiner nos conclusions.

Rédigé par
Achraf MENZOU

Contrôlé par
Olivier MAUREL

Date du rapport
Le 03-01-2020

ANNEXES

A. PLAN D'IMPLANTATION



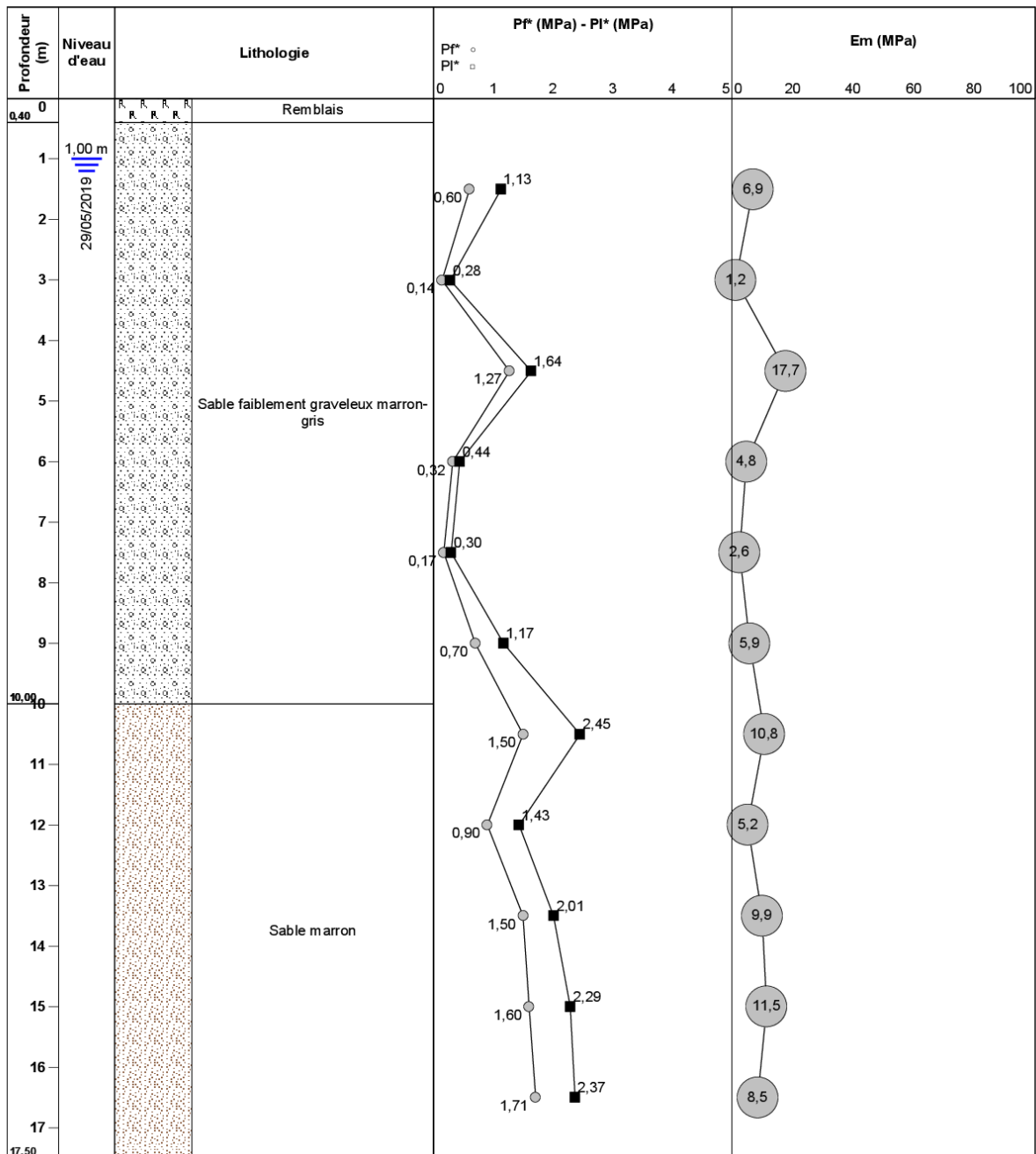
B. PRESSIOGRAMMES

<h1>Géomeca Sud</h1>	Extension de la capitainerie Le Port de Plaisance (Palavas-Les-Flots)		Contrat 19-251
	Date : 29/05/2019	Machine : GEO 205	Profondeur : 0,00 - 17,50 m

1/85

Forage : PR1

EXGTE 3.20/GTE



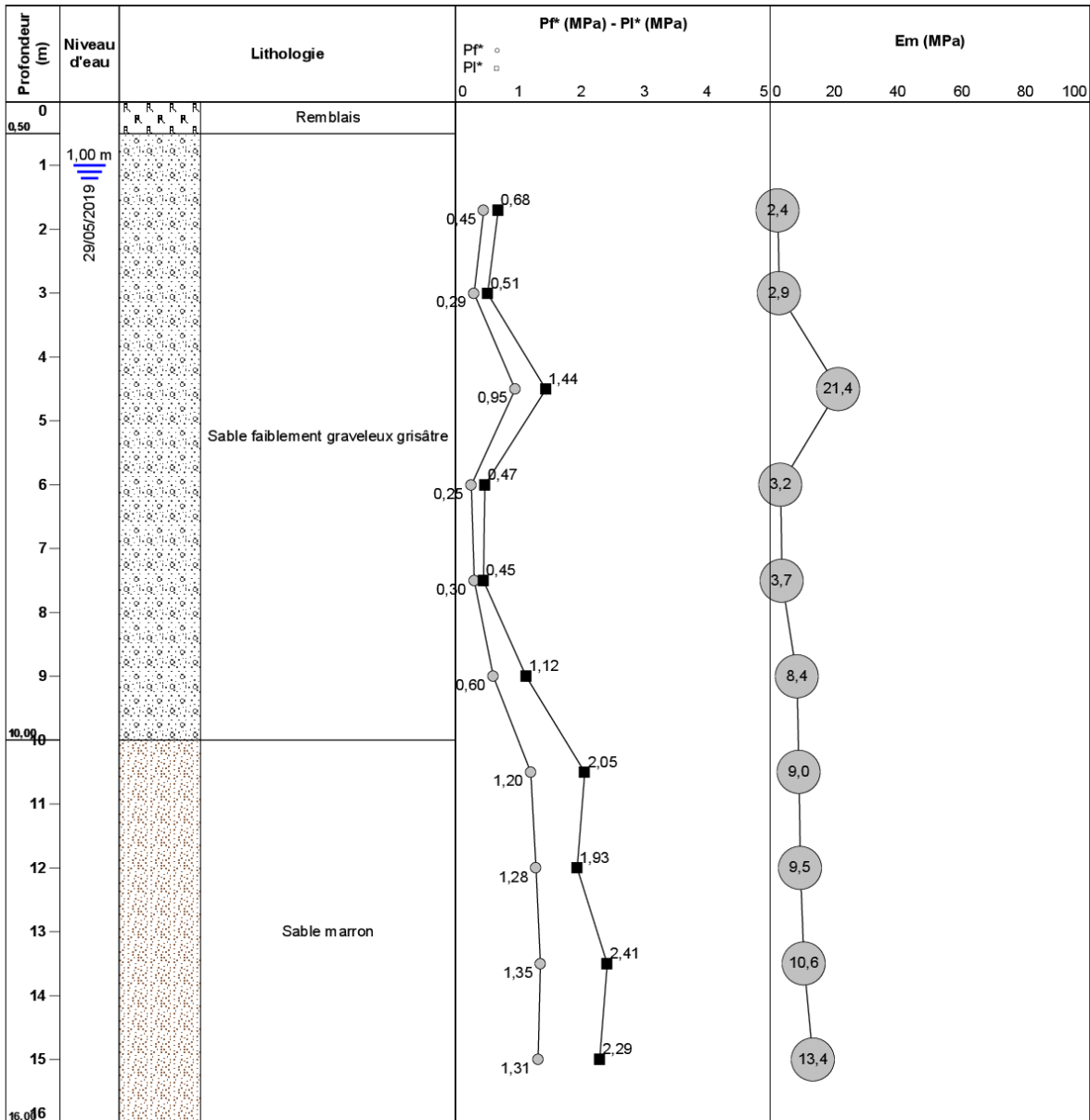
Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

<h2>Géomeca Sud</h2>	Extension de la capitainerie Le Port de Plaisance (Palavas-Les-Flots)		Contrat 19-251
	Date : 29/05/2019	Machine : GEO 205	Profondeur : 0,00 - 16,00 m

1/85

Forage : PR2

EXGTE 3.20/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

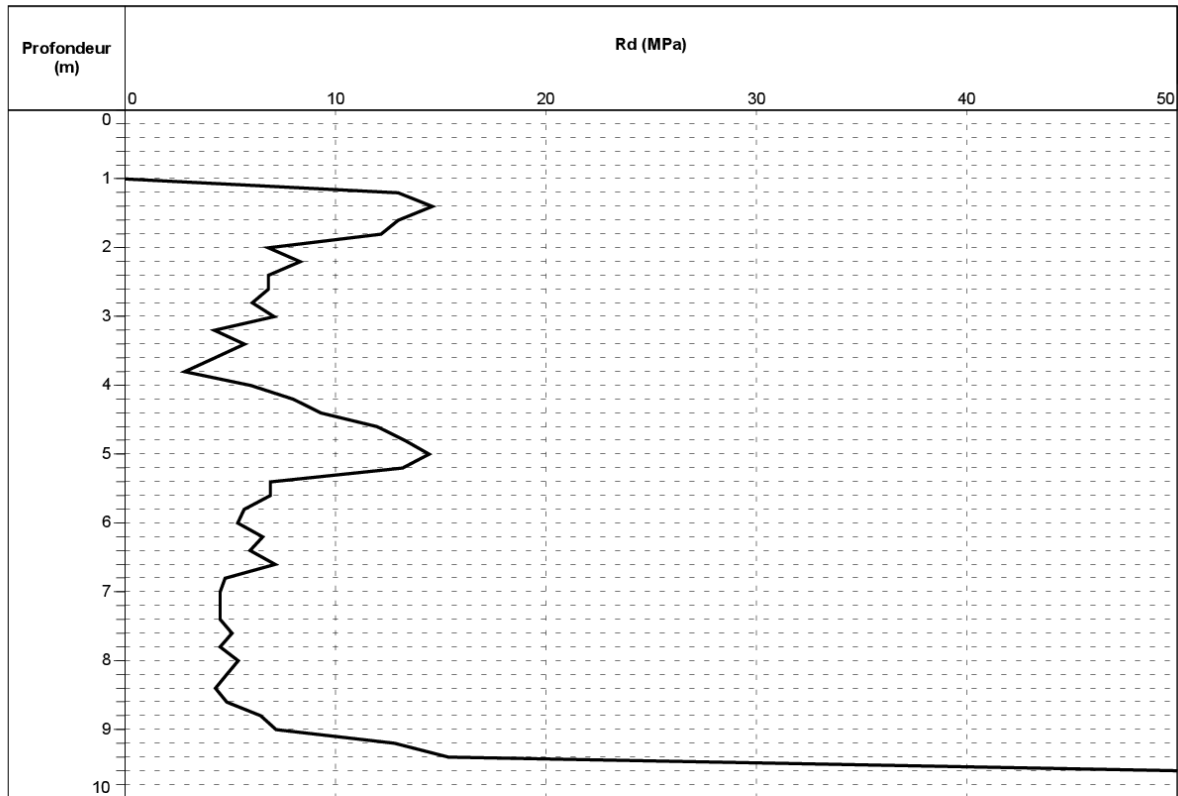
C. PÉNÉTROGRAMMES

Géomeca Sud	Extension de la Capitainerie Le port de Plaisance (Palavas-Les-Flots)	Contrat 19-251
	Date : 27/05/2019	Machine : COMACCHIO PC64

1/85

Forage : PD1

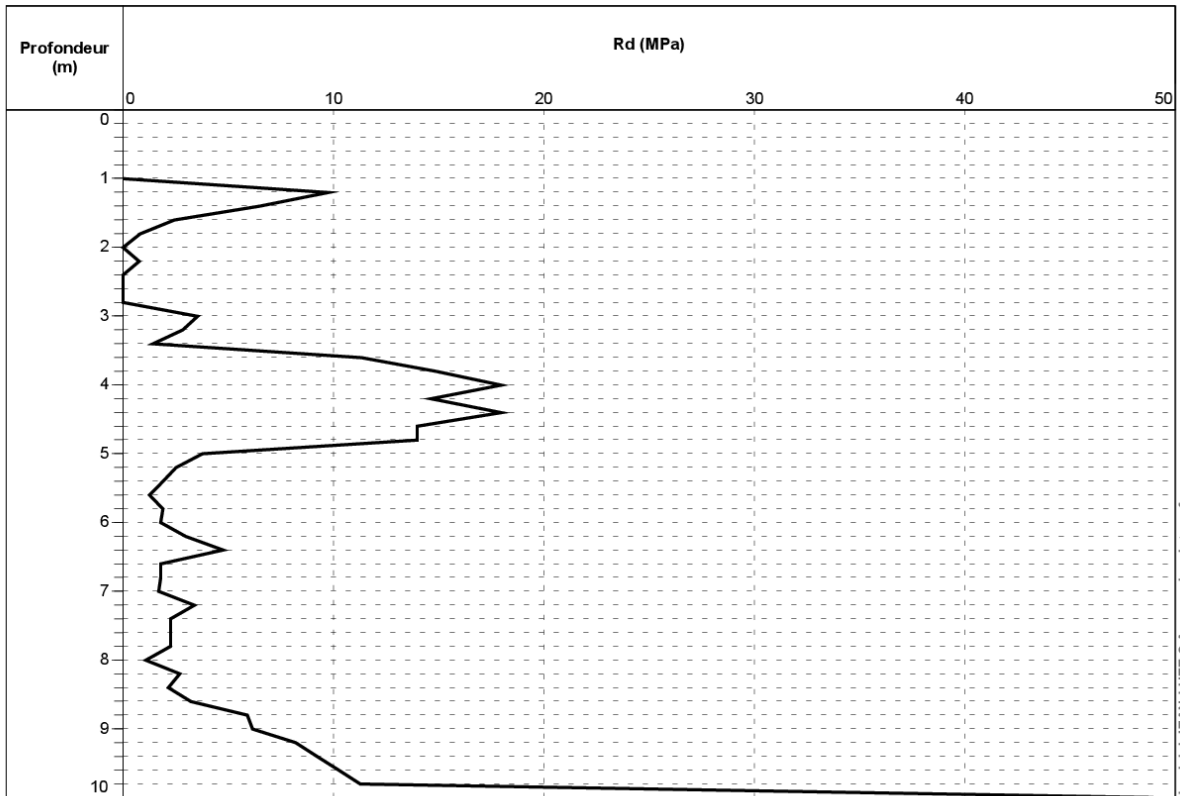
EXGTE 3.20/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeantutzsa.fr

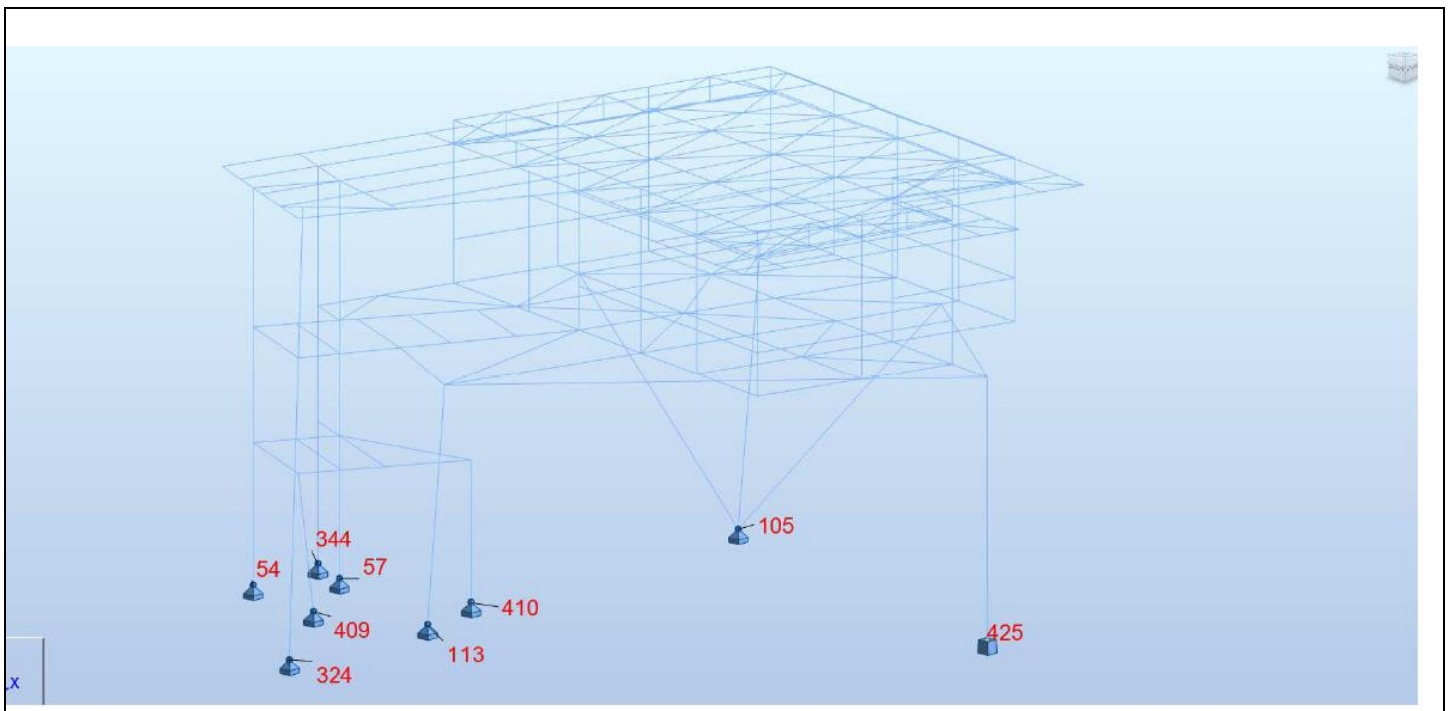
<h1>Géomeca Sud</h1>	Extension de la Capitainerie Le port de Plaisance (Palavas-Les-Flots)	Contrat 19-251
	Date : 27/05/2019	Machine : COMACCHIO PC64

1/85 Forage : PD2 EXGTE 3.20/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

D. PLAN D'APPUIS



E. RÉSULTATS DE CALCULS DU LOGICIEL FOXTA

Pieu FTC de \varnothing 0.25 m

- En compression

Données

Titre du projet : 19-251 (pieu n°1)

Numéro d'affaire : 19-251

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,10

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,30

Classe du pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

Catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode IGU (type III)




Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

Cote de référence (m) : 0,00

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1*γR,d2
1	Couche 1		Argile, limons	-1,00	0,00	0,00	1,15	2,200
2	Couche 2		Sables, graves	-10,00	350,00	63,15	1,10	1,540
3	Couche 3		Sables, graves	-17,00	1800,00	200,11	1,10	1,540

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 17,00

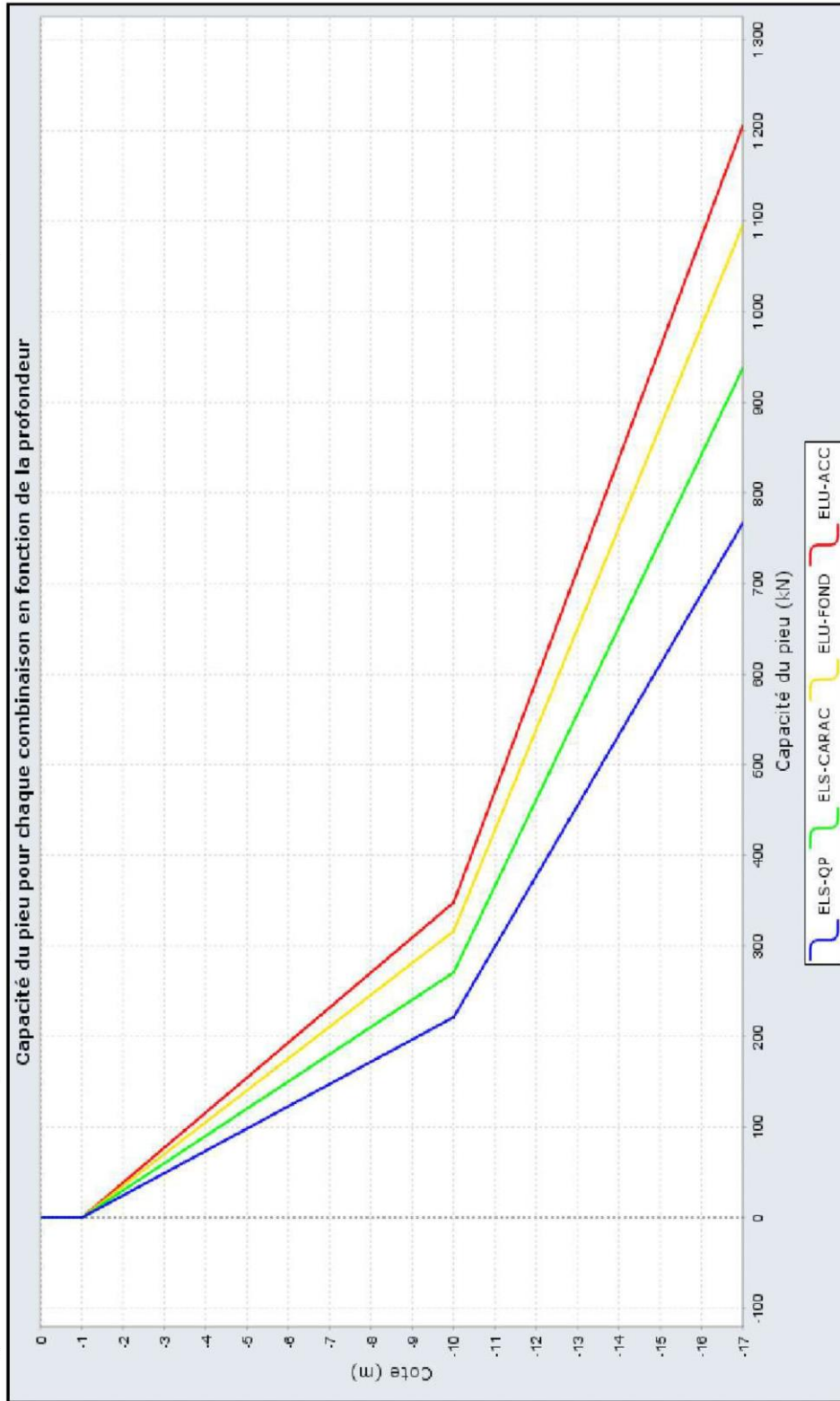


FoXta v3
v3.3.3

Imprimé le : 14/06/2019 - 18:05:59
Calcul réalisé par : GEOMECA

Projet : 19-251
Module : Fondprof (Pieu 1/1)

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



FoXta v3
v3.3.3

Imprimé le : 14/06/2019 - 18:06:03
Calcul réalisé par : GEOMECA

Projet : 19-251
Module : Fondprof (Pieu 1/1)

GEOMECA-F:\recup\mas19-251\Palavas-les-Flats (Maine)\Rapport19-251.kxp

Page 6/5

Pieu FTC de \varnothing 0.25 m

- En traction

Données

réf. du projet : 19-251 (pieu n°1)

numéro d'affaire : 19-251

commentaires : N/A

réf. du calcul : Titre du calcul

réf. réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

traitement des données : Traitement par couches

type de calcul (m) : 0,10

forme de calcul : Section de calcul circulaire

diamètre de calcul (m) : 0,25

type de pieu : 8 - Pieu/micropieu injecté

catégorie du pieu : 19 [PIGU, MIGU] - Pieu ou micropieu injecté mode (GU (type III))

travaux réalisés : Non

type de chargement : Travail en traction

combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
condérations combinées sur Qs,k	0,467	0,636	0,870	0,952
condérations combinées sur Qp,k	0,000	0,000	0,000	0,000

type de référence (m) : 0,00

description des couches de sol

no	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase [p*]	qs1	kpmax	γR,d1 x γR,d2
Couche 1	Argille, limons		-1,00	0,00	0,00	1,15	2,200
Couche 2	Sables, graves		-10,00	350,00	63,15	1,10	1,540
Couche 3	Sables, graves		-17,00	1800,00	200,11	1,10	1,540

type de calcul : Longueur imposée

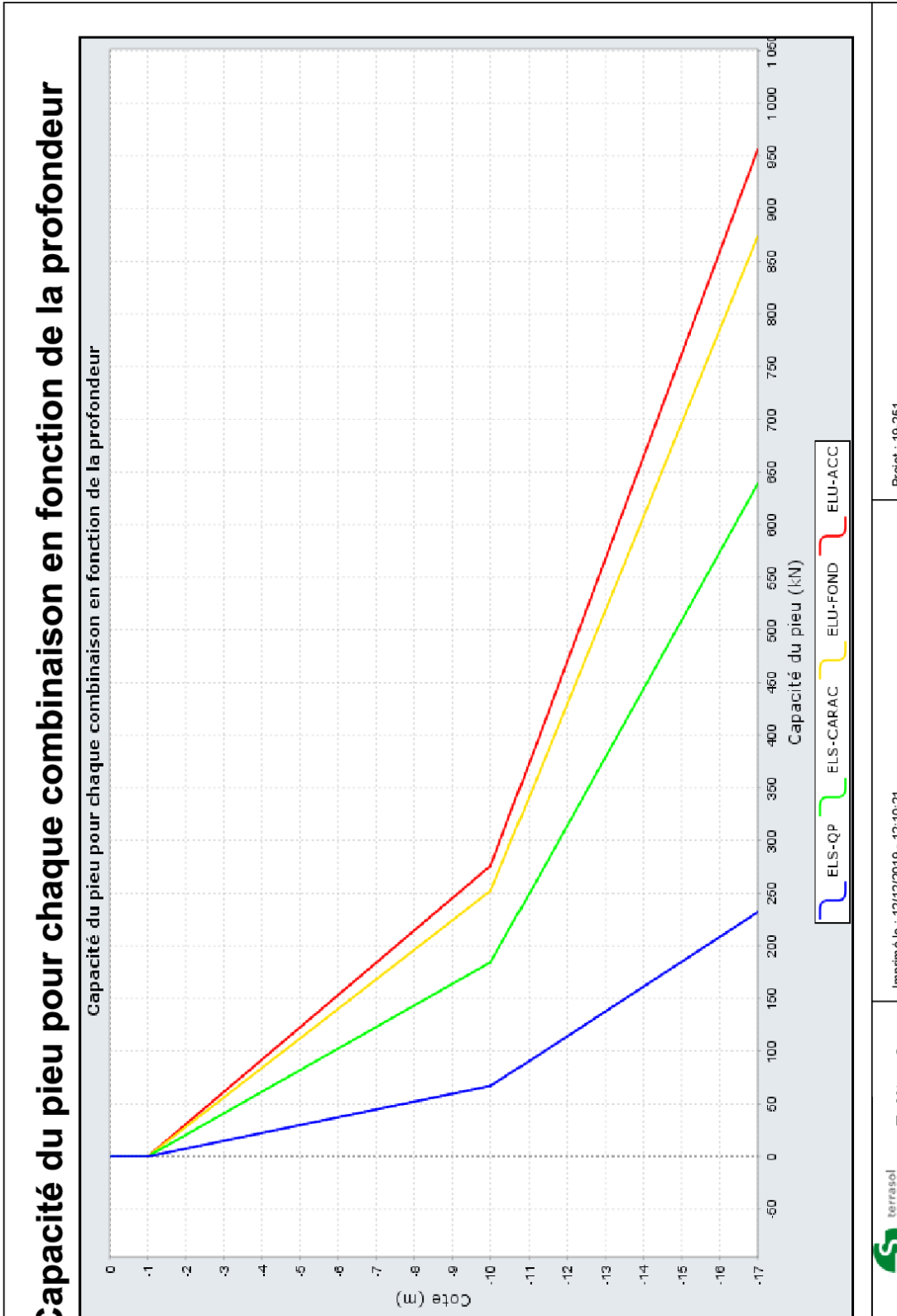
longueur du pieu (m) : 17,00



F - V - A - ... - 3

Imprimé le : 12/12/2019 - 12:10:21

Projet : 19-251



F. CALCUL PIECOEF

Données

réf. du projet : 19-251

numéro d'affaire : 19-251

commentaires : N/A

type de calcul : Titre du calcul (pieu n°1)

type de calcul : Calcul spécifique de flambement
à partir des données pressiométriques (élastique)


type de référence (m) : 0,00

inclinaison du pieu (°) : 0,0

nombre d'incréments : 20

nombre d'itérations par incrément : 100

description des couches de sol

no	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B
1	Couche 1		-1,00	1,00E03	0,33	0,25
2	Couche 2		-10,00	5,00E03	0,33	0,25
3	Couche 3		-17,50	9,00E03	0,33	0,25

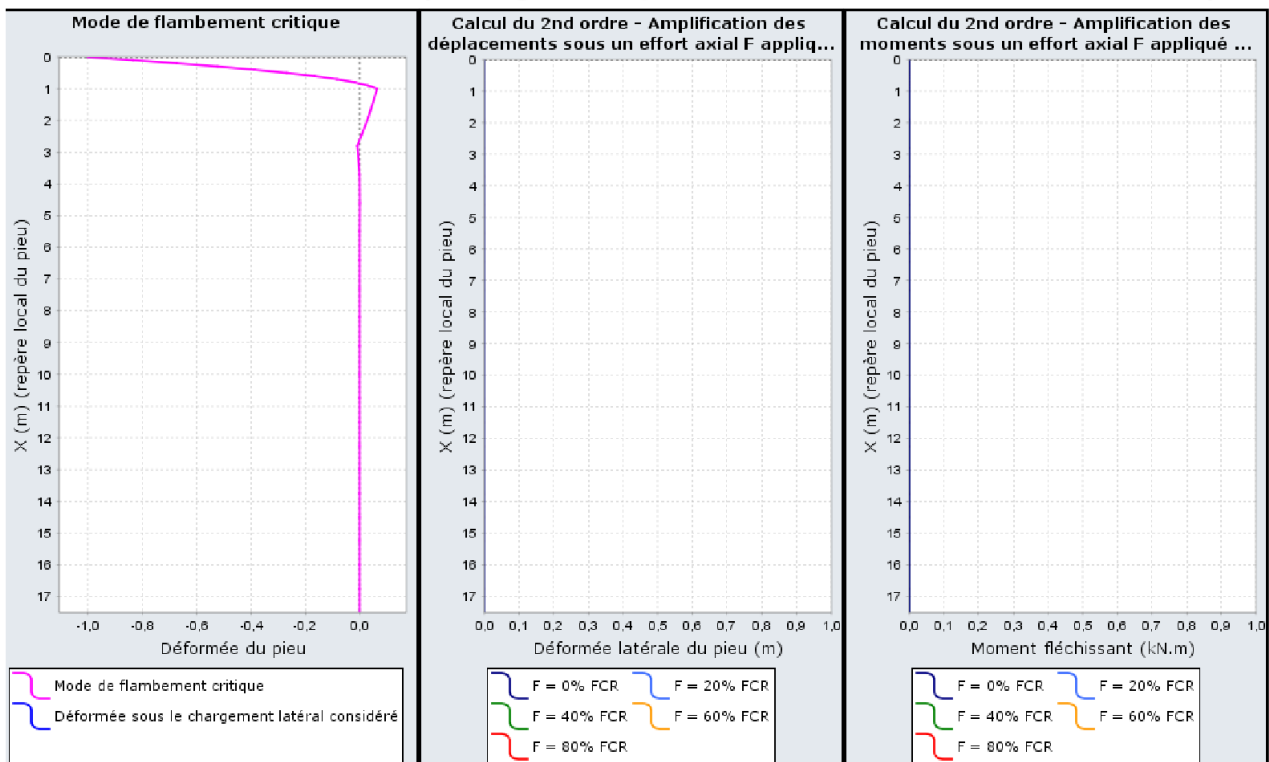
caractéristiques

no	h	EI	n
1	1,00	2,74E02	10
2	9,00	2,74E02	10
3	7,50	2,74E02	10

charges ponctuelles

no	Z	K	C
1	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-1,00	0,00E00	0,00E00
3	-10,00	0,00E00	0,00E00
4	-17,50	0,00E00	0,00E00

Résultats de flambement (Charge critique de flambement FCR = 1014 kN)



FAV 1.2

Imprimé le : 03/01/2020 - 10:36:09

Projet : Picoef mairie palavas

G. MISSIONS GÉOTECHNIQUES

Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 1 à 3) doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)

Cette mission exclue toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Etude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade de l'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables, notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols.

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site :

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le dossier de consultation des entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des contrats de travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques :

- Etablir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ÉTAPE 3 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE / ACT.

Elle comprend deux phases interactives.

Phase Etude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôle à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations de l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents géotechniques nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou du mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision de suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Etape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire esquisse, APS	Etude géotechnique préalable (G1) Phase principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification Des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Etape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD / AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Etude géotechnique de conception (G2) Phase projet		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE / ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Etape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3 / G4)	EXE / VISA	A la charge de l'entreprise Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase étude (en interaction avec la phase suivie)	A la charge du maître d'ouvrage Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET / AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase suivi (en interaction avec la phase étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un projet existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié