

# **PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FERRAND**



## **Note technique de dimensionnement Fondations profondes par micropieux Phase Projet**

**Alpha BTP**  
Parc d'activités du Cheix  
12, rue Enrico-Fermi  
63540 ROMAGNAT  
Tél. 04 73 26 86 63 - Fax 04 73 28 06 47  
Mail : [contact@alphabtp.fr](mailto:contact@alphabtp.fr)

ALPHA BTP NORD  
RCS CLERMONT-FERRAND B 420 094 625  
SIREN : 420 094 625 - SIRET : 420 094 625 00043  
Code APE : 7112 B - N°TVA intracommunautaire : FR38 420 094 625

**A24.11.659.a/ALD**

**MAITRE D'OUVRAGE**

**MINISTERE DE LA JUSTICE  
20 BOULEVARD EUGENE DERUELLE  
69432 LYON CEDEX 03**

**ARCHITECTE - MAITRE D'ŒUVRE**

**ANDESITE ARCHITECTURE  
26 RUE AMIRAL GOUBEYRE  
63200 RIOM**

# Note technique de dimensionnement

## Fondations profondes par micropieux

### Phase Projet

Le présent dossier, qui constitue un ensemble indissociable, comporte :

- la note technique de dimensionnement de fondations
- un cahier d'annexes de 69 pages comprenant :
  - l'enchaînement et la classification des missions géotechniques types (NFP 94-500 novembre 2013)
  - les plans/documents structures fournis
  - les descentes de charges non combinées fournies
  - le rapport d'étude géotechnique en phase G2 AVP
  - les résultats des investigations menées dans le cadre de la mission G2 AVP
  - les calculs de dimensionnement à partir du logiciel FOXTA V4 ® comprenant les modules :
    - FONDPROF : calcul de la capacité portante des micropieux
    - PIECOEF : calcul vis-à-vis des efforts horizontaux
    - PIECOEF : vérification du tube au flambement (FOXTA V4®)
  - les vérifications du dimensionnement du tube selon l'Eurocode 3 vis-à-vis des efforts en tête de micropieux (effort vertical, effort tranchant et moment)

Affaire : PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FERRAND	Date : 06/01/25	
N° dossier : A24.11.659	Indice : a	
Agence de ROMAGNAT, le chargé d'étude	A. DEBRUYNE	
Contrôle interne	L. SANZELLE	

# Sommaire

<b>1 – CADRE DE L'ETUDE.....</b>	<b>5</b>
1.1 - GENERALITES .....	5
1.2 - MISSION G2 PRO .....	5
1.3 - DOCUMENTS FOURNIS/UTILISES .....	7
1.4 - NORMES ET REGLES DE DIMENSIONNEMENT UTILISEES .....	7
<b>2 – PROJET ET CONTEXTE GEOTECHNIQUE.....</b>	<b>8</b>
2.1 - DESCRIPTION DU PROJET .....	8
2.2 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE.....	9
2.3 - CONTEXTE SISMIQUE .....	11
2.4 - SOLUTIONS TECHNIQUES RETENUES .....	12
2.5 - DESCENTES DE CHARGES DE L'OUVRAGE .....	13
<b>3 – TERRASSEMENTS.....</b>	<b>14</b>
<b>4 – PRINCIPE ET DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS .....</b>	<b>14</b>
4.1 - PRINCIPE : FONDATIONS PROFONDES PAR MICROPIEUX .....	14
4.2 - METHODE DE CALCUL .....	16
4.3 - MATERIAUX .....	18
4.4 - MODELE DE TERRAIN .....	19
4.5 - INTERACTION SOL-STRUCTURE - PIECOEFF+ .....	20
4.6 - VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DE L'ARMATURE .....	24
4.7 - RESULTATS .....	28
4.8 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION.....	29
<b>5 – TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS.....</b>	<b>31</b>
<b>6 – DRAINAGE .....</b>	<b>31</b>
<b>7 – VERIFICATION DE LA BONNE TRANSCRIPTION DES PRECONISATIONS GEOTECHNIQUES SUR LES PLANS DE FONDATIONS ET SUR LES PLANS DE TERRASSEMENT .....</b>	<b>32</b>
<b>8 – CONCLUSIONS.....</b>	<b>33</b>

# 1 – CADRE DE L'ETUDE

## 1.1 - Généralités

La présente note est établie dans le cadre d'un projet de construction d'un escalier extérieur au sein du Palais de Justice de CLERMONT-FERRAND situé Place de l'Etoile.

Elle est réalisée à la demande et pour le compte du MINISTERE DE LA JUSTICE représenté par Mme KLING.

Elle fait suite à notre devis du 08/08/2024 et à la commande du 12/12/2024.

Notons qu'une mission G2 AVP (cf. A23.11.325.a/MBO) a été réalisée au droit du projet → Toutes les prescriptions/dispositions fournies en phase G2 AVP restent applicables (cf. annexes).

Cette note technique vise principalement à dimensionner les fondations profondes par micropieux (portance, efforts horizontaux admissibles, ...) et à vérifier la bonne transcription des prescriptions géotechniques sur le plan de fondations établi par le BET Structure.

Les différents intervenants connus sur cette opération sont les suivants :

Maitre d'ouvrage	MINISTERE DE LA JUSTICE
Maître d'œuvre/architecte	ANDESITE ARCHITECTURE
BET Structure	IDEUM PARTNERS
BET Fluide	ALGOTHERM INGENIERIE
Economiste	ECIB PROJECT
Bureau de contrôle	SOCOTEC

## 1.2 - Mission G2 PRO

Conformément à la demande du client, l'étude a été menée pour permettre :

- de préciser la constitution du sous-sol (niveau et nature des différents horizons) définie lors des études G1 et G2 AVP ;
- de valider les systèmes de fondations envisagés pour le projet d'escalier en G2 AVP et d'en effectuer le dimensionnement (contrainte de calcul à l'ELU et l'ELS, tassements, sollicitations horizontales, capacité portante des pieux (hors dimensionnement des cages d'armature), ...)

ALPHA BTP	Rapport « A24.11.659.a/ALD »	06/01/2025	Page 5 sur 34
-----------	------------------------------	------------	---------------

- de vérifier la bonne transcription des préconisations géotechniques sur les plans de fondations et sur les plans de terrassement ;
- de définir les modalités de réalisation des dallages et d'effectuer le dimensionnement de leur couche de fondation ;
- de valider les principes définis pour les terrassements de masse et de fouilles de fondations et définir les préconisations concernant la traficabilité du site en phase chantier ;
- de définir les sujétions d'exécution des terrassements (pente des talus provisoires et définitifs dans les différentes formations, stabilité du fond de fouille, ...),
- de définir l'influence de l'eau sur le projet et plus particulièrement les modalités de drainage ;
- d'indiquer les hypothèses à prendre en compte vis-à-vis des conditions sismiques du site.

A partir des définitions de la norme NFP 94.500 de novembre 2013, cette étude peut être classée dans les missions du type G2 PRO (étude géotechnique de conception - phase Projet) hors phase DCE/ACT et hors première approche des quantités.

Notons qu'il était prévu de ne pas étudier dans le cadre de cette mission :

- les ouvrages annexes éventuels et les aménagements extérieurs (voiries, parkings, soutènements, bassin d'orage, de rétention, noues, réseaux,...) ;
- les missions G2 DCE/ACT, G3 et G4 selon l'enchaînement de la norme NFP 94-500.

### **1.3 - Documents fournis/utilisés**

- Rapport géotechnique mission G2 AVP : A23.11.325.a/MBO ; daté du 29/08/2023,
- Documents fournis dans le cadre de la mission G2 AVP
- Plan topographique format DWG – DENEUVILLE Philippe – 05/08/2010
- Plan de masse – ANDESITE – Phase APD – Avril 2024
- Plan des ouvrages – ANDESITE – Phase PRO DCE ind A – Septembre 2024
- Coupes et façades – ANDESITE – Phase PRO DCE ind A – Septembre 2024
- Plans structure + fondations (Version 00) – IDEUM – 15/12/2023
- Descentes de charges non combinées – IDEUM – 12/12/2024

Aucun autre document ne nous a été communiqué dans le cadre de la présente étude.

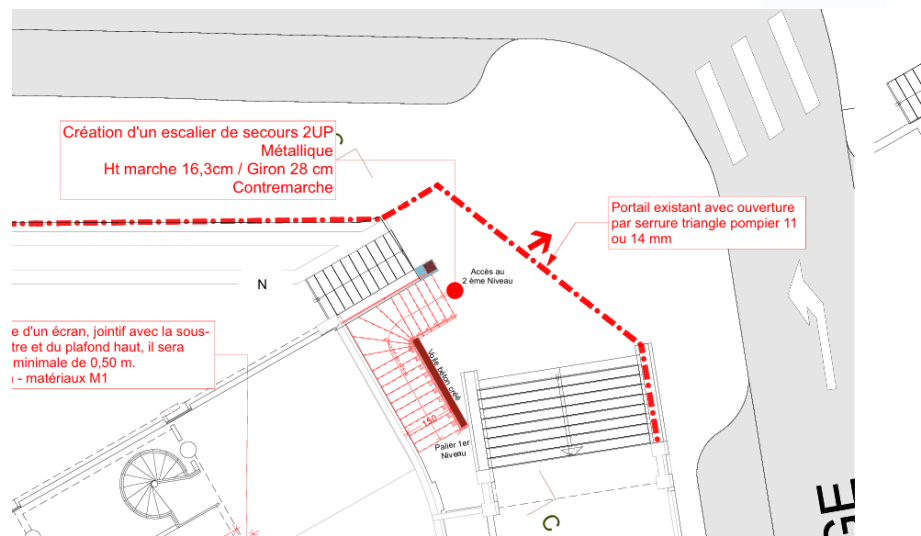
### **1.4 - Normes et règles de dimensionnement utilisées**

- Norme NFP 94.500 de novembre 2013 : Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications
- Eurocode 7 – Calcul Géotechnique – Norme NFP 94.251-1
- Eurocode 3 – Calcul des structures en acier
- D.T.U. 13.2 fondations profondes et Eurocode 7 – Norme NFP 94.262
- Cahier technique n°38 – AFPS
- Normes AFNOR concernant les différents essais de reconnaissance et en laboratoire (essais pressiométriques NFP 94-110-1 ; sondages au pénétromètre dynamique type B NFP 94-115)

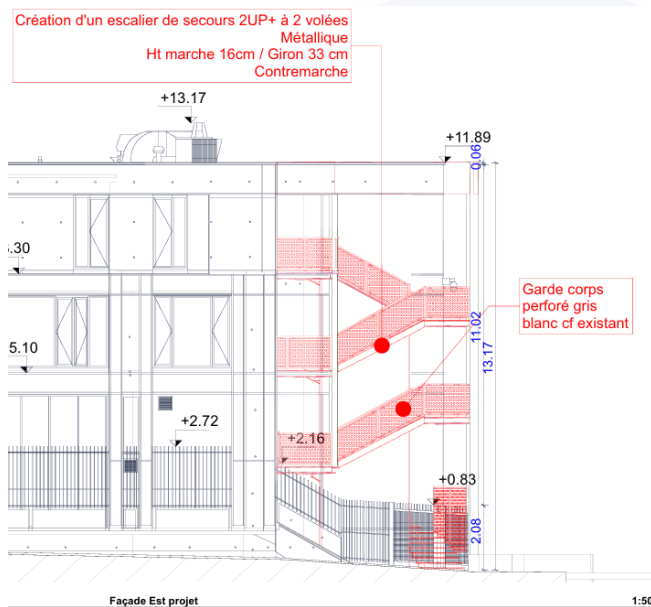
## 2 – PROJET ET CONTEXTE GEOTECHNIQUE

### 2.1 - Description du projet

Ce projet concerne la construction d'un escalier extérieur au sein du Palais de Justice de CLERMONT-FERRAND situé Place de l'Etoile.



Cet ouvrage desservira 3 niveaux en superstructure et aucun niveau en sous-sol :



La structure sera du type ossature béton et métallique.



### **Altitude du niveau bas :**

Le niveau bas est prévu à l'altitude  $\approx 383.31$  NGF d'après les plans fournis (- 1.44 m/0.00)  $\Rightarrow$  à vérifier impérativement par la Maîtrise d'Œuvre pour valider les solutions de fondations/traitements des niveaux bas fournies dans le présent document.

Compte tenu de la topographie relativement plane du site au droit du projet, aucun mouvement de terre significatif ne semble a priori nécessaire (+/- 0.5 m de déblai/remblai maximum).

## **2.2 - Synthèse géotechnique**

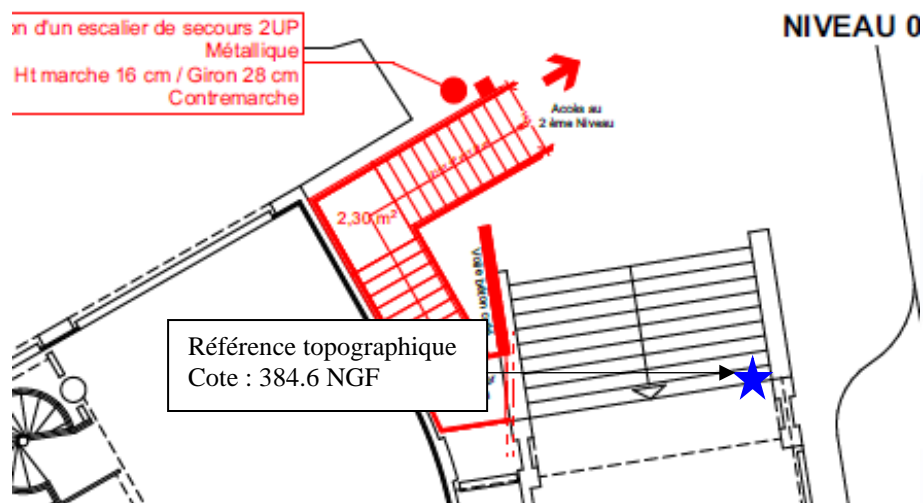
Pour rappel, la coupe schématique suivante avait été établie dans le cadre de la mission G2 AVP (cf. A23.11.325.a/MBO) :

- *Formation « 1 » - Remblais sablo-argileux superficiels, marron-vert à blocs peu denses à moyennement denses*
- *Formation « 2 » - Sables et argiles tout ou partie remblayés peu denses/peu fermes à passages de blocs/vestiges*
- *Formation « 2' » - Sables +/- argileux tout ou partie remblayés plus denses*
- *Formation « 3 » - Silts sableux à bancs indurés/travertinisés et/ou à passages graveleux moyennement denses*
- *Formation « 4 » - Sables silteux très moyennement denses*

Compte tenu de la mise à disposition d'un plan topographique relié au NGF, les sondages/essais réalisés lors de notre intervention en phase G2 AVP ont pu être raccordés au NGF.

L'altitude de référence 384.6 NGF permettant le relevé des sondages a été prise égale à celle de la première marche (en partant du haut) des escaliers existants au Nord de la zone étudiée (voir schéma d'implantation annexé). **Ces altitudes sont rattachées au NGF  $\Rightarrow$  altitudes à vérifier impérativement par le géomètre de l'opération.**

ALPHA BTP	Rapport « A24.11.659.a/ALD »	06/01/2025	Page 9 sur 34
-----------	------------------------------	------------	---------------



Les altitudes suivantes ont ainsi été retenues :

SP1 : 383.3 NGF

P1 : 383.3 NGF

P2 : 383.4 NGF

*(A vérifier impérativement par le géomètre de l'opération)*

Le niveau du toit des formations relevé au droit des principaux sondages est repris ci-après vis-à-vis des altitudes NGF déterminées conformément aux hypothèses ci-dessus :

Sondages		SP1	P1	P2
Altitudes NGF		383.3	383.3	383.4
Formation N°2	Prof (m/TN)	0.8	0.8	0.6
	NGF	382.5	382.5	382.8
Formation N°2'	Prof (m/TN)	5.8	5.8	5.0
	NGF	377.5	377.5	378.4
Formation N°3	Prof (m/TN)	8.8	8.8	8.2
	NGF	374.5	374.5	375.2
Formation N°4	Prof (m/TN)	12.0	12.0	12.0
	NGF	371.3	371.3	371.4

### 2.3 - Contexte sismique

D'un point de vue sismique et selon les Eurocodes 8, on retiendra :

Zone de sismicité	<b>3 - Aléa modéré</b>
Accélération du sol $a_{gr}$	<b>1.1 m/s<sup>2</sup></b>
Classification du sol	<b>D</b>
Paramètre S	<b>1.6</b>
Catégorie de l'ouvrage (*)	<b>IV</b>
Coefficient d'importance $\gamma_I$	<b>1.4</b>
Classe de ductibilité	<i>à définir par le BET Structure</i>
Coefficient de comportement et de surcapacité	<i>à définir par le BET Structure</i>

(\*) : A vérifier/valider par la Maîtrise d'œuvre.

Il revient aux concepteurs, en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage projeté, de déterminer les règles parasismiques applicables.

Compte tenu du contexte sismique, il conviendra de tenir compte **des effets inertiels et cinématiques** :

Classe de sol	Zone de sismicité 2		Zone de sismicité 3 à 5		
	Catégorie ouvrage		Catégorie ouvrage		
	I et II	III et IV	I	II	III et IV
A	---	I	---	I	I
B	---	I	---	I	I
C	---	I	---	I	I
D	---	C+I	---	I	C+I
E	---	C+I	---	I	C+I
S1	---	C+I	---	I	C+I
S2	---	C+I	---	I	C+I

I : effet inertiel ; C+I : cumul des effets cinématiques et inertiels

## 2.4 - Solutions techniques retenues

Compte tenu des résultats des différentes investigations, de la définition du projet (implantation, typologie, ...), et conformément aux résultats de l'étude géotechnique d'Avant-Projet (cf. A23.11.325.a/MBO), la solution technique de fondations retenue à ce jour par l'équipe de conception est la suivante :

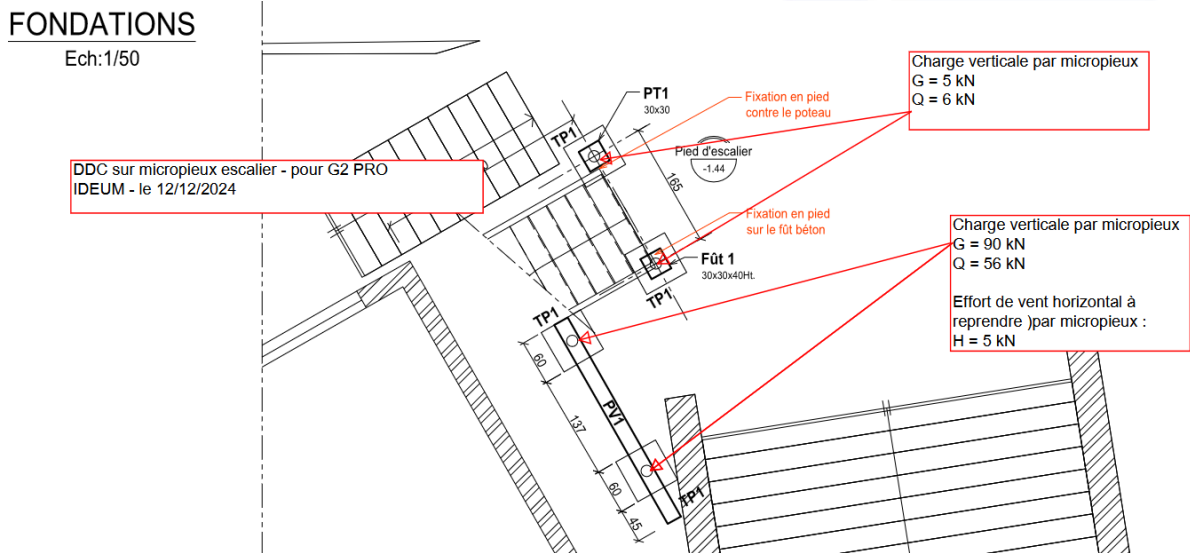
- fondations profondes par micropieux de type III a minima ancrés au sein de la formation « 4 » : *Sables silteux très moyennement denses* identifiée à partir de 12.0 m/TN actuel.

**Remarque** : Il semblerait qu'une partie des efforts amenés par le projet soit reprise par la structure existante. Il conviendra donc :

- De vérifier l'admissibilité de cette solution vis-à-vis des règles parasismiques en vigueur notamment compte tenu de la catégorie d'importance de l'ouvrage (catégorie IV présumée) → cf. Bureau de contrôle pour validation ;
  - De vérifier que la structure existante est en capacité de reprendre les charges amenées par le projet (cf. BET Structure pour vérification/validation) + réalisation d'une mission G5 dans le cas d'une modification des descentes de charges sur fondations de l'existant ;
- ⇒ **Le cas échéant, il conviendra de prévoir un joint de fractionnement entre l'ouvrage existant et l'ouvrage projeté et d'ajouter des appuis fondés sur micropieux.**

2.5 - Descentes de charges de l'ouvrage

Les descentes de charges de l'ouvrage, non combinées, ont été fournies par le BET Structure de l'opération.



Une première ébauche des descentes de charges combinées a été établie par nos soins (à vérifier/valider impérativement par le BET Structure → hors mission géotechnique), il en ressort :

Etat limite	Type de sollicitation	Efforts en kN
ELS cara	Efforts verticaux	≤ 146
	Efforts horizontaux	≤ 5
	Moments en tête	Néant (*)
ELU fond	Efforts verticaux	≤ 206
	Efforts horizontaux	≤ 7.5
	Moments en tête	Néant (*)

(\*) : Aucune information ne nous a été communiqué vis-à-vis de moments en tête de fondations aux différents états limites → à fournir par le BET structure le cas échéant et à considérer dans le dimensionnement des fondations.

*De même, les descentes de charges aux ELU sismiques ne nous ont pas été fournies dans le cadre de la mission G2 PRO (compression, traction, efforts horizontaux, moments en tête ?). Ces dernières devront être établies par le BET Structure, combinées par ses soins et prises en compte dans le dimensionnement des fondations profondes lors de la mission G3 phase étude.*

Il conviendra de vérifier que les solutions proposées sont compatibles avec les descentes de charges apportées par l'ouvrage et que les descentes de charges ci-dessus sont du même ordre de grandeur que les descentes de charges EXE réellement apportées par l'ouvrage. Dans le cas contraire, les conclusions de notre rapport devront éventuellement être modifiées.

### 3 – TERRASSEMENTS

Les principes définis dans le cadre de la mission G2 AVP (cf. A23.11.325.a/MBO) pour les terrassements de masse, des longrines, des massifs de micropieux et les préconisations concernant la traficabilité du site en phase chantier restent applicables → cf. rapport G2 AVP annexé.

Le présent dimensionnement ne tient pas compte de la mise en œuvre de remblais de surélévation contigus ou sous l'ouvrage (frottements négatifs, perte de la capacité portante des micropieux, ...) → **pour rappel, les remblais de surélévation du terrain initial supérieur à 0.5 m sont à proscrire ou à considérer dans le dimensionnement des fondations profondes par micropieux.**

### 4 – PRINCIPE ET DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS

#### 4.1 - Principe : Fondations profondes par micropieux

Ce type de fondations a été retenu par la maîtrise d'œuvre tel que :

- Type : Micropieux de type III a minima ;
- Diamètre 200 mm.

Un ancrage minimum de 3.0 m devra être réalisé au sein de la formation « 4 » : *Sables silteux très moyennement denses* identifiée à partir de 12.0 m/TN actuel  $\Rightarrow$  fiche à adapter impérativement aux fluctuations de l'horizon d'ancrage, à l'altitude de la plateforme de terrassement et aux descentes de charges.

Un exemple de dimensionnement de micropieux du type « micropieux type III » est fourni en annexe selon 1 diamètre (200 mm). D'autres types de micropieux sont envisageables et pourront faire l'objet d'un dimensionnement éventuel ultérieur.

L'entreprise de fondations spéciales devra néanmoins vérifier la faisabilité d'une technique micropieu type III en fonction du matériel dont elle dispose et des vestiges anthropiques (anciennes fondations, dalles, maçonneries, ...) ou blocs, niveaux graveleux/indurés ou travertinisés devant être traversés  $\rightarrow$  **technique ODEX ou équivalent impérative**.

Conformément à la norme NFP 94-262, des dispositions spécifiques seront à prendre lors de la réalisation des micropieux type III :

- Utilisation d'un matériel adapté : tubes à manchettes, obturateurs, pompes d'injection, bergataire, ...) ayant tous fait l'objet de contrôles conduisant par la suite à l'élaboration du suivi d'exécution G3 ;
- Des enregistrements **en continu** des différents paramètres de forage et d'injection (relevé de la pression/du volume du coulis de gaine et du coulis de claquage, ...) ;
- Contrôle de la production de coulis (densité, viscosité, exsudation, RC, ...).

Un fonctionnement inadapté des différents appareils de contrôle nécessite des justifications qui, si elles ne sont pas produites, peuvent conduire à reconsidérer la catégorie du micropieu de type III en type II et par conséquent à rallonger les micropieux et/ou augmenter les diamètres.

De même, la présence d'eau et la mauvaise tenue des parois des formations sableuses en présence conduit **à interdire** toutes solutions de forage des micropieux en tarière ou en technique auto-forant. Ils devront être réalisés à l'abri d'un tubage provisoire **de type ODEX** ou équivalent pour assurer la continuité et la qualité du fût.

ALPHA BTP	Rapport « A24.11.659.a/ALD »	06/01/2025	Page 15 sur 34
-----------	------------------------------	------------	----------------



## 4.2 - Méthode de calcul

Le dimensionnement a été réalisé selon les réglementations de l'Eurocode 7 et plus particulièrement selon la norme d'application nationale de NF P 94-262 spécifique aux fondations profondes.

Les micropieux ont été calculés en compression selon la procédure « **modèle de terrain** ».

D'après les recommandations de la norme NF P 94-262, la charge limite d'un micropieu,  $R_c$ , est donnée par :

$$R_c = R_b + R_s$$

Avec :

$R_b$  : Résistance de pointe de la fondation profonde

$R_s$  : Résistance de frottement axial de la fondation profonde

La résistance de pointe ( $R_b$ ) est donnée par la relation :

$$R_b = A_b \times k_p \times P_{le}^*$$

Avec :

$A_b$  : section du micropieu

$k_p$  : facteur de portance pressiométrique

$P_{le}^*$  : pression limite nette équivalente

La résistance de frottement latéral ( $R_s$ ) est donnée par la relation suivante :

$$R_s = P_s \times \sum_{i=1}^n h_i \times q_{si}$$

Avec :

$P_s$  : périmètre du micropieu

$h_i$  : épaisseur de la couche d'ancrage

$q_{si}$  : frottement latéral unitaire axial dans la couche  $i$

$n$  : nombre de couches traversées ou atteintes par le pieu



A partir de ces valeurs sont définies les résistances caractéristiques :

*Résistance de pointe caractéristique ( $R_{b;k}$ ) :*

$$R_{b;k} = \frac{R_b}{\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2}}$$

*Résistance de frottement caractéristique ( $R_{s;k}$ ) :*

$$R_{s;k} = \frac{R_s}{\gamma_{R;d1} \times \gamma_{R;d2}}$$

*Charge de fluage en compression ( $R_{c;cr;k}$ ) :*

$$R_{c;cr;k} = 0.5 \times R_{b;k} + 0.7 \times R_{s;k}$$

*Charge de fluage en traction ( $R_{t;cr;k}$ ) :*

$$R_{t;cr;k} = 0.7 \times R_{s;k}$$

$\gamma_{R;d1}$  et  $\gamma_{R;d2}$  sont des coefficients de sécurité dépendant de la procédure de calcul, de la classe et de la catégorie du micropieu et de son fonctionnement (traction ou compression).

Selon la procédure « modèle de terrain » définie dans la norme NF P 94-262 (annexe F), et pour des **micropieux type III** (classe 8 / catégorie 19), on retient :

Couche	Compression	Traction
$\gamma_{R;d1}$ (argiles, craies, marnes)	2.00	2.00
$\gamma_{R;d1}$ (sables, roches)	1.40	1.70
$\gamma_{R;d2}$	1.10	1.10

Pour les micropieux fonctionnant en compression, les charges limites sont données par les relations suivantes :

*Etats limites de service*

$$Q_{ELS-CARA} \leq \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}} ; Q_{ELS-QP} \leq \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}}$$

Avec :

$\gamma_{cr} = 0.9$  à l'ELS cara et  $\gamma_{cr} = 1.1$  à l'ELS qp

#### ***Etats limites ultime***

$$Q_{ELU-FOND} \leq \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s} ; Q_{ELU-ACC} \leq \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

Avec :

$\gamma_b = \gamma_s = 1.1$  pour les combinaisons durables et transitoires

$\gamma_b = \gamma_s = 1.0$  pour les combinaisons accidentelles

### **4.3 - Matériaux**

Compte tenu des descentes de charges fournies, l'armature suivante a été retenue dans le présent dimensionnement :

Tube	Tube $\phi$ 88.9 mm épaisseur 8 mm
fy (MPa)	560
Section As (mm <sup>2</sup> )	1554
Inertie I (cm <sup>4</sup> )	122.5
Produit d'inertie EI (kN.m <sup>2</sup> )	257
Module plastique Wpl (cm <sup>3</sup> )	39.2
Classe	1

**Forage** : 200 mm de diamètre.

### Corrosion :

Conformément à la partie 4.4 de l'EC3-5, il convient d'appliquer le taux de corrosion suivant :

**Tableau 4.1 — Valeurs recommandées pour perte d'épaisseur [mm] due à la corrosion dans le cas des pieux et palplanches dans le sol, avec ou sans nappe phréatique**

Durée d'utilisation de projet	5 ans	25 ans	50 ans	75 ans	100 ans
Sols naturels intacts (sable, limon, argile, schiste, ....)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Sols naturels pollués et sites industriels	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Sols naturels agressifs (marais, marécages, tourbe...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Remblais non compactés et non agressifs (argile, schiste, sable, limon, ....)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Remblais non compactés et agressifs (cendres, scories....)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75
Notes : 1) Les taux de corrosion dans les remblais compactés sont inférieurs à ceux observés dans les remblais non compactés. Dans les remblais compactés, il convient de diviser par deux les chiffres du tableau. 2) Les valeurs données pour 5 ans et 25 ans sont basées sur des mesures, tandis que les autres valeurs sont extrapolées.					

- Pour une durée de 50 ans et pour des sols naturels agressifs (Maar de Clermont-Ferrand avec des remontées hydrothermales profondes) → **1.75 mm**.

### **4.4 - Modèle de terrain**

Le tableau ci-après reprend les paramètres de sol pris en compte dans le dimensionnement des micropieux → **micropieux de type III** (classe 1 bis ; catégorie 19).

Une seule coupe type a été retenue pour le dimensionnement des fondations :

⇒ **Coupe type** → *Sondages SPI*.

Les altitudes suivantes ont été retenues dans le dimensionnement des fondations profondes (compte tenue de l'absence d'information vis-à-vis de l'altitude de terrassement/de l'arase supérieure des micropieux projetés, l'altitude suivante est prise en hypothèse) :

Coupe	Type
Niveau TN moyen (NGF)	≈ 383.3/383.4
Niveau bas (NGF)	383.31
PFT/Arase supérieure des micropieux (NGF) → hypothèse	382.7

⇒ **A valider/préciser impérativement par l'équipe de conception.**

Les paramètres à prendre en compte pour le dimensionnement des fondations profondes (de type Micropieux type III) sont les suivants :

Formation	Cote Base (NGF)	Classe de sol	$E_M$ (MPa)	$P_f$ (MPa)	$P_l$ (MPa)	$Q_s$ (kPa) <sup>(1)</sup>	Coefficient de pointe $K_{p_{max}}$ <sup>(2)</sup>	$\alpha$
Formation « 1 »	382.5	Intermédiaire sableux	5	0.29	0.50	0 <sup>(1)</sup>	-	1
Formation « 2 »	377.5	Intermédiaire sableux	3	0.14	0.25	0 <sup>(1)</sup>	-	1
Formation « 2' »	374.5	Intermédiaire sableux	3.5	0.17	0.30	0 <sup>(1)</sup>	-	2/3
Formation « 3 »	371.3	Intermédiaire sableux	3	0.14	0.25	47.0	-	1
Formation « 4 »	---	Intermédiaire sableux	9	0.41	0.70	110.4	-	2/3

(1)  $Q_s$  neutralisé jusqu'à la base de la formation « 2' » : Sables +/- argileux tout ou partie remblayés plus denses.

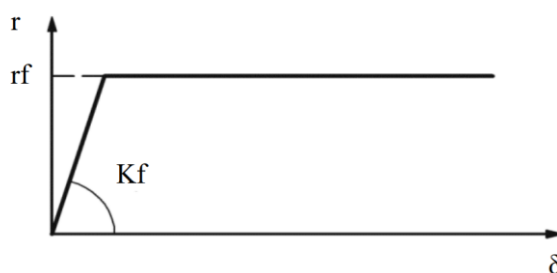
(2) : pour les micropieux, le terme de pointe  $k_p$  n'est pas pris en compte.

Nota :

- Les micropieux seront munis d'un double tubage (tubage double peau) jusqu'à 3.0 m/TN afin de s'affranchir des efforts parasites liés aux remblais ;
- Les éléments d'armature seront liaisonnés par manchons filetés ;
- Le type de liaison micropieux/structure devra être défini par un BET qui précisera dans le même temps l'espacement des micropieux en fonction des dispositions prises vis à vis de la rigidité de la structure et des descentes de charges.

#### 4.5 - Interaction sol-structure - PIECOEFF+

Pour caractériser le comportement transversal d'une fondation profonde, la loi de mobilisation de la réaction frontale  $r$  en fonction du déplacement  $\delta$  d'un micropieu est définie par un segment de pente  $K_f$  (coefficient de réaction) avec un palier  $R_f$ .



### **Coefficient de réaction Kf :**

Pour des sollicitations de **courte durée (ELU fond par exemple)**, le calcul du module de réaction linéique K<sub>fc</sub> est donné par la formule suivante :

$$K_{fc} = \frac{12 \times E_M}{\frac{4}{3} \times [2.65]^\alpha + \alpha} \text{ lorsque } B \leq B_0 = 0.6 \text{ m}$$

Pour des sollicitations de **longue durée (ELS par exemple)**, il est donné par la formule :

$$K_{fl} = \frac{K_{fc}}{2}$$

Pour des sollicitations de **très courte durée (ELU sismiques par exemple)**, il est donné par la formule :

$$K_{fsis} = K_{fc} \times 3$$

Le calcul du module de réaction surfacique est donné par la formule :

$$k_{h(z)} = \frac{K_{f(z)}}{B}$$

Avec :

$\alpha$  : coefficient rhéologique du sol

$E_M$  : module pressiométrique

$B$  : diamètre du micropieu

$P_f$  : pression de fluage

$P_l$  : pression limite nette

### **Palier Rf :**

Le palier R<sub>f</sub> est déterminé, selon la sollicitation par les formules suivantes :

ELU fond	ELS cara	ELU sis
$R_{fc} = P_{fluage}$	$R_{fl} = P_{fluage}$	$R_{fsis} = P_{limite}$

### **Dégradation des formations en surface :**

Selon les Eurocodes 7 et selon le CT38, les caractéristiques (coefficient de réaction linéique K<sub>f</sub> et palier R<sub>f</sub>) des formations proches de la surface doivent être dégradées dans les modélisations.

Compte tenu du contexte sableux, la hauteur de dégradation doit être effectuée sur 4 diamètres.

Pour simplifier les calculs, il est admis de considérer un profil uniforme sur la hauteur de dégradation tel que :

	ELU fond	ELS cara	ELU sis
Kf dégradé	$0.7 \times K_{fc}$	$0.7 \times K_{fl}$	$0.7 \times K_{fsis}$
Rf dégradé	$0.7 \times R_{fc}$	$0.7 \times R_{fl}$	$R_{fsis}$

#### **Prise en compte de la plateforme :**

Conformément au Cahier Technique n°38, la prise en compte de la couche de forme/plateforme de terrassement/de travail **ne peut se faire que si et seulement si**, des contrôles de compacité (de type essais à la plaque, au pénétrodensitomètre ou équivalent) sont réalisés autour des longrines et des têtes de micropieux. De même, les têtes de micropieux devront être coulées pleine fouille ou des compactages devront être réalisés contre les têtes de micropieu afin de pouvoir tenir compte de la butée dans les calculs.

Le présent dimensionnement ne tient pas compte de la butée de la plateforme de terrassement.

Compte tenu du contexte et des risques de dégradation des sols superficiels lors de l'exécution des micropieux et du cheminement de la foreuse, la prise en compte des caractéristiques mécaniques de la plateforme de travail dans les dimensionnements des pieux aux efforts horizontaux **sera proscrite y compris en G3.**

#### **Résultats des calculs :**

Les calculs des réactions des micropieux soumis à un effort en tête ont été réalisés avec le logiciel FOXTA V4® (module PIECOEFF) en élasto-plasticité.

Le calcul a été réalisé sous sollicitations ELS cara, ELU fond et ELU sismiques.

L'effort maximum acceptable est obtenu :

Etat limite	ELS cara	ELU fond	ELU sismique
La pression exercée sur le sol atteint la : (une plastification sur 0.5 m en tête correspondant à une hauteur type de massif est néanmoins admise) → <b>valeur à ne pas dépasser en G3</b>	Pfluage	Pfluage	Plimite
Les déformations horizontales sont importantes → <b>valeurs maximum à confirmer/préciser par le BET Structure.</b>	$\leq 1.0$ cm considérées dans les calculs	$\leq 2.0$ cm considérées dans les calculs	$\leq 2.5/3.0$ cm (*) <b>considérées dans les calculs</b>
Le moment induit dépasse le moment admissible par le tube retenu (vérification selon les Eurocodes 3)	cf. paragraphe 4.6	cf. paragraphe 4.6	cf. paragraphe 4.6

(\*) : Les déplacements induits par les effets cinématiques principalement sont importants, il conviendra de vérifier que les déplacements calculés sont admissibles vis-à-vis des hypothèses retenues pour la structure.

Le tableau ci-dessous récapitule les calculs vis-à-vis des efforts horizontaux pouvant être repris par les fondations profondes :

**Pour rappel, les altitudes du niveau bas de l'ouvrage et de la plateforme de terrassement devront impérativement être validées/confirmées par l'équipe de conception.**

Tube diamètre 88.9 mm épaisseur 8 mm

$\phi$ micro- pieu (mm)	Etat limite de calcul	Effort horizontal maximum (kN)	Moments en tête maxi (kN.m)	Déformées (cm)	Moments induits (kN.m)	Pression sur le sol (kPa)	Raideur en translation (kN/m)
						Formation « 1 »	
200	ELS	<b>5</b>	Néant (*)	0.4	1.1	84	2 600
200	ELU fond	<b>7.5</b>	Néant (*)	0.3	1.3	147	4 400
200	ELU sis	<b>20 (**)</b>	Néant (*)	<b>2.5</b>	2.6	499	10 400
200	ELU sis	<b>30 (**)</b>	Néant (*)	<b>2.9</b>	5.0	<b>≈ 500</b>	3 900

(\*) : D'après les DDC fournies, aucun moment en tête n'affecte les fondations projetées  
→ à fournir par le BET Structure le cas échéant et à considérer dans le dimensionnement des fondations profondes.

(\*\*) : En l'absence d'information, le calcul a été mené afin de définir l'effort horizontal maximal admissible selon deux hypothèses de déplacements en tête → déplacement admissible à définir/préciser par le BET Structure de l'opération.

#### 4.6 - Vérification du dimensionnement de l'armature

La vérification du dimensionnement de l'armature vis-à-vis des efforts ELU est reprise ci-après :

Les coefficients partiels suivants ont été retenus :

- $\gamma_{M0}$  : coefficient partiel lié à la résistance des sections transversales = 1.0 (cf. EC3)
- $\gamma_{M1}$  : coefficient partiel lié à la résistance des barres aux instabilités = 1.0 (cf. EC3)
- $\gamma_{Rd}$  : coefficient partiel pour l'incertitude dans un modèle de résistance = 1.1 pour des tubes pétroliers (cf. 6.4.3.2.3 (2) de la NF P 94.262-A1)

Les résultats des calculs sont consignés en annexe.

Les vérifications décrites ci-après sont valables pour des micropieux de classe 1 et 2 uniquement.

##### **Compression pure :**

La valeur de calcul de l'effort de compression  $N_{ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1.0$$

Avec :

- $N_{ed}$  : valeur de calcul de l'effort à la compression
- $N_{c,Rd}$  : résistance du tube à la compression

Où :

$$N_{c,Rd} = \frac{A_s \times f_y}{\gamma_{M0} \times \gamma_{Rd}}$$



Avec :

- $A_s$  : aire de la section
- $f_y$  : limite élastique

### **Flexion pure :**

La valeur de calcul du moment fléchissant  $M_{ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1.0$$

Avec :

- $M_{ed}$  : valeur de calcul du moment fléchissant
- $M_{c,Rd}$  : résistance du tube à la flexion

Où :

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0} \times \gamma_{Rd}}$$

Avec :

- $W_{pl}$  : module plastique de la section
- $f_y$  : limite élastique

### **Cisaillement pur :**

Pour les classes 1 et 2, la section tubulaire travaille dans le domaine plastique (*selon 6.2.1(8) de EC3*). La valeur de calcul de l'effort tranchant  $V_{ed}$  dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante :

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1.0$$

Avec :

- $V_{ed}$  : valeur de calcul de l'effort tranchant
- $V_{c,Rd}$  : résistance du tube au cisaillement

Où :

$$V_{C,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0} \times \gamma_{Rd}}$$

Avec :

- $A_v$  : aire de cisaillement réduite
- $f_y$  : limite élastique

### **Flexion + cisaillement :**

Lorsque l'effort tranchant est inférieur à la moitié de la résistance plastique au cisaillement, son effet sur le moment résistant peut être négligé conformément au 6.2.8(2) de l'EC3.

Dans le cas contraire, il convient de vérifier que la condition suivante est satisfaite :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{V,Rd}} \leq 1.0$$

Avec :

$$M_{V,Rd} = W'_{pl} \times (1 - \rho) \times f_y$$

Où :

- $\rho$  : coefficient réducteur lié à l'effort tranchant
- $W'_{pl}$  : module plastique de la section corrigé

Et avec :

$$W'_{pl} = \frac{(d'_{extu} - d'_{int})^3}{6000}$$

$$\rho = \left( \frac{2 \times V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

Et avec :

$$d'_{extu} = d_{extu} \times \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

$$d'_{int} = d_{int} \times \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

### **Flexion + compression :**

La relation suivante doit être satisfaite :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1.0$$

Avec :

$$M_{N,Rd} = 1.04 \times M_{Pl,Rd} \times (1 - n^{1.7})$$

Et avec n le rapport entre l'effort vertical et la résistance à la compression du tube :

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Pl,Rd}}$$

### **Flexion + compression + cisaillement :**

Lorsque l'effort tranchant est inférieur à la moitié de la résistance plastique au cisaillement, il n'est pas nécessaire de réduire le moment résistant défini lors de la vérification de la flexion + compression conformément aux EC3 6.2.10(2).

Dans le cas contraire, la relation suivante doit être satisfaite :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,V,Rd}} \leq 1.0$$

Avec :

$$M_{N,V,Rd} = 1.04 \times M_{V,Rd} \times (1 - n^{1.7})$$

### **Flambement :**

La vérification suivante doit être vérifiée :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Avec :

- $N_{Ed}$  : valeur de calcul de l'effort à la compression
- $N_{b,Rd}$  : résistance de calcul du tube comprimé au flambement

La résistance de calcul du tube comprimé au flambement  $N_{b,Rd}$  suit la formule suivante :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A_s \times f_y}{\gamma_{M1} \times \gamma_{Rd}}$$

Avec :

- $\chi$  : coefficient de réduction pour le mode de flambement approprié
- $A_s$  : section d'acier de l'armature
- $f_y$  : limite élastique

#### 4.7 - Résultats

Les résultats sont fournis en annexes pour 1 diamètre type (200 mm) vis-à-vis :

- Des calculs de portance en compression pour une charge maximale de 146 kN aux ELS cara et de 206 kN aux ELU fond → micropieu de 200 mm avec une fiche de 15.1 m/PFT retenue ;
- Des efforts horizontaux maximaux mobilisés/mobilisables sous sollicitations ELS, ELU fond et ELU sismiques pour le type de tube retenu ;
- La vérification au flambement de l'armature prise en hypothèse ;
- Les vérifications des dimensionnements de l'armature prise en hypothèse vis-à-vis des efforts aux ELU.

Nota :

- **Les combinaisons devront impérativement être établies par le BET structure → hors mission géotechnique.**

#### **Justification des armatures des micropieux**

Les armatures, impérativement de type tube (**barre y compris auto-forante proscrite**) devront être vérifiées au flambement selon la méthode de Mandel ou équivalent. Les éléments d'armature seront liaisonnés par manchons filetés

Ils seront chemisés double peau (double tubage) sur 3.0 m afin de s'affranchir des efforts parasites éventuels liés aux remblais (tassements intrinsèques, ...).

**Les micropieux devront par ailleurs être dimensionnés vis-à-vis des efforts horizontaux et des éventuels moments en tête dans le cadre de la mission G3 entreprise.**

Le type de structure DCL ou DCM devra être fourni par le BET Structure à l'entreprise de fondations spéciales pour la bonne prise en compte des règles parasismiques applicables. Les armatures seront soumises à l'approbation du BET Structure ou du Bureau de contrôle.

#### **Contrôle de l'exécution des micropieux**

Conformément à la norme NFP 94-262/A1 de juillet 2018, il conviendra de réaliser les essais de contrôle/de conformité nécessaires.

#### **Remarques :**

- Le dimensionnement des fondations profondes devra impérativement être réalisé dans le cadre d'une **mission G3** à la charge de l'entreprise réalisatrice après établissement des descentes de charges EXE et plans de fondation ;
- Un suivi et/ou une supervision géotechnique d'exécution (mission G3 et/ou G4) devront impérativement être envisagés pour :
  - établir la NDC des fondations spéciales,
  - suivre l'exécution des micropieux,
  - superviser l'autocontrôle de l'entreprise.

### **4.8 - Dispositions particulières de conception et d'exécution**

- ***Paramètres de dimensionnement***

En l'absence de données concernant la présence de surcharges réparties au voisinage des micropieux, l'exemple de dimensionnement de ceux-ci ne tient pas compte d'une diminution de capacité portante due à l'éventuel frottement négatif. S'il est effectivement prévu une application de surcharges réparties, il conviendra de revoir le calcul effectué.

Il devra être tenu compte dans le dimensionnement des fondations (ancrage, dimensions, Ø, tubes, ...) des efforts parasites éventuels (efforts horizontaux, poussée latérale, ...).

Le cahier des clauses Spéciales du DTU 13.2 prévoit que la profondeur de la reconnaissance préalable doit atteindre au moins cinq mètres et sept diamètres sous la base des micropieux. Selon les Eurocodes, les reconnaissances préalables doivent atteindre à minima 6.0 m sous la base de l'élément de fondation le plus profond.

Compte tenu du contexte local (substratum non atteint à 20.5 m/TN actuel, Maar de Clermont-Ferrand, ...), la présence de couches molles sous-jacente est possible voire probable. ALPHA BTP se tient à la disposition de l'entreprise réalisatrice en charge de la mission G3 pour réaliser des investigations complémentaires.

Notons toutefois que l'influence d'une couche molle sous les fondations projetées sera moindre étant donné la non prise en compte du terme de pointe dans les calculs de dimensionnement des micropieux.

- ***Précautions de mise en œuvre***

Les fondations seront exécutées conformément aux préconisations des Eurocodes 7 et du DTU 13.2 en tenant compte notamment :

- **de l'instabilité potentielle des formations +/- superficielles notamment remblayées, et en profondeur sablo-silteuses molles/lâches (tubage ODEX ou équivalent impératif, blindage, coffrage, bétonnage immédiat après réalisation des fouilles des longrines et des micropieux, ...),**
- de la sensibilité à l'eau des sols (éviter la dessiccation ou la saturation des sols d'ancrage avant bétonnage des fouilles des longrines et des têtes de micropieux),
- **des venues d'eau pouvant être importantes voire artésiennes (tubage ODEX ou équivalent impératif, pompage, drainage, utilisation de tube plongeur, ...),**
- du traitement des sols support des têtes de micropieux et des longrines (prévoir notamment le traitement des fonds de fouilles a priori remaniés lors de leur terrassement),
- du gel, **des arrivées d'eau importantes**, des différentes causes d'affouillement, ...,
- **de l'agressivité de l'eau ou du sol vis à vis du coulis → *agressivité de type XA3 à considérer*,**

- de l'adaptation des moyens prévus par l'entreprise qui devront permettre la réalisation des terrassements de fouille des longrines et des têtes de micropieux en limitant les vibrations pour éviter tous désordres sur les ouvrages avoisinants (en tenant compte notamment de passages de blocs, de vestiges possibles enterrés de type anciennes fondations, dalles, maçonnerie, ...) → **Pelle puissante, BRH, ...**

L'entreprise devra d'autre part s'assurer que le type de micropieux et le matériel retenus lui permettront le terrassement des couches raides (présence d'éventuels vestiges anthropiques enterrés (anciennes fondations, dalles, maçonneries, ...), de blocs de dimensions +/- importantes, de bancs graveleux/indurés/travertinisés de compacité élevée, ...) et d'assurer les ancrages prévus au sein de la formation « 4 » dans les calculs des capacités portantes des fondations en tenant compte de la nécessité de limiter les vibrations pour éviter tous désordres sur les ouvrages avoisinants.

**Notons également que la méthode de réalisation des micropieux devra tenir compte de la possibilité de remontées artésiennes (eau, gaz) et d'importantes venues/circulations d'eau verticales ou horizontales associées à des gradients hydrauliques élevés → un suivi d'exécution G3 exemplaire est à prévoir.**

## 5 – TRAITEMENT DES NIVEAUX BAS

Sans objet selon les documents transmis.

## 6 – DRAINAGE

Les modalités de drainage définies en phase G2 AVP (cf. A23.11.325.a/MBO) restent applicables → cf. rapport G2 AVP annexé.

## 7 – VERIFICATION DE LA BONNE TRANSCRIPTION DES PRECONISATIONS GEOTECHNIQUES SUR LES PLANS DE FONDATIONS ET SUR LES PLANS DE TERRASSEMENT

### Plan de fondations :

Le plan de fondations fourni, phase APD indice 0, a été établi par IDEUM PARTNERS, est daté du 15/12/2023 :

- Type de fondations : Micropieux → *Conforme* ;
- Classe du sol : Classe D → *à indiquer pour la bonne prise en compte des règles parasismiques applicables* ;
- Zone de sismicité : Zone 3 → *Conforme* ;
- Catégorie d'importance : IV → *à valider/confirmer par la maîtrise d'œuvre et à indiquer pour la bonne prise en compte des règles parasismiques applicables* ;
- Classe de ductilité + coefficient de surcapacité/comportement : *non précisé, à préciser pour la bonne prise en compte des règles parasismiques applicables* ;
- Liaison avec l'existant : Scelllements dans l'existant → *Cf. remarques fournies au paragraphe 2.4 + cf. avis Bureau de contrôle.*

### Plan de terrassement :

A ce jour, aucun plan de terrassement n'a été mis à notre disposition. Aucune vérification n'a donc pu être réalisée par ALPHA BTP sur ces documents → *à fournir.*



## 8 – CONCLUSIONS

Cette étude a été menée dans le cadre d'une mission de type G2 PRO hors phase DCE/ACT.

ALPHA BTP se tient à la disposition des différents intervenants pour la réalisation des études spécifiques et/ou complémentaires définies dans la norme dont copie est jointe, soit :

- Etude géotechnique de conception - phase DCE/ACT (G2 DCE/ACT) ;
- Etude et suivi d'exécution (G3) ;
- **Supervision géotechnique d'exécution (G4).**

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve de la définition et de la classification des missions géotechniques (Norme NFP 94.500) et des conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques.

Rapport réalisé à ROMAGNAT, le 6 janvier 2025

L'Ingénieur chargé d'étude,	L'ingénieur en charge du contrôle interne,
Alexis DEBRUYNE	Loïc SANZELLE



### **Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique**

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géotechniques du site. L'étude de leurs conséquences et de leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet, les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

### **Conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques**

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société.

Le rapport géotechnique devient la propriété du client après paiement intégral du prix de la prestation. Le client devient alors responsable de son usage et de sa diffusion. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra faire l'objet de poursuite judiciaire à l'encontre du contrevenant.

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe,...), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. Conformément à la classification des missions géotechniques types, chaque mission ne couvre qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution du projet.

En particulier :

- Une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante ;
- Une mission de sondages engage notre société sur la conformité des travaux aux documents contractuels et l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- Une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part du projet décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- Une mission type G1 (ES+PGC), G2 AVP ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les dimensionnements, quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques ;
- Une mission type G2 PRO et/ou G2 ACT/DCE engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport : en particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES (NFP 94.500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens et délais opportuns, et confiées à des hommes de l'Art.

**Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (NORME NFP 94.500)**

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
<b>Etape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)</b>		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
<b>Etape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)</b>	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 (PRO)		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		
<b>Etape 3 : Etude géotechniques de réalisation (G3/G4)</b>		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) Phase Supervision de 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
<b>A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant</b>	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 géotechnique. 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.

**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 d'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).

**ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (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 avoisinants), 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 avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DDC/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 (dossiers 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.

**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)**

**ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 ET G4, DISTINCTES ET SIMULTANEEES)  
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 contrôles à prévoir, valeur 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 des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (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 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 proposées 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).



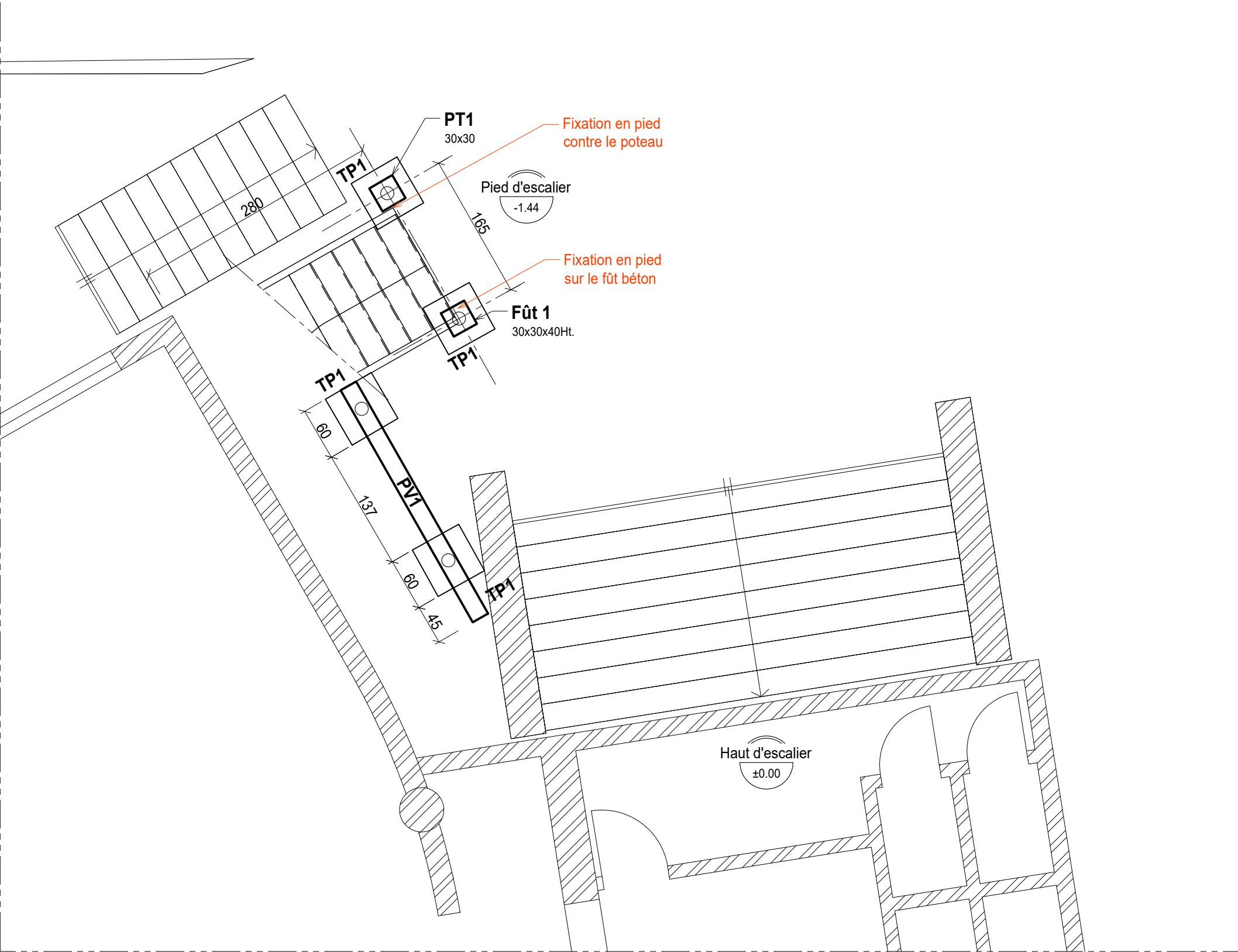
## **PLANS/DOCUMENTS STRUCTURE**





FONDATIONS

Ech:1/50



Centre d’Affaire du Zénith - 32 rue de Sarliève  
63800 COURNON D’AUVERGNE  
tel : 04 73 41 05 94 - fax : 04 73 62 39 37  
mail : contact@ideum.fr

PALAIS DE JUSTICE DE CLERMONT-FD  
CREATION D'UN ESCALIER 2UP

Dessiné par : LS  
Vérifié par : XL

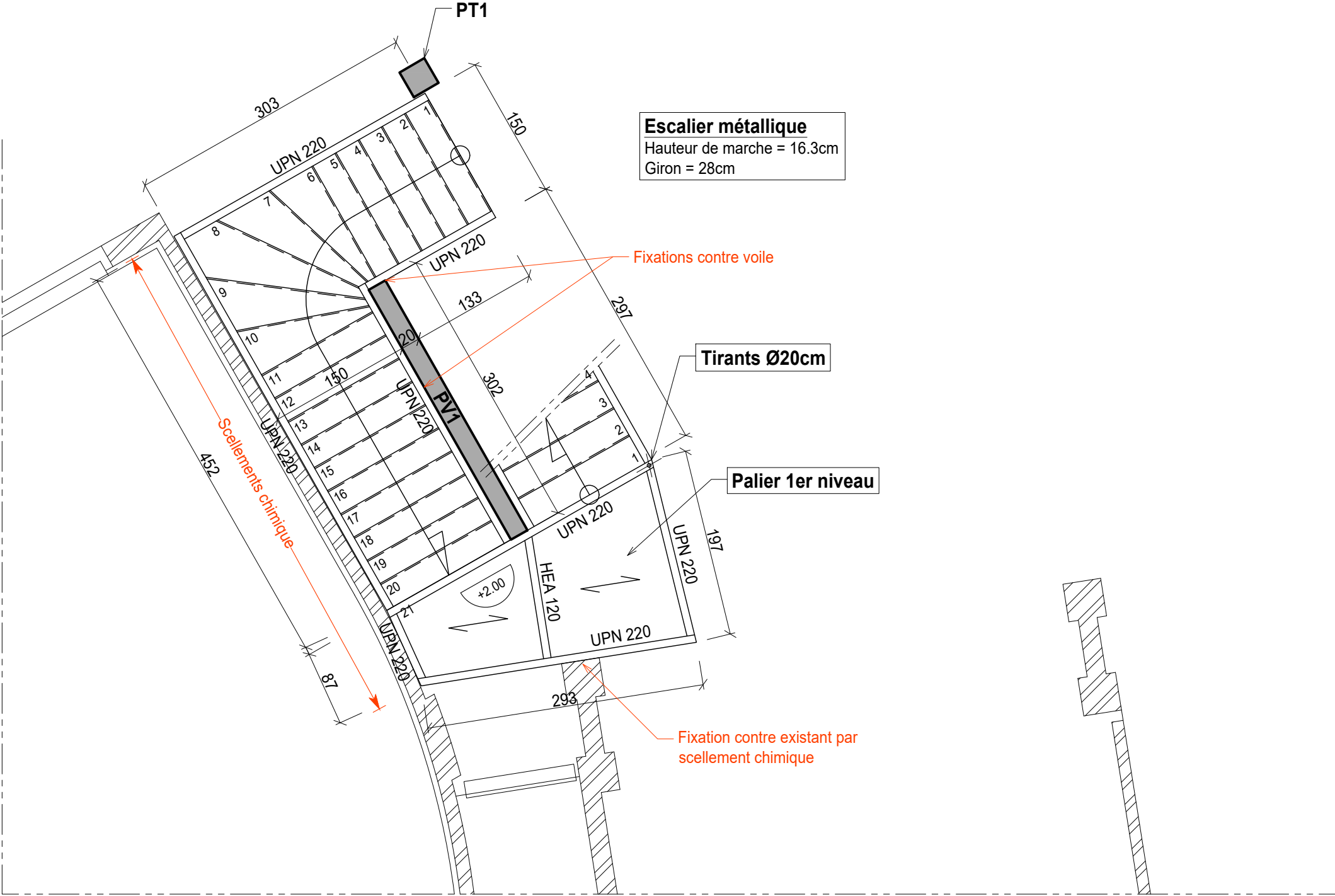
Ech. : 1/50

APD.COF.001.00

CF21A309

NIVEAU 1

Ech:1/50



Centre d'Affaire du Zénith - 32 rue de Sarliève  
63800 COURNON D'AUVERGNE  
tel : 04 73 41 05 94 - fax : 04 73 62 39 37  
mail : contact@ideum.fr

PALAIS DE JUSTICE DE CLERMONT-FD  
CREATION D'UN ESCALIER 2UP

Dessiné par : LS  
Vérifié par : XL

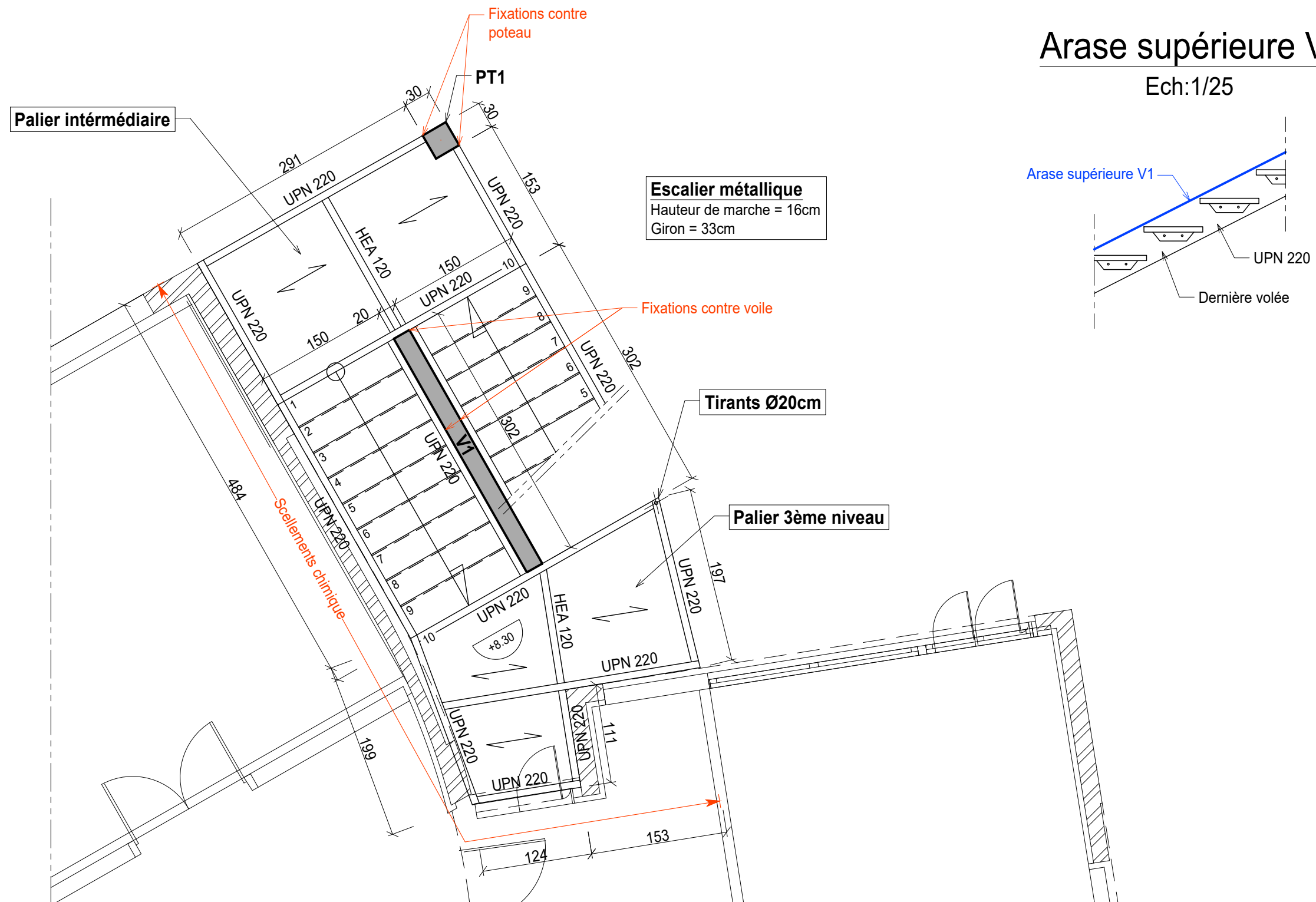
Ech. : 1/50

APD.COF.001.00

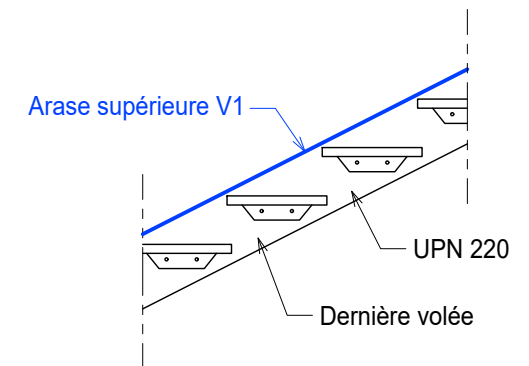
CF21A309



Ech:1/50

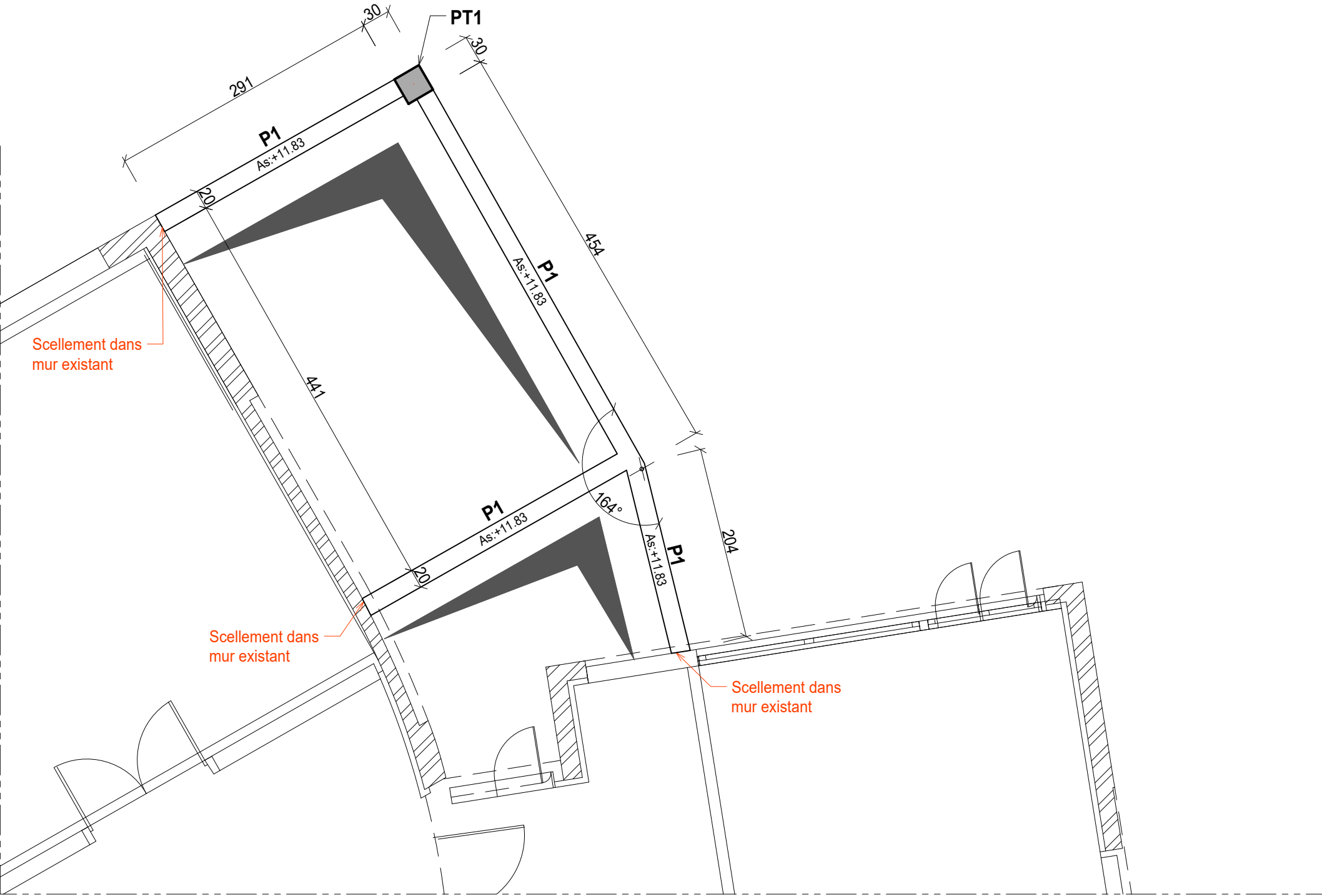


Ech:1/25



TOITURE

Ech:1/50



Centre d’Affaire du Zénith - 32 rue de Sarliève  
63800 COURNON D’AUVERGNE  
tel : 04 73 41 05 94 - fax : 04 73 62 39 37  
mail : contact@ideum.fr

PALAIS DE JUSTICE DE CLERMONT-FD  
CREATION D'UN ESCALIER 2UP

Dessiné par : LS  
Vérifié par : XL

Ech. : 1/50

APD.COF.001.00

CF21A309

# TABLEAUX DES RATIOS

TETES DE PIEU				
Désignation	L.xl. x Ht. (cm)	Nombre	Ratio (kg/m³)	Type de béton
TP1	60x60x50	4	80	C25/30

FÛT BETON			
Désignation	L. x l. x Ht. (cm)	Ratio (kg/m³)	Type de béton
Fût 1	30x30x40	50	C25/30

POUTRE-VOILE			
Désignation	Epaisseur	Ratio (kg/m³)	Type de béton
PV1	20 cm	50	C25/30

**NOTA** : AS de poutre-voile jusqu'au palier niveau 1

VOILE BA				
Désignation	Epaisseur	Ratio TS	Ratio HA	Type de béton
V1	20 cm	10 kg/m²	10 kg/m³	C25/30

POUTRES			
Désignation	l. x Ht. (cm)	Ratio (kg/m³)	Type de béton
P1	20x94Ht.	120	C25/30

POTEAUX			
Désignation	L. x l. (cm)	Ratio (kg/m³)	Type de béton
PT1	30x30	100	C25/30



Centre d’Affaire du Zénith - 32 rue de Sarliève  
63800 COURNON D’AUVERGNE  
tel : 04 73 41 05 94 - fax : 04 73 62 39 37  
mail : contact@ideum.fr

PALAIS DE JUSTICE DE CLERMONT-FD

CREATION D'UN ESCALIER 2UP

Dessiné par : LS  
Vérifié par : XL

Ech. : 1/50

APD.COF.001.00

CF21A309





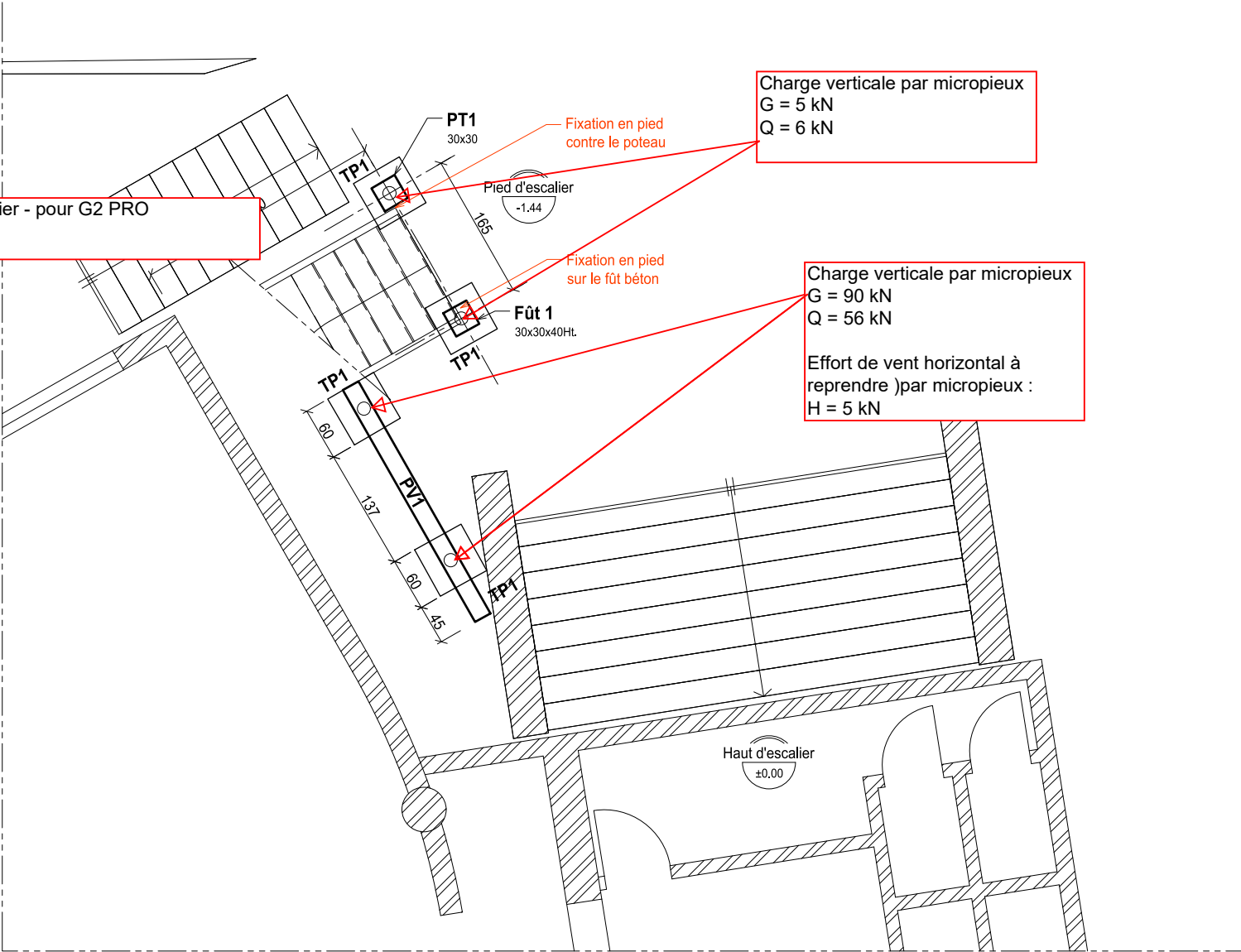
## **DESCENTES DE CHARGES FOURNIES**



FONDATIONS

Ech:1/50

DDC sur micropieux escalier - pour G2 PRO  
IDEUM - le 12/12/2024



Charge verticale par micropieux  
G = 5 kN  
Q = 6 kN

Charge verticale par micropieux  
G = 90 kN  
Q = 56 kN  
Effort de vent horizontal à reprendre )par micropieux :  
H = 5 kN

idéum

partners

Centre d'Affaire du Zénith - 32 rue de Sarliève

63800 COURNON D'AUVERGNE

tel : 04 73 41 05 94 - fax : 04 73 62 39 37

mail : contact@ideum.fr

PALAIS DE JUSTICE DE CLERMONT-FD

CREATION D'UN ESCALIER 2UP

Dessiné par : LS

Vérifié par : XL

Ech. : 1/50

APD.COF.001.00

CF21A309

2/7



## **RAPPORT MISSION G2 AVP**

# **PROJET D'ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FERRAND**



## **Etude géotechnique de conception Phase Avant-projet Rapport**

**Alpha BTP**  
Parc d'activités du Cheix  
12, rue Enrico-Fermi  
63540 ROMAGNAT  
Tél. 04 73 26 86 63 - Fax 04 73 28 06 47  
Mail : [contact@alphabtp.fr](mailto:contact@alphabtp.fr)

ALPHA BTP NORD  
RCS CLERMONT-FERRAND B 420 094 625  
SIREN : 420 094 625 - SIRET : 420 094 625 00043  
Code APE : 7112 B - N°TVA intracommunautaire : FR38 420 094 625

**A23.11.325.a/MBO**

**MAITRE D'OUVRAGE**  
**MINISTERE DE LA JUSTICE**  
**DEPT IMMOBILIER DE LYON**  
**SECRETARIAT GENERAL DIR CE**  
**20 BOULEVARD EUGENE DERUELLE**  
**69432 LYON CEDEX 03**

# Etude géotechnique de conception

## Phase Avant-projet

Le présent dossier, qui constitue un ensemble indissociable, comporte :

- le rapport d'étude géotechnique
- un cahier d'annexes de 16 pages comprenant :
  - l'enchaînement et la classification des missions géotechniques types (NFP 94-500 novembre 2013)
  - les résultats du sondage pressiométrique
  - les résultats des sondages pénétrométriques
  - le plan d'implantation des sondages
  - le pré-dimensionnement des fondations profondes de type micropieux type III établi sur le logiciel FOXTA V4®

Affaire : PROJET D'ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE PLACE DE L'ETOILE A CLERMONT-FERRAND	Date : 29/08/23	
N° dossier : A23.11.325	Indice : a	
Agence de ROMAGNAT, le chargé d'étude	M. BOUZALMATE	
Contrôle interne	L. SANZELLE	

# Sommaire

<b>1 – CADRE DE L'ETUDE.....</b>	<b>5</b>
1.1 - GENERALITES.....	5
1.2 - MISSION G2 AVP.....	5
1.3 - DOCUMENTS FOURNIS .....	6
1.4 - NORMES ET REGLES DE PRE-DIMENSIONNEMENT UTILISEES .....	6
<b>2 – CARACTERISTIQUES DU PROJET .....</b>	<b>7</b>
2.1 - DESCRIPTION DU PROJET .....	7
2.2 - DESCENTES DE CHARGE DE L'OUVRAGE.....	7
2.3 - CHAUSSEES/VOIRIES/PARKINGS.....	8
2.4 - AMENAGEMENTS EXTERIEURS/OUVRAGES ANNEXES.....	8
2.5 - DESCRIPTION DU SITE .....	8
2.6 - GEOLOGIE LOCALE .....	10
2.6.1 - <i>Cadre général</i> .....	10
2.6.2 - <i>Recherche bibliographique</i> .....	13
2.7 - SITUATION DU PROJET VIS-A-VIS DES RISQUES NATURELS .....	14
2.8 - AVOISINANTS .....	15
<b>3 – PROGRAMME D'INVESTIGATIONS.....</b>	<b>16</b>
3.1 - RECONNAISSANCES IN SITU .....	16
3.2 - ESSAIS EN LABORATOIRE.....	16
<b>4 – SYNTHESE DES RECONNAISSANCES ET ESSAIS.....</b>	<b>17</b>
4.1 - SYNTHESE GEOTECHNIQUE.....	17
4.2 - SYNTHESE GEOMECHANIQUE.....	18
4.3 - SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE.....	19
4.4 - RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE .....	19
4.5 - AVOISINANTS/EXISTANTS.....	20
<b>5 – ADAPTATION DE L'OUVRAGE AU CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE.....</b>	<b>20</b>
<b>6 – TERRASSEMENTS.....</b>	<b>22</b>
6.1 - DEBLAI.....	22
6.2 - REMBLAI .....	23
6.3 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION.....	24
<b>7 – PRINCIPE ET PRE-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS .....</b>	<b>25</b>
7.1 - FONDATIONS PROFONDES PAR MICROPIEUX TYPE III.....	25
7.2 - DISPOSITIONS PARTICULIERES DE CONCEPTION ET D'EXECUTION.....	27
<b>8 – PRINCIPE DE TRAITEMENT DES EVENTUELS NIVEAUX BAS .....</b>	<b>29</b>
<b>9 – DRAINAGE .....</b>	<b>30</b>
<b>10 – CONCLUSIONS.....</b>	<b>30</b>

# 1 – CADRE DE L'ETUDE

## 1.1 - Généralités

La présente étude est réalisée dans le cadre d'un projet de construction d'un escalier extérieur au sein du Palais de Justice de CLERMONT-FERRAND situé Place de l'Etoile.

Elle est réalisée à la demande et pour le compte de DU MINISTERE DE LA JUSTICE représenté par Mme KLING.

Elle fait suite à notre devis du 13/06/2023 et à la commande associée.

Les différents intervenants connus sur cette opération sont les suivants :

- Architecte : ANDESITE Architecture
- BET Structure : IDEUM PARTNERS
- Bureau de contrôle : NC

## 1.2 - Mission G2 AVP

Conformément à la demande du client, l'étude a été menée pour permettre :

- de définir la constitution du sous-sol (niveau et nature des différents horizons) ;
- de définir les types de fondations adaptées au projet d'escalier et d'en effectuer le pré-dimensionnement (contraintes de calcul à l'ELU et l'ELS, tassements) ;
- de définir le risque lié à la présence d'argiles potentiellement gonflantes et de préconiser en conséquence le traitement des niveaux bas ;
- de définir les modalités de réalisation des éventuels dallages et d'effectuer le pré-dimensionnement de leur couche de fondation ;
- de proposer des méthodes d'exécution des terrassements de masse et de fouilles de fondations (en fonction notamment de la tenue des formations et de la stabilité des ouvrages avoisinants) ;
- de définir l'influence de l'eau sur le projet et plus particulièrement les modalités de drainage ;
- de proposer des solutions constructives dans le cadre des plates-formes support des éventuels dallages (traitement, modalités et critères de réception, ...) ;
- d'indiquer les hypothèses à prendre en compte vis à vis des conditions sismiques du site.

A partir des définitions de la norme NFP 94.500 de novembre 2013, cette étude peut être classée dans les missions du type G2 AVP (étude géotechnique de conception - phase Avant-Projet) hors première approche des quantités.

Notons qu'il était prévu de ne pas étudier dans le cadre de cette mission :

- les ouvrages annexes éventuels et les aménagements extérieurs (voiries, parkings, soutènements, ...) ;
- les missions G5 de diagnostic géotechnique des ouvrages existants dans l'emprise du projet, G2 PRO, G2 DCE/ACT, G3 et G4 selon l'enchaînement de la norme NFP 94-500.

### **1.3 - Documents fournis**

- Eléments établis par ANDESITE architecture :
  - Plan du RDC
  - Plans des niveaux
- Cahier des charges de l'étude géotechnique établi par IDEUM PARTNERS/ANDESITE
- Plan masse avec implantation des sondages souhaités par le BET IDEUM PARTNERS

Aucun autre document ne nous a été communiqué dans le cadre de la présente étude.

### **1.4 - Normes et règles de pré-dimensionnement utilisées**

- Norme NFP 94.500 de novembre 2013 : Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications
- D.T.U. 13.3 dallages
- Eurocode 7 – Calcul Géotechnique – Norme NFP 94.251-1
- D.T.U. 13.2 fondations profondes et Eurocode 7 – Norme NFP 94.262
- D.T.U. 13.12 fondations superficielles et Eurocode 7 – Norme NFP 94.261
- Normes AFNOR concernant les différents essais de reconnaissance et en laboratoire (essais pressiométriques NFP 94-110-1 ; sondages au pénétromètre dynamique type B NFP 94-115)

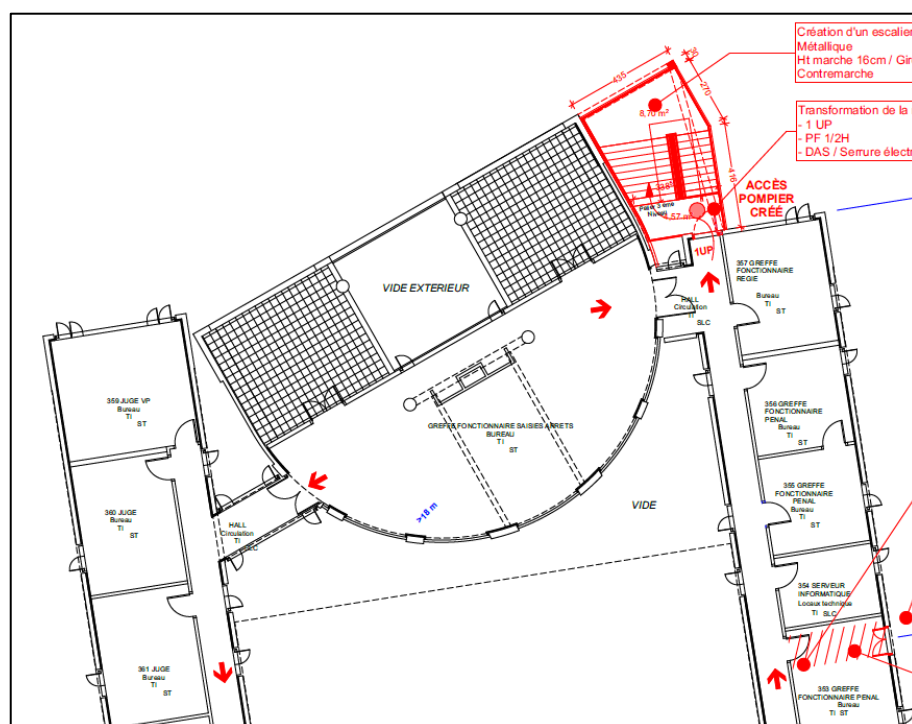


## 2 – CARACTERISTIQUES DU PROJET

### 2.1 - Description du projet

Ce projet concerne la construction d'un escalier extérieur au sein du Palais de Justice de CLERMONT-FERRAND situé Place de l'Etoile.

Cet ouvrage, desservira deux niveaux en superstructure et aucun niveau en sous-sol.



La structure de l'escalier projeté sera du type ossature béton.

La cote altimétrique du niveau bas (fini) ne nous a pas été communiquée. Elle est a priori proche du terrain naturel  $\Rightarrow$  à vérifier/modifier impérativement par la Maîtrise d'Œuvre pour valider les solutions de fondations/traitements des niveaux bas fournies dans le présent document.

### 2.2 - Descentes de charge de l'ouvrage

Aucune estimation de descentes de charges ne nous a été communiquée pour l'élaboration de ce rapport. Il conviendra de vérifier que les solutions proposées sont compatibles avec les descentes de charges de l'ouvrage. Dans le cas contraire, les conclusions de notre rapport devront éventuellement être modifiées.

## 2.3 - Chaussées/voiries/parkings

Etude hors mission.

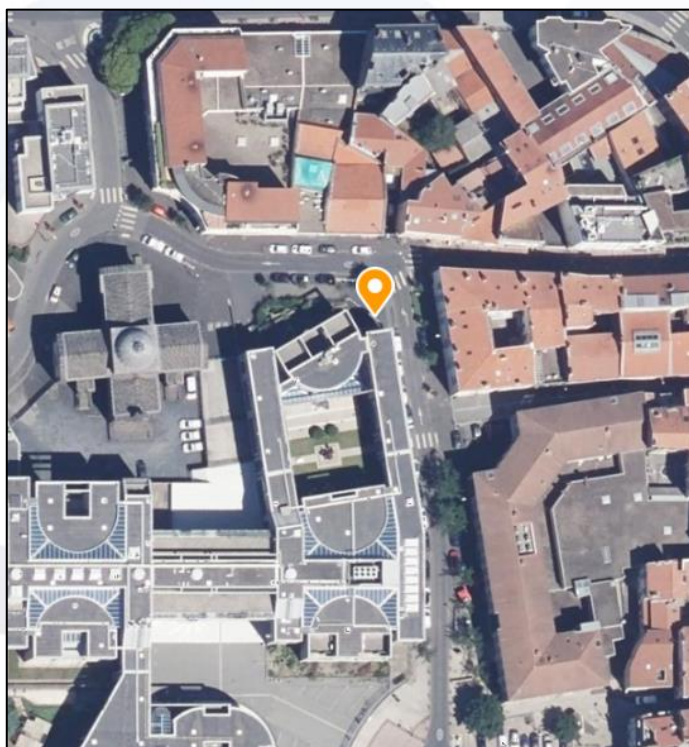
## 2.4 - Aménagements extérieurs/ouvrages annexes

Le projet de construction peut éventuellement comporter des aménagements extérieurs (voiries, parkings, ...) et des ouvrages annexes (soutènements, murs de clôture, ...)  $\Rightarrow$  études géotechniques hors mission (ALPHA BTP se tient à la disposition des concepteurs pour étudier ces éventuels ouvrages, leurs sujétions d'exécution et leurs influences éventuelles sur les ouvrages existants ou projetés).

## 2.5 - Description du site

Lors de notre intervention, le site se présentait sous la forme d'un terrain enherbé/goudronné avec de nombreux ouvrages existants (bâtiments, muret séparatif, escaliers d'accès, ...) avoisinants le projet d'escalier. La zone d'étude était moyennement accessible et sensiblement plane (faible pente générale de 3 % vers le Nord).

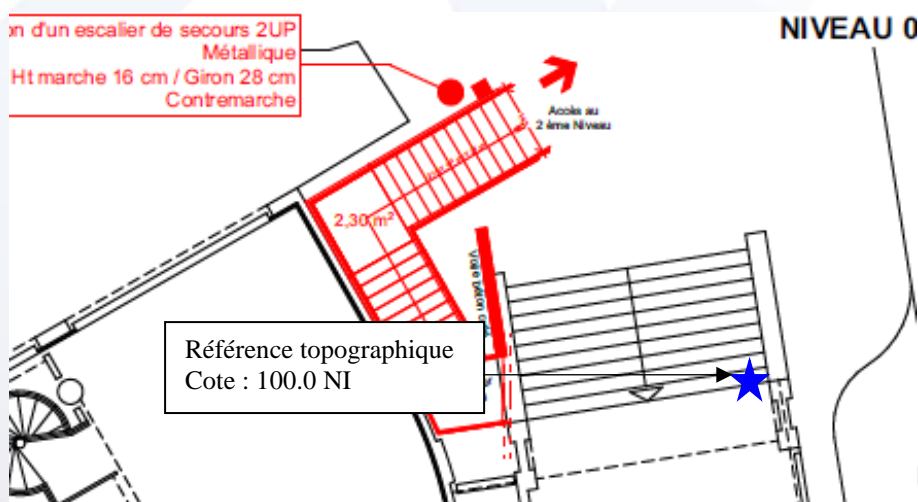
Notons également que le bâtiment de Palais de Justice existant comporte des niveaux en sous-sol à proximité immédiate du projet d'escalier dont le niveau bas envisagé en RDC.





D'après la carte IGN, l'altitude du terrain au droit du projet était comprise entre 383.5 NGF et 384.0 NGF.

Nota : en l'absence de plan topographique, l'altitude de référence 100,0 NI (Nivellement Indépendant) permettant le relevé des sondages a été prise égale à celle de la première marche (en partant du haut) des escaliers existants au Nord de la parcelle d'étude (voir schéma ci-dessous et schéma d'implantation annexé). **Ces altitudes ne sont pas rattachées au NGF ⇒ à rattacher impérativement au NGF par un géomètre lors de l'élaboration du plan topographique.**



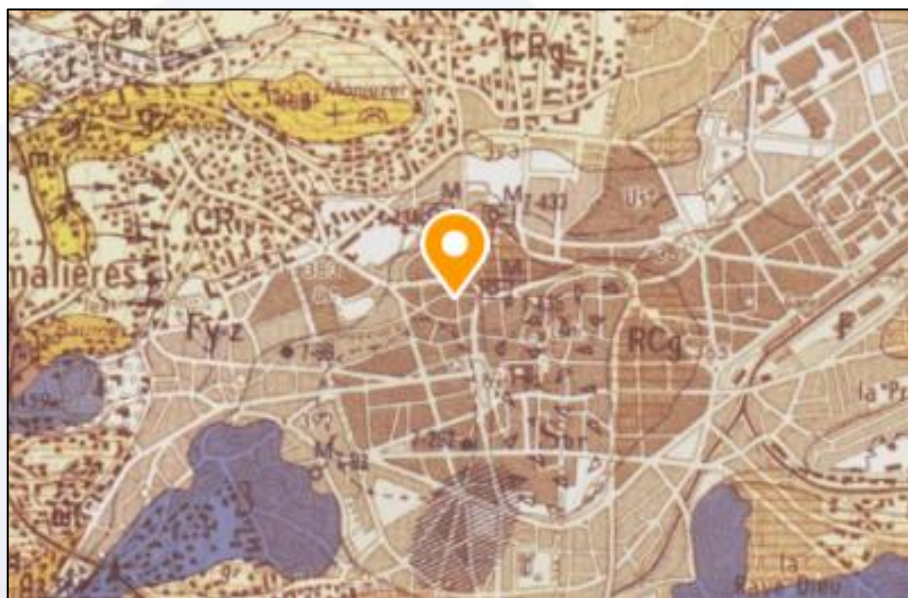




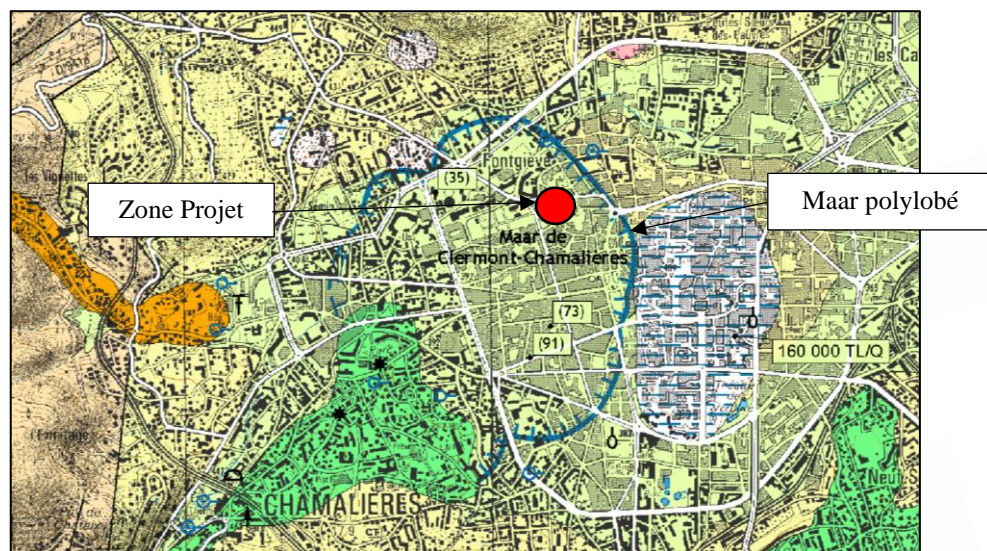
## 2.6 - Géologie locale

### 2.6.1 - Cadre général

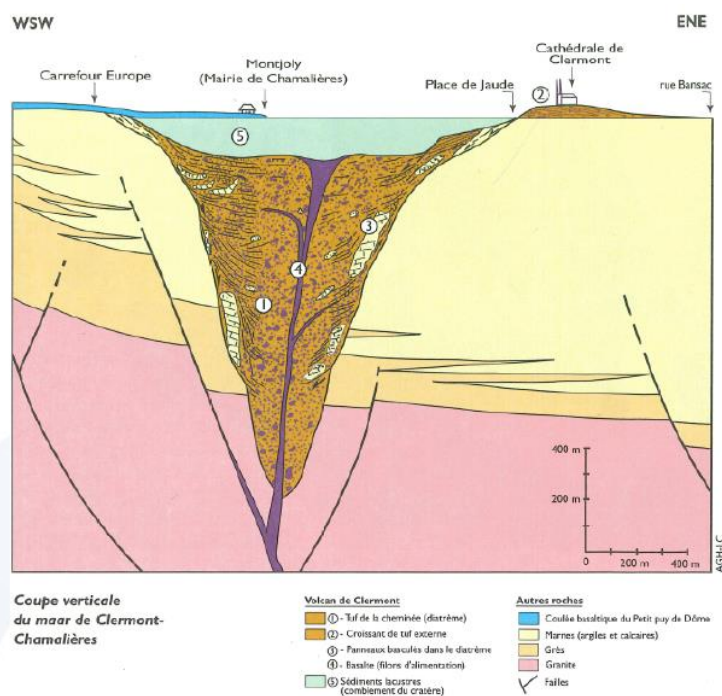
Au droit du projet et en référence à la carte géologique au 1/50000è (feuille de CLERMONT-FERRAND), la parcelle devrait être constituée, sous d'éventuels remblais, de colluvions et alluvions argilo-sableuses ou silto-argileuses de remplissage du Maar de CLERMONT-FERRAND.



*Extrait carte géologique au 1/50 000° de CLERMONT-FERRAND*



*Extrait carte géologique de la chaîne des Puys*



*Extrait du livre « Les caves de la butte de Clermont » BRGM®*

D'après la carte géologique et le Guide régional Géologique, le projet est situé au droit d'un ancien maar, édifice volcanique daté d'environ 160 000 ans → *cratère d'explosion phréato-magmatique*.

Il s'agit d'une ancienne cheminée volcanique de forme cylindrique ou cylindro-conique qui a entaillé à l'emporte-pièce le substratum pré-éruptif, en l'occurrence les marnes et marno-calcaires de l'Oligocène. D'après les recherches récentes, le Maar de Clermont-Ferrand serait polylobé et pourrait correspondre à plusieurs phénomènes éruptifs.



La dépression centrale ainsi constituée d'un diamètre d'environ 1.5 à 2.0 km s'est remplie d'eau puis s'est comblée de sédiments lacustres (silts et sables) voire de sédiments fluviatiles (sables grossiers, silts et argiles molles) selon les divagations de la Tiretaine et au niveau des zones de delta.

Il est à noter une particularité géotechnique/hydrogéotechnique liée aux remontées hydrothermales ou thermo-minérales bien connues dans la zone du Maar de Clermont-Ferrand → plusieurs fontaines pétifiantes. Il s'agit de remontées thermales riches en CO<sub>2</sub> par phénomène de gaz lift.

Les formations alluviales les plus superficielles sont fréquemment le siège de phénomènes de précipitations des sels dissous contenus dans l'eau incrustante du Maar (remontées fissurales dans les marnes d'origine profonde). Ces précipitations créent des « plaques indurées » (travertins) d'épaisseur et d'extension extrêmement variables. Ces remontées fissurales peuvent également créer localement des griffons ⇒ remontées artésiennes thermo-minérales.

Dans la zone du projet, le substratum est probablement situé à des profondeurs très importantes (> 50/80 m).

Les formations superficielles de remplissage du Maar sont surmontées de remblais plus ou moins récents compte tenu du passé de la zone.

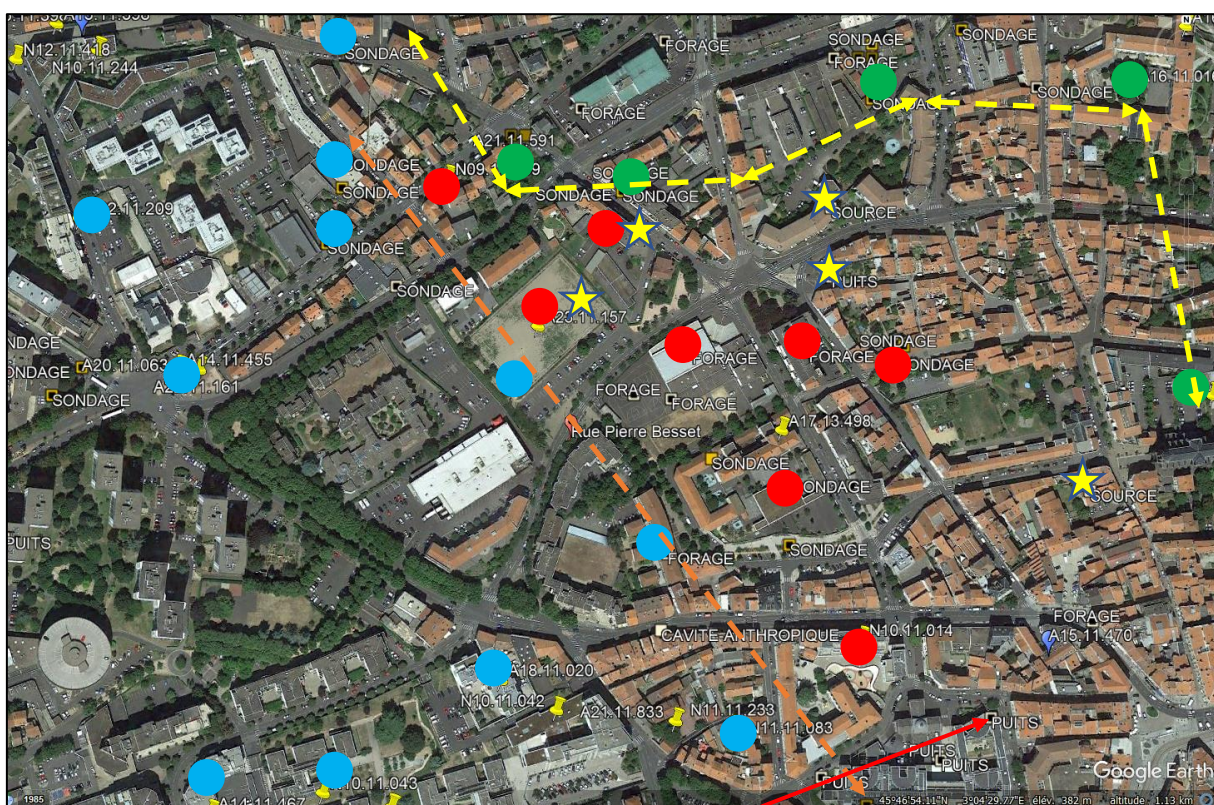
Notons les risques spécifiques liés :

- à la sensibilité hydrique des sols argileux potentiellement présents,
- à **l'hétérogénéité lithologique du site** compte tenu du contexte géologique présumé (hétérogénéités lithologiques probables verticales et horizontales),
- à **la compressibilité très importante des formations de remplissage du Maar,**
- à **la présence de travertins/bancs indurés/graveleux pouvant nécessiter l'adaptation des moyens de terrassement et de réalisation des fondations,**
- **aux remontées hydrothermales et/ou gazeuses ≈ griffons,**
- à la présence possible de vestiges anthropiques enterrés (fondations, dalles, maçonnerie,...) et/ou de fouilles/tranchées remblayées de façon précaire et pouvant générer des risques de tassements différentiels sous dallage et de risques d'approfondissement/disparition des niveaux porteurs,

- à la présence possible de zones ayant fait l'objet (ou devant faire) de **fouilles archéologiques**. Ces fouilles correspondent à des zones non répertoriées pouvant présenter des **surépaisseurs de formations remaniées/remblayées** de faibles caractéristiques mécaniques  $\Rightarrow$  le cas échéant un plan détaillé de localisation des fouilles archéologiques devra être fourni pour une meilleure appréhension des risques liés aux excavations (surprofondeurs de fondations, éboulement, ...),
- à la présence éventuelle de polluants naturels ou anthropiques dans les sols et/ou dans la nappe  $\Rightarrow$  diagnostic hors mission à prévoir le cas échéant,
- ...

## 2.6.2 - Recherche bibliographique

Une recherche bibliographique a été menée afin d'identifier les opérations de sondages et d'études géotechniques menées à proximité du site du projet. La carte suivante a pu être dressée :



Projet

Avec :

● Zone à dominante silteuse compressible + travertins +/- épais +/- continus sous remblais

● Zone à dominante sableuse +/- argileuse +/- travertinisée en tête sous remblais

● Zone où le substratum marneux a été identifié à +/- grande profondeur

★ Sources artésiennes

← — — — — — → Limite possible zone de silts/zone de sables silteux




← — — — — — → Limite possible zone de substratum/zone de silt → bordure du Maar

## 2.7 - Situation du projet vis-à-vis des risques naturels






Argiles - sismique - inondation - radon - cavités - mouvements de terrain

Ci-dessous un tableau synthétique des risques naturels recensés au niveau du projet étudié (informations disponibles sur [georisque.gouv.fr](http://georisque.gouv.fr)) :

Type de risque	Niveau de risque
 Retrait/gonflement des sols argileux	<p><b>Aléa faible à proximité d'une zone d'aléa fort</b></p> <p>Nombre d'arrêtés cat-nat « sécheresse » pris sur la commune : <b>8</b></p> <p><b>Risques modérés à élevés</b></p>
 Séismes	<p><b>Zone 3 – Aléa modéré</b></p> <p>Classification du sol : « <b>D</b> »</p> <p>Paramètre S : <b>1.6</b></p> <p>Catégorie de l'ouvrage : <b>IV</b></p> <p>Coefficient d'importance : <math>\gamma_I = 1.4</math></p> <p>Accélération du sol : <math>a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2</math></p> <p>Classe de ductibilité → à définir par le BET Structure (1)</p>
 Inondation	<p><b>Concerné</b></p> <p>Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) : <b>oui</b></p> <p>Plan de prévention du risque inondation (PPRn) : <b>oui</b></p> <p><b>Hors zone de prescription</b> → cf. services préfectoraux</p>

A vérifier/valider par la Maîtrise d'Œuvre



 Radon	Potentiel de catégorie : <b>3</b> <b>Potentiel significatif</b>
 Cavités	<b>Hors zone de risque</b> Plan de prévention : non Présence de cavité dans un rayon de 500 m : non
 Mouvements de terrain	<b>Hors zone de risque</b> Plan de prévention : non Présence de mouvements de terrain dans un rayon de 500 m : non

(1) Il revient aux concepteurs, en fonction de la catégorie d'importance de l'ouvrage projeté, de déterminer les règles parasismiques applicables.

## 2.8 - Avoisinants

Les avoisinants suivants ont été recensés :

- Bâtiments : Ouvrages en périphérie de la zone de projet (Palais de Justice au moins en partie sur sous-sol) → **en zone d'influence géotechnique ;**
- Voiries : Rue de l'Ange à l'Est ; rue Sainte Rose au Nord : → **en zone d'influence géotechnique ;**
- Réseaux : Associés aux bâtiments, aux voiries et aux réseaux existants ;
- Autres : Portail d'accès ; escaliers d'accès → **en zone d'influence géotechnique.**

### 3 – PROGRAMME D'INVESTIGATIONS

Compte tenu des recommandations sur la consistance des investigations géotechniques de l'union syndicale géotechnique, de notre bonne connaissance préalable du site, de l'implantation des sondages souhaités par IDEUM PARTNER et du niveau de complexité de l'adaptation au sol de l'ouvrage, le programme d'investigations suivant a été mis en œuvre :

#### 3.1 - Reconnaissances in situ

- 1 sondage pressiométrique à la tarière (SP1) pour :
  - l'identification des formations en profondeur,
  - la réalisation d'essais in situ (détermination des pressions limites et modules pressiométriques),
  - l'étalonnage des sondages pénétrométriques.

Nota : Ce forage a été réalisé avec enregistrement des paramètres de foration (vitesse d'avancement, couple, pression sur l'outil, ...)

- 2 sondages au pénétromètre dynamique (P2 et P3) pour :
  - l'évaluation des caractéristiques relatives des différents horizons,
  - la vérification de l'homogénéité du site.

Nota : Ces sondages ont été descendus à 15.8 m.

L'implantation des différents sondages et essais in situ figure sur le schéma d'implantation annexé.

Les résultats des différents sondages et essais in situ sont annexés.

#### 3.2 - Essais en laboratoire

Aucun essai de laboratoire n'a été réalisé dans le cadre de cette étude.

## 4 – SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES ET ESSAIS

### 4.1 - Synthèse géotechnique

L'examen de l'ensemble des résultats nous permet de dresser la coupe schématique suivante :

- Formation « 1 » - Remblais sablo-argileux superficiels, marron-vert à blocs peu denses à moyennement denses
- Formation « 2 » - Sables et argiles tout ou partie remblayés peu denses/peu fermes à passages de blocs/vestiges
- Formation « 2' » - Sables +/- argileux tout ou partie remblayés plus denses
- Formation « 3 » - Silts sableux à bancs indurés/travertinisés et/ou à passages graveleux moyennement denses
- Formation « 4 » - Sables silteux très moyennement denses

Le niveau du toit des formations relevé au droit des principaux sondages est repris ci-après :

Sondages		SP1	P1	P2
Altitudes NI		98.7	98.7	98.8
Formation N°2	Prof (m/TN)	0.8	0.8	0.6
	NI	97.9	97.9	98.2
Formation N°2'	Prof (m/TN)	5.8	5.8	5.0
	NI	92.9	92.9	93.8
Formation N°3	Prof (m/TN)	8.8	8.8	8.2
	NI	89.9	89.9	90.6
Formation N°4	Prof (m/TN)	12.0	12.0	12.0
	NI	86.7	86.7	86.8

## 4.2 - Synthèse géomécanique

L'interprétation des différentes valeurs mesurées sur le site nous permet de dresser le tableau de synthèse ci-dessous. Celui-ci a notamment pour but de fixer les hypothèses à retenir dans les calculs de pré-dimensionnement des ouvrages.

Couche	Limite inférieure de la couche (m/TN)	Résistance de pointe dynamique Qd (MPa)	Pression limite P <sub>l</sub> (MPa)	Module pressiométrique E <sub>M</sub> (MPa)	Coefficient Rhéologique $\alpha$
Formation « 1 »	0.6/0.8	5 à 18 (*)	Non mesurés		1
Formation « 2 »	5.0/5.8	1 à 25 (*)	0.16 à 0.44	2.8 à 4.8	1
Formation « 2' »	8.2/8.8	0.5 à 20 (**)	0.21 à 1.91	3.5 à 18.3	1
Formation « 3 »	12.0	2 à 23 (***)	0.31 à 0.63	2.1 à 7.1	1/2
Formation « 4 »	> 20.5	3 à 6	0.61 à 1.38	7.9 à 26.4	1/2

(\*) : Valeur de Qd élevée probablement liée aux passages de blocs.

(\*\*) : Horizon de compacité plus élevée en P1.

(\*\*\*) : Horizon de compacité plus élevée en P2.

Notons :

- Les possibles variations significatives de niveaux des différents horizons entre points de sondages ;
- La présence de formations argileuses tout ou partie remblayées (formation « 1 » et « 2 ») à blocs par passages présentant des caractéristiques mécaniques très médiocres → **Qd moyen ≈ 2.5 MPa** ;
- Des passages de compacité élevée au sein de la formation « 2 » correspondant probablement à des passages de blocs ;
- L'identification à partir de 5.0/5.8 m/TN actuel d'une formation sableuse +/- argileuse tout ou partie remblayée (formation « 2' ») de compacité plus élevée notamment en P1 ;
- La présence à partir de 8.2/8.8 m/TN actuel de formations sablo-silteuses (formation « 3 » et « 4 ») de compacité médiocre à moyenne ;
- Des passages de compacité +/- élevée au sein de la formation « 3 » probablement liés à des passages travertinisés/indurés/graveleux ;

- L'absence du substratum marneux incompressible et non altéré jusqu'aux profondeurs investiguées (20.5 m/TN actuel) ;
- ...

Rappelons que les sondages destructifs ne permettent qu'une précision approximative d'environ 1.0 m sur les coupes fournies liée au délai de remontée des cuttings en surface.

Par ailleurs, les sondages sont des relevés ponctuels et de ce fait, des variations latérales de lithologie sont possibles (anomalie localisée non décelée). Seule la multiplication des points d'investigation pourrait permettre de limiter ce risque sans pouvoir l'annihiler totalement.

ALPHA BTP se tient à disposition pour réaliser cette prestation complémentaire.

### 4.3 - Synthèse hydrogéologique

Un niveau d'eau a été relevé dans un piézomètre situé à proximité de la zone d'étude (à la date suivante) :

Date		06/07/2023
Altitudes NI		98.7
Relevé piézomètre	Prof (m/TN)	7.8
	NI	90.9

Seul un suivi piézométrique sur une période minimum de 1 an permettrait de déterminer l'amplitude des variations de la nappe.

Il conviendra de vérifier auprès des services compétents **les niveaux EB, EH, EE (voir DTU 14.1)**.

### 4.4 - Résultats des essais en laboratoire

Sans objet.

#### 4.5 - Avoisinants/existants

Aucune reconnaissance n'était prévue d'être réalisée au droit des ouvrages avoisinants et existants futurs mitoyens au projet d'escalier → à prévoir le cas échéant en cas d'interactions entre les fondations du projet et les fondations des ouvrages existants ou projetés, notamment vis-à-vis du bâtiment existant présentant localement un sous-sol enterré (Palais de Justice).

ALPHA BTP se tient à la disposition du Maître d'Ouvrage pour étudier les éventuelles interactions (terrassement/fondations) entre le projet d'escalier et les ouvrages existants/avoisinants dans le cadre d'une mission spécifique G5 ou globale G2 PRO (étude géotechnique de conception-Phase Projet).

### 5 – ADAPTATION DE L'OUVRAGE AU CONTEXTE GEOTECHNIQUE DU SITE

Les investigations réalisées ont permis de mettre en évidence un site au contexte géotechnique particulièrement médiocre, marqué par :

- La zone d'aléa faible mais à proximité d'une zone d'aléa fort vis-à-vis du risque de retrait/gonflement des sols ;
- Le contexte géologique très particulier du site lié à la présence du Maar de CLERMONT-FERRAND ;
- La présence de formations argilo-sableuses tout ou partie remblayées (formation « 1 » et « 2 ») à blocs par passages présentant des caractéristiques mécaniques très médiocres → **Qd moyen  $\approx$  2.5 MPa** ;
- Des passages de compacité élevée au sein de la formation « 2 » correspondant probablement à des passages de blocs ;
- L'identification à partir de 5.0/5.8 m/TN actuel d'une formation sableuse +/- argileuse tout ou partie remblayée (formation « 2' ») de compacité globalement plus élevée notamment en P1 ;
- La présence à partir de 8.2/8.8 m/TN actuel de formations sablo-silteuses (formation « 3 » et « 4 ») de compacité médiocre à moyenne ;
- Des passages de compacité +/- élevée au sein de la formation « 3 » probablement liés à des passages travertinisés/indurés/graveleux => attention aux problématiques de forage/d'exécution des micropieux ;

- L'absence du substratum marneux incompressible et non altéré jusqu'aux profondeurs investiguées (20.5 m/TN actuel) ;
- ...

*L'ensemble des éléments évoqué ci-avant et notamment la nature particulièrement compressible et la compacité médiocre des formations superficielles, tout ou partie remblayées, conduit à proscrire toutes solutions de fondations superficielles ou semi-profondes (tassements absolus et différentiels très importants, contrainte de calcul trop faible, ...). De même, les solutions de dallage sur terre-plein seront prosrites.*

Compte tenu de ce qui précède et de la définition du projet (implantation, typologie, deux niveaux en superstructure, ...), les solutions de fondations/traitements des niveaux bas suivantes devraient pouvoir être envisagées :

- fondations profondes par micropieux de type III a minima ancrés au sein de la formation « 4 » : *Sables silteux très moyennement denses* identifiés à partir de 12.0 m/TN actuel,
- dalle portée/plancher sur vide sanitaire **quelle que soit la destination des locaux.**

Remarques importantes :

- Les éventuels remblais de surélévation du terrain naturel contigus ou sous les ouvrages et notamment dissymétriques seront à **proscrire ou à considérer dans le dimensionnement des micropieux** (tassements différentiels, frottements négatifs sur les fondations, perte de capacité portante des fondations, ...),  
     ⇒ **privilégier les ouvrages de type terrasses portées sur vide technique, ...**
- Les sous-sols partiels et/ou niveaux décalés induisent des risques aggravants de désordres ; **les unités différemment chargées et/ou présentant des niveaux bas différents devront impérativement être séparées par des joints de fractionnement ou de dilatation selon le cas,**
- Un joint de fractionnement devra être prévu entre l'ouvrage projeté et ouvrage d'origine y compris au niveau des dalles ⇒ risques de décalage,
- L'ouvrage devra être particulièrement rigidifié (chaînages hauts, bas, longrines, raidisseurs verticaux, ...) pour pallier d'éventuels tassements différentiels.

## 6 – TERRASSEMENTS

### 6.1 - Déblai

A priori sans objet hormis la réalisation des fouilles des longrines et des têtes de micropieux. Si tel n'est pas le cas, ALPHA BTP se tient à la disposition des concepteurs pour étudier ces éventuels ouvrages, leurs sujétions d'exécution et leurs influences éventuelles sur les ouvrages existants ou projetés (instabilité, ...).

Ces terrassements pourront être réalisés **partiellement** à l'aide de matériel classique de moyenne puissance. Localement, notamment au sein des remblais à blocs (présence possibles de vestiges de construction de type anciennes fondations, maçonnerie, dalles, ... et au sein des passages graveleux/travertinisés/indurés, des matériels de plus forte puissance ou spécifiques (brise-roche, pelle puissante, ...) seront probablement nécessaires.

Dans les zones de talutage possible et exemptes d'avoisinants ou mitoyens, les pentes de talus provisoire maximum suivantes seront adoptées dans les formations « 1 » à « 2' » :  
→ 3 Base/2 Hauteurs à 2 Bases/1 Hauteur.

Des mesures complémentaires devront être mises en œuvre pour assurer la stabilité des talus (à préciser impérativement en phase « étude de projet » et/ou en phase chantier) :

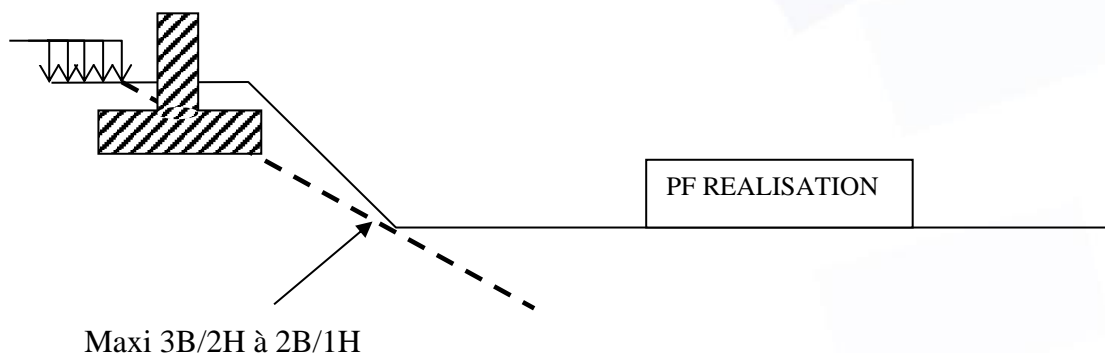
- blindage, ...
- adoucissements localisés des pentes des talus,
- neutralisation de toutes surcharges (y compris circulation) en tête des talus sur une largeur mini égale à 1,5 fois la hauteur des talus,
- protection des talus vis à vis des eaux de ruissellement,
- collecte et évacuation des eaux superficielles,
- drainage, ...

En cas de mouvements ou de venues d'eau apparaissant lors du terrassement, l'avis d'un géotechnicien devra être pris afin d'adapter les modes de mise en sécurité des talus ⇒ **mission de suivi géotechnique d'exécution G3**.

ALPHA BTP	Rapport « A23.11.325.a/MBO »	29/08/2023	Page 22 sur 31
-----------	------------------------------	------------	----------------



Les terrassements, **notamment entre ouvrages projetés et vis-à-vis des ouvrages avoisinants/mitoyens**, devront être effectués en respectant les pentes de talus fictifs schématisées ci-après :



Dans les zones où le talutage est impossible (**voiries**, zones exigües, mitoyens, limites de propriété, réseaux, ...), des soutènements provisoires devront être envisagés (blindage, parois berlinoise, ...).

Le type de soutènement devra être retenu en fonction :

- Des conditions de fondations des futurs mitoyens,
- De la présence de voiries circulées le long de la parcelle,
- **De la présence de réseaux le long des terrassements.**

Les éventuels soutènements devront impérativement être étudiés, dimensionnés et validés dans le cadre d'une mission de type G2 PRO selon la norme NFP 94.500.

## 6.2 - Remblai

### Remblais courants :

A priori sans objet. Si tel n'est pas le cas, ALPHA BTP se tient à la disposition des concepteurs pour étudier ces éventuels ouvrages, leurs sujétions d'exécution et leurs influences éventuelles sur les ouvrages existants ou projetés (tassements, frottements négatifs sur les micropieux, ...), notamment vis-à-vis des tassements de consolidation consécutifs à leur mise en œuvre.

**Rappelons que les remblais de surélévation du terrain naturel supérieurs à 0.5 m sont à proscrire ou à considérer dans le dimensionnement des micropieux.**

ALPHA BTP	Rapport « A23.11.325.a/MBO »	29/08/2023	Page 23 sur 31
-----------	------------------------------	------------	----------------

### **Remblayage de tranchées :**

Le remblayage de tranchées sera réalisé à l'aide de matériaux sains, insensibles à l'eau (type D3), sélectionnés et mis en œuvre conformément au Guide SETRA LCPC (Guide de Remblayage des Tranchées).

Pour les réseaux situés sous des futurs espaces verts, un objectif q4 sera recherché sur toute la hauteur remblayée (à confirmer par la Maîtrise d'Ouvrage). Pour les réseaux sous les voiries, l'objectif sera de type q3 avec une finition en q2.

### **6.3 - Dispositions particulières de conception et d'exécution**

- ***Avoisinants/mitoyens***

La réalisation du projet nécessite la réalisation de terrassements (y compris terrassements des fouilles des longrines et des têtes de micropieux) à proximité immédiate d'avoisinants sensibles de type **bâtiments existants, escaliers existants, voiries, muret séparatif, portail**, réseaux, ... (déstabilisation éventuelle par les travaux de terrassement envisagés). Toutes dispositions (du type respect des angles d'influence à 3B/2H à 2B/1H, blindage, soutènement provisoire, reprise en sous-œuvre, terrassement par tronçons alternés, toutes mesures éventuelles définies en 6.1, ...) devront être envisagées pour assurer leur stabilité.

Il devra être tenu compte dans l'implantation des fondations du fait que les fondations existantes peuvent être largement débordantes → cf. DOE des travaux de fondations du palais de justice ou réalisation de reconnaissances de fondations dédiées.

Dans le cadre de solutions de protection/stabilisation des avoisinants, une étude complémentaire pourra être effectuée par ALPHA BTP dans le cadre d'une mission spécifique du type G5 ou d'une mission globale de conception de type G2 PRO (Norme NFP 94.500).

ALPHA BTP	Rapport « A23.11.325.a/MBO »	29/08/2023	Page 24 sur 31
-----------	------------------------------	------------	----------------

- **Précautions de réalisation**

Les moyens spécifiques de terrassement (du type brise roche, compacteur vibrant, ...) devront être sélectionnés et adaptés pour ne pas induire de désordres sur les ouvrages existants (vibrations, ...).

Un traitement de l'arase terrassement (géotextile, plateforme de travail sur mini 0.3 m en GNT 0/80 avec  $EV2 \geq 30$  MPa, couche de forme, drainage, ...) devra être prévu pour assurer la traficabilité en phase chantier. Des contrôles éventuels seront à réaliser pour réception.

**Notons que les couches de fondations et/ou de remblais insensibles à l'eau devront être mises en œuvre sans délai après réalisation des terrassements pour éviter la dégradation des fonds de forme sous les effets climatiques.**

## 7 – PRINCIPE ET PRE-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS

### 7.1 - Fondations profondes par micropieux type III

Ce type de fondations pourra être retenu dans le cadre de micropieux de type III a minima au vu des faibles caractéristiques des sols en présence.

Un ancrage de 3.0 m minimum devra être assuré au sein de la formation « 4 » : *Sables silteux très moyennement denses* identifiée à partir de 12.0 m/TN actuel  $\Rightarrow$  fiche de micropieux à adapter impérativement aux fluctuations de l'horizon d'ancrage, à l'altitude de la plateforme de terrassement et aux descentes de charges.

Un exemple de pré-dimensionnement de micropieux « micropieux type III » est fourni en annexe selon 2 diamètres type (200 et 250 mm).

L'entreprise de fondations spéciales devra néanmoins vérifier la faisabilité d'une technique micropieu type III en fonction du matériel dont elle dispose et des vestiges anthropiques (anciennes fondations, dalles, maçonneries, ...) ou blocs, niveaux graveleux/indurés ou travertinisés devant être traversés  $\rightarrow$  **technique ODEX ou équivalent impératif.**

Conformément à la norme NFP 94-262, des dispositions spécifiques seront à prendre lors de la réalisation des micropieux type III :

- utilisation d'un matériel adapté : tubes à manchettes, obturateurs, pompes d'injection, bergataire, ...) ayant tous fait l'objet de contrôles conduisant par la suite à l'élaboration du suivi d'exécution G3,
- des enregistrements **en continu** des différents paramètres de forage et d'injection (relevé de la pression/du volume du coulis de gaine et du coulis de claquage, ...),
- contrôle de la production de coulis (densité, viscosité, RC,...).

Un fonctionnement inadapté des différents appareils de contrôle nécessite des justifications qui, si elles ne sont pas produites, peuvent conduire à reconsidérer la catégorie du micropieu de type III en type II.

De même, la présence d'eau et la mauvaise tenue des parois des formations en présence conduit à **interdire** toutes solutions de forage des micropieux en tarière ou en technique auto-forant. Ils devront être réalisés à l'abri d'un tubage provisoire **de type ODEX** ou équivalent pour assurer la continuité du fût.

Les paramètres à prendre en compte pour le dimensionnement des fondations profondes (micropieux type III) sont les suivants :

Formation	Classe de sol	$E_M$ (MPa)	$P_f$ (MPa)	$P_l$ (MPa)	$Q_s$ (kPa)	$\alpha$
Formation « 1 »	Sols intermédiaires à tendance sableuse	5	0.29	0.50	0 (*)	1
Formation « 2 »	Sols intermédiaires à tendance sableuse	3	0.14	0.25	0 (*)	1
Formation « 2' »	Sols intermédiaires à tendance sableuse	3.5	0.17	0.30	0 (*)	2/3
Formation « 3 »	Sols intermédiaires à tendance sableuse	3	0.14	0.25	47	2/3 à 1
Formation « 4 »	Sols intermédiaires à tendances sableuse	9	0.41	0.70	110	2/3

(\*) Frottement latéral à neutraliser jusqu'à la base de la formation « 2' » : Sables +/- argileux tout ou partie remblayés + denses.

### **Justification des armatures des micropieux**

Les armatures, impérativement de type tube (barre y compris auto-forante proscrite) **devront impérativement être vérifiées au flambement selon la méthode de Mandel ou équivalent**. Les éléments d'armature seront liaisonnés par manchons filetés. *Ils présenteront un double tubage à forte inertie sur 6.0 m minimum.*

**Les micropieux devront par ailleurs être dimensionnés vis-à-vis des efforts horizontaux et des moments en tête dans le cadre de la mission G3 entreprise.**

Le type de structure DCL ou DCM devra être fourni par le BET Structure à l'entreprise de fondations spéciales pour la bonne prise en compte des règles parasismiques applicables. Les armatures seront soumises à l'approbation du BET Structure ou du Bureau de contrôle.

### **Remarques :**

- Le dimensionnement des fondations profondes devra impérativement être réalisé dans le cadre d'une **mission G2 PRO** après définition du projet, établissement des descentes de charges et plans de fondation ;
- Un suivi et/ou une supervision géotechnique d'exécution (mission G3 et/ou G4) devront impérativement être envisagés pour :
  - établir la NDC des fondations spéciales,
  - suivre l'exécution des micropieux,
  - superviser l'autocontrôle de l'entreprise.

## **7.2 - Dispositions particulières de conception et d'exécution**

- ***Paramètres de pré-dimensionnement***

En l'absence de données concernant la présence de surcharges réparties au voisinage des micropieux, l'exemple de pré-dimensionnement de ceux-ci ne tient pas compte d'une diminution de capacité portante due à l'éventuel frottement négatif. S'il est effectivement prévu une application de surcharges réparties, il conviendra de revoir le calcul effectué.

Il devra être tenu compte dans le dimensionnement des fondations (ancrage, dimensions, Ø, tubes d'armatures, ...) des efforts parasites éventuels (efforts horizontaux, poussée latérale, ...).

Le cahier des clauses Spéciales du DTU 13.2 prévoit que la profondeur de la reconnaissance préalable doit atteindre au moins cinq mètres et sept diamètres sous la base des micropieux. Selon les Eurocodes, les reconnaissances préalables doivent atteindre a minima 6.0 m sous la base de l'élément de fondation le plus profond. Compte tenu du contexte local (substratum non atteint, Maar de Clermont-Ferrand, ...), la présence de couches molles sous-jacente est possible voire probable. ALPHA BTP se tient à la disposition du Maître d'Ouvrage ou de l'entreprise réalisatrice en charge de la mission G3 pour réaliser des investigations complémentaires.

- **Précautions de mise en œuvre**

Les fondations seront exécutées conformément aux préconisations des Eurocodes 7 et du DTU 13.2 en tenant compte notamment :

- de l'instabilité potentielle des formations superficielles notamment remblayées (**tubage ODEX ou équivalent impératif**, blindage, coffrage, bétonnage immédiat après réalisation des fouilles des longrines et des micropieux, ...),
- de la sensibilité à l'eau des sols (éviter la dessiccation ou la saturation des sols d'ancrage avant bétonnage des fouilles des longrines et des têtes de micropieux),
- des venues d'eau pouvant être importantes voire artésiennes (**tubage ODEX ou équivalent impératif**, pompage, drainage, utilisation de tube plongeur, ...),
- du traitement des sols support des têtes de micropieux et des longrines (prévoir notamment le traitement des fonds de fouilles a priori remaniés lors de leur terrassement),
- du gel, des arrivées d'eau, des différentes causes d'affouillement, ...,
- **de l'agressivité de l'eau ou du sol vis à vis du coulis → *agressivité de type XA3 à considérer*,**

- de l'adaptation des moyens prévus par l'entreprise qui devront permettre la réalisation des terrassements de fouille des longrines et des têtes de micropieux en limitant les vibrations pour éviter tous désordres sur les ouvrages avoisinants (en tenant compte notamment de passages de blocs, de vestiges possibles enterrés de type anciennes fondations, dalles, maçonnerie, ...) → **pelle puissante, BRH, ...**

L'entreprise devra d'autre part s'assurer que le type de micropieux et le matériel retenus lui permettront le terrassement des couches raides (présence d'éventuels vestiges anthropiques enterrés (anciennes fondations, dalles, maçonneries, ...), de blocs de dimensions +/- importantes, de bancs graveleux/indurés/travertinisés de compacité élevée, ...) et d'assurer les ancrages prévus au sein de la formation « 4 » dans les calculs des capacités portantes des fondations en tenant compte de la nécessité de limiter les vibrations pour éviter tous désordres sur les ouvrages avoisinants.

**Notons également que la méthode de réalisation des micropieux devra tenir compte de la possibilité de remontées artésiennes (eau, gaz).**

## **8 – PRINCIPE DE TRAITEMENT DES EVENTUELS NIVEAUX BAS**

Compte tenu de la **nature tout ou partie remblayée, particulièrement compressible/lâche, potentiellement évolutive et très hétérogène** des formations superficielles en fond de terrassement, les éventuels niveaux bas devront être traités en dalle portée ou en plancher sur vide sanitaire **quelle que soit la destination des locaux.**

## 9 – DRAINAGE

En l'absence de terrassement en déblai et de niveaux enterrés, une simple collecte des eaux de ruissellement semble nécessaire y compris en phase « chantier ».

Nota : les solutions de drainage devront être précisées dans le cadre d'une mission spécifique du type G5 ou d'une mission globale de conception de type G2 PRO, notamment dans le cas d'ouvrages enterrés ou de déblais supérieurs à 0.5 m.

## 10 – CONCLUSIONS

Cette étude a été menée dans le cadre d'une mission de type G2 AVP.

ALPHA BTP se tient à la disposition des différents intervenants pour la réalisation des études spécifiques et/ou complémentaires définies dans la norme dont copie est jointe, soit :

- Etude géotechnique de conception - phase Projet (G2 PRO) ;
- Etude géotechnique de conception - phase DCE/ACT (G2 DCE/ACT) ;
- Etude et suivi d'exécution (G3) ;
- Supervision géotechnique d'exécution (G4).

Les conclusions du présent rapport sont données sous réserve de la définition et de la classification des missions géotechniques (Norme NFP 94.500) et des conditions générales d'utilisation des rapports géotechniques.

Rapport réalisé à ROMAGNAT, le 29 août 2023

L'Ingénieur chargé d'étude,	L'ingénieur en charge du contrôle interne,
Myriam BOUZALMATE	Loïc SANZELLE





## **INVESTIGATIONS G2 AVP**

# PROJET D'ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FERRAND

Dossier A23.11.325.a/MBO

Date : 06/07/2023

Cote NI : 98.7

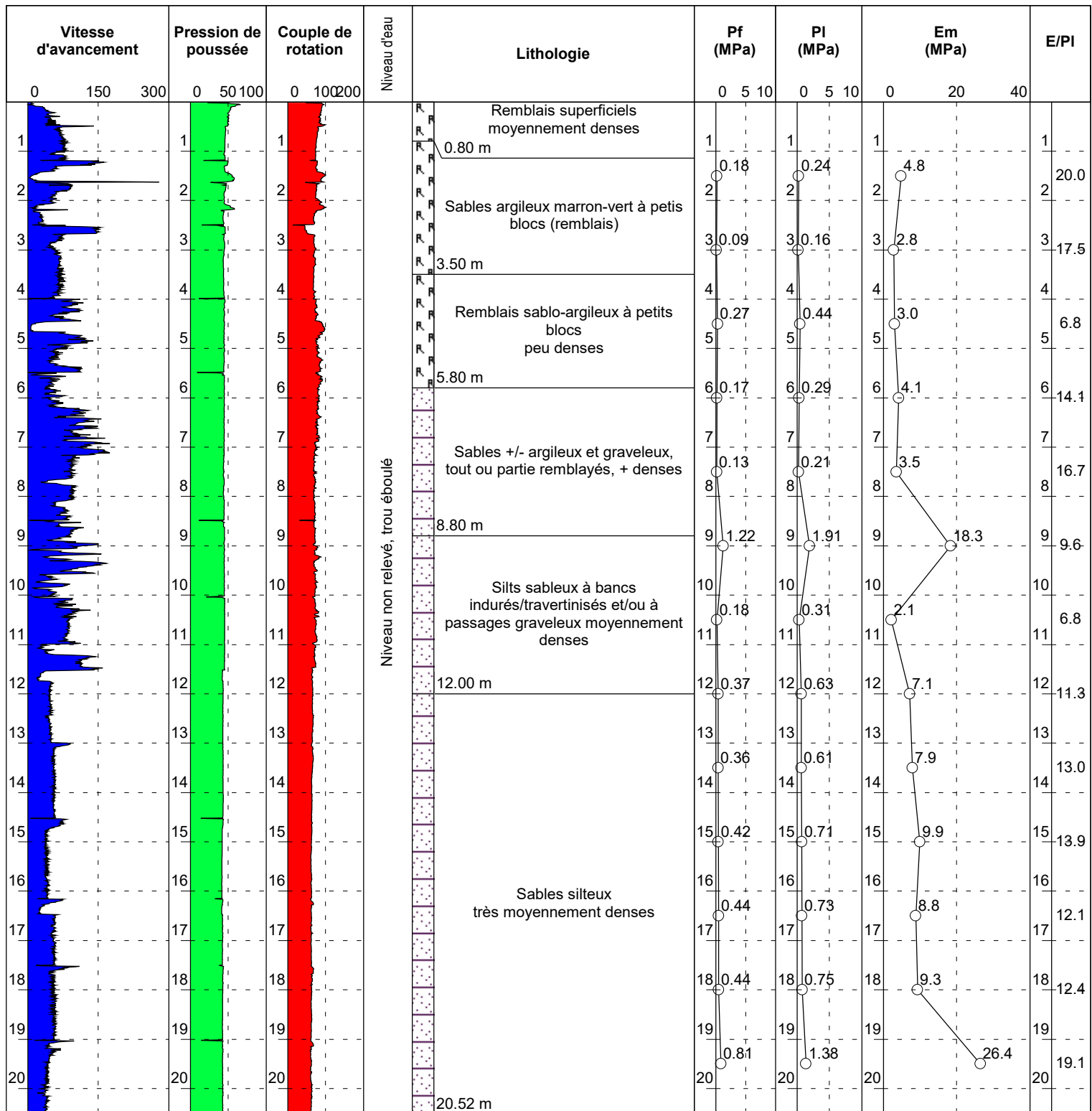
Profondeur : 0.00 - 20.52 m

Machine : GEO205

1/110

Forage : SP1

EXGTE 3.23/LB2EPF580FR



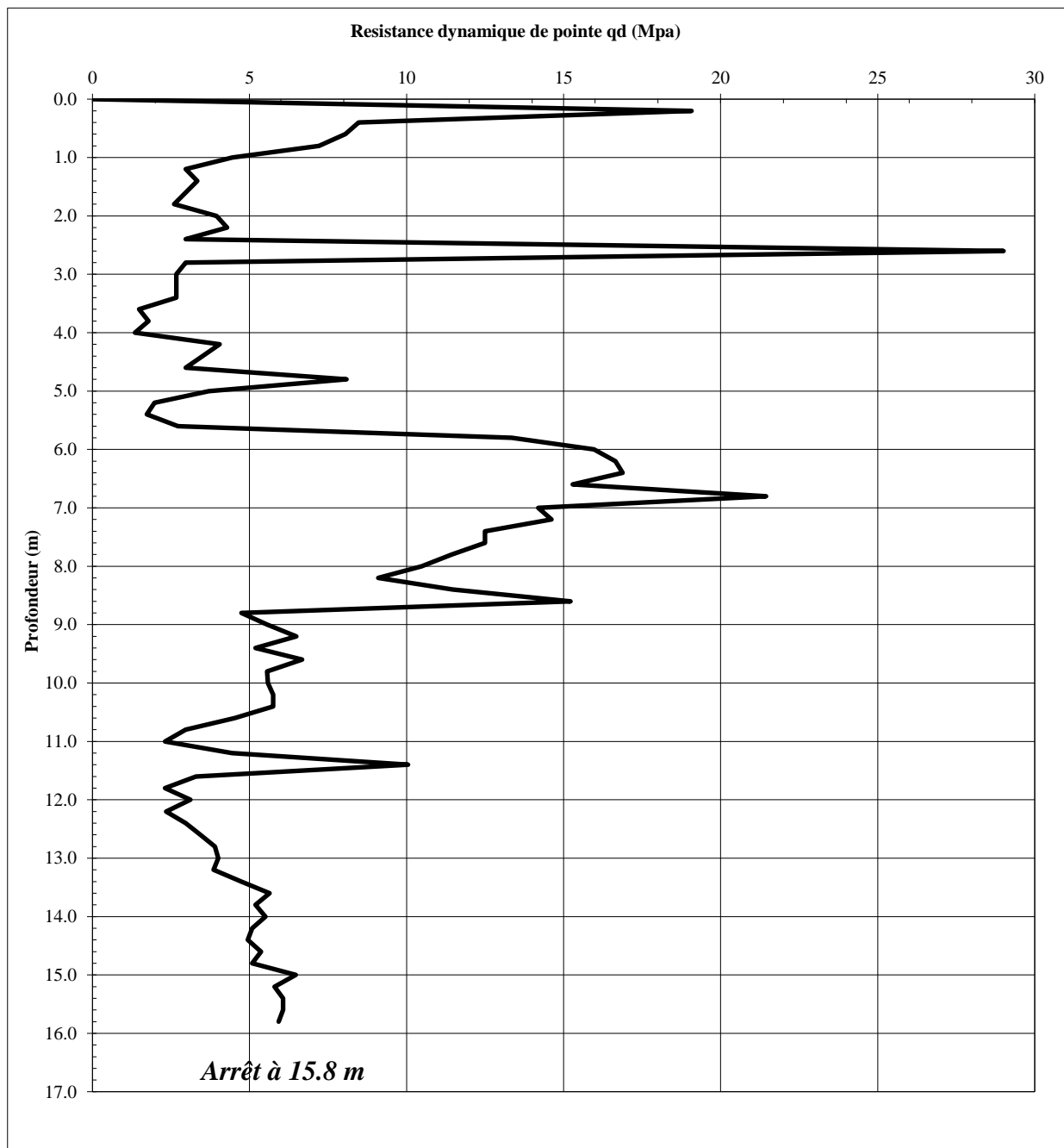
Date :  
06/07/2023

Niveau d'eau  
-

N° de dossier  
A23.11.325.a/MBO

**Affaire :**  
**PROJET ESCALIER EXTERIEUR**  
**PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FERRAND**

**Altitude :**  
98.7 NI



Masse du mouton (kg): 20.2  
hauteur de chute (m) : 0.53  
Section pointe (cm<sup>2</sup>) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6  
Masse d'une tige (kg) : 3.8

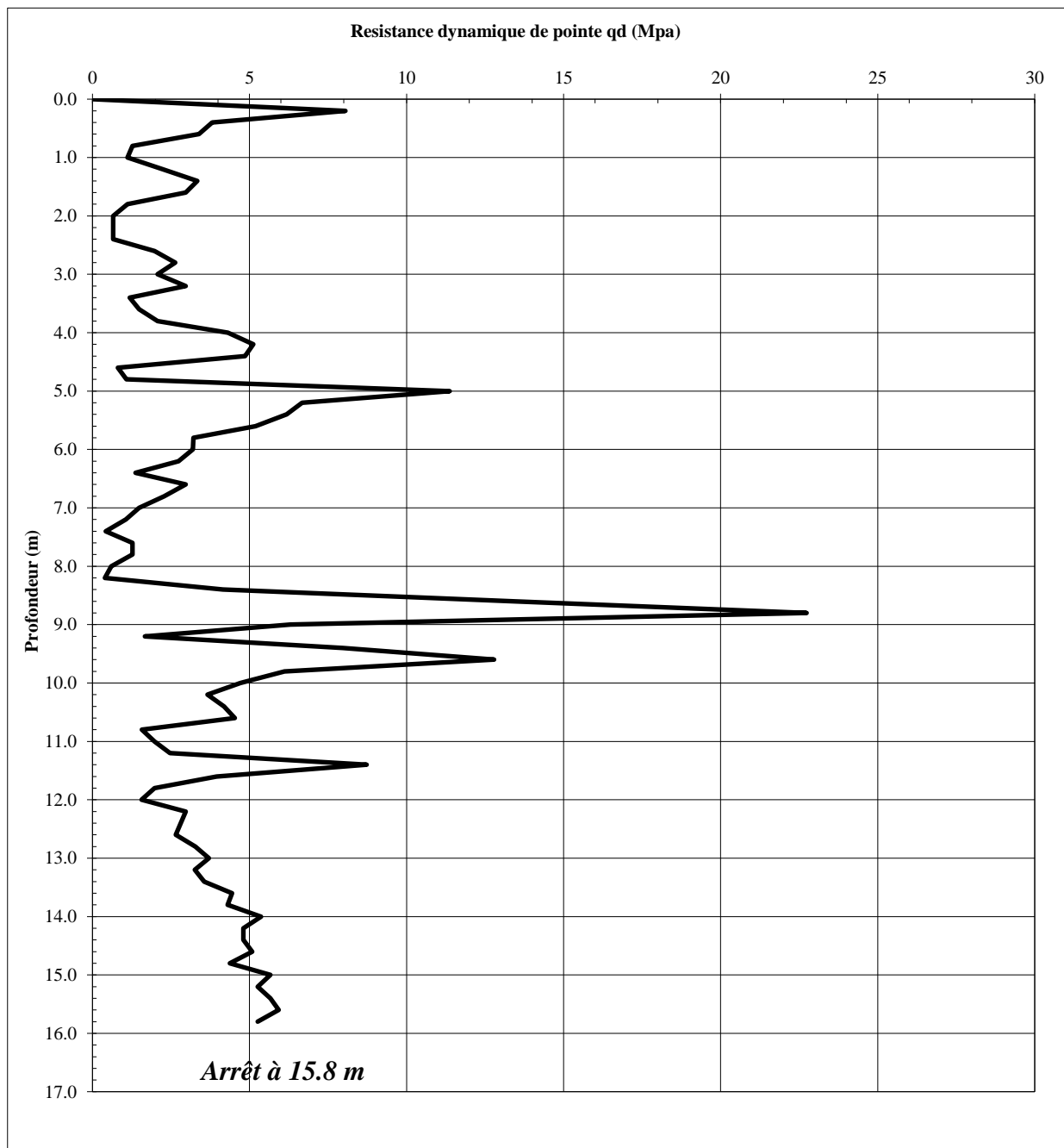
Date :  
06/07/2023

Niveau d'eau  
-

N° de dossier  
A23.11.325.a/MBO

**Affaire :**  
**PROJET ESCALIER EXTERIEUR**  
**PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FERRAND**

**Altitude :**  
98.8 NI



Masse du mouton (kg): 20.2

hauteur de chute (m) : 0.53

Section pointe (cm<sup>2</sup>) : 9.6

Masse enclume+guidage mouton (kg) : 2.6

Masse d'une tige (kg) : 3.8

# Schéma d'implantation des sondages

## CLERMONT-FERRAND PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE

A23.11.325.a/MBO



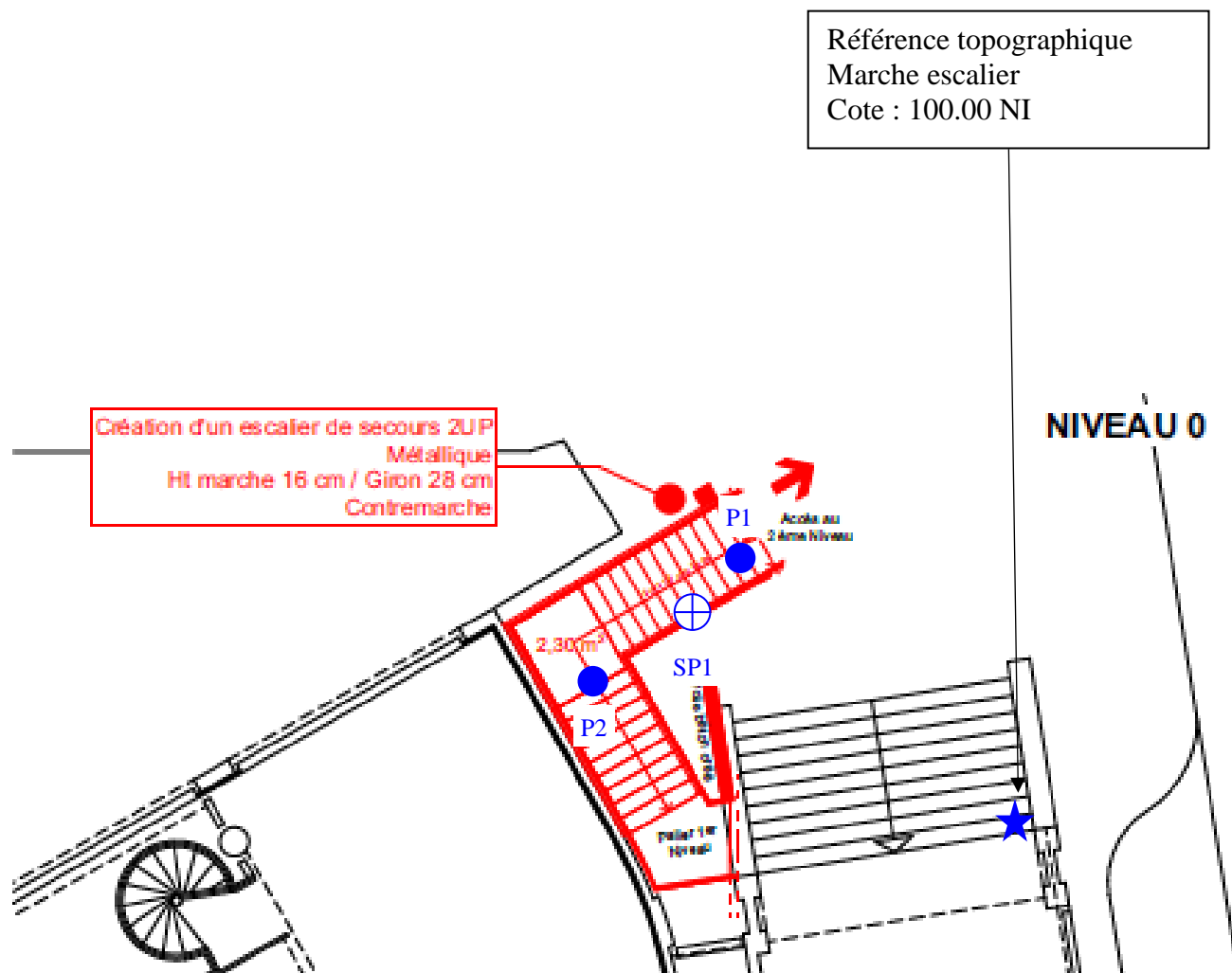
Sondage pressiométrique (SP)



Sondage au pénétromètre dynamique (P)

Juillet 2023

Échelle : sans





**CALCULS FOXTA ®**

# Données

Titre du projet : PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FD

Numéro d'affaire : A24.11.659

Commentaires : MISSION G2 PRO

Titre du calcul : Micropieu type III - 200 mm (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) : 0,50

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,20

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) : 382,70

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	F1 neutralisée		Sols intermédiaires, tendance sableuse	382,50	500,00	0,01	0,01	1,540
2	F2 neutralisée		Sols intermédiaires, tendance sableuse	377,50	250,00	0,01	0,01	1,540
3	F2' neutralisée		Sols intermédiaires, tendance sableuse	374,50	300,00	0,01	0,01	1,540
4	F3		Sols intermédiaires, tendance sableuse	371,30	250,00	46,98	0,01	1,540
5	F4		Sols intermédiaires, tendance sableuse	360,00	700,00	110,42	0,01	1,540

Critère de calcul : Charge imposée en tête

Charge en tête (kN)

Critère appliqué à la combinaison ELS-QP : 0,00

Critère appliqué à la combinaison ELS-CARAC : 146,00

Critère appliqué à la combinaison ELU-FOND : 206,00

Critère appliqué à la combinaison ELU-ACC : 0,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

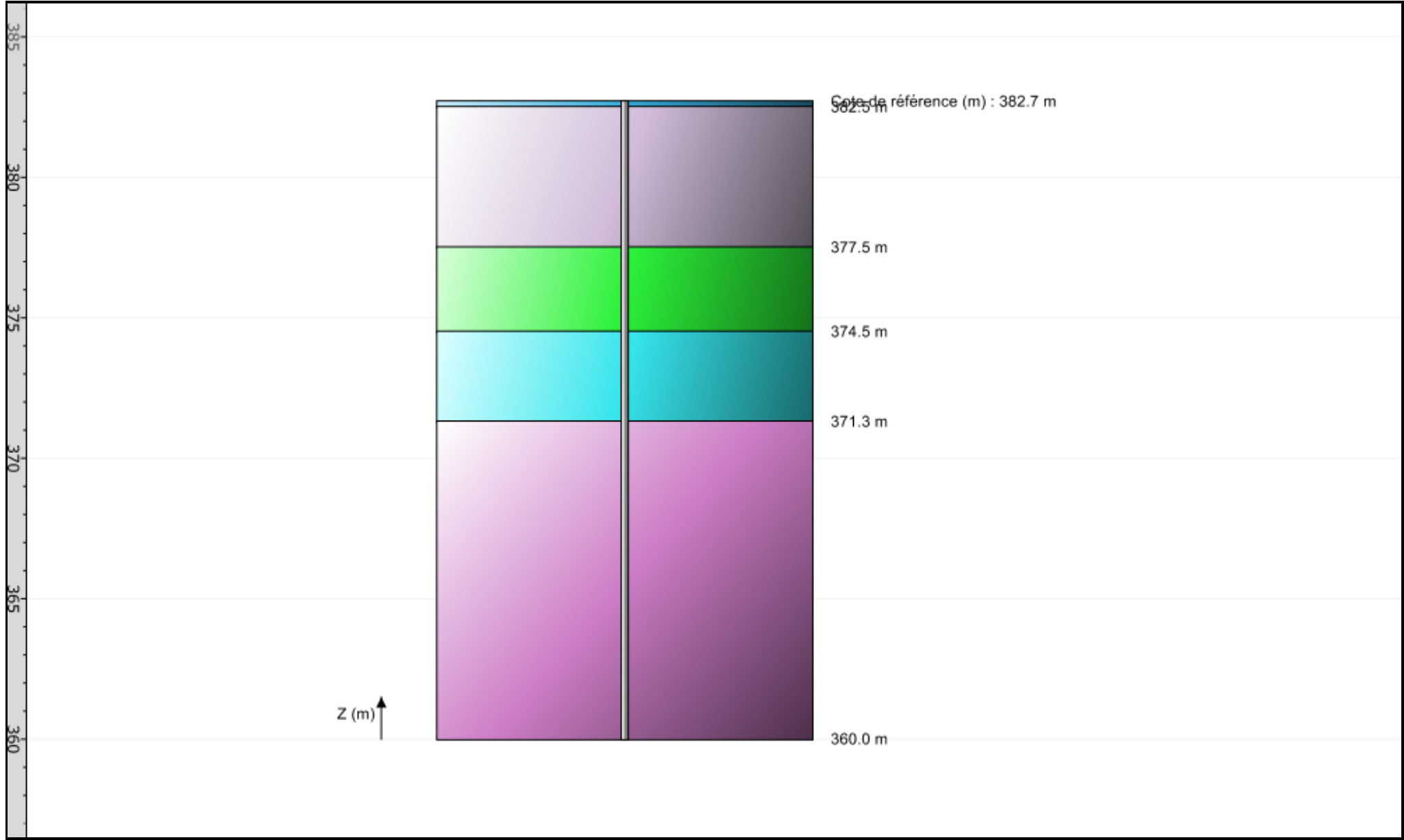


FoXta v4  
v4.1.17

Imprimé le : 02/01/2025 - 10:00:54  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : A24.11.659  
Module : Fondprof (Cas 1/1)  
Titre du calcul : Micropieu type III - 200 mm

# Onglet "Calcul"





File : C:\Users\UTILIS~1\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\20888\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 02/01/2025 à 10h00

par : ALPHA BTP NORD

- 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 : 382.700

Section du pieu : 0.031

Périmètre : 0.628

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	382.50	500.0	0.01	1.00	0.01	1.54
02	377.50	250.0	0.01	1.00	0.01	1.54
03	374.50	300.0	0.01	1.00	0.01	1.54
04	371.30	250.0	46.98	1.00	0.01	1.54
05	360.00	700.0	110.42	1.00	0.01	1.54

Pas du calcul : 0.50

\*\*\*\*\*

\*\*\*SOLUTION\*\*\*

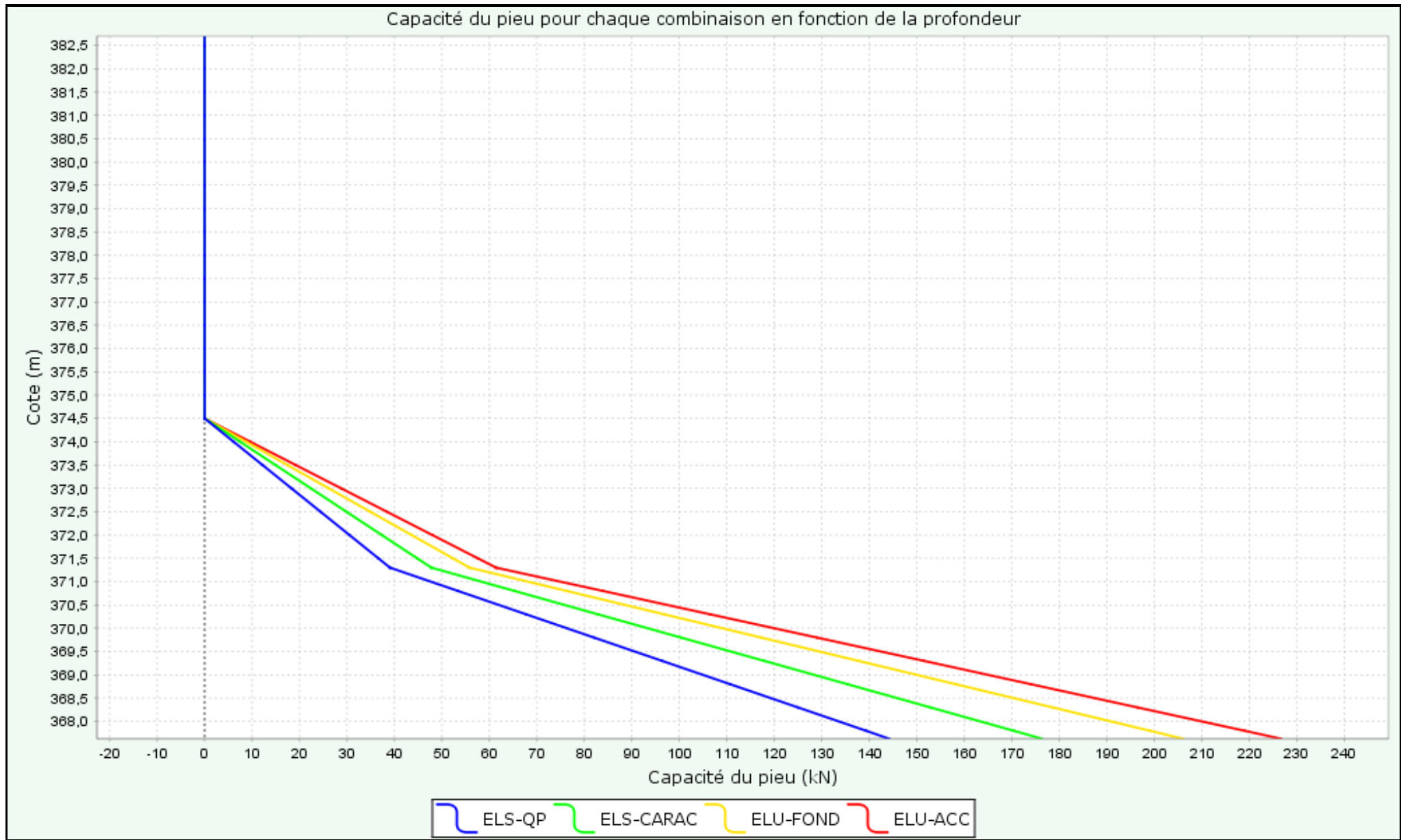
\*\*\*\*\*

Calcul à charge imposée : Q = 206.0 combinaison dimensionnante : ELU-FOND

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	382.70	0.01	283.3	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
01	382.50	0.01	279.4	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	382.50	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	382.00	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	381.50	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	381.00	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	380.50	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	380.00	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	379.50	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	379.00	0.01	250.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	378.50	0.01	262.5	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	378.00	0.01	275.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	377.50	0.01	287.5	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
02	377.50	0.01	287.5	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
03	377.50	0.01	300.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
03	377.00	0.01	300.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
03	376.50	0.01	300.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
03	376.00	0.01	300.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
03	375.50	0.01	287.5	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
03	375.00	0.01	275.0	0.010	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0

03	374.50	0.01	262.5	0.010	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
03	374.50	0.01	262.5	0.010	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
04	374.50	46.98	250.0	0.010	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
04	374.00	46.98	250.0	0.010	14.8	0.1	6.1	7.5	8.7	9.6
04	373.50	46.98	250.0	0.010	29.6	0.1	12.2	14.9	17.5	19.2
04	373.00	46.98	250.0	0.010	44.3	0.1	18.3	22.4	26.2	28.8
04	372.50	46.98	317.5	0.010	59.1	0.1	24.4	29.9	34.9	38.4
04	372.00	46.98	430.0	0.010	73.8	0.1	30.5	37.3	43.6	48.0
04	371.50	46.98	542.5	0.010	88.6	0.2	36.6	44.8	52.3	57.5
04	371.30	46.98	587.5	0.010	94.5	0.2	39.0	47.7	55.8	61.4
05	371.30	110.42	700.0	0.010	94.5	0.2	39.0	47.7	55.8	61.4
05	370.80	110.42	700.0	0.010	129.2	0.2	53.4	65.3	76.3	83.9
05	370.30	110.42	700.0	0.010	163.9	0.2	67.7	82.8	96.7	106.4
05	369.80	110.42	700.0	0.010	198.6	0.2	82.0	100.3	117.2	128.9
05	369.30	110.42	700.0	0.010	233.3	0.2	96.3	117.8	137.7	151.5
05	368.80	110.42	700.0	0.010	268.0	0.2	110.7	135.4	158.2	174.0
05	368.30	110.42	700.0	0.010	302.6	0.2	125.0	152.9	178.6	196.5
05	367.80	110.42	700.0	0.010	337.3	0.2	139.3	170.4	199.1	219.0
05	367.63	110.42	700.0	0.010	349.0	0.2	144.1	176.3	206.0	226.6

# Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



# Données

Titre du projet : PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FD

Numéro d'affaire : A24.11.659

Commentaires : MISSION G2 PRO

Titre du calcul : ELS cara - 200 (Cas 2)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales  
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques  
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 382,70

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	EM	α	B	pf*	pl*
1	F1 dég		382,50	3,50E03	1,00	0,20	203,00	350,00
2	F2 dég		381,90	2,10E03	1,00	0,20	98,00	175,00
3	F2		377,50	3,00E03	1,00	0,20	140,00	250,00
4	F2'		374,50	3,50E03	0,67	0,20	170,00	300,00
5	F3		371,30	3,00E03	1,00	0,20	140,00	250,00
6	F4		368,30	9,00E03	0,67	0,20	410,00	700,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
F1 dég	0,20	2,57E02	10
F2 dég	0,60	2,57E02	10
F2	4,40	2,57E02	10
F2'	3,00	2,57E02	10
F3	3,20	2,57E02	10
F4	3,00	2,57E02	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	382,70	5,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	382,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	381,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	377,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	374,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
5	371,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
6	368,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

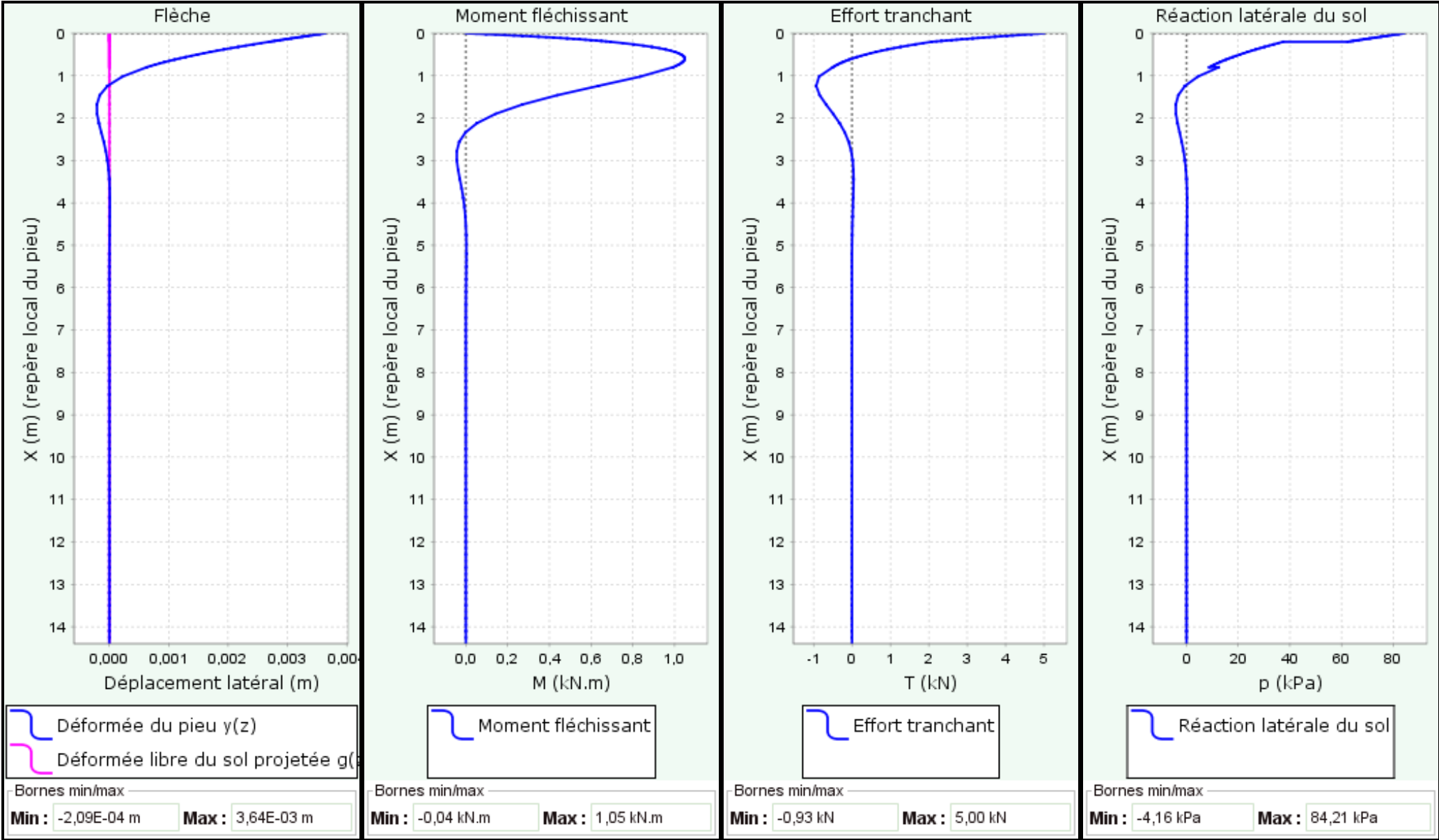


FoXta v4  
v4.1.17

Imprimé le : 02/01/2025 - 09:59:17  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : A24.11.659  
Module : Piecoef+ (Cas 2/5)  
Titre du calcul : ELS cara - 200

# Résultats principaux



# Données

Titre du projet : PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FD

Numéro d'affaire : A24.11.659

Commentaires : MISSION G2 PRO

Titre du calcul : ELU fond - 200 (Cas 1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales  
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques  
Cas où les sollicitations de courte durée en tête dominant

Cote de référence (m) : 382,70

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	EM	α	B	pf*	pl*
1	F1 dég		382,50	3,50E03	1,00	0,20	203,00	350,00
2	F2 dég		381,90	2,10E03	1,00	0,20	98,00	175,00
3	F2		377,50	3,00E03	1,00	0,20	140,00	250,00
4	F2'		374,54	3,50E03	0,67	0,20	170,00	300,00
5	F3		371,30	3,00E03	1,00	0,20	140,00	250,00
6	F4		368,30	9,00E03	0,67	0,20	410,00	700,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
F1 dég	0,20	2,57E02	10
F2 dég	0,60	2,57E02	10
F2	4,40	2,57E02	10
F2'	2,96	2,57E02	10
F3	3,24	2,57E02	10
F4	3,00	2,57E02	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	382,70	7,50	0,00	0,00E00	0,00E00
1	382,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	381,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	377,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	374,54	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
5	371,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
6	368,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

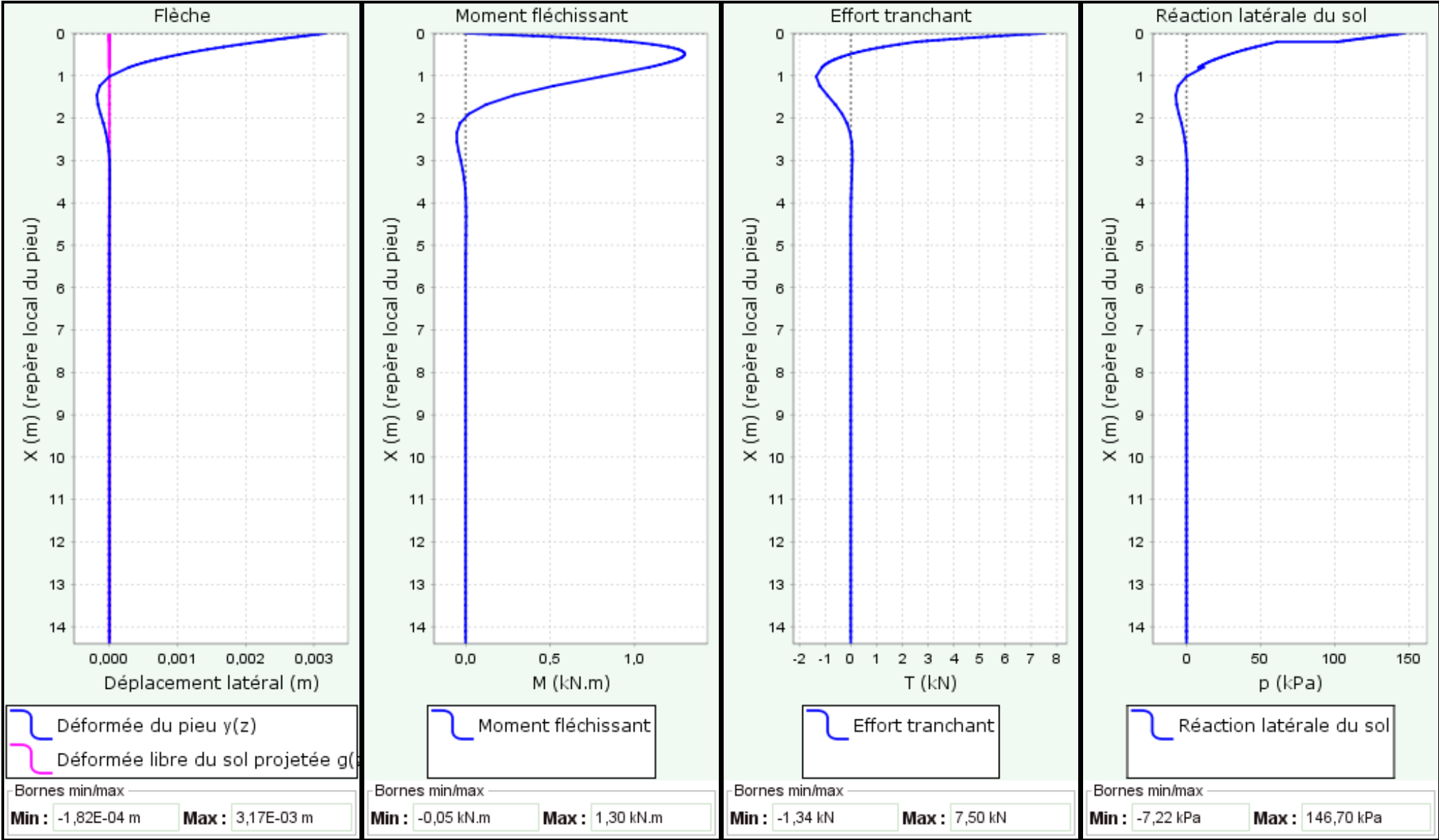


FoXta v4  
v4.1.17

Imprimé le : 02/01/2025 - 09:58:35  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : A24.11.659  
Module : Piecoef+ (Cas 1/5)  
Titre du calcul : ELU fond - 200

# Résultats principaux



# Données

Titre du projet : PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FD

Numéro d'affaire : A24.11.659

Commentaires : MISSION G2 PRO

Titre du calcul : ELU sis - 200 - Cas 1 (Cas 3)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales  
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques  
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 382,70

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	EM	α	B	pf*	pl*
1	F1 dég		382,50	1,05E04	1,00	0,20	500,00	500,00
2	F2 dég		381,90	6,30E03	1,00	0,20	250,00	250,00
3	F2		377,50	9,00E03	1,00	0,20	250,00	250,00
4	F2'		374,50	1,05E04	0,67	0,20	300,00	300,00
5	F3		371,30	9,00E03	1,00	0,20	250,00	250,00
6	F4		368,30	2,70E04	0,67	0,20	700,00	700,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
F1 dég	0,20	2,57E02	10
F2 dég	0,60	2,57E02	10
F2	4,40	2,57E02	10
F2'	3,00	2,57E02	10
F3	3,20	2,57E02	10
F4	3,00	2,57E02	10

Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	382,70	20,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	382,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	381,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	377,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	374,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
5	371,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
6	368,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

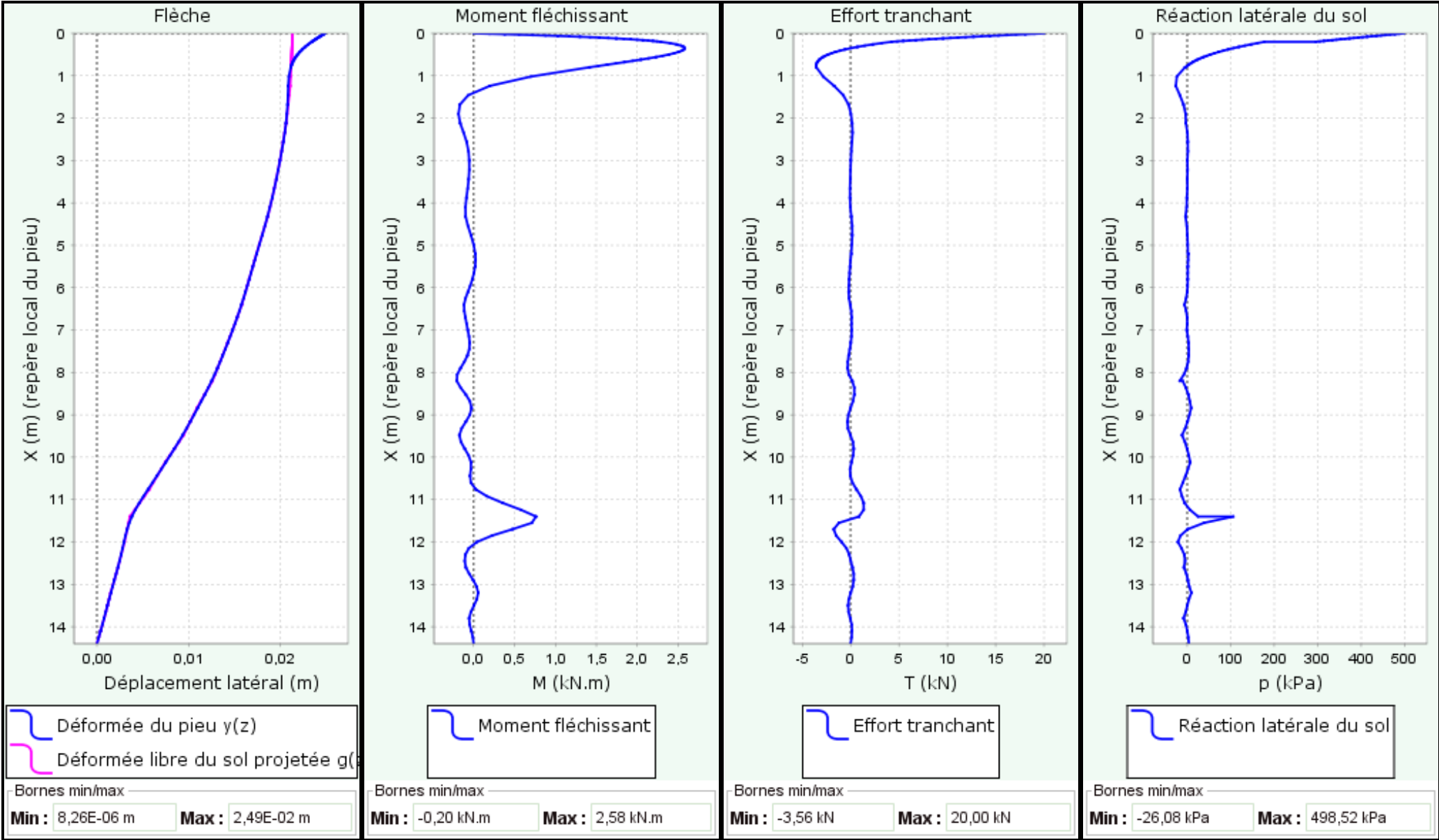
Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Définition de g(z)

Couche	z	g(z)
F1 dég	382,70	0,0213
F1 dég	382,60	0,0213
F1 dég	382,50	0,0213
F2	381,50	0,0211
F2	380,50	0,0206
F2	379,50	0,0198
F2	378,50	0,0188
F2	377,50	0,0174
F2'	376,90	0,0166
F2'	376,30	0,0158
F2'	375,70	0,0148
F2'	375,10	0,0137
F2'	374,50	0,0126
F3	373,90	0,0110
F3	373,20	0,0094
F3	372,60	0,0075
F3	371,90	0,0056
F3	371,30	0,0036
F4	370,70	0,0030
F4	370,10	0,0023
F4	369,50	0,0015
F4	368,90	0,0008
F4	368,30	0,0000



# Résultats principaux



# Données

Titre du projet : PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FD

Numéro d'affaire : A24.11.659

Commentaires : MISSION G2 PRO

Titre du calcul : ELU sis - 200 - Cas 2 (Cas 4)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales  
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques  
Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Cote de référence (m) : 382,70

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	EM	α	B	pf*	pl*
1	F1 dég		382,50	1,05E04	1,00	0,20	500,00	500,00
2	F2 dég		381,90	6,30E03	1,00	0,20	250,00	250,00
3	F2		377,50	9,00E03	1,00	0,20	250,00	250,00
4	F2'		374,50	1,05E04	0,67	0,20	300,00	300,00
5	F3		371,30	9,00E03	1,00	0,20	250,00	250,00
6	F4		368,30	2,70E04	0,67	0,20	700,00	700,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
F1 dég	0,20	2,57E02	10
F2 dég	0,60	2,57E02	10
F2	4,40	2,57E02	10
F2'	3,00	2,57E02	10
F3	3,20	2,57E02	10
F4	3,00	2,57E02	10

Charges ponctuelles

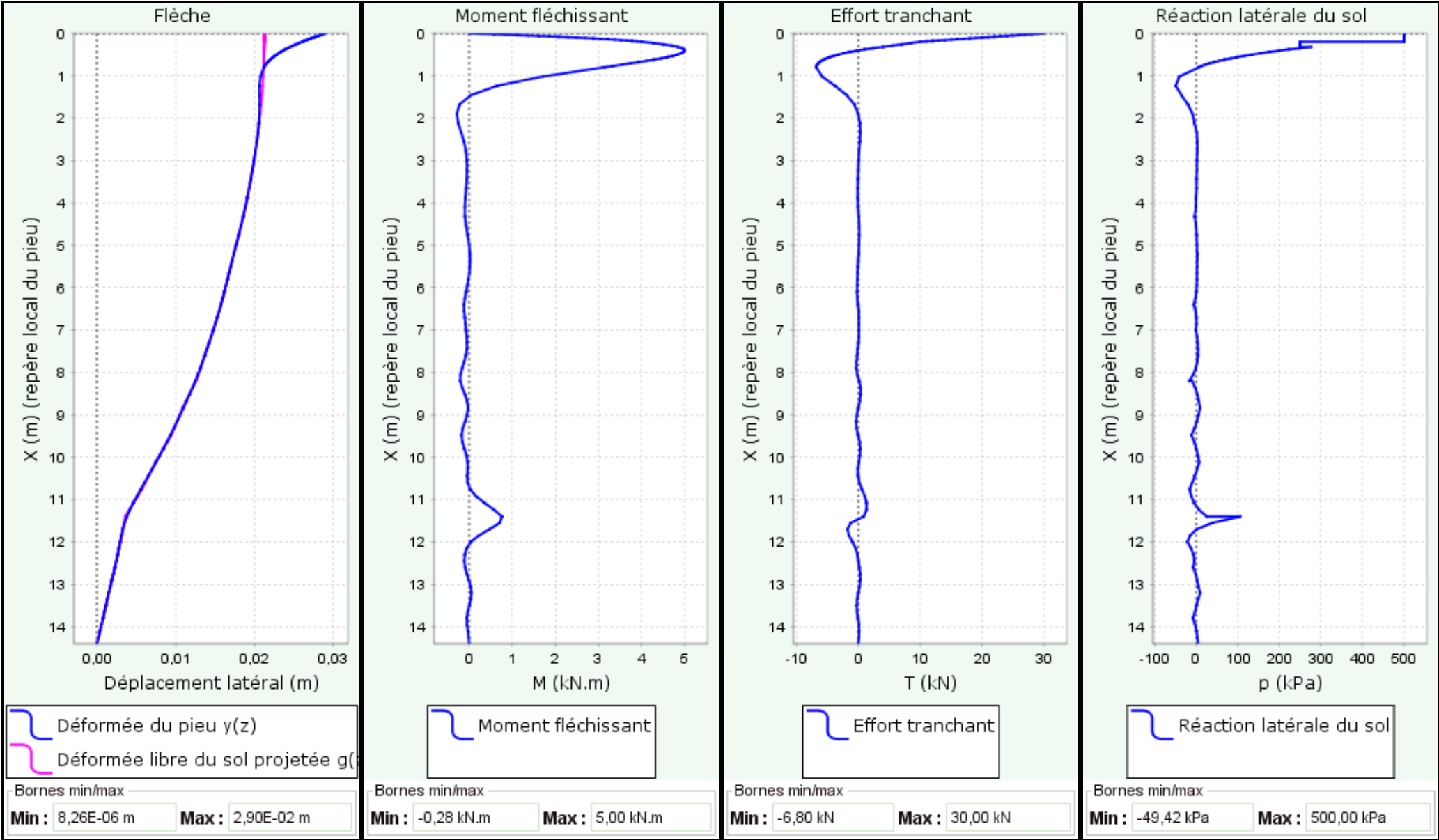
N°	Z	T	M	K	C
0	382,70	30,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	382,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	381,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	377,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	374,50	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
5	371,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
6	368,30	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Définition de g(z)

Couche	z	g(z)
F1 dég	382,70	0,0213
F1 dég	382,60	0,0213
F1 dég	382,50	0,0213
F2	381,50	0,0211
F2	380,50	0,0206
F2	379,50	0,0198
F2	378,50	0,0188
F2	377,50	0,0174
F2'	376,90	0,0166
F2'	376,30	0,0158
F2'	375,70	0,0148
F2'	375,10	0,0137
F2'	374,50	0,0126
F3	373,90	0,0110
F3	373,20	0,0094
F3	372,60	0,0075
F3	371,90	0,0056
F3	371,30	0,0036
F4	370,70	0,0030
F4	370,10	0,0023
F4	369,50	0,0015
F4	368,90	0,0008
F4	368,30	0,0000

# Résultats principaux



# Données

Titre du projet : PROJET ESCALIER EXTERIEUR PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FD

Numéro d'affaire : A24.11.659

Commentaires : MISSION G2 PRO

Titre du calcul : ELU fond (flambement) - 200 (Cas 5)

Type de calcul : Calcul spécifique de flambement  
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques

Cote de référence (m) : 382,70

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 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	EM	α	B
1	F1 dég		382,50	7,00E03	1,00	0,20
2	F2 dég		381,90	4,20E03	1,00	0,20
3	F2		377,54	6,00E03	1,00	0,20
4	F2'		374,50	7,00E03	0,67	0,20
5	F3		371,30	6,00E03	1,00	0,20
6	F4		368,30	1,80E04	0,67	0,20

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
F1 dég	0,20	2,57E02	10
F2 dég	0,60	2,57E02	10
F2	4,36	2,57E02	10
F2'	3,04	2,57E02	10
F3	3,20	2,57E02	10
F4	3,00	2,57E02	10

Charges ponctuelles

N°	Z	K	C
0	382,70	0,00E00	0,00E00
1	382,50	0,00E00	0,00E00
2	381,90	0,00E00	0,00E00
3	377,54	0,00E00	0,00E00
4	374,50	0,00E00	0,00E00
5	371,30	0,00E00	0,00E00
6	368,30	0,00E00	0,00E00

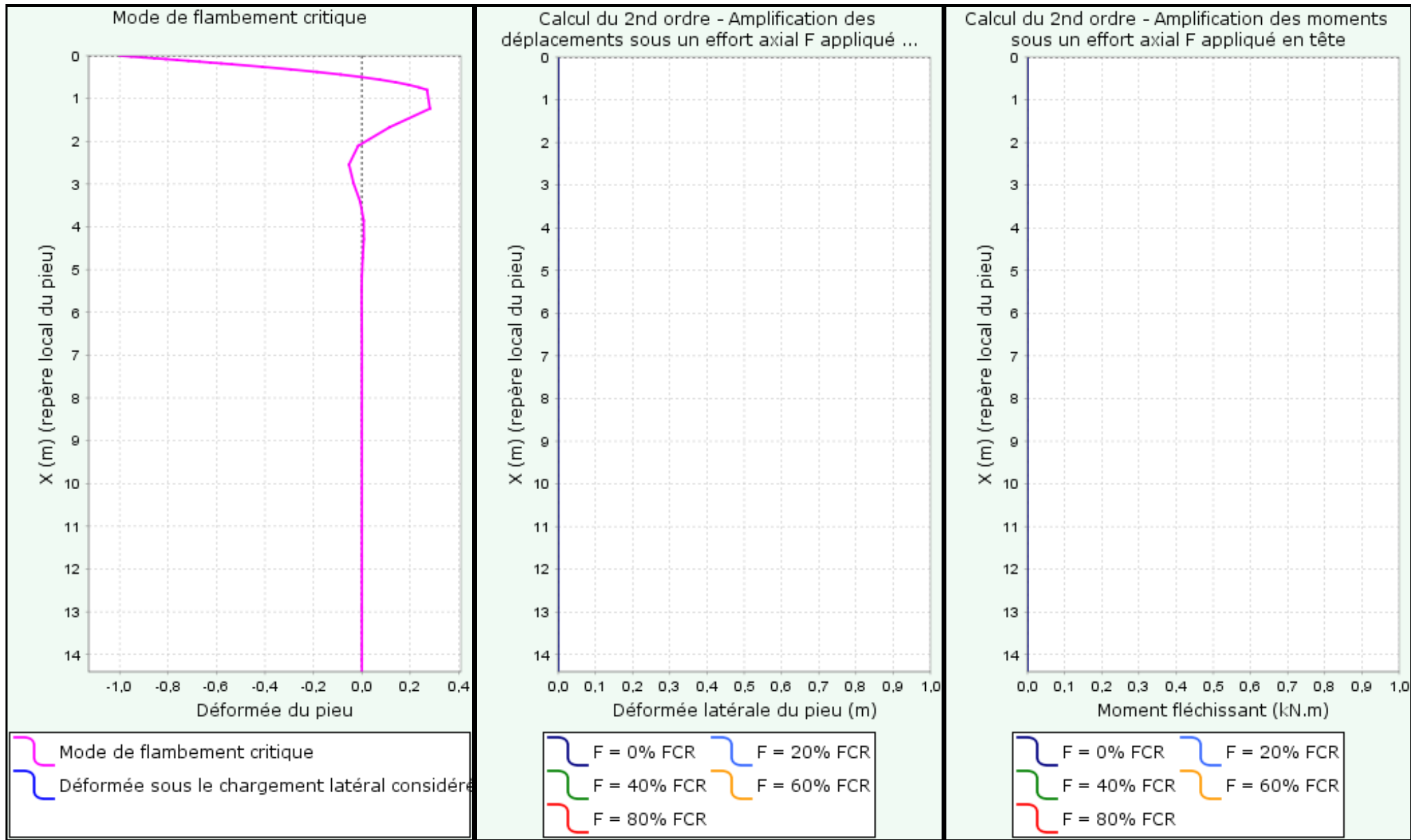


FoXta v4  
v4.1.17

Imprimé le : 02/01/2025 - 10:00:02  
Calcul réalisé par : ALPHA BTP NORD

Projet : A24.11.659  
Module : Piecoef+ (Cas 5/5)  
Titre du calcul : ELU fond (flambement) - 200

# Résultats de flambement (Charge critique de flambement FCR = 1460 kN)





**VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT**  
**TUBE / ARMATURE DES MICROPIEUX**

**PROJET ESCALIER EXTERIEUR  
PALAIS DE JUSTICE A CLERMONT-FERRAND**

**VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT  
D'UN TUBE SELON LES EUROCODES 3**

**Nom de la vérification : Tube 88.9 épaisseur 8 mm**

*Caractéristique du tube - coefficient partiels*

Epaisseur initiale	Ep	8	mm	Aire de la section	As	1554	mm <sup>2</sup>
Epaisseur corrodée	e <sub>corr</sub>	1.8	mm	Module plastique de section	Wpl	39.2	cm <sup>3</sup>
Epaisseur retenue	t	6.3	mm	Moment d'inertie de flexion	I	122.5	cm <sup>4</sup>
Diamètre	D	88.9	mm	Coefficient partiel	γM0	1.0	-
Limite élastique	fy	560	MPa	Coefficient partiel	γM1	1.0	-
Classe	1			Facteur de méthode	γRd	1.1	-

*Compression pure*

$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	N <sub>Ed</sub> (kN)	N <sub>c,Rd</sub> (kN)	Rapport	Condition
	206	791	0.26	Vérifiée

*Flexion pure*

$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$	M <sub>Ed</sub> (kN.m)	M <sub>c,Rd</sub> (kN.m)	Rapport	Condition
	5.0	20.0	0.25	Vérifiée

*Cisaillement pur*

$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$	V <sub>Ed</sub> (kN)	V <sub>c,Rd</sub> (kN)	Rapport	Condition
	8	291	0.03	Vérifiée

*Flexion + cisaillement*

$\frac{M_{Ed}}{M_{V,Rd}} \leq 1$	M <sub>Ed</sub> (kN.m)	M <sub>V,Rd</sub> (kN.m)	Rapport	Condition
	---	---	---	Vérifiée

*Flexion + compression*

$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1$	M <sub>Ed</sub> (kN.m)	M <sub>N,Rd</sub> (kN.m)	Rapport	Condition
	5.0	18.7	0.27	Vérifiée

*Flexion + compression + cisaillement*

$\frac{M_{Ed}}{M_{N,V,Rd}} \leq 1$	M <sub>Ed</sub> (kN.m)	M <sub>N,V,Rd</sub> (kN.m)	Rapport	Condition
	---	---	---	Vérifiée

*Flambement*

$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	N <sub>Ed</sub> (kN)	N <sub>cr</sub> (kN)	N <sub>b,Rd</sub> (kN)	Rapport	Condition
	206	1 460	538	0.38	Vérifiée