



**SOCIETE REGIONALE
D'ETUDES GEOTECHNIQUES**

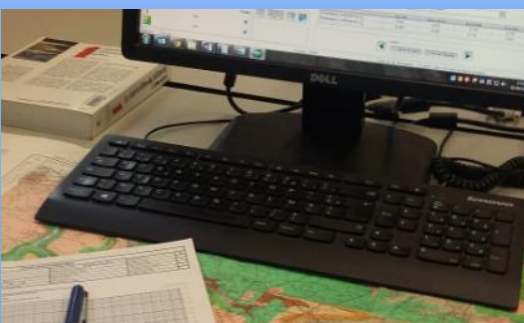
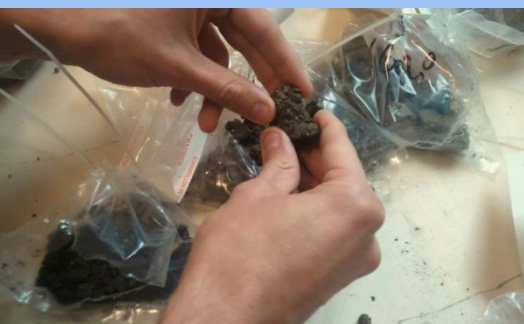
152 rue Henri MAURICE – 59494 AUBRY-DU-HAINAUT

Tél : 03 27 46 96 10 – Email : contact@soreg.fr



**Université
Polytechnique**

HAUTS-DE-FRANCE



AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Campus du Mont Houy

Université Polytechnique Hauts-de France
(UPHF)

Création d'un escalier

Etude géotechnique de conception

Phase Projet

Mission de type G2-PRO

Norme NF P 94-500

Rapport R26-0717

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

Révision	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
	30/07/2026	66		E. TRAMON	A. TERRAZZONI
A					
B					
C					

SOMMAIRE

1. OBJET DE L'ETUDE	3
2. INTERVENANTS	4
3. DOCUMENTS ET PIÈCES FOURNIS PAR LE CLIENT	5
4. DESCRIPTION DU SITE	6
5. DESCRIPTION DU PROJET	7
6. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE PREVISIONNEL	8
7. SYNTHESE GEOTECHNIQUE	10
7.1. INVESTIGATIONS REALISEES	10
7.2. DESCRIPTION GEOTECHNIQUE DU SITE	10
7.3. CONFIGURATION HYDROGEOLOGIQUE DU SITE	11
7.4. MODELE GEOTECHNIQUE	11
7.5. SYNTHESE DE L'ETUDE R26-0314	11
8. RISQUE SISMIQUE	12
9. EXPLOITATION DES RESULTATS	16
10. MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX	18
11. REMARQUES GENERALES - MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX	26
12. ALEAS ET RISQUES GEOTECHNIQUES	26
EXTRAIT DE LA NORME AFNOR NF P94-500 DE NOVEMBRE 2013	
TABLEAU 1 : SCHEMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	28
TABLEAU 2 : CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE	29

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : PLAN DE SITUATION GENERALE DU PROJET
 ANNEXE 2 : PLAN D'IMPLANTATION DES RECONNAISSANCES
 ANNEXE 3 : DIAGRAPHIES ET COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU
 ANNEXE 4 : NOTE DE CALCULS FOXTA

AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Campus du Mont Houy

Université Polytechnique Hauts-de-France

Création d'un escalier

Étude géotechnique de conception phase Projet

(mission G2-PRO)

1 - <u>OBJET DE L'ÉTUDE</u>	
Projet	Le projet concerne la création d'un escalier au sein du campus Polytechnique des Hauts-de-France, sur la commune de AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59).
Mission géotechnique confiée	La mission confiée dans le cadre de cette étude, à la demande et pour le compte de la Région Hauts de France, est une mission géotechnique de conception G2 phase PRO suivant la norme AFNOR NF P 94-500 de Juin 2000 révisée en novembre 2013, suite à l'acceptation du devis référencé DS25-1222c daté du 16/01/2026 (commandes du 21/01/2026). L'objectif de la mission G2-PRO est de définir les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), établir les notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (phasages, terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants) et fournir des notes de calcul de dimensionnement niveau projet des ouvrages géotechniques et les valeurs seuils. Sont exclus de la présente étude : • Le diagnostic de pollution du site,

2 - INTERVENANTS	
<i>Maître d'Ouvrage (client)</i>	UNIVERSITE POLYTECHNIQUE HAUTS DE France (UPHF) Campus Mont Houy 59313 Valenciennes
<i>Maître d'œuvre/ Architecte</i>	ATW – Architectural & Technical Workshop ZAC du Chevalement 59286 ROOST-WARENDIN
<i>BET</i>	M2CD
<i>Bureau d'études géotechniques (missionné par le Maître d'Ouvrage)</i>	SOREG SAS
<i>Entreprise de sondages (sous-traitant du bureau d'études SOREG SAS)</i>	PONTIGNAC SAS

3 – DOCUMENTS ET PIÈCES FOURNIS PAR LE CLIENT

Rappel	En référence à la norme NF P 94-500 de Novembre 2013 et pour la bonne réalisation de la mission géotechnique confiée dans le cadre de cette étude (phase G2-PRO), le client est tenu de fournir les documents suivants : ➤ Dossier complet de définition de l’ouvrage projeté avec au minimum : • plans détaillés, • coupes, • torseur de l’ensemble des efforts aux différentes combinaisons : ELS caractéristique, ELS quasi-permanent, ELU fondamental et ELU accidentel/sismique. ➤ Dossier concernant l’ouvrage à étudier pour la phase projet, ➤ Dans le cas d’avoisinants ou d’existants, le diagnostic structure de ces ouvrages et les critères de déformation admissible pour ces ouvrages, ➤ Tout complément ou modification ultérieur(e) doit faire l’objet d’une notification écrite. ➤ Tous les rapports géotechniques établis dans le cadre de la mission précédente.
Études géotechniques antérieures	Dans le cadre de ce projet, l’étude géotechnique R26-0314 de type G2-AVP a été réalisée par SOREG en mars 2026. Le contenu de cette étude est supposé parfaitement connue du lecteur.
Documents fournis par le client	<u>Documents fournis lors de l’étude G2-AVP :</u> ➤ Cahier des charges du projet, fourni par ATW (Architectural & Technical Workshop), ➤ Plan de masse et de coupe de l’existant (documents RAMERY). <u>Documents fournis lors de la présente étude :</u> ➤ Descentes de charges non pondérées établies par M2CD.

4 – DESCRIPTION DU SITE

Localisation et environnement du site

◆ Localisation du site

- adresse : Campus Mont Houy,
59300 Aulnoy-lez-Valenciennes
- référence cadastrale : feuille AE – parcelle 0163.

◆ Description - Occupation du site

Le projet est situé au sein du campus du Mont Houy ; le site est localement enherbé et arboré.

Le projet desservira, depuis l'extérieur, un ouvrage existant au niveau R+1 (bâtiment Claudin Lejeune 3).



Photographie du site d'étude – bâtiment existant

◆ Topographie du site – Terrassements prévus

Le site s'inscrit dans un contexte de butte anciennement exploitée (sablère).

Le site présente une légère pente de l'ordre de 3% orientée vers l'Est ; son altitude est comprise entre les cotes + 70,5 et +71,5 NGF (source : www.geoportail.fr)

Remarque : Aucun plan topographique ne nous a été fourni à ce stade de l'étude.

◆ Présence d'ouvrages mitoyens et avoisinants :

L'emprise de l'ouvrage projeté (escalier) est mitoyenne, sur son côté Est, avec le bâtiment Claudin Lejeune 3.

L'escalier projeté commencera du trottoir avec la voie de chemin de tramway existante à l'Ouest et desservira le bâtiment Claudin au R+1 à l'Est.

◆ Occupation antérieure du site

L'occupation antérieure du site et plus particulièrement de la zone d'implantation du projet ne nous a pas été précisée dans le cadre de cette étude.

Il appartiendra à la Maîtrise d'Œuvre de mener une enquête documentaire sur ce point spécifique afin de pouvoir en estimer, le cas échéant, l'impact sur le projet de construction.

A titre indicatif, l'examen des photographies aériennes prises entre 1940 à nos jours nous révèle la présence d'une ancienne sablière en bordure Ouest de la zone du projet, exploitée à partir des années 1950.

Au droit du projet, il ne semble pas y avoir d'occupation antérieure (anciens champs).

5 – DESCRIPTION DU PROJET

Caractéristiques générales du projet

D'après les éléments fournis décrits au paragraphe 3, les caractéristiques générales du projet sont les suivantes :

- Type d'ouvrage projeté : escalier,
- Nombre d'ouvrages concernés par le projet : 1,
- Nombre total maximal de niveaux : R+1,
- Nombre total maximal de sous-sols : 0,
- Emprise au sol de l'escalier : de l'ordre de 80 m²,
- Descentes de charges non pondérées établies par M2CD :

Charge verticale permanente (G) : de l'ordre de 3.0 à 32.6 kN,

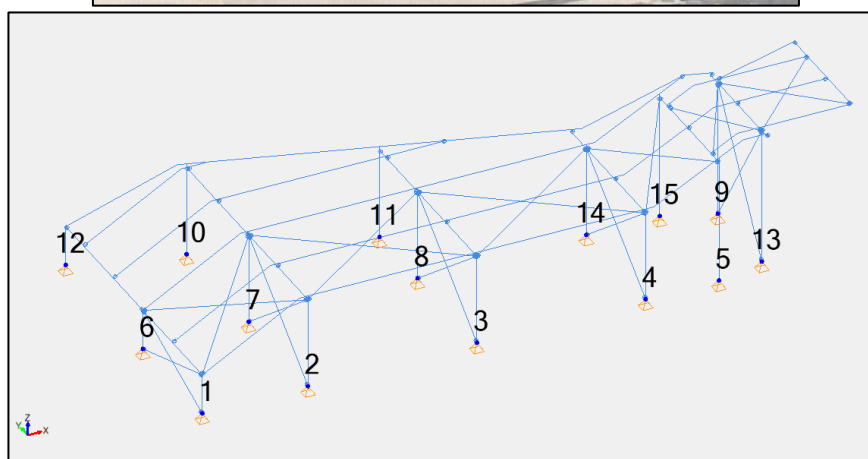
Charge horizontale permanente (G) : de l'ordre de 0.01 à 0.1 kN,

Charge verticale d'exploitation (Q) : de l'ordre de 2.6 à 62.9 kN,

Charge horizontale d'exploitation (Q) : de l'ordre de 0.1 à 8.0 kN,

Charge sismique verticale : de l'ordre de 0.6 à 30.4 kN,

Charge sismique horizontale : de l'ordre de 0.05 à 29.5 kN.



Modélisation du projet et localisation des appuis - M2CD

Terrassements prévus

Le site d'étude étant en légère pente, le projet nécessitera probablement la réalisation de déblais/remblais.

6 - CONTEXTES GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE PRÉVISIONNELS

Carte géologique

- carte géologique de VALENCIENNES au 1/50 000,



e2bc : Sables d'Ostricourt (Landénien),
aea : Argiles du Landénien,
C3c : Craie grise, présence de silex (Turonien).

Remarque : site localisé à proximité d'une ancienne carrière de sables et graviers à ciel ouvert.

Coupe géologique prévisionnelle

À l'appui de la carte géologique de VALENCIENNES au 1/50 000 et des différentes études que nous avons pu mener à proximité du site, la géologie prévisionnelle à l'aplomb du projet devrait être la suivante :

- un **recouvrement de remblais et/ou de terre végétale** d'épaisseur variable,
- des **limons** d'âge Quaternaire jusqu'à une profondeur de l'ordre de 2.0/3.0 m,
- des **sables et argiles** du Landénien
- le **substratum crayo-marneux** du Sénonien.

Contexte hydrogéologique prévisionnel

Le contexte hydrogéologique au droit du site devrait être le suivant :

- ◆ Configuration de plateau :
 - Possibilité d'apparition de rétentions et circulations d'eau ou d'une nappe temporaire retenue à faible profondeur au sein des formations de recouvrement, en fonction de leur caractère $\pm$ argileux et consécutivement à des périodes de fortes précipitations.
 - Nappe de la craie profonde.

6 - CONTEXTES GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE PRÉVISIONNELS

Enquête documentaire

- ♦ Aléa vis-à-vis du risque de remontées de nappes (www.georisques.gouv.fr):
Commune du terrain étudié soumise à un PPRN Inondations approuvé : **OUI** (PPRN-I de la Rhonelle approuvé le 23/05/2022 pour les aléas inondation par une crue à débordement lent de cours d'eau, par ruissellement et coulée de bue) ; site en dehors des zones à prescriptions ou interdictions.
- ♦ Aléa vis-à-vis du retrait-gonflement des sols
En référence à la carte du BRGM sur l'aléa retrait-gonflement des argiles (www.georisques.gouv.fr), le terrain se situe dans une zone à **aléa négligeable**.
- ♦ Aléa vis-à-vis de mouvements de terrain (source : www.georisques.gouv.fr),
Mouvements de terrain recensés dans un rayon de 500 m autour du site : **NON**
Commune du site d'implantation du projet soumise à un PPRN Mouvements de terrain approuvé : **NON**
- ♦ Aléa vis-à-vis de la présence de cavités souterraines (source : www.georisques.gouv.fr),
Cavités souterraines recensées dans un rayon de 500 m autour du site d'implantation du projet : **NON**
Commune du site d'implantation du projet soumise à un PPRN Cavités souterraines approuvé : **NON**
Le risque de présence et d'effondrement de cavités souterraines peut donc être négligé dans le cadre de ce projet.
- ♦ Aléa sismique
En référence au décret 2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune de AULNOY-LEZ-VALENCIENNES est classée en **zone de sismicité 3**, correspondant à un **aléa sismique modéré**.
- ♦ Activités industrielles antérieures du site
En référence à la base de données des anciens sites industriels et activités de services (<http://basias.brgm.fr>), il n'est fait mention d'aucune ancienne activité industrielle à l'aplomb du projet.

7 – SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

7.1 Investigations réalisées

(cf. plan – annexe 2 et sondages – annexe 3)

Les travaux de reconnaissance pour l'étude G2-AVP (R26-0314) ont consisté, conformément au plan d'implantation de l'annexe 2, en l'exécution des essais et sondages suivants :

- ◆ **1 sondage pressiométrique**, noté PR1, descendu à 15.0 m de profondeur/TN actuel, avec la réalisation de 10 essais pressiométriques, pour la détermination de la coupe géologique et des caractéristiques mécaniques (capacité portante et compressibilité) des sols d'assise profonds,

L'ensemble des diagraphies, diagrammes et coupes des sondages et essais réalisés figure en Annexe 3.

Cote de départ des reconnaissances : niveau du terrain naturel lors de notre intervention (début février 2026).

Remarque : La présente étude G2-PRO n'a pas nécessité de sondages complémentaires.

7.2 Description géotechnique du site

(cf. annexe 3)

L'analyse des différents sondages permet de synthétiser la coupe géotechnique schématique suivante :

- de 0.0 à 0.75 m : des **remblais** sablo-limoneux à débris divers (Remarques : de par leur origine anthropique, l'épaisseur et la nature des remblais peuvent varier sensiblement et brutalement)
Remarque : des épaisseurs de remblais plus importantes sont attendues à proximité des voiries actuelles.
- de 0.75 à 3.0 m : **limon ± argileux** marron,
Classement d'après l'Eurocode 7 : très mou à mou.
- de 3.0 à 5.5 m : **Limon très sablonneux** marron,
Classement d'après l'Eurocode 7 : ferme.
- de 5.5 à 10.0 m : **Limon sableux peu argileux** marron,
Classement d'après l'Eurocode 7 : raide.
- de 10.0 à 15.0* m : **Argile limoneuse** marron,
Classement d'après l'Eurocode 7 : raide.

Remarque générale : Les formations sableuses et argileuses du Landénien (observées entre 5.50 et 15.0 m de profondeur) peuvent renfermer localement des passées gréseuses ou blocs de grès très durs (non rencontrés au droit du sondage).

**arrêt des sondages*

Remarque : les critères de compacité cités (mou, ferme, lâche, dense, altéré, etc.) sont ceux proposés par les normes NF P 94-261 et NF P 94-262 (Eurocode 7).

Le détail des valeurs des caractéristiques mécaniques (Pl* : Pression limite nette ; E_M : Module pressiométrique) figure en Annexe 3.

7- SYNTHÈSE GÉOTECHNIQUE

7.3 Configuration hydrogéologique du site

Il n'a pas été observée d'arrivée d'eau dans les sondages au moment du chantier.

Malgré l'absence d'eau au moment de la reconnaissance, des rétentions d'eau ou des circulations à faible profondeur et vers 10 m de profondeur sont toujours possibles (notamment en période pluvieuse), compte tenu de la géologie du site.

Nous rappelons que la détermination des critères hydrogéologiques à prendre en compte dans la conception du projet (remontée de nappe, niveau des plus hautes eaux, ...) nécessite, dans le cas de la réalisation de niveaux/ouvrages enterrés, la réalisation d'une étude hydrogéologique s'appuyant à minima sur un suivi piézométrique du site sur une année complète avec relevés mensuels fixes complétés par des mesures calées sur des épisodes pluviométriques remarquables.

7.4 Modèle géotechnique

À partir des sondages et essais réalisés, SOREG a retenu le modèle géotechnique suivant :

Couche	Remblais à dominante sablonneuse	Limon ± argileux lâche	Limons très sablonneux fermes	Limons sablonneux peu argileux fermes	Argiles limoneuses fermes
Prof. de la base / TN (m)	0.8*	3.0	5.5	10.0	>15.0
Pressiométrie	E _M (MPa)	-	3.1	10.3	21.3
	P _I * (MPa)	-	0.3	0.5	0.9
	α	-	0.50	0.50	0.67

***La profondeur des remblais pourra localement être plus importante notamment en mitoyenneté avec les voiries existantes.**

Remarques :

Les données qui précèdent ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues au stade projet pour le dimensionnement des ouvrages. La conception et la méthodologie de mise en œuvre des infrastructures devront intégrer les adaptations inhérentes aux variations des limites de couches et aux hétérogénéités locales toujours possibles.

Les valeurs prises en compte correspondent à des valeurs moyennes en tenant compte du nombre limité des mesures effectuées et de la représentativité estimée des horizons testés. Ces valeurs pourront être affinées en phase plus avancée (stade EXE).

7.5 Synthèse de l'étude R26-0314

L'étude géotechnique de conception de type G2 AVP concluait sur :

- **La faisabilité d'un mode de fondations profonds sur micropieux ancrés dans les limons sablonneux et/ ou l'argile ferme. Le mode de fondation précité est celui retenu par les Concepteurs.**

8 – RISQUE SISMIQUE (EUROCODE 8 – NF EN 1998-1 & NF EN 1998-5)

Catégorie d'importance du projet	La catégorie de classe du projet étudié ne nous a pas été communiquée par le Maître d'Œuvre. Au regard des éléments communiqués et de la construction envisagée (établissement scolaire), nous avons considéré le projet envisagé comme un ouvrage classé en catégorie d'importance III (projet dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes), et affecté par conséquent d'un coefficient d'importance γ_1 de 1.2.
Aléa sismique	En référence au décret 2010-1255 du 22 octobre 2010, la commune de AULNOY-LEZ-VALENCIENNES est classée en zone de sismicité 3, correspondant à un aléa sismique modéré.
Accélération maximale de référence (a_{gr})	Le site étant classé en zone de sismicité 3, la valeur de l'accélération maximale de référence au niveau d'un sol rocheux (a_{gr}) à prendre en compte dans le cadre de ce projet est de 1.1 m/s².
Accélération horizontale (a_g)	L'accélération horizontale de calcul au niveau d'un sol de type rocheux (a_g) à prendre en compte dans le cadre de ce projet est de 1.32 m/s².
Susceptibilité du sol à la liquéfaction et magnitude conventionnelle	Valeur de magnitude conventionnelle pour étude de liquéfaction : 5.5 La géologie de surface mise en évidence dans le cadre de la présente étude et les formations géologiques sous-jacentes ne mettant pas en évidence de couches étendues ou de lentilles épaisses de sols fins situées sous un niveau de nappe, <u>la susceptibilité du sol à la liquéfaction peut donc être considérée comme négligeable</u>.
Classe de sol	En première approche et compte tenu de la nature géologique des sols d'assise, le sol de fondation peut être considéré comme un sol de classe C (dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raides ayant des épaisseurs de quelques dizaines à quelques centaines de mètres) en référence aux paramètres de classification définis dans l'EUROCODE 8 (EN 1998-1:2004 § 3.1.2). Ce classement pourra être précisé par des mesures géophysiques permettant de mesurer le paramètre $V_{s,30}$ à l'aplomb du projet.
Stabilité de pente	La topographie du site étant relativement plane, il n'y a pas lieu d'effectuer en phase G2 PRO une vérification de la stabilité du sol en pente sous sollicitations sismiques.
Tassements excessifs des sols sous charges cycliques	La reconnaissance des sols n'a pas mis en évidence de couches étendues ou de lentilles épaisses de matériaux lâches, non saturés et sans cohésion à faible profondeur. Le potentiel de tassement par densification des sols générée par contraintes cycliques sismiques peut donc être considéré comme négligeable.

8 – RISQUE SISMIQUE (EUROCODE 8 – NF EN 1998-1 & NF EN 1998-5)

Spectres de réponse élastique

Paramètres décrivant les spectres horizontaux de réponse élastique (sol C, zones de sismicité 1 à 4)			
S	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)
1.50	0.06	0.40	2.00

Paramètres décrivant les spectres verticaux de réponse élastique (zones de sismicité 1 à 4)			
avg/ag	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)
0.9	0.03	0.20	2.5

S : paramètre du sol,
T_B : limite inférieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante,
T_C : limite supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante,
T_D : valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral constant,
avg : accélération verticale de calcul pour le sol,
ag : accélération horizontale de calcul pour le sol.

Cumul des effets inertiels et cinématiques

Le tableau n°20 du CT38, extrait du Guide AFPS/CFMS de 2013, présente les cas à prendre en considération pour l'étude des effets inertiels et cinématiques sur les pieux.

Le profil de sol étant considéré de classe C, **il ne sera pas nécessaire de combiner l'interaction inertielle et cinématique** pour le bâtiment étudié de catégorie d'importance III situé en zone de sismicité 3.

Coefficient d'amortissement et rapport G/G_{max}

D'après l'EC8-5, étant donné que le produit $\alpha.S$ (avec $\alpha = a_g/g$) est supérieur à 0.1, on retiendra, pour les sols (sols assimilés de classe C), un coefficient d'amortissement interne de 0,06 (dans le cas de calculs d'interactions sol-structure) et un rapport G/G_{max} égal à 0,5.

Déplacement horizontal maximum du sol (d_g)

Le déplacement horizontal maximum du sol d_g peut être déterminé à partir de la formule suivante (Cahier Technique n°38, Avril 2017) :

$$d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

soit d_g = 0.04 m.

8 – RISQUE SISMIQUE (EUROCODE 8 – NF EN 1998-1 & NF EN 1998-5)

Maquettes géotechniques

Remarque préalable :

Les valeurs de module de cisaillement moyen à faibles déformations G_{max} ont été estimées en première approximation à partir de corrélations avec le module pressiométrique E_M (formule utilisée par SOREG : $G_{max} \approx 9 E_M$). Nous rappelons que les valeurs de G_{max} et de G ne peuvent être déterminées de manière précise qu'à partir de la réalisation d'essais géophysiques spécifiques (de type cross-hole par exemple) permettant de mesurer le paramètre $V_{s,30}$ au droit du projet.

Les données des maquettes géotechniques présentées ci-dessous sont celles recommandées au stade G2-PRO par le « Guide pour la conception et le dimensionnement des fondations profondes sous actions sismiques des bâtiments à risque normal » (Cahier Technique n°38), paru en Avril 2017 et publié par l'Association Française du Génie Parasismique (AFPS).

Dans la maquette ci-après, en l'absence de coupes structures indiquant la position des massifs de tête de pieux, SOREG suppose que la sous-face des massifs de tête de pieu se situe vers -1.3 m de profondeur par rapport au TN moyen.

Les investigations réalisées à ce stade de l'étude nous permettent d'établir la maquette géotechnique suivante :

Nature	Prof. toit (m/TN moyen)	Prof. base (m)	Paramètres géotechniques mesurés	
			E_M (MPa)	P_l^* (MPa)
Remblais divers	0.0	0.8	-	-
Limon $\pm$ argileux lâche	0.8	3.0	3.1	0.3
Limon très sablonneux ferme	3.0	5.5	10.3	0.5
Limon sablonneux peu argileux	5.5	10.0	21.3	0.9
Argile limoneuse	10.0	15.0	16.9	0.9

avec :

E_M : module pressiométrique Ménard,

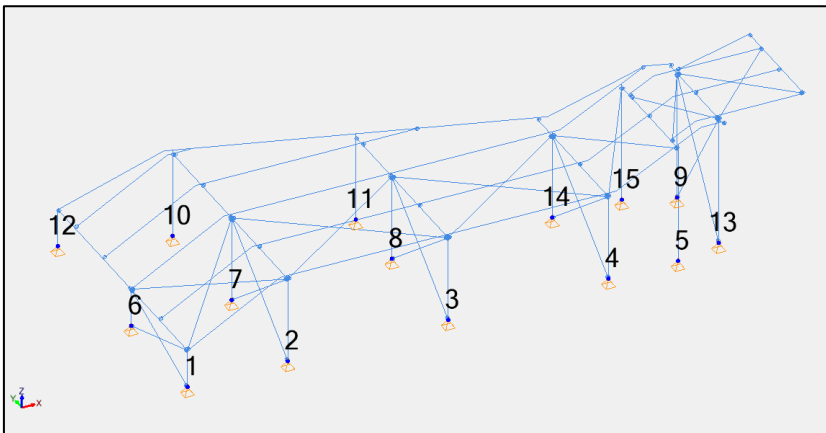
P_l^* : pression limite nette.

Nature	Paramètres géotechniques mesurés ou estimés			Paramètres géotechniques estimés	
	$V_{s,max}$ (m/s)	ρ (kg/m ³)	G_{max} (kPa)	α	ν
Remblais divers	-	-	-	-	0.30
Limon $\pm$ argileux lâche	132	1600	27900	0.50	0.30
Limon très sablonneux ferme	234	1700	92700	0.50	0.30
Limon sablonneux peu argileux	326	1800	191700	0.67	0.30
Argile limoneuse	291	1800	152100	0.67	0.30

8 – RISQUE SISMIQUE (EUROCODE 8 – NF EN 1998-1 & NF EN 1998-5)

Maquettes géotechniques (suite)	avec : $V_{s,max}$: vitesse moyenne de propagation des ondes de cisaillement à faibles déformations ($\delta < 10^{-5}$) dans la couche considérée, ρ : masse volumique de la couche considérée, G_{max} : module de cisaillement moyen à faibles déformations de la couche considérée, α : coefficient rhéologique de la couche considérée, ν : coefficient de Poisson du sol fixé à 0.30 pour les sols hors nappe et 0.45 sous nappe (Cahier Technique n°38 – AFPS, avril 2017 – § 6.2.2.3.).
Période propre du sol	La période propre du sol est déterminée à partir d'essais géophysiques in situ de type cross-hole réalisés au droit du projet. Ces investigations pourront être intégrées à l'étude géotechnique d'exécution G3 en vue d'une optimisation. À titre indicatif, dans le cadre de la mission géotechnique de conception G2-PRO, nous donnons une première estimation de la période propre du sol au droit du projet. Compte-tenu : - de l'augmentation globale des vitesses de propagation des ondes de cisaillement avec la profondeur, - de l'absence de variation brutale des valeurs de ces vitesses, - de l'absence de passées molles en profondeur au droit du site, Le profil de sol du site peut être considéré comme sismiquement homogène. Dans le cas d'un profil de sol homogène dénommé « monocouche », le calcul de la période de vibration du mode fondamental « T » est donné par la formule suivante : $T = 4.H. \sqrt{\rho/G}$ avec : T : période du monocouche, H : hauteur du monocouche, ρ : masse volumique apparente du sol en t/m^3, G : module de cisaillement compatible avec le niveau de déformation du séisme. (Cahier Technique n°38 – AFPS, avril 2017 - § 7.3.2.3.) En première estimation, la période propre du sol est de l'ordre de : 0.66 s. Ces valeurs pourront être affinées en mission G3 par des mesures in situ ad hoc.
Dégradation cyclique	Les sols pouvant présenter une dégradation cyclique sont des sols appartenant : - soit à la classe de sol S1 : argiles molles/vases avec $I_p > 40$ et c_u de 10 à 20 kPa, - soit à la classe de sols S2 : argiles sensibles. Le site ne comportant pas de sols de classe S1 ou S2, le risque de dégradation cyclique de la résistance au cisaillement des sols sous l'effet de sollicitations sismiques est considéré comme négligeable pour ce projet.

9 – EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Rappel	En première approche, la ZIG du projet dépasse les limites du site et interfère avec la voie de tramway existante à l'Ouest ainsi qu'avec un bâtiment existant à l'Est
Données et hypothèses concernant le projet	➤ L'ouvrage projeté (escalier) est de type R+1, sans niveau de sous-sol. ➤ Niveau fini projeté : au niveau du TN existant des voiries, <u>Pour les 4 appuis représentatifs pris en exemple (1, 6, 8 et 12) :</u> ➤ Descentes de charges verticales minimales et maximales à l'ELS Caractéristique (cf : plans de repérage des appuis ci-dessous) : de l'ordre de 22.7 à 92.5 kN. ➤ Descentes de charges horizontales minimales et maximales à l'ELS Caractéristique (cf : plans de repérage des appuis ci-dessous) : de l'ordre de l'ordre de 6.9 à 10.1 kN. ➤ Descentes de charges sismiques verticales : de l'ordre de 5.9 à 36.0 kN ➤ Descentes de charges sismiques horizontales : de l'ordre de 11.6 à 26.9 kN  <u>Repérage des appuis fourni par M2CD</u> ➤ Les charges verticales et horizontales dues au vent et à la neige n'ont pas été communiquées à ce stade de l'étude, ➤ Projet soumis à des efforts de traction (à l'ELU sismique) nuls ou négligeables vis-à-vis des efforts de compression. A défaut de la transmission de descentes de charges pondérées aux différents ELS et ELU par l'équipe de conception, les combinaisons de charge suivantes ont été prises, en première approche et sous toutes réserves, par SOREG : - $G + Q$ à l'ELS Caractéristique ; - $G + 0.6 Q$ à l'ELS Quasi-Permanent ; - $1.35 G + 1.5 Q$ à l'ELU Fondamental (compression). - $G + 0.3 Q \pm S$ à ELU sismique (compression et/ou traction)

9 – EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Principes de fondation envisageables

➤ **Fondations** :

Au regard :

- des faibles épaisseurs de remblais observées au droit du sondage réalisé dans le cadre de l'étude G2-AVP et d'une épaisseur plus importante de remblai attendue à proximité de la voie de tramway existante,
- de la présence de nombreux réseaux au droit ou à proximité du projet,
- de la présence de mitoyens,
- Des caractéristiques techniques du projet (création d'un escalier d'environ 20 m de long), impliquant des descentes de charges de l'ordre de 1 à 14 t à l'ELU par appuis
- De la configuration géomécanique générale du site et des caractéristiques mécaniques acceptables mesurées au sein des limons sableux peu argileux marron en place à partir de 5.0 m de profondeur.

Il a été choisi par les Concepteurs un système de fondations par micropieux. Ces fondations profondes devront être ancrées à minima dans les limons sableux peu argileux marrons repérés à partir de 5.5 m de profondeur.

Pour les fondations de l'escalier, et en l'absence d'indication par le Maître d'Ouvrage sur le type de pieu envisagé, SOREG propose à titre d'exemple un dimensionnement pour des micropieux injectés de type III (classe 8 – catégorie 19) avec enregistrement des paramètres de forage (d'autres types de pieux pourront être proposés par l'entreprise).

SOREG propose un dimensionnement des pieux basé sur des combinaisons de charge et un mode de pieux estimés adaptés au projet et au schéma géotechnique du site. Ces hypothèses devront être validées ou modifiées lors de l'étude géotechnique d'exécution G3 réalisée par l'entreprise de fondations spéciales.

➤ **Dallage** :

Le projet ne prévoit pas la conception d'un dallage, la structure de l'escalier sera entièrement portée par les fondations.

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Hypothèses de calcul

En considérant un dimensionnement des pieux à l'EUROCODE 7 suivant la norme d'application nationale NF P 94-262, il est proposé des micropieux injectés (classe 8 – catégorie 19) avec enregistrement des paramètres de forage. Les hypothèses de calcul prises par SOREG sont les suivantes :

Modèle géotechnique retenu pour le dimensionnement :

Base de la couche (m/TN)	Nature de la couche	PI* moyen (MPa)	E _M moyen (MPa)	Classe de sol (NF P 94-262)
0.8	Remblais divers	-	-	Remblais
3.0	Limon ± argileux lâche	0.3	3.1	Limon mou
5.5	Limon très sablonneux ferme	0.5	10.3	Limon ferme
10.0	Limon sablonneux peu argileux ferme	0.9	21.3	Limon raide
> 15.0	Argile limoneuse ferme	0.9	16.9	Argile raide

Frottement latéral :

Base de la couche (m/TN)	Nature de la couche	PI* moy. (MPa)	Courbe type	f _{sol} (kPa)	α pieu-sol	q _{si} (kPa)
0.8	Remblais divers	-	-	-	-	-
3.0	Limon ± argileux lâche	0.3	Q1	27	2.7	72
5.5	Limon très sablonneux ferme	0.5	Q1	34	2.7	93
10.0	Limon sablonneux peu argileux ferme	0.9	Q1	41	2.7	110
> 15.0	Argile limoneuse ferme	0.9	Q1	41	2.7	110

N.B : avec coefficient de modèle $\gamma_{R;d1} = 2.0$ et $\gamma_{R;d2} = 1.1$ en compression pour un ancrage au sein des limons sableux peu argileux.

Vérification structurelle

Il conviendra de vérifier que les efforts normaux, les éventuels efforts de traction, les efforts tranchants et les moments fléchissants, sont bien admissibles structurellement par les armatures envisagées.

Les vérifications structurelles seront effectuées selon les EUROCODES 2 et 8 lors de la mission G3, lorsque le type, le diamètre et le ferrailage des pieux auront été définis.

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Capacité portante

La capacité portante d'un micropieu ne dépend que du frottement latéral. Elle est calculée à partir des règles de justification des fondations profondes développées au sein de la norme NF P 94-262.

- **Frottement latéral**

$$R_{s,k} = P_s \int_0^D q_{s,k}(z) dz$$

Avec :

- P_s : périmètre du fût du pieu,
- D : longueur de la fondation dans le terrain,
- $q_{s,k}$: frottement axial unitaire limite à la cote z .

- **Pondération**

Dans le cadre de la procédure « modèle de terrain », on retiendra, pour des pieux de catégorie 8, les coefficients suivants :

	Compression	Traction
$\gamma_{R,d1}$	2.0	2.0
$\gamma_{R,d2}$	1.1	1.1

Les vérifications de capacité portante sont menées aux différents états limites. Les pondérations suivantes (pour un fût en compression : γ_{cr} et pour un fût en traction : $\gamma_{s,cr}$) ont été considérées conformément à la norme NF P 94-262 :

Facteurs partiels de résistance	Symboles	Valeurs
ELS caractéristiques	$\gamma_{cr}/\gamma_{s,cr}$	0.9/1.1
ELS quasi-permanentes	$\gamma_{cr}/\gamma_{s,cr}$	1.1/1.5

Le coefficient de sécurité γ_t relatif à la pointe et au terme de frottement à l'ELU fondamental et sous sollicitations sismiques est pris égal à 1.1 (en compression).

Le coefficient de sécurité γ_s relatif au terme de frottement à l'ELU fondamental et sous sollicitations sismiques est pris égal à 1.5 (en traction).

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Dimensionnement en compression

MICROPIEUX INJECTES avec enregistrement (forage + bétonnage)

Les charges admissibles en tête de micropieu ont été définies à partir des caractéristiques pressiométriques relevées au droit des sondages pressiométriques et correspondent à une exécution normale des micropieux telle que définie dans l'EUROCODE 7. Les longueurs des micropieux données dans les tableaux suivants ont été définies par rapport à la profondeur estimée de tête de pieux, soit **-1.3 m/TN**.

Le repérage de l'ensemble des appuis avec leur numérotation est fourni en annexe 5.

Les résultats des calculs pour des exemples de micropieux représentatifs sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Pieu	Numéro de l'appui	1	6	8	12
	Diamètre du pieu (m)	0.20	0.20	0.20	0.20
	Profondeur tête de pieu (m/TN)	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3
	Profondeur base pieu (m/TN)	-6.5	-6.5	-7.2	-6.5
	Longueur (m)	5.2	5.2	5.9	5.2
Charges admissibles de calcul	R _{cr;d} ELS caractéristique (kN)	100	100	117	100
	R _{cr;d} ELU fondamental et sismique (kN)	117	117	137	117

Pieu	Numéro de l'appui	1	6	8	12
	Diamètre du pieu (m)	0.25	0.25	0.25	0.25
	Profondeur tête de pieu (m/TN)	-1.3	-1.3	-1.3	-1.3
	Profondeur base pieu (m/TN)	-6.5	-6.5	-6.5	-6.5
	Longueur (m)	5.2	5.2	5.2	5.2
Charges admissibles de calcul	R _{cr;d} ELS caractéristique (kN)	125	125	125	125
	R _{cr;d} ELU fondamental et sismique (kN)	146	146	146	146

Pour l'ensemble du projet, nous préconisons de réaliser des micropieux d'au moins 6.0 m de longueur pour faciliter la bonne réalisation du micropieu.

D'après les éléments de descentes de charges communiqués, la totalité des appuis pourra être reprise par un seul micropieu.

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Dimensionnement en compression (suite)	Dans l'éventualité (faible cependant) où certains appuis devraient être traités par plusieurs micropieux, les doublets/triplets de micropieux devront être dimensionnés en prenant en compte l'effet de groupe. Les diamètres, profondeurs et nombre de micropieux varieront en fonction du béton utilisé et de la technique de micropieux mise en œuvre par l'entreprise de fondations spéciales. Leur dimensionnement devra faire l'objet d'une note technique spécifique qui rentrera dans le cadre de la mission G3 effectuée par l'entreprise.
Dimensionnement en traction	Sous efforts sismiques, seuls quelques micropieux peuvent être sollicités en traction. La longueur de micropieu prévisible pour reprendre les efforts de compression permettra de reprendre les charges en traction.
Effet de groupe	Il est rappelé qu'il faut tenir compte d'un effet de groupe dès lors que $d < 3 B$ (avec d : entraxe entre 2 pieux, et B : diamètre du pieu). Pour des micropieux de diamètre 20 et 25 cm, l'effet de groupe pourra être évité dès lors que l'entraxe entre micropieux dépasse respectivement 0.60 et 0.75 m. Si l'effet de groupe ne peut être évité, il est rappelé que la portance du groupe de pieux R_g est définie par la relation suivante : $R_g = \sum_{i=1}^n R_{b,i} + C_e \sum_{i=1}^n R_{s,i}$ Avec : - C_e : coefficient d'efficacité, - R_g : résistance limite d'un groupe n de pieux, - $R_{b,i}$: résistance limite de pointe d'un pieu i du groupe supposé isolé, - $R_{s,i}$: résistance limite par frottement axial d'un pieu i du groupe isolé. Le coefficient C_e est déterminé à partir des relations suivantes : $C_e = 1$ lorsque $d \geq 3B$ $C_e = \left(1 - C_d \left(2 - \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right) \right) \right) \text{ avec : } C_d = 1 - \frac{1}{4} \left(1 + \frac{d}{B} \right) \text{ lorsque } 1 \leq \frac{d}{B} \leq 3$

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Calcul des modules de réaction / raideurs (ELU sismique)

Pour le calcul des modules de réaction/raideurs, il a été choisi d'appliquer l'approche forfaitaire. L'application de la méthode forfaitaire prend en compte l'hypothèse d'une distorsion toute hauteur de l'ordre de 10^{-2} .

Coefficient de majoration η :

D'après le Tableau 13 du Cahier Technique n°38, on a $\eta = \text{Min}(3 ; \eta_1, \eta_2, \eta_3)$. Dans le cadre du projet étudié, situé en zone de sismicité 3, on a $\eta = 3$.

Raideurs surfaciques :

Les pieux du projet sont calculés sous sollicitations sismiques horizontales, en considérant les hypothèses suivantes :

- $\eta = 3$.
- pour la zone proche de la surface, le module de réaction frontale du sol k_f sera minoré par un facteur 0,7 sur une profondeur z_c (depuis la sous-face de massif de tête de pieu) égale à 2ϕ (la tête des pieux étant située dans les limons).
- Limitation de la pression du sol à la pression limite PI^* .

Détermination de r_2 :

$$r_2 = B \cdot PI^* \text{ (en kN.m}^{-1}\text{)}$$

Couche	Profondeurs (m/TN)	PI* (MPa)	r ₂ (kN/m)	
			Ø 0.20 m	Ø 0.25 m
Limon ± argileux lâche, dégradé	-1.3 à -1.8	0.3	60	75
Limon ± argileux lâche,	-1.8 à -3.0	0.3	60	75
Limon très sablonneux ferme	-3.0 à -5.5	0.5	100	125
Limon sablonneux peu argileux ferme	-5.5 à -10.0	0.9	180	225
Argile limoneuse ferme	-10.0 à -15.0	0.9	180	225

Détermination de K_i :

Le module K_i est calculé en fonction du module K_f et du coefficient η :

$$K_i = \eta \cdot K_f$$

$$\text{Pour un pieu } \phi 0.20 \text{ ou } 0.25 \text{ m } (B \leq B_0) : K_f = \frac{12 E_M}{\frac{4}{3} [2,65]^\alpha + \alpha}$$

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Calcul des modules de réaction / raideurs (ELU sismique)

On retient donc : $K_i = 3.K_f$, soit $k_i = \frac{3 K_f}{B}$

Couche	Profondeurs (m/TN)	E_M (MPa)	α	k_i (MPa/m)	
				Ø 0.20 m	Ø 0.25 m
Limon ± argileux lâche, dégradé	-1.3 à -1.8*	3.1	0.50	<u>146</u>	<u>117</u>
Limon ± argileux lâche,	-1.8 à -3.0	3.1	0.50	209	167
Limon très sablonneux ferme	-3.0 à -5.5	10.3	0.50	694	555
Limon sablonneux peu argileux ferme	-5.5 à -10.0	21.3	0.67	1186	949
Argile limoneuse ferme	-10.0 à -15.0	16.9	0.67	941	753

*cote retenue dans le cas d'un pieu de diamètre 0.20 et 0.25 m.

Les valeurs soulignées sont minorées par 0.7.

Remarque : La cote de la tête des micropieux a été estimée vers -1.3 m de profondeur.

Efforts horizontaux sismiques

Efforts horizontaux de nature sismique :

Le dimensionnement des micropieux vis-à-vis des efforts horizontaux a été réalisé avec le logiciel FOXTA V3 module PIECOEF+, à partir des données pressiométriques (modèle élasto-plastique).

Les résultats des calculs pour des exemples de pieux sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Numéro de l'appui	1	6	8	12
Diamètre du pieu (m)	0.20	0.20	0.20	0.20
Résultante des efforts horizontaux en tête de pieu (kN)	27	26	12	23
Flèche max (cm)	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Moment fléchissant (kN.m)	6.3	6.1	2.8	5.4
Effort tranchant min/max (kN)	-5.5/27.0	-5.3/26.0	-2.4/12.0	-4.7/23.0
Réaction latérale du sol min/max (kPa)	-29.3/355.0	-28.2/341.8	-13.0/157.8	-24.9/302.4
Plastification	Non	Non	Non	Non

Efforts horizontaux dus au vent

Efforts horizontaux dus au vent :

A défaut de leur transmission, les efforts dus au vent ont été estimés comme négligeables. Dans le cas d'efforts horizontaux importants il conviendra de dimensionner les pieux en conséquence en phase EXE.

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Frottement négatif	Il n'y a pas, sous les projets envisagés, de sols sous-consolidés et il n'est a priori pas prévu, à ce stade, de remblayage du site sur la périphérie immédiate du projet. Il n'y a donc pas lieu de prévoir de frottement négatif sur les micropieux.
Dispositions constructives	♦ La conception des micropieux devra être effectuée dans le respect des règles techniques de conception et de calcul des ouvrages de fondations (cf. EUROCODES 2, 7 et 8). ♦ Un joint de construction devra être mis en œuvre entre le projet et le bâtiment existant. ♦ Rappel : les dispositions constructives générales pour le béton et les armatures des micropieux sont à rechercher dans les EUROCODES 2, 7 et 8.
Précautions d'exécution des pieux	- Le phasage d'exécution des micropieux sera adapté de façon à ce qu'il n'y ait pas de répercussion sur les micropieux déjà coulés. - Pendant la réalisation des micropieux, l'entrepreneur de fondations spéciales vérifiera, avec les éléments de référence de la technique mise en œuvre (mesure du couple ou relevé de coupe géologique), que l'ancrage effectif au sein des limons sablo-argileux est conforme aux résultats de la reconnaissance. - Les techniques de foration et de bétonnage devront être parfaitement maîtrisées par l'entrepreneur de fondations spéciales afin d'éviter toute malfaçon de micropieux ; elles devront être choisies afin de s'adapter de façon optimale aux sujétions suivantes : ○ L'éventuelle présence de blocs dans les remblais, ○ Les possibles variations du sol d'ancrage pouvant induire des adaptations (approfondissement des micropieux), ○ La présence d'arrivées d'eau probable à l'interface Limons/ Argiles vers 10 m de profondeur, ○ La présence du bâtiment mitoyen actuel, de fondations actuellement inconnues (débord de fondations), ○ La présence éventuelle de passées gréseuses ou blocs de grès très durs au sein des formations limoneuses et argileuses du Landénien présentes dans le secteur, ○ La présence de canalisations et réseaux divers en mitoyenneté. - Compte-tenu de l'occupation antérieure/actuelle et de la géologie du site, l'entrepreneur de fondations spéciales prendra en compte l'éventualité de devoir traverser des obstacles (maçonnerie, anciens ouvrages enterrés, blocs rocheux...) non décelés par nos reconnaissances ponctuelles. - L'entreprise de fondations spéciales devra prévoir les procédés appropriés pour réaliser les pieux en évitant tout risque de malfaçon ou de discontinuité voire coupure des pieux. En outre, elle devra s'assurer que le type de fondations profondes et la puissance du matériel qu'elle propose sont compatibles avec les ancrages demandés pour assurer les capacités portantes retenues. - Les essais préalables, essais de conformité et essais de contrôle des micropieux devront être réalisés conformément aux prescriptions de la norme NF P 94-262 de Juillet 2012.

10 – MODE DE FONDATION PROFOND PAR MICROPIEUX

Précautions d'exécution des pieux (suite)

- La capacité portante des micropieux sera limitée à la résistance intrinsèque des armatures.
- En l'absence de protections adéquates, on retiendra une perte d'épaisseur de l'acier des armatures par corrosion.
- L'intégrité structurale des armatures devra être vérifiée vis-à-vis de la situation de calcul la plus défavorable.
- Les micropieux seront vérifiés le cas échéant au flambement et vis-à-vis du raccourcissement élastique.
- Les coulis utilisés devront être résistants à l'agressivité éventuelle des sols vis-à-vis des sulfates de chlorures. Les armatures devront être résistantes à la corrosion. La classe d'agressivité des sols vis-à-vis des mortiers pourra être déterminée à partir d'analyses physico-chimiques et conformément à la norme NF EN206-1.
- Lors des travaux de terrassement éventuels de l'escalier, l'entreprise prendra toutes les dispositions techniques pour ne pas déstabiliser les bâtiments existants. Elles pourront être détaillées lors de la mission G3 effectuée par l'entreprise.

Suggestions relatives aux mitoyennetés

Le projet est mitoyen d'un bâtiment existant dont le mode de fondation (et par conséquent la géométrie) n'est pas précisément connu (suspicion forte cependant de fondations filantes et isolées en maçonnerie de briques avec débord).

Les caractéristiques des fondations (nature/profondeur d'assise/nature des terrains d'assise/ stabilité des terrains d'assise/ débords, présence ou non de vestiges) devront être définies de manière précise en phase G3. Elles ne pourront être établies qu'en réalisant des fouilles de reconnaissance.

Il conviendra de prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer la stabilité des existants.

Les dispositions prises par l'entreprise pour assurer la stabilité des mitoyens devront être détaillées dans une note technique qui pourra rentrer de la mission G3 du géotechnicien de l'entreprise.

La collaboration avec le BET Structures et le géotechnicien choisi en mission G3 sera primordiale pour définir les adaptations à réaliser ; par exemple, il pourra être envisagé :

- L'adaptation de l'implantation des micropieux afin de s'écarter des existants,
- Le tubage ou chemisage des pieux jusqu'à la profondeur de base des tranchées de canalisations afin d'éviter toute poussée latérale ou perte de coulis lors de l'injection des micropieux,
- La réalisation, si nécessaire, de reprises en sous-œuvre (par exemple par des méthodes d'injections).

11 – ALÉA GÉOTECHNIQUE ET RISQUES GÉOLOGIQUES RÉSIDUELS

<i>Aléa géotechnique</i>	Nous rappelons la nature « ponctuelle » des reconnaissances géotechniques réalisées dans le cadre de cette mission. Leur interprétation reste donc sujette à aléa pouvant nécessiter des modifications ou des adaptations en cours d'avancement ou de réalisation du projet. De même, les conclusions du présent rapport s'appuient sur un ensemble d'hypothèses techniques susceptibles d'évoluer avec l'avancement du projet. Il conviendra par conséquent de s'assurer, à chaque phase d'avancement du projet, de l'adaptation des hypothèses retenues.
<i>Risques géologiques résiduels</i>	Au stade actuel du projet, les risques géologiques résiduels sont faibles, ils concernent essentiellement les variations d'épaisseurs de remblais (notamment à proximité du bâtiment existant et des voiries), les arrivées d'eau au moment des travaux de fondation, la variabilité potentielle des débords et encastrement des fondations, et l'agressivité potentielle des sols vis-à-vis du béton.

12 – PHASE EXE

<i>Remarques générales</i>	➤ La réalisation d'une étude structurelle (étude Béton armé) est nécessaire afin de dimensionner la structure du bâtiment. Elle donnera lieu entre autres à l'établissement d'un plan de fondations, des plans de coffrage et d'un carnet de ferrailage, composé de coupes-types (poutres, poteaux, raidisseurs, chaînages, etc.). Les efforts devront être déterminés à la base des fondations et devront prendre en compte le poids des fondations et des soubassements. ➤ La maîtrise des aléas résiduels sera réalisée en étape 3 (missions G3 et G4) conformément aux recommandations de la norme NF P 94-500 régissant l'exécution des travaux géotechniques. ➤ La mission G3 (effectuée par un bureau d'études géotechniques <u>autre que celui en charge des missions G2 et/ou G4</u>) est à la charge de l'entreprise réalisant les travaux de terrassements, de drainage, de fondations et de soutènement. ➤ La mission G4 (supervision de l'étude d'exécution et supervision du suivi d'exécution) est à réaliser par un bureau d'études géotechniques ; cette mission est à la charge du Maître d'Ouvrage.
----------------------------	--

Ce présent rapport conclut l'étude géotechnique de conception phase G2-AVP qui nous a été confiée dans le cadre de cette affaire.

Les calculs réalisés et les valeurs dimensionnelles données dans ce présent rapport ne sont que des ébauches destinées à donner un premier aperçu des sujétions d'exécution et ne constituent pas un dimensionnement du projet (établie en phase G3 au sens de la norme NF P 94-500).

Selon l'enchaînement des missions (norme NF P 94-500), l'élaboration du projet nécessitera la réalisation d'une mission géotechnique de conception phase G2-PRO, les études et suivis géotechniques d'exécution doivent être réalisés dans le cadre d'une mission de type G3 et la supervision géotechnique d'exécution doit être réalisée au sein d'une mission de type G4.

Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'Œuvre, pour tout complément d'information qu'ils pourraient souhaiter au sujet de la présente étude.

Aubry-du-Hainaut, le 30 juillet 2026

Rédigé par : Elisa TRAMON
Contrôlé par : Alain TERRAZZONI

Ingénieurs Géotechniciens

Extrait de la norme AFNOR NF P94-500 de novembre 2013
Tableau 1 – Enchaînement des missions 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
<u>Etape 1</u> : étude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fondation des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, esquisse, APS	Etude géotechnique préalable (G1) Phases Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques des futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
<u>Etape 2</u> : étude 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 mesurés	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Etude géotechnique de conception (G2) Phase projet (PRO)		Conception et justification du projet	Correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	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		
<u>Etape 3</u> : études géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise		A la charge du Maître d'Ouvrage		
	EXE/VISA	Etude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude en interaction avec la phase Suivi)	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 Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)			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 ouvrage 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

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception 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 les données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la 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'avoisinants 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, amélioration de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration 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 les données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-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, amélioration des sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), 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 la Maîtrise 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 la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de Phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau de 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.

Tableau 3 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3, G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUE 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 contrôles 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 et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en Phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors de travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi techniques, en exploiter les résultats).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents 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 son 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 proposés par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du 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 identifiés 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 géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Plan de situation du projet



SOREG
Groupe G2C

***SOCIÉTÉ RÉGIONALE
D'ÉTUDES GÉOTECHNIQUES***

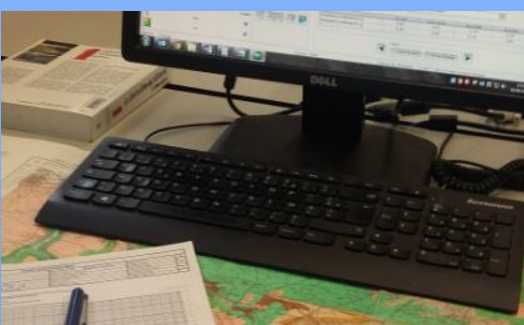
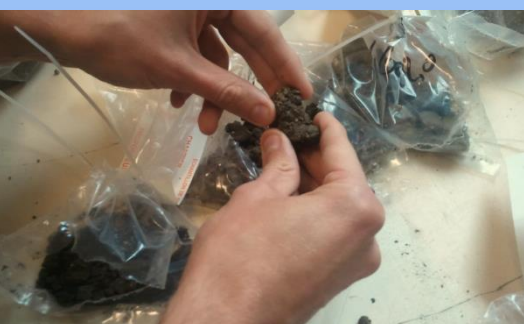
152 rue Henri MAURICE – 59494 AUBRY-DU-HAINAUT

Tél : 03 27 46 96 10 – Email : contact@soreg.fr



**Université
Polytechnique**

HAUTS-DE-FRANCE



AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Campus du Mont Houy

**Université Polytechnique Hauts-de-France
(UPHF)**

Création d'un escalier

Étude géotechnique de conception

Phase Avant-Projet

Mission de type G2-AVP

Norme NF P 94-500

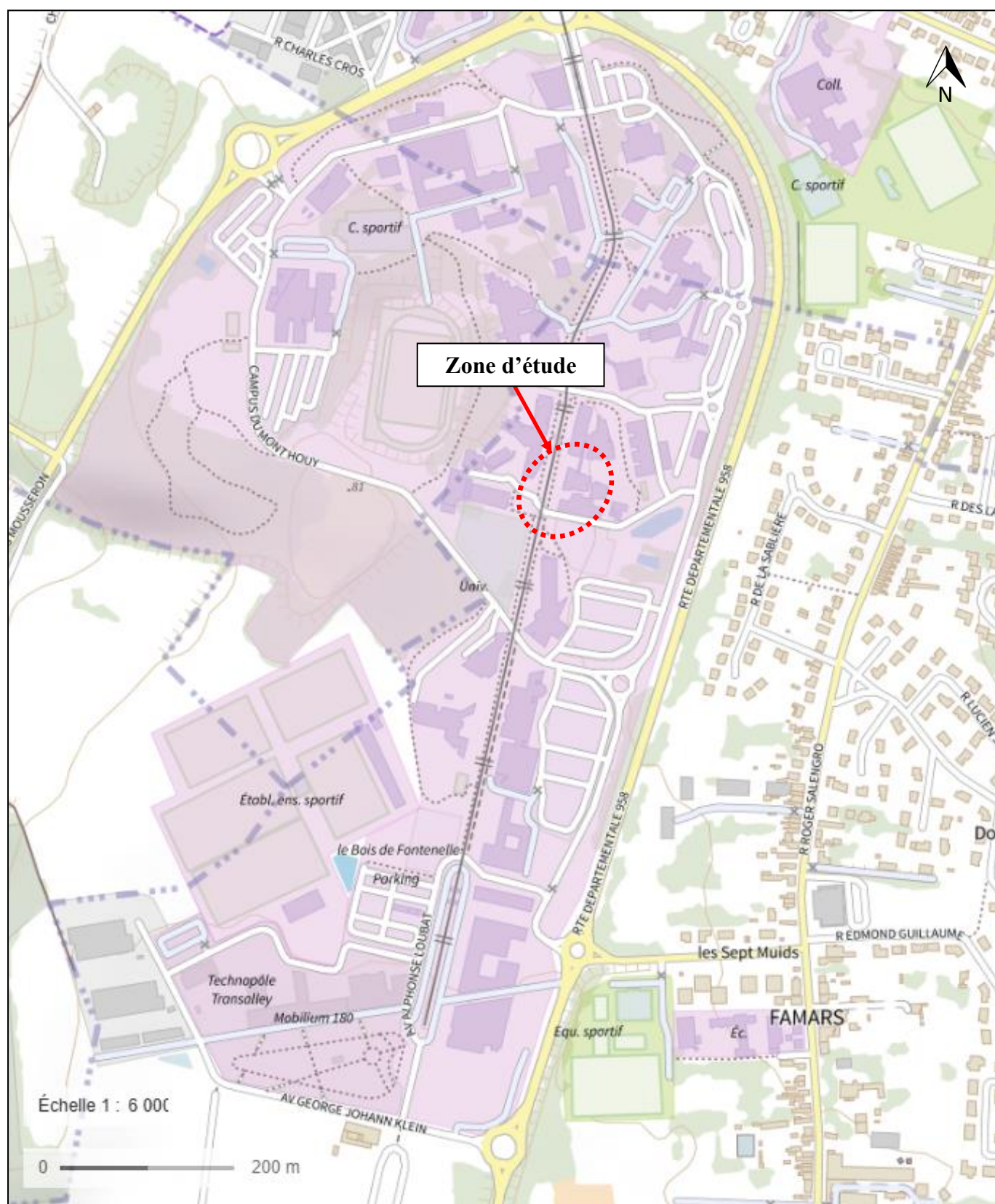
Rapport R26-0314

Plan de situation du projet

AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)
Campus Mont Houy, Valenciennes

Université Polytechnique Hauts-de-France
Création d'un escalier

Plan de situation générale du projet



Plan d'implantation des reconnaissances

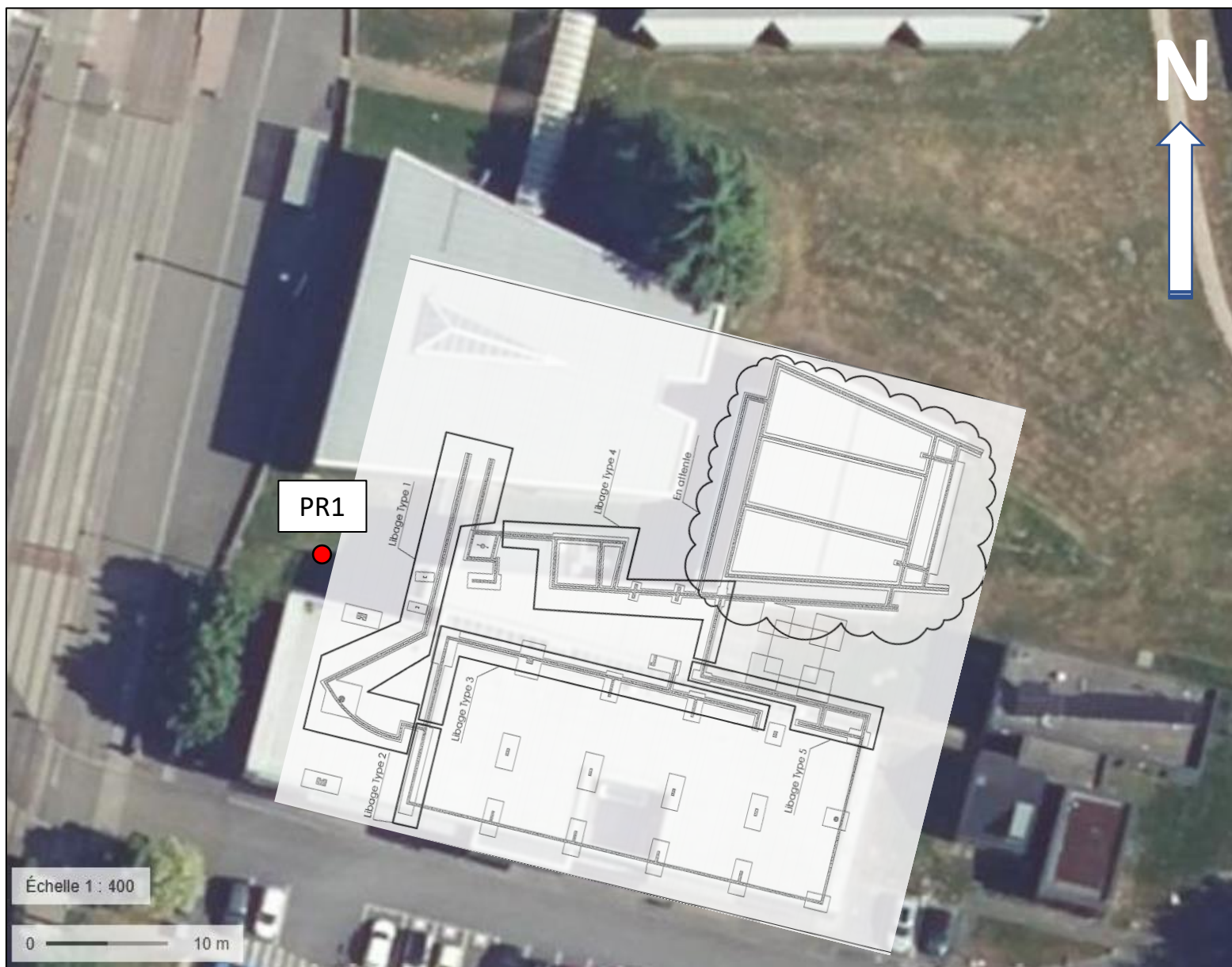
AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Campus Mont Houy

Université Polytechnique Hauts-de-France

Création d'un escalier

Plan d'implantation des sondages



Légende:



Sondage pressiométrique

Diagraphies et coupes des sondages et essais in situ



AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Campus Mont Houy
Université Polytechnique Hauts-de-France

Création d'un escalier

Mission : G2-AVP

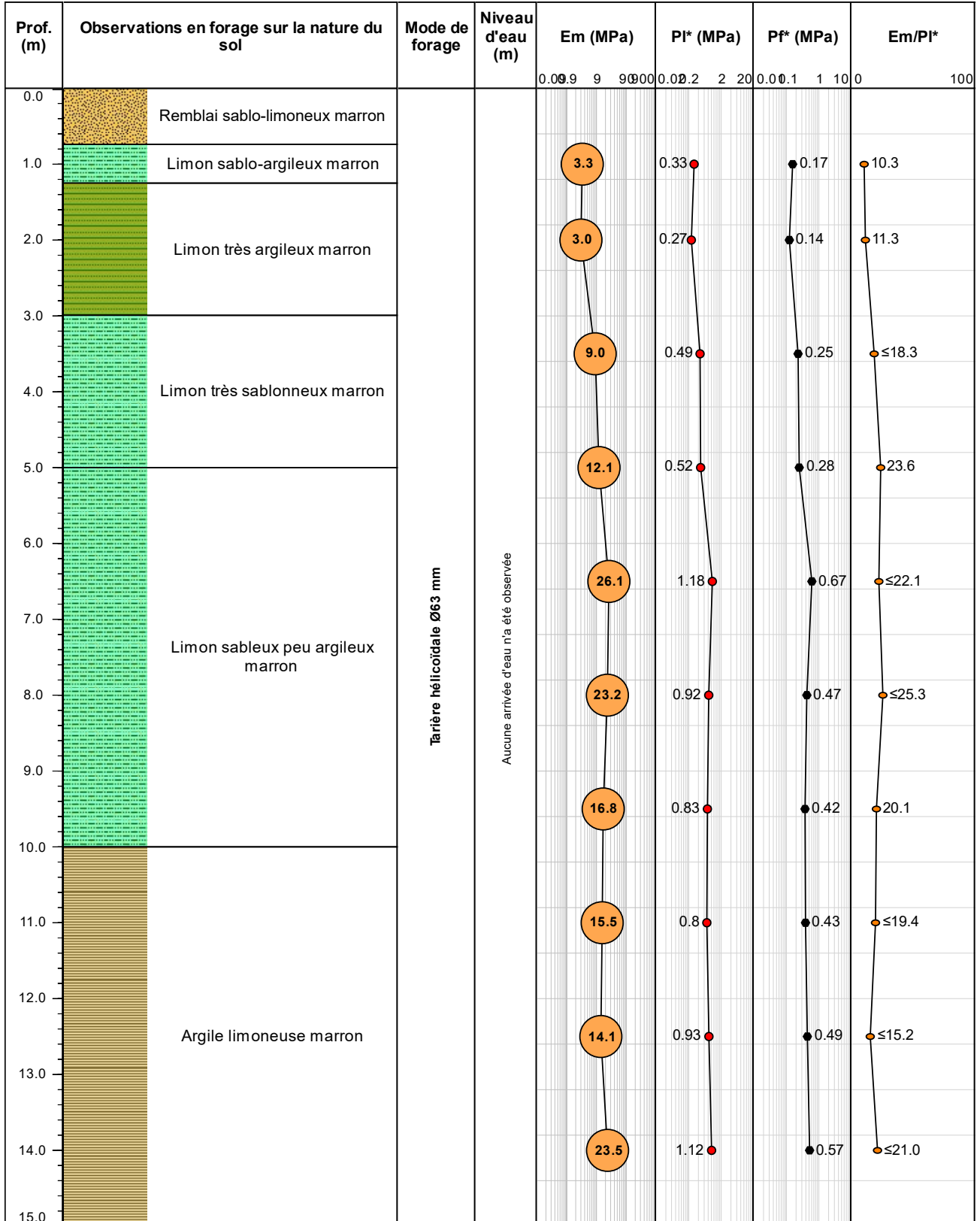
Date : 09/02/2026

FORAGE PRESSIOMETRIQUE

PR1

N° d'affaire : DS25-1222C

Cote :



Remarques :

Note de calcul FOXTA – efforts horizontaux

Données

Titre du projet : AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Numéro d'affaire : DS25-1222c

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (Cas 1)

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) : 0,100

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,200

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) : 0,000

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Remblais et sols remaniés		Argile, limons	-1,500	0,01	0,10	1,15	2,200
2	Limon ± argileux		Argile, limons	-3,000	300,00	71,79	1,15	2,200
3	Limons très sablonneux		Argile, limons	-5,500	500,00	92,58	1,15	2,200
4	Limons sableux peu argileux		Argile, limons	-10,000	900,00	110,35	1,15	2,200
5	Argile limoneuse raide		Argile, limons	-15,000	900,00	110,35	1,15	2,200

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 9,000

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non



FoXta v4
v4.1.23

Imprimé le : 28/07/2026 - 16:33:28
Calcul réalisé par : SOREG

Projet : Micropieux
Module : Fondprof (Cas 1/1)
Titre du calcul : Titre du calcul

File : C:\Users\elisat\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\21404\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 28/07/2026 à 16h26
par : SOREG

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 19
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.000	0.000	0.000	0.000

Cote de référence : 0.000

Section du pieu : 0.031
Périmètre : 0.628

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	-1.50	0.0	0.10	1.00	1.15	2.20
02	-3.00	300.0	71.79	1.00	1.15	2.20
03	-5.50	500.0	92.58	1.00	1.15	2.20
04	-10.00	900.0	110.35	1.00	1.15	2.20
05	-15.00	900.0	110.35	1.00	1.15	2.20

Pas du calcul : 0.10

SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 9.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	0.00	0.10	0.0	1.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.10	0.10	18.8	1.000	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.20	0.10	35.3	1.000	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.30	0.10	50.0	1.000	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.40	0.10	63.2	1.000	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.50	0.10	75.0	1.000	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.60	0.10	90.0	1.000	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.70	0.10	105.0	1.000	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.80	0.10	120.0	1.000	0.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-0.90	0.10	135.0	1.000	0.1	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.00	0.10	150.0	1.000	0.1	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.10	0.10	165.0	1.000	0.1	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.20	0.10	180.0	1.000	0.1	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.30	0.10	195.0	1.000	0.1	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.40	0.10	210.0	1.000	0.1	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.50	0.10	225.0	1.000	0.1	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	-1.50	0.10	225.0	1.000	0.1	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-1.50	71.79	300.0	1.000	0.1	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0
02	-1.60	71.79	312.5	1.014	4.6	10.0	1.3	1.6	1.9	2.1
02	-1.70	71.79	323.5	1.028	9.1	10.4	2.6	3.2	3.8	4.1

02	-1.80	71.79	333.3	1.041	13.6	10.9	3.9	4.8	5.6	6.2
02	-1.90	71.79	342.1	1.053	18.1	11.3	5.2	6.4	7.5	8.2
02	-2.00	71.79	350.0	1.064	22.6	11.7	6.5	8.0	9.4	10.3
02	-2.10	71.79	360.0	1.075	27.2	12.2	7.9	9.6	11.2	12.3
02	-2.20	71.79	370.0	1.085	31.7	12.6	9.2	11.2	13.1	14.4
02	-2.30	71.79	380.0	1.095	36.2	13.1	10.5	12.8	14.9	16.4
02	-2.40	71.79	390.0	1.104	40.7	13.5	11.8	14.4	16.8	18.5
02	-2.50	71.79	400.0	1.113	45.2	14.0	13.1	16.0	18.7	20.5
02	-2.60	71.79	410.0	1.121	49.7	14.4	14.4	17.6	20.5	22.6
02	-2.70	71.79	420.0	1.129	54.2	14.9	15.7	19.2	22.4	24.6
02	-2.80	71.79	430.0	1.136	58.7	15.3	17.0	20.8	24.3	26.7
02	-2.90	71.79	440.0	1.143	63.2	15.8	18.3	22.4	26.1	28.7
02	-3.00	71.79	450.0	1.150	67.8	16.3	19.6	24.0	28.0	30.8
02	-3.00	71.79	450.0	1.150	67.8	16.3	19.6	24.0	28.0	30.8
03	-3.00	92.58	500.0	1.135	67.8	17.8	19.6	24.0	28.0	30.8
03	-3.10	92.58	500.0	1.150	73.6	18.1	21.3	26.0	30.4	33.4
03	-3.20	92.58	500.0	1.150	79.4	18.1	23.0	28.1	32.8	36.1
03	-3.30	92.58	500.0	1.150	85.2	18.1	24.6	30.1	35.2	38.7
03	-3.40	92.58	500.0	1.150	91.0	18.1	26.3	32.2	37.6	41.4
03	-3.50	92.58	500.0	1.150	96.8	18.1	28.0	34.2	40.0	44.0
03	-3.60	92.58	500.0	1.150	102.7	18.1	29.7	36.3	42.4	46.7
03	-3.70	92.58	500.0	1.150	108.5	18.1	31.4	38.4	44.8	49.3
03	-3.80	92.58	500.0	1.150	114.3	18.1	33.0	40.4	47.2	52.0
03	-3.90	92.58	500.0	1.150	120.1	18.1	34.7	42.5	49.6	54.6
03	-4.00	92.58	500.0	1.150	125.9	18.1	36.4	44.5	52.0	57.2
03	-4.10	92.58	520.0	1.150	131.7	18.8	38.1	46.6	54.4	59.9
03	-4.20	92.58	540.0	1.150	137.6	19.5	39.8	48.6	56.8	62.5
03	-4.30	92.58	560.0	1.150	143.4	20.2	41.4	50.7	59.2	65.2
03	-4.40	92.58	580.0	1.150	149.2	21.0	43.1	52.8	61.6	67.8
03	-4.50	92.58	600.0	1.150	155.0	21.7	44.8	54.8	64.0	70.5
03	-4.60	92.58	620.0	1.150	160.8	22.4	46.5	56.9	66.5	73.1
03	-4.70	92.58	640.0	1.150	166.6	23.1	48.2	58.9	68.9	75.7
03	-4.80	92.58	660.0	1.150	172.5	23.8	49.9	61.0	71.3	78.4
03	-4.90	92.58	680.0	1.150	178.3	24.6	51.5	63.0	73.7	81.0
03	-5.00	92.58	700.0	1.150	184.1	25.3	53.2	65.1	76.1	83.7
03	-5.10	92.58	720.0	1.150	189.9	26.0	54.9	67.2	78.5	86.3
03	-5.20	92.58	740.0	1.150	195.7	26.7	56.6	69.2	80.9	89.0
03	-5.30	92.58	760.0	1.150	201.5	27.5	58.3	71.3	83.3	91.6
03	-5.40	92.58	780.0	1.150	207.4	28.2	59.9	73.3	85.7	94.3
03	-5.50	92.58	800.0	1.150	213.2	28.9	61.6	75.4	88.1	96.9
03	-5.50	92.58	800.0	1.150	213.2	28.9	61.6	75.4	88.1	96.9
04	-5.50	110.35	900.0	1.150	213.2	32.5	61.6	75.4	88.1	96.9
04	-5.60	110.35	900.0	1.150	220.1	32.5	63.6	77.8	90.9	100.1
04	-5.70	110.35	900.0	1.150	227.0	32.5	65.6	80.3	93.8	103.2
04	-5.80	110.35	900.0	1.150	234.0	32.5	67.6	82.7	96.7	106.4
04	-5.90	110.35	900.0	1.150	240.9	32.5	69.6	85.2	99.5	109.5
04	-6.00	110.35	900.0	1.150	247.8	32.5	71.7	87.6	102.4	112.7
04	-6.10	110.35	900.0	1.150	254.8	32.5	73.7	90.1	105.3	115.8
04	-6.20	110.35	900.0	1.150	261.7	32.5	75.7	92.6	108.1	119.0
04	-6.30	110.35	900.0	1.150	268.6	32.5	77.7	95.0	111.0	122.1
04	-6.40	110.35	900.0	1.150	275.6	32.5	79.7	97.5	113.9	125.3
04	-6.50	110.35	900.0	1.150	282.5	32.5	81.7	99.9	116.7	128.4
04	-6.60	110.35	900.0	1.150	289.4	32.5	83.7	102.4	119.6	131.6
04	-6.70	110.35	900.0	1.150	296.4	32.5	85.7	104.8	122.5	134.7
04	-6.80	110.35	900.0	1.150	303.3	32.5	87.7	107.3	125.3	137.9
04	-6.90	110.35	900.0	1.150	310.2	32.5	89.7	109.7	128.2	141.0
04	-7.00	110.35	900.0	1.150	317.2	32.5	91.7	112.2	131.1	144.2
04	-7.10	110.35	900.0	1.150	324.1	32.5	93.7	114.6	133.9	147.3
04	-7.20	110.35	900.0	1.150	331.0	32.5	95.7	117.1	136.8	150.5
04	-7.30	110.35	900.0	1.150	338.0	32.5	97.7	119.5	139.6	153.6
04	-7.40	110.35	900.0	1.150	344.9	32.5	99.7	122.0	142.5	156.8
04	-7.50	110.35	900.0	1.150	351.8	32.5	101.7	124.4	145.4	159.9
04	-7.60	110.35	900.0	1.150	358.8	32.5	103.7	126.9	148.2	163.1
04	-7.70	110.35	900.0	1.150	365.7	32.5	105.7	129.3	151.1	166.2
04	-7.80	110.35	900.0	1.150	372.6	32.5	107.7	131.8	154.0	169.4
04	-7.90	110.35	900.0	1.150	379.6	32.5	109.7	134.2	156.8	172.5
04	-8.00	110.35	900.0	1.150	386.5	32.5	111.7	136.7	159.7	175.7
04	-8.10	110.35	900.0	1.150	393.4	32.5	113.7	139.1	162.6	178.8
04	-8.20	110.35	900.0	1.150	400.4	32.5	115.7	141.6	165.4	182.0
04	-8.30	110.35	900.0	1.150	407.3	32.5	117.8	144.0	168.3	185.1
04	-8.40	110.35	900.0	1.150	414.3	32.5	119.8	146.5	171.2	188.3
04	-8.50	110.35	900.0	1.150	421.2	32.5	121.8	148.9	174.0	191.4
04	-8.60	110.35	900.0	1.150	428.1	32.5	123.8	151.4	176.9	194.6
04	-8.70	110.35	900.0	1.150	435.1	32.5	125.8	153.8	179.8	197.8
04	-8.80	110.35	900.0	1.150	442.0	32.5	127.8	156.3	182.6	200.9
04	-8.90	110.35	900.0	1.150	448.9	32.5	129.8	158.8	185.5	204.1
04	-9.00	110.35	900.0	1.150	455.9	32.5	131.8	161.2	188.3	207.2
04	-9.00	110.35	900.0	1.150	455.9	32.5	131.8	161.2	188.3	207.2

Données

Titre du projet : AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Numéro d'affaire : DS25-1222c

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y à 2 paliers avec saisie personnalisée

Cote de référence (m) : 0,000

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	kf	pmax	B
1	Limon ± argileux lâche, dégradé		-1,800	1,46E05	300,00	0,200
2	Limon ± argileux lâche		-3,000	2,09E05	300,00	0,200
3	Limon très sablonneux ferme		-5,500	6,94E05	500,00	0,200
4	Limon sablonneux peu argileux ferme		-7,000	1,19E06	900,00	0,200

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discretisation

Nom	h	EI	n
Limon ± argileux lâche, dégradé	1,800	2,36E03	2
Limon ± argileux lâche	1,200	2,36E03	1
Limon très sablonneux ferme	2,500	2,36E03	3
Limon sablonneux peu argileux ferme	1,500	2,36E03	2

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,000	27,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	-1,800	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-3,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-5,500	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-7,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

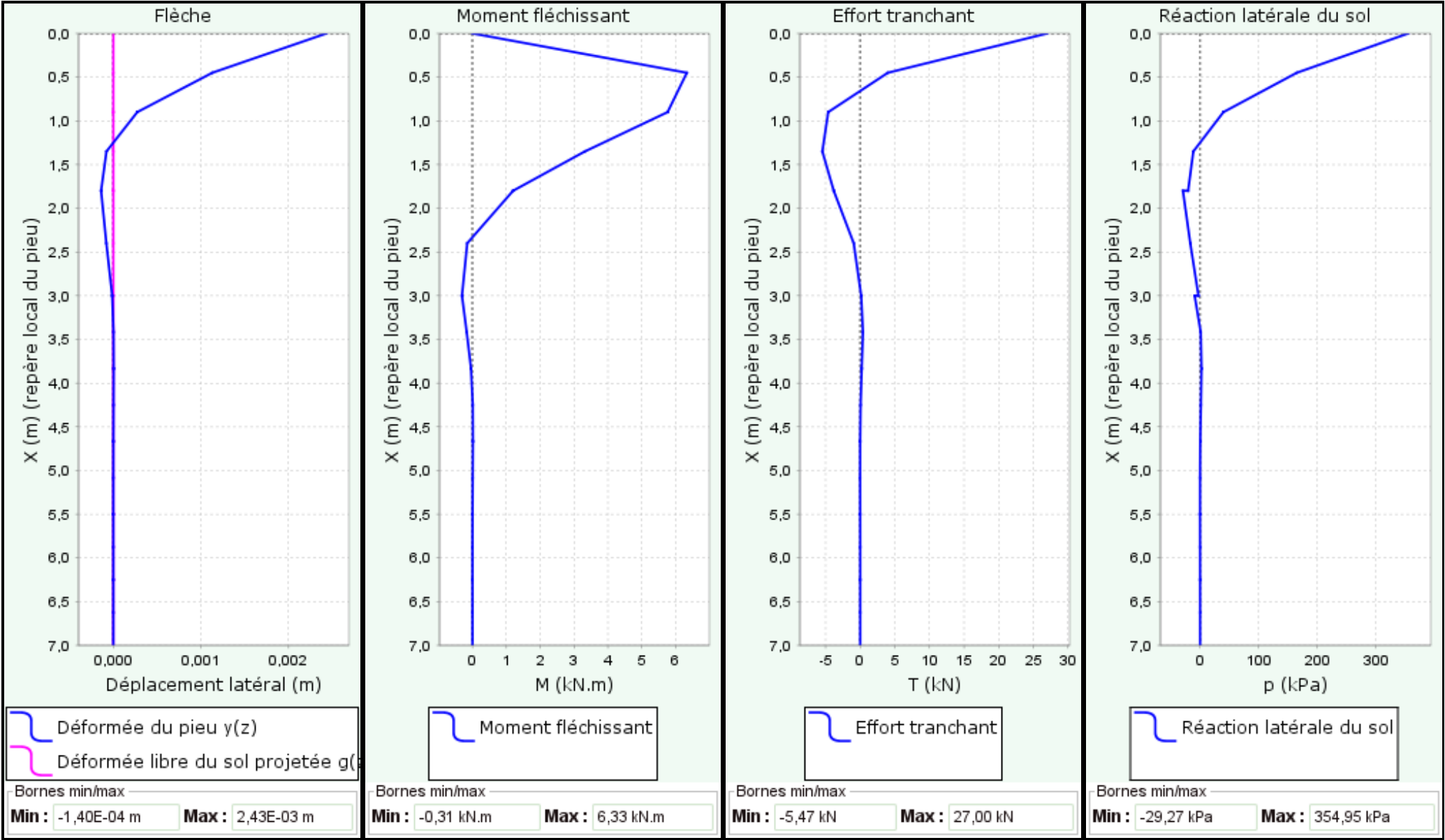


FoXta v4
v4.1.23

Imprimé le : 28/07/2026 - 17:26:11
Calcul réalisé par : SOREG

Projet : Micropieux
Module : Piecoef+ (Cas 1/1)
Titre du calcul : Titre du calcul

Résultats principaux



Données

Titre du projet : AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Numéro d'affaire : DS25-1222c

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y à 2 paliers avec saisie personnalisée

Cote de référence (m) : 0,000

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	kf	pmax	B
1	Limon ± argileux lâche, dégradé		-1,800	1,46E05	300,00	0,200
2	Limon ± argileux lâche		-3,000	2,09E05	300,00	0,200
3	Limon très sablonneux ferme		-5,500	6,94E05	500,00	0,200
4	Limon sablonneux peu argileux ferme		-7,000	1,19E06	900,00	0,200

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discretisation

Nom	h	EI	n
Limon ± argileux lâche, dégradé	1,800	2,36E03	2
Limon ± argileux lâche	1,200	2,36E03	1
Limon très sablonneux ferme	2,500	2,36E03	3
Limon sablonneux peu argileux ferme	1,500	2,36E03	2

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,000	26,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	-1,800	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-3,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-5,500	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-7,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

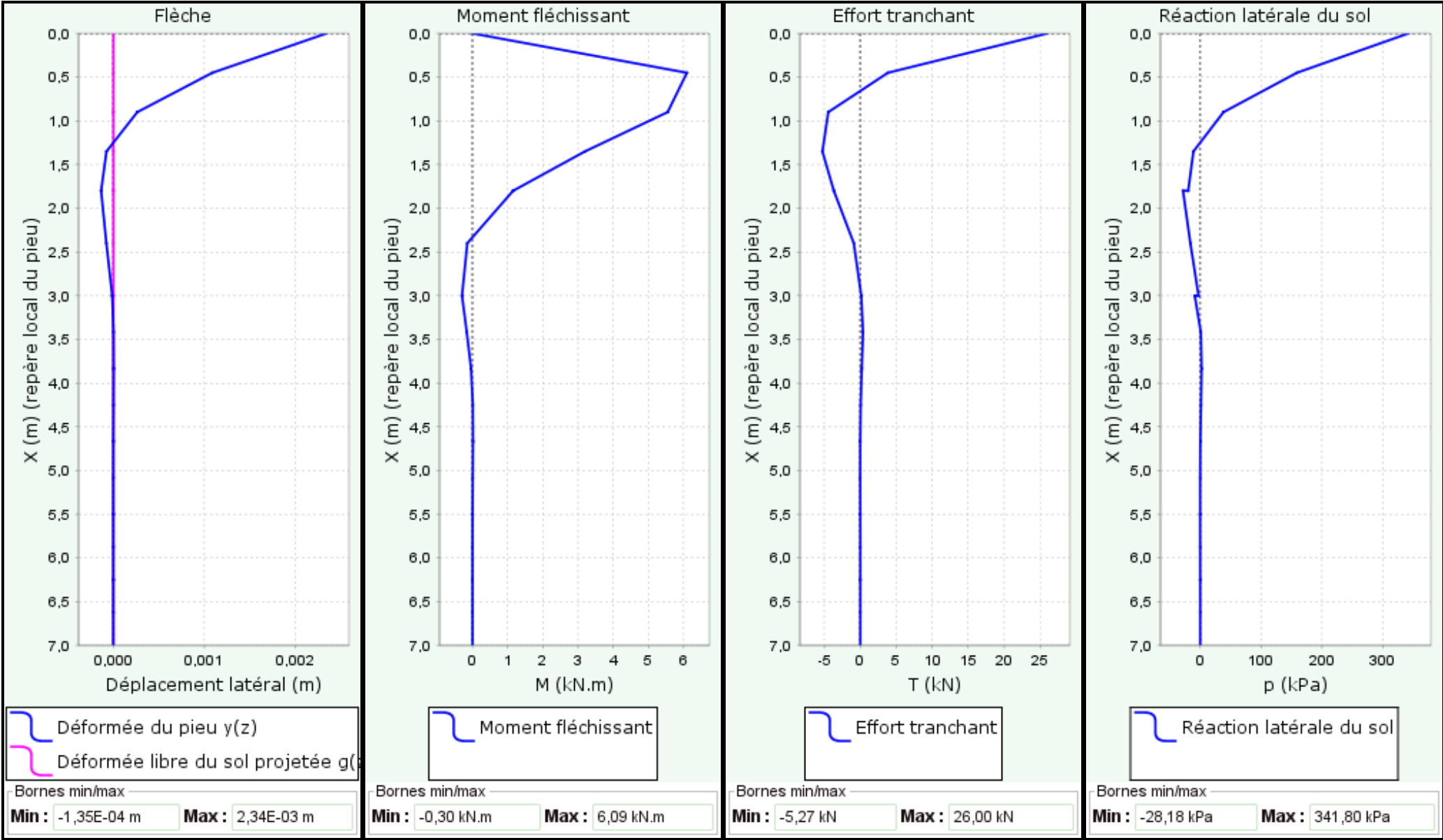


FoXta v4
v4.1.23

Imprimé le : 28/07/2026 - 17:27:34
Calcul réalisé par : SOREG

Projet : Micropieux
Module : Piecoef+ (Cas 1/1)
Titre du calcul : Titre du calcul

Résultats principaux



Données

Titre du projet : AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Numéro d'affaire : DS25-1222c

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y à 2 paliers avec saisie personnalisée

Cote de référence (m) : 0,000

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	kf	pmax	B
1	Limon ± argileux lâche, dégradé		-1,800	1,46E05	300,00	0,200
2	Limon ± argileux lâche		-3,000	2,09E05	300,00	0,200
3	Limon très sablonneux ferme		-5,500	6,94E05	500,00	0,200
4	Limon sablonneux peu argileux ferme		-7,000	1,19E06	900,00	0,200

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discretisation

Nom	h	EI	n
Limon ± argileux lâche, dégradé	1,800	2,36E03	2
Limon ± argileux lâche	1,200	2,36E03	1
Limon très sablonneux ferme	2,500	2,36E03	3
Limon sablonneux peu argileux ferme	1,500	2,36E03	2

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,000	12,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	-1,800	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-3,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-5,500	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-7,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

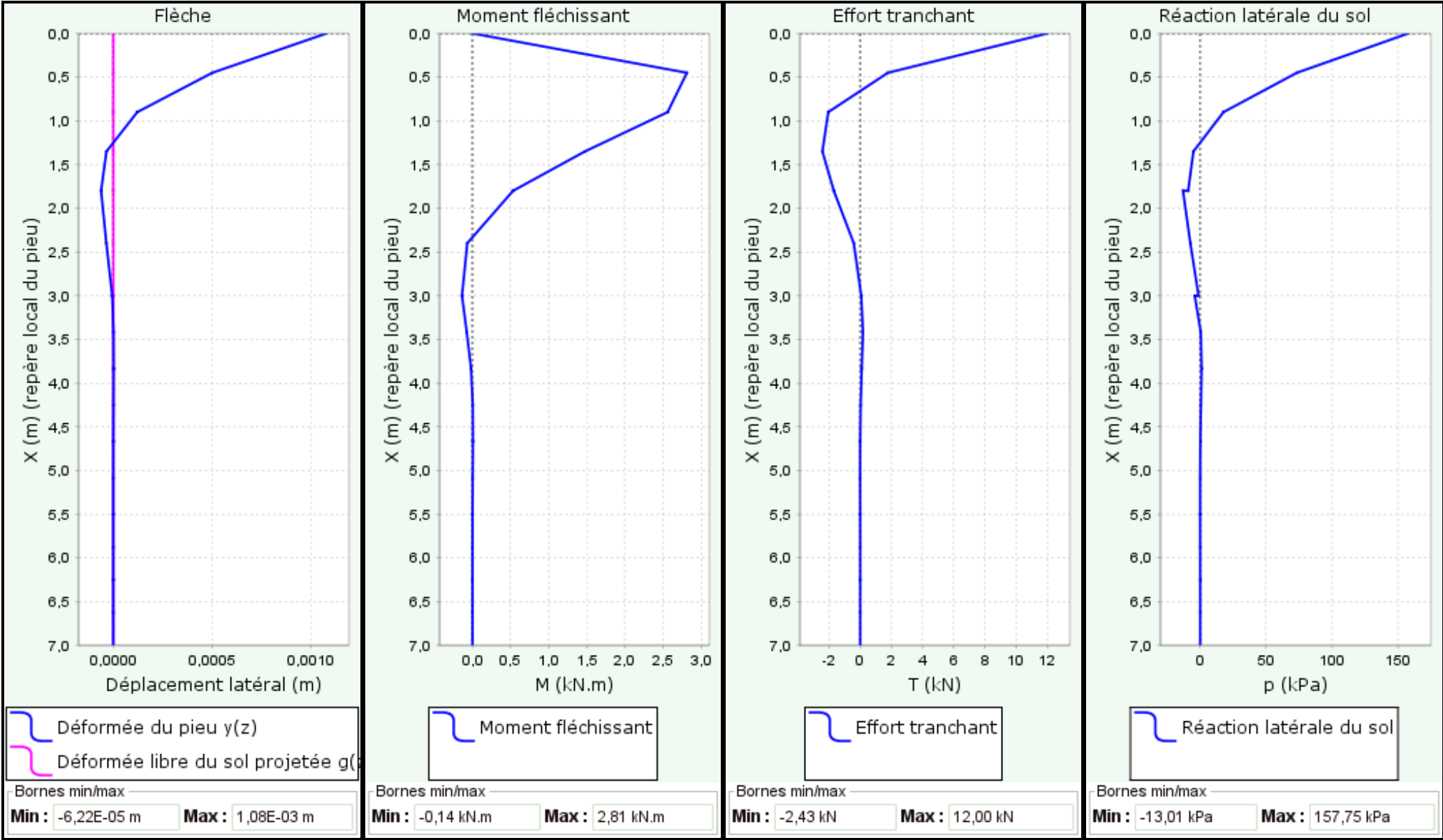


FoXta v4
v4.1.23

Imprimé le : 28/07/2026 - 17:28:53
Calcul réalisé par : SOREG

Projet : Micropieux
Module : Piecoef+ (Cas 1/1)
Titre du calcul : Titre du calcul

Résultats principaux



Données

Titre du projet : AULNOY-LEZ-VALENCIENNES (59)

Numéro d'affaire : DS25-1222c

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y à 2 paliers avec saisie personnalisée

Cote de référence (m) : 0,000

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Non

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	kf	pmax	B
1	Limon ± argileux lâche, dégradé		-1,800	1,46E05	300,00	0,200
2	Limon ± argileux lâche		-3,000	2,09E05	300,00	0,200
3	Limon très sablonneux ferme		-5,500	6,94E05	500,00	0,200
4	Limon sablonneux peu argileux ferme		-7,000	1,19E06	900,00	0,200

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discretisation

Nom	h	EI	n
Limon ± argileux lâche, dégradé	1,800	2,36E03	2
Limon ± argileux lâche	1,200	2,36E03	1
Limon très sablonneux ferme	2,500	2,36E03	3
Limon sablonneux peu argileux ferme	1,500	2,36E03	2

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	0,000	23,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	-1,800	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	-3,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-5,500	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-7,000	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non



FoXta v4
v4.1.23

Imprimé le : 28/07/2026 - 17:30:05
Calcul réalisé par : SOREG

Projet : Micropieux
Module : Piecoef+ (Cas 1/1)
Titre du calcul : Titre du calcul

Résultats principaux

