

**AUCH (32)**



**RÉHABILITATION DE LA CASERNE ESPAGNE**

**CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE DU GERS**

----oooOooo----

**MISSION GEOTECHNIQUE**

**G3 PHASE ETUDE – MICROPIEUX**

----oooOooo----

**DOSSIER 12D24 00480**

**G3-MP-01 – INDICE A**

| Indice | Date       | Objet – Modifications | Rédigé par | Vérifié par | Visé par   |
|--------|------------|-----------------------|------------|-------------|------------|
| A      | 26/05/2025 | Première diffusion    | N. TURPIN  | M. BREUZIN  | M. BREUZIN |

## SOMMAIRE

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>                                                  | <b>3</b>  |
| <b>1. DOCUMENTS DE REFERENCE .....</b>                                     | <b>3</b>  |
| <b>2. HYPOTHESES .....</b>                                                 | <b>3</b>  |
| 2.1. HYPOTHESES GEOTECHNIQUES .....                                        | 3         |
| 2.2. FROTTEMENT .....                                                      | 4         |
| 2.3. SOLLICITATIONS.....                                                   | 5         |
| <b>3. DIMENSIONNEMENT .....</b>                                            | <b>6</b>  |
| 3.1. SOLLICITATIONS.....                                                   | 6         |
| 3.2. EFFORTS ADMISSIBLES .....                                             | 6         |
| 3.3. LONGUEUR DES MICROPIEUX .....                                         | 8         |
| 3.4. ARMATURE DES MICROPIEUX.....                                          | 8         |
| 3.4.1. <i>Nature des armatures.....</i>                                    | 8         |
| 3.4.2. <i>Justification vis-à-vis des sollicitations horizontales.....</i> | 8         |
| 3.4.3. <i>Justification vis-à-vis des sollicitations en traction .....</i> | 8         |
| 3.4.4. <i>Justification au flambement .....</i>                            | 9         |
| 3.4.5. <i>Corrosion.....</i>                                               | 9         |
| 3.5. PLATINES .....                                                        | 9         |
| <b>4. COULIS.....</b>                                                      | <b>12</b> |

## **INTRODUCTION**

Cette note a pour objet la mission géotechnique d'exécution G3 selon la norme NF P 94-500 et le dimensionnement des micropieux de fondation, envisagés dans le cadre de la réhabilitation du bâtiment 8 de la Caserne Espagne Place d'Armes en bureaux pour le compte de la Chambre de Commerce et d'Industrie du Gers situé au 53 Avenue de l'Yser sur la commune de AUCH (32).

Il s'agit de micropieux de classe 8, catégorie 19, type III, selon l'Eurocode 7.

## **1. DOCUMENTS DE REFERENCE**

Les textes normatifs servant de référence au dimensionnement sont :

- Norme NF P 94-262 – « Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes » de Juillet 2012 ;
- Norme NF P 94-262/A1 – « Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes – Amendement 1 » de Juillet 2018 ;
- Eurocode 2 : Calcul des structures en béton ;
- Eurocode 7 : Calcul géotechnique.

Le dimensionnement des ouvrages se base sur :

- L'étude géotechnique G2 PRO de OPTISOL GÉOTECHNIQUE, dossier 24-RGE-160, indice 0 du 15/10/2024 ;
- Le plan « FONDATIONS » de STRUKTURA, dossier 23.098, phase EXE, numéro 01, du 21/05/2025.

## **2. HYPOTHESES**

### **2.1. HYPOTHESES GEOTECHNIQUES**

L'examen de la coupe géotechnique retenue par OPTISOL fait apparaître la lithologie suivante :

- Remblais argilo caillouteux ;
- Argile ;
- Marne.

Nota : le terme de pointe est négligé pour les micropieux

## 2.2. FROTTEMENT

Après analyse de l'étude de sol de OPTISOL, d'après les sondages pressiométriques SP1 et SP2,

La coupe de calcul suivante est prise en compte pour le dimensionnement (micropieux type II → classe 1bis – catégorie 18 assimilé à des pieux Foré simple) :

| Couche          | Prof. base<br>(m/TA) | pl*<br>(MPa) | Classe de sol                | q <sub>s</sub><br>(kPa) |
|-----------------|----------------------|--------------|------------------------------|-------------------------|
| Remblais        | 2.5                  | -            | -                            | 0                       |
| Argiles         | 5.8                  | 0.6          | Argile, limon                | 40 (Q1)                 |
| Marnes altérées | 7.0                  | 2.0          | Marne et calcaire<br>marneux | 144 (Q4)                |
| Marnes          | -                    | 3.8          | Marne et calcaire<br>marneux | 166 (Q4)                |

Nous précisons ci-après les hypothèses de frottement pour des micropieux de type III, classe 8, catégorie 19, conformément à l'EC7, à partir d'une plateforme de travail au niveau du terrain naturel. Nous proposons les caractéristiques mécaniques de sol suivante :

| Profondeur                      | q <sub>s</sub> [kPa] | P <sub>I*</sub> [MPa] | E <sub>M</sub> [MPa] | Courbe EC7 | f <sub>sol</sub> [kPa] | α <sub>pieu-sol</sub> |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------|------------------------|-----------------------|
| De 0.0 à -2.5m,<br>Mort terrain | 0                    | -                     | -                    | -          | -                      | -                     |
| De -2.5 à -5.8m,<br>Argiles     | 99                   | 0.6                   | 18                   | Q1         | 36.7                   | 2.7                   |
| De -5.8 à -7.0m,<br>Altération  | 230                  | 2.0                   | 25                   | Q4         | 95.8                   | 2.4                   |
| Au-delà de -7.0m,<br>Marnes     | 265                  | 3.8                   | 50                   | Q4         | 110.4                  | 2.4                   |

Nota : la profondeur des micropieux sera adaptée à la profondeur réelle des faciès rencontrés au cours du forage.

Calcul du frottement latéral q<sub>s</sub> (méthode pressiométrique) :

$$q_s = \alpha_{PIEU-SOL} \times f_{SOL}$$

Avec

| Norme NF P94-262 Tableau F.5.2.A – Choix des valeurs de $\alpha_{PIEU-SOL}$ |             |                            |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| N°                                                                          | Abréviation | Technique de mise en œuvre | Q1  | Q2  | Q3  | Q4  | Q5  |
| 19                                                                          | MIGU        | Micropieu de Type III      | 2.7 | 2.9 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |

Avec

$$f_{SOL} = (a.p_l^* + b)(1 - e^{-c.p_l^*})$$

Dont les coefficients *a*, *b*, *c* sont donnés par le tableau F.5.2.2 de la norme NF P 94-262,

| Type de sol / Courbe | Q1    | Q2   | Q3    | Q4    | Q5   |
|----------------------|-------|------|-------|-------|------|
| <i>a</i>             | 0.003 | 0.01 | 0.007 | 0.008 | 0.01 |
| <i>b</i>             | 0.04  | 0.06 | 0.07  | 0.08  | 0.08 |
| <i>c</i>             | 3.5   | 1.2  | 1.3   | 3     | 3    |

Dans notre cas, pour la couche d’ancrage,

$$f_{SOL} = (0.008 \times 3.8 + 0.08)(1 - e^{-3 \times 3.8})$$

$$f_{SOL} = 0.1104 \text{ MPa}$$

Soit, le calcul de *qs*, nous avons,

$$q_s = 2.4 \times 0.1104 \times 1000$$

$$q_s = 265.0 \text{ kPa}$$

2.3. SOLLICITATIONS

D’après la descente de charges de STRUKTURA, les sollicitations maximales sur le micropieu le plus sollicité sont les suivantes :

|          | Compression<br>maxi [kN] | Effort horizontal<br>maxi [kN] | Effort de traction<br>maxi [kN] |
|----------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| ELS Car  | 285.0                    | -                              | -                               |
| ELS Qp   | 187.0                    | -                              | -                               |
| ELU Fond | 405.8                    | -                              | -                               |

### 3. DIMENSIONNEMENT

#### 3.1. SOLLICITATIONS

Les sollicitations sont présentées ci-dessus.

#### Combinaisons d'actions :

|                      |                                           |
|----------------------|-------------------------------------------|
| ELS CARACTERISTIQUES | $G + Q_1 + \sum \psi_0 Q_i$               |
| ELS QUASI-PERMANENTS | $G + \psi_2 Q_1$                          |
| ELU FONDAMENTALES    | $1.35G + 1.5Q_1 + \sum 1.5\psi_{0,i} Q_i$ |

Nous prenons pour hypothèse un bâtiment de catégorie d'exploitation B (**bureaux**, à confirmer par le **bureau de contrôle et/ou le maître d'ouvrage**) et les coefficients de combinaisons sont les suivants :

|       | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|-------|----------|----------|----------|
| Q (B) | 0.7      | 0.5      | 0.3      |

#### 3.2. EFFORTS ADMISSIBLES

Les efforts admissibles sont calculés suivant la norme NF P94-262 de Juillet 2012.

La capacité portante d'un micropieu est assurée par la mobilisation du frottement latéral (le terme de pointe est négligé pour les micropieux), nous avons :

$$R_{s;k} = \sum_i A_{s;i} \times \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \cdot \gamma_{R;d2}}$$

Avec :  $R_{s;k}$   $\equiv$  valeur caractéristique de la résistance de frottement axial ;

$A_{s;i}$   $\equiv$  périmètre du pieu ;

$q_{s,i}$   $\equiv$  frottement unitaire limite ;

$\gamma_{R;d1}$  &  $\gamma_{R;d2}$   $\equiv$  coefficients partiels de sécurité ;

| Nature du sol                   | $\gamma_{R;d1}$ |          | $\gamma_{R;d2}$ |          |
|---------------------------------|-----------------|----------|-----------------|----------|
|                                 | Compression     | Traction | Compression     | Traction |
| Sable, sol intermédiaire, roche | 1.4             | 1.7      | 1.1             |          |
| Argile, craie, marne            | 2.0             |          |                 |          |

Extrait de la norme NF P 94-262/A1

A l'ELS CAR en compression, nous avons :

$$R_{c;cr;d} = \frac{0.7 R_{s;k}}{\gamma_{cr}}$$

| Résistance         | Symbole         | Valeurs |
|--------------------|-----------------|---------|
| Fût en compression | $\gamma_{cr}$   | 0.9     |
| Fût en traction    | $\gamma_{s;cr}$ | 1.1     |

Extrait de la norme NF P 94-262/A1 – Facteurs partiels de résistance pour les fondations profondes – ELS – Combinaisons caractéristiques

A l'ELU durable et transitoire en compression, nous avons :

$$R_{c;d} = \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

| Résistance         | Symbole        | Pieux forés |
|--------------------|----------------|-------------|
| Fût en compression | $\gamma_s$     | 1.1         |
| Fût en traction    | $\gamma_{s;t}$ | 1.15        |

Extrait de la norme NF P 94-262 – Facteurs partiels de résistance pour les pieux – Situations durables et transitoires

### 3.3. LONGUEUR DES MICROPIEUX

Le dimensionnement du micropieu est présenté en Annexe 1.

Il est prévu la réalisation d'un essai de portance sur micropieu, on n'appliquera donc pas de coefficient 1.5 sur les micropieux de l'ouvrage.

$$R_{c;cr;d} = \frac{0.7 R_{s;k}}{\gamma_{cr}} // R_{c;d} = \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

### 3.4. ARMATURE DES MICROPIEUX

#### 3.4.1. Nature des armatures

L'armature du micropieu est constituée de tubes API de nuance N80 (limite élastique minimale  $f_y = 560$  MPa).

La vérification du tube d'un micropieu en fonction de l'effort vertical  $N_{Ed}$  (compression / traction simple) appliqué sur ce dernier, doit satisfaire la condition suivante :

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_{Rd} \cdot \gamma_{MO}}$$

Avec

$N_{Rd} \equiv$  la résistance élastique de calcul de la section du micropieu ;  
 $A_s \equiv$  section du tube (après corrosion si prise en compte de la corrosion) ;  
 $\gamma_{MO} = 1.0$  &  $\gamma_{Rd} = 1.1$

Les tubes de base seront de type Ø73 épaisseur 5.5 mm ; Ø88.9 épaisseur 6.5 mm.

Les tubes sont manchonnés par manchons vissés.

#### 3.4.2. Justification vis-à-vis des sollicitations horizontales

Sans objet, pas d'efforts horizontaux définis.

#### 3.4.3. Justification vis-à-vis des sollicitations en traction

Sans objet, pas d'efforts de tractions définis.

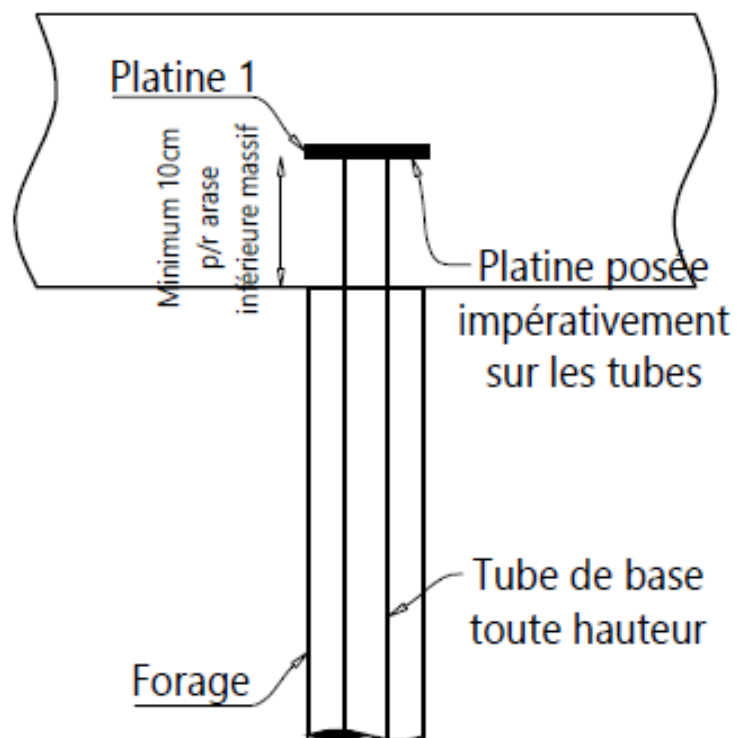
#### 3.4.4. Justification au flambement

Voir la vérification par la méthode de Mandel en Annexe 2.

#### 3.4.5. Corrosion

En accord avec la nature du sol (**intact**) et la durée de vie de l'ouvrage (**50 ans**), nous prenons en compte une réserve de corrosion de 0.6 mm sur l'épaisseur de l'armature.

#### 3.5. PLATINES



## CALCUL DES PLATINES

|                |                                            |           |
|----------------|--------------------------------------------|-----------|
| <b>Données</b> | Effort vertical ELU N=                     | 29850 kg  |
|                | Contrainte du béton $f_{cj}$ =             | 25 MPa    |
|                | Diamètre tube micropieux =                 | 73 mm     |
|                | Contrainte maxi acier platine $\sigma_e$ = | 247,5 MPa |

Contrainte maxi béton ELU

$$\sigma_{\text{beton}} ELU = \frac{0,85 \cdot f_{cj}}{1,50} = 14,2 \text{ MPa} \quad \text{soit } 141,7 \text{ bars}$$

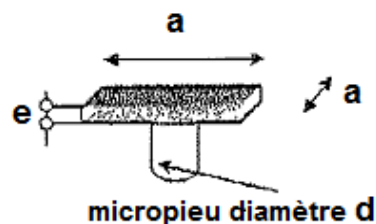
$$a = \sqrt{\frac{N}{\sigma_{\text{beton}}}} = 14,5 \text{ cm} \quad \text{nous retiendrons } 20 \text{ cm}$$

$$\text{d'où } \sigma_{\text{réelle}} = 74,6 \text{ bars}$$

Le moment dans la plaque vaut

$$M = \sigma_{\text{réelle}} \times c \times a \times \frac{c}{2} \quad \text{avec} \quad c = \frac{a - d}{2} = 6,35 \text{ cm}$$

$$M = 30091 \text{ kg.cm}$$



La contrainte dans la plaque est donnée par la formule

$$\sigma_e = \frac{M}{I/v} \quad \text{avec} \quad \frac{I}{v} = \frac{a \times e^2}{6}$$

On obtient donc

$$e = \sqrt{\frac{6 \times M}{a \times \sigma_e}} = 1,91 \text{ cm}$$

Les platines auront donc une dimension minimale de 200x200x20 mm

## CALCUL DES PLATINES

**Données**

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| Effort vertical ELU N=                     | 40575 kg  |
| Contrainte du béton $f_{cj}$ =             | 25 MPa    |
| Diamètre tube micropieux =                 | 88,9 mm   |
| Contrainte maxi acier platine $\sigma_e$ = | 247,5 MPa |

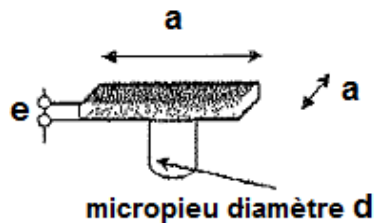
Contrainte maxi béton ELU  $\sigma_{\text{beton}} ELU = \frac{0,85 \cdot f_{cj}}{1,50} = 14,2 \text{ MPa}$  soit 141,7 bars

$a = \sqrt{\frac{N}{\sigma_{\text{beton}}}} = 16,9 \text{ cm}$  nous retiendrons 20 cm

d'où  $\sigma_{\text{réelle}} = 101,4 \text{ bars}$

Le moment dans la plaque vaut  $M = \sigma_{\text{réelle}} \times c \times a \times \frac{c}{2}$  avec  $c = \frac{a - d}{2} = 5,555 \text{ cm}$

$M = 31302 \text{ kg.cm}$



La contrainte dans la plaque est donnée par la formule

$\sigma_e = \frac{M}{I/v}$  avec  $\frac{I}{v} = \frac{a \times e^2}{6}$

On obtient donc  $e = \sqrt{\frac{6 \times M}{a \times \sigma_e}} = 1,95 \text{ cm}$

Les platines auront donc une dimension minimale de 200x200x20 mm

#### 4. COULIS

Le coulis sera dosé à 1200 kg de ciment par mètre-cube, soit C/E = 2.

Composition pondérale du coulis :

Ciment = 1200 kg

Eau = 600 l

Aucun adjuvant ne sera utilisé.

## **ANNEXE 1**

PORTANCE DES MICROPIEUX

&

ARMATURE DES MICROPIEUX

| Efforts par micropieu |                           |                          |                    |                       | VERIFICATION DE LA PORTANCE   |                           |                                  |                           |                               |                           |                                 |            |               |           |                |                                                          |            |                                                   |                                        |              |                                                       |             |                                                       |                                    |                                     |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------|---------------|-----------|----------------|----------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Numérotation          | Charge<br>ELS CAR<br>Comp | Charge<br>ELS QP<br>Comp | Charge<br>ELU Comp | Epaisseur<br>négligée | Epaisseur couche :<br>argiles |                           | Epaisseur couche :<br>altération |                           | Epaisseur ancrage :<br>marnes |                           | Longueur<br>totale<br>théorique | qs argiles | qs altération | qs marnes | Ø<br>micropieu | Résistance de frottement axial                           |            |                                                   | Charge de<br>fluage                    | ELS CAR Comp |                                                       | ELS QP Comp |                                                       | ELU Durable et<br>Transitoire Comp |                                     |
|                       | B                         | B                        | B                  | A                     | D1                            | $V_{R,d1}$<br>compression | D2                               | $V_{R,d1}$<br>compression | D3                            | $V_{R,d1}$<br>compression | E=A+D1+D2+<br>D3                | F1         | F2            | F3        | G              | $R_s =$<br>$G \times \pi \times \Sigma (D_i \times F_i)$ | $V_{R,d2}$ | $R_{s,k} = [R_s /$<br>$V_{R,d1} \times V_{R,d2}]$ | $R_{c,cr,k} =$<br>$0,7 \times R_{s,k}$ | $V_{cr}$     | $R_{c,cr,d} =$<br>$[R_{c,cr,k} /$<br>$\gamma_{cr}]^*$ | $V_{cr}$    | $R_{c,cr,d} =$<br>$[R_{c,cr,k} /$<br>$\gamma_{cr}]^*$ | $\gamma_s$                         | $R_{c,d} = [R_s /$<br>$\gamma_s]^*$ |
| MP                    | kN                        | kN                       | kN                 | m                     | m                             |                           | m                                |                           | m                             |                           | m                               | kPa        | kPa           | kPa       | m              | kN                                                       |            | kN                                                | kN                                     |              | kN                                                    |             | kN                                                    |                                    | kN                                  |
| MP01                  | 150,0                     | 108,0                    | 211,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,9                           | 2,0                       | 8,9                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 522,0                                                    | 1,1        | 237,0                                             | 165,9                                  | 0,9          | 184,3                                                 | 1,1         | 150,8                                                 | 1,1                                | 215,5                               |
| MP02                  | 150,0                     | 108,0                    | 211,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,9                           | 2,0                       | 8,9                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 522,0                                                    | 1,1        | 237,0                                             | 165,9                                  | 0,9          | 184,3                                                 | 1,1         | 150,8                                                 | 1,1                                | 215,5                               |
| MP03                  | 150,0                     | 108,0                    | 211,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,9                           | 2,0                       | 8,9                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 522,0                                                    | 1,1        | 237,0                                             | 165,9                                  | 0,9          | 184,3                                                 | 1,1         | 150,8                                                 | 1,1                                | 215,5                               |
| MP04                  | 110,0                     | 75,0                     | 156,0              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,0                           | 2,0                       | 8,0                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 409,0                                                    | 1,1        | 186,0                                             | 130,2                                  | 0,9          | 144,7                                                 | 1,1         | 118,4                                                 | 1,1                                | 169,1                               |
| MP05                  | 110,0                     | 75,0                     | 156,0              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,0                           | 2,0                       | 8,0                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 409,0                                                    | 1,1        | 186,0                                             | 130,2                                  | 0,9          | 144,7                                                 | 1,1         | 118,4                                                 | 1,1                                | 169,1                               |
| MP06                  | 150,0                     | 108,0                    | 211,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,9                           | 2,0                       | 8,9                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 522,0                                                    | 1,1        | 237,0                                             | 165,9                                  | 0,9          | 184,3                                                 | 1,1         | 150,8                                                 | 1,1                                | 215,5                               |
| MP07                  | 150,0                     | 108,0                    | 211,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,9                           | 2,0                       | 8,9                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 522,0                                                    | 1,1        | 237,0                                             | 165,9                                  | 0,9          | 184,3                                                 | 1,1         | 150,8                                                 | 1,1                                | 215,5                               |
| MP08                  | 150,0                     | 108,0                    | 211,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,9                           | 2,0                       | 8,9                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 522,0                                                    | 1,1        | 237,0                                             | 165,9                                  | 0,9          | 184,3                                                 | 1,1         | 150,8                                                 | 1,1                                | 215,5                               |
| MP09                  | 170,0                     | 114,0                    | 241,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 2,5                           | 2,0                       | 9,5                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 597,0                                                    | 1,1        | 272,0                                             | 190,4                                  | 0,9          | 211,6                                                 | 1,1         | 173,1                                                 | 1,1                                | 247,3                               |
| MP10                  | 210,0                     | 140,0                    | 298,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 3,6                           | 2,0                       | 10,6                            | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 734,0                                                    | 1,1        | 334,0                                             | 233,8                                  | 0,9          | 259,8                                                 | 1,1         | 212,5                                                 | 1,1                                | 303,6                               |
| MP11                  | 210,0                     | 140,0                    | 298,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 3,6                           | 2,0                       | 10,6                            | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 734,0                                                    | 1,1        | 334,0                                             | 233,8                                  | 0,9          | 259,8                                                 | 1,1         | 212,5                                                 | 1,1                                | 303,6                               |
| MP12                  | 180,0                     | 124,0                    | 255,0              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 2,7                           | 2,0                       | 9,7                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 622,0                                                    | 1,1        | 283,0                                             | 198,1                                  | 0,9          | 220,1                                                 | 1,1         | 180,1                                                 | 1,1                                | 257,3                               |
| MP13                  | 285,0                     | 187,0                    | 405,8              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 5,6                           | 2,0                       | 12,6                            | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 984,0                                                    | 1,1        | 447,0                                             | 312,9                                  | 0,9          | 347,7                                                 | 1,1         | 284,5                                                 | 1,1                                | 406,4                               |
| MP14                  | 120,0                     | 85,0                     | 169,5              | 2,5                   | 3,3                           | 2,0                       | 1,2                              | 2,0                       | 1,1                           | 2,0                       | 8,1                             | 99,0       | 230,0         | 265,0     | 0,15           | 422,0                                                    | 1,1        | 192,0                                             | 134,4                                  | 0,9          | 149,3                                                 | 1,1         | 122,2                                                 | 1,1                                | 174,5                               |

\* : réalisation d'un essai, non prise en compte d'un facteur minorateur de 1,5

## VERIFICATION DE LA RESISTANCE DES MATERIAUX

| N° micropieu | Charge ELS<br>Car | Charge ELS<br>Qp | Charge ELU<br>Fond | Ø ext. tube | ép. tube | Ø int.  | Section tube        | corrosion | Ø ext. après<br>corrosion | S tube après<br>corrosion | Nuance acier | Qadm  | QELS Car | QELS Qp | QELU Fond        |
|--------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------|----------|---------|---------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|--------------|-------|----------|---------|------------------|
|              |                   |                  |                    | H           | I        | J=H-2*I | $M=\pi*(H^2-J^2)/4$ | K         | L=H-2*K                   | $M=\pi*(L^2-J^2)/4$       | N            | O=M*N | P=O*0,5  | Q=O*0,6 | R=O*0,75/<br>1,1 |
| MP           | kN                | kN               | kN                 | m           | m        | m       | m²                  | m         | m                         | m²                        | MPa          | kN    | kN       | kN      | kN               |
| MP01         | 150,0             | 108,0            | 211,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP02         | 150,0             | 108,0            | 211,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP03         | 150,0             | 108,0            | 211,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP04         | 110,0             | 75,0             | 156,0              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP05         | 110,0             | 75,0             | 156,0              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP06         | 150,0             | 108,0            | 211,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP07         | 150,0             | 108,0            | 211,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP08         | 150,0             | 108,0            | 211,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP09         | 170,0             | 114,0            | 241,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP10         | 210,0             | 140,0            | 298,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP11         | 210,0             | 140,0            | 298,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP12         | 180,0             | 124,0            | 255,0              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |
| MP13         | 285,0             | 187,0            | 405,8              | 0,0889      | 0,0065   | 0,0759  | 0,0017              | 0,0006    | 0,0877                    | 0,0015                    | 560          | 849,1 | 424,5    | 509,4   | 578,9            |
| MP14         | 120,0             | 85,0             | 169,5              | 0,073       | 0,0055   | 0,062   | 0,0012              | 0,0006    | 0,0718                    | 0,0010                    | 560          | 576,7 | 288,4    | 346,0   | 393,2            |

Réserve de corrosion de 0,6 mm sur l'armature correspondant à la catégorie sol naturel intact pour une durée de 50 ans.

## ANNEXE 2

### VERIFICATION AU FLAMBEMENT – METHODE DE MANDEL

### Vérification au Flambement par la méthode de Mandel

Paramètres géotechniques

Em = 5 MPa

 $\alpha = 2/3$ 

| N° micropieu | V     | Forage Ø | Lf  | Ø <sub>ext</sub> acier | ep. acier | I                 | Kfl = Kfc/2 | Kh                   | Nc     | Nc/2,5 | TEST |
|--------------|-------|----------|-----|------------------------|-----------|-------------------|-------------|----------------------|--------|--------|------|
|              | (kN)  | (m)      | (m) | (m)                    | (m)       | (m <sup>4</sup> ) | (MPa)       | (MN/m <sup>3</sup> ) | (kN)   | (kN)   |      |
| MP01         | 150,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP02         | 150,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP03         | 150,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP04         | 110,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP05         | 110,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP06         | 150,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP07         | 150,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP08         | 150,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP09         | 170,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP10         | 210,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP11         | 210,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP12         | 180,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |
| MP13         | 285,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0877                 | 0,0059    | 1,27E-06          | 9,32        | 62,11                | 1579,3 | 631,7  | ok   |
| MP14         | 120,0 | 0,15     | 2,5 | 0,0718                 | 0,0049    | 5,79E-07          | 9,32        | 62,11                | 1064,6 | 425,8  | ok   |

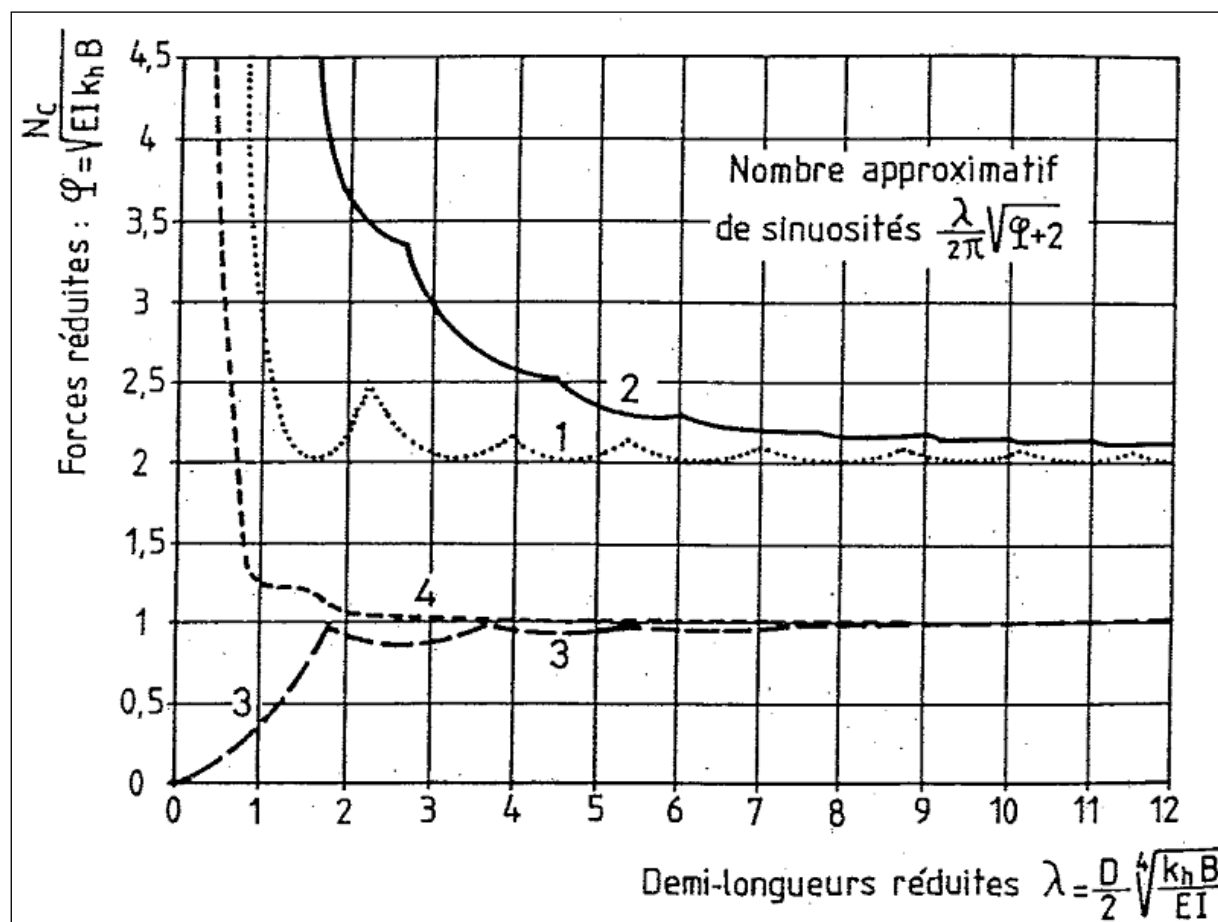
Courbe 1 : pieu dont les deux extrémités ne peuvent subir aucun déplacement transversal,

Courbe 2 : pieu encastré aux deux extrémités,

Courbe 3 : pieu libre,

Courbe 4 : pieu ayant une extrémité encastrée et une extrémité libre.

Détermination de  $N_c$  en fonction de  $\phi$ .



## ANNEXE 3

### TABLEAU RECAPITULATIF DES MICROPIEUX

## TABLEAU D'EXECUTION

| N° micropieu | Epaisseur<br>négligée | Epaisseur<br>couche :<br>argiles | Epaisseur<br>couche :<br>altération | Epaisseur<br>ancrage :<br>marnes | Longueur<br>totale<br>théorique | Ø de<br>Forage | Tube de base toute<br>hauteur |        | Platines   |
|--------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------|--------|------------|
| MP01         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,9                              | 8,9                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP02         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,9                              | 8,9                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP03         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,9                              | 8,9                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP04         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,0                              | 8,0                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP05         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,0                              | 8,0                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP06         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,9                              | 8,9                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP07         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,9                              | 8,9                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP08         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,9                              | 8,9                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP09         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 2,5                              | 9,5                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP10         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 3,6                              | 10,6                            | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP11         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 3,6                              | 10,6                            | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP12         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 2,7                              | 9,7                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
| MP13         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 5,6                              | 12,6                            | 0,15           | 0,0889                        | 0,0065 | 200x200x20 |
| MP14         | 2,5                   | 3,3                              | 1,2                                 | 1,1                              | 8,1                             | 0,15           | 0,073                         | 0,0055 | 200x200x20 |
|              | m                     | m                                | m                                   | m                                | m                               | m              | m                             | m      |            |

LA LONGUEUR DES MICROPIEUX SERA ADAPTEE A LA COUPE DE SOLS REELLEMENT RENCONTREE