



## ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2 PRO)

### POITIERS (86)

Avenue du professeur Jean Bernard  
Construction d'un bâtiment TGBT

## CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE POITIERS

Rapport n°86/25/23198 - Indice 0 du 27/01/2025  
Rédaction : E. HETUIN – Relecture : M. BATAILLE

## SOMMAIRE

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUCTION.....</b>                                 | <b>3</b>  |
| 1.1       | Objectifs de l'étude.....                                | 3         |
| 1.2       | Documents .....  | 3         |
| <b>2.</b> | <b>DONNEES GENERALES DU SITE.....</b>                    | <b>4</b>  |
| 2.1       | Situation, morphologie et avoisinants.....               | 4         |
| 2.2       | Contexte géologique et risques spécifiques du site ..... | 5         |
| <b>3.</b> | <b>DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PAR PIEUX .....</b>    | <b>7</b>  |
| 3.1       | Description du projet.....                               | 7         |
| 3.2       | Principe de justification des fondations.....            | 7         |
| 3.3       | Données d'entrée : descentes de charges.....             | 7         |
| 3.4       | Modèle géotechnique du site .....                        | 7         |
| 3.5       | Dimensionnement des micropieux .....                     | 8         |
| <b>4.</b> | <b>AUTRES DISPOSITIONS .....</b>                         | <b>10</b> |
| 4.1       | Terrassements .....                                      | 10        |
| <b>5.</b> | <b>REMARQUES – ALEAS ET INCERTITUDES.....</b>            | <b>11</b> |

## ANNEXES

1. Classification et schéma d'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (norme NF P 94-500 de Novembre 2013) - Conditions générales des missions d'ingénierie géotechnique et Conditions générales d'intervention
2. Principe de justification des fondations profondes aux Eurocodes

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Objectifs de l'étude

À la demande et pour le compte du **CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE POITIERS, E.G. SOL OUEST** a réalisé une étude géotechnique de conception – Phase Projet (mission G2 PRO) pour la construction d'un bâtiment TGBT situé avenue du professeur Jean Bernard sur la commune de Poitiers (86, Vienne).

Cette étude a pour objectif de déterminer les éléments suivants :

- Synthèse du contexte géologique et hydrogéologique ;
- Dimensionnement des micropieux.

Notre mission correspond à une étude de conception – Phase Projet (mission G<sub>2</sub> PRO) au regard de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013 « Classification des missions d'ingénierie géotechnique » jointe en annexe 1.

En revanche, les aspects suivants ne font pas partie de notre mission :

- La reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de la zone d'investigation et au-delà des profondeurs prévues de nos sondages ;
- Le diagnostic structurel des avoisinants ;
- De façon plus générale, tout ouvrage géotechnique autre que ceux précités.

### 1.2 Documents

Les documents suivants ont servi pour la rédaction du présent rapport :

- Rapports d'étude EG SOL G<sub>2</sub> AVP et G5 référencés 86/24/23198 indice 0 et datés respectivement du 04/09/2024 et du 24/10/2024 ;
- Plans de coffrage des fondations et descentes de charges - SONECO BA01 du 03/01/2025.

Lors de nos deux campagnes d'investigations précédentes, les sondages et essais suivants ont été réalisés :

- mission G2 AVP :
  - 7 sondages semi-destructifs avec 21 essais pressiométriques (norme NF EN ISO 22476-5) ;
  - 1 fouille de reconnaissance des fondations ;
  - 1 sondage carotté.
- mission G5 :
  - 2 essais de cisaillement direct (norme NF EN ISO 17892-10).



## 2. DONNEES GENERALES DU SITE

### 2.1 Situation, morphologie et avoisinants

**Adresse :** Le terrain d'étude se situe avenue du Professeur Jean Bernard sur la commune de Poitiers (86, Vienne).

**Description et topographie du site :** À la date de notre intervention, le terrain était occupé par un talus végétalisé situé entre une voie pompiers longeant un bâtiment sur sous-sol et un mur de soutènement soutenant la voirie située environ 4,4 m au-dessus du projet. La topographie du terrain hors talus est relativement plane et horizontale.

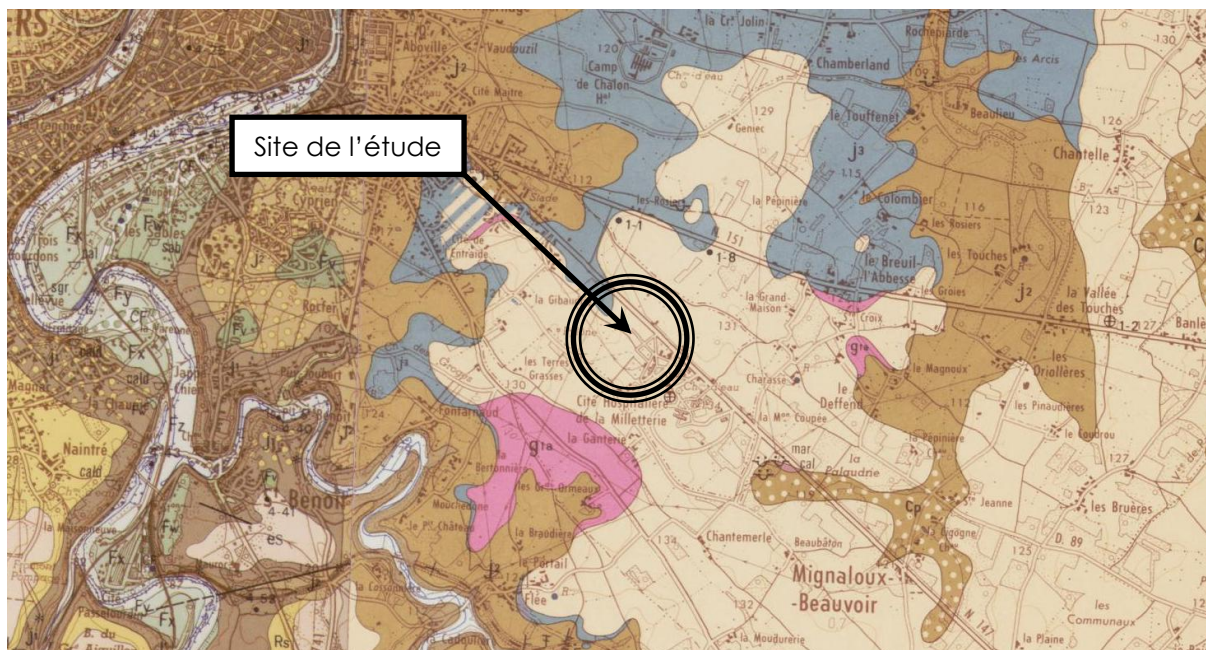


**Photographies du site**



## 2.2 Contexte géologique et risques spécifiques du site

**Enquête géologique :** D'après la carte géologique de Chauvigny au 1/50 000 (BRGM, carte n°590), le site se trouve au niveau des formations du Mio-Pliocène (p) constituées d'argiles et d'argiles sableuses surmontant soit celles du Sannoisien (g1a) représentées par des marnes et calcaires lacustres soit celles sous-jacentes du Callovien (j3) représentées par des calcaires oolithiques et des calcaires fins.



**Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de Chauvigny (n°590) – source BRGM**

**Reconnaissance de sol :** Lors de notre campagne d'investigations réalisées en phase G2 AVP, les sondages (réalisés depuis l'amont et l'aval du mur existant) ont renvoyé la coupe géologique synthétique suivante :

- **Remblais et/ou terre végétale**, observés sur 1,20 à 5,00 m d'épaisseur environ ; leur épaisseur et leurs caractéristiques peuvent être très hétérogènes avec d'importantes variations verticales et latérales en fonction de leur nature et de leur mode de mise en place. Ils sont de plus susceptibles de renfermer des éléments évolutifs.

À noter que la découverte lors de la réalisation des terrassements de zones ou poches de remblais non reconnues n'est pas exclue.

- **Argile, argile feuilletée +/- chargées en grains et graviers**, observées jusqu'à 4,20/8,50 m/sol actuel de profondeur ou jusqu'en fin de forage à 4,50/10,00 m/sol actuel de profondeur. Les essais pressiométriques réalisés au sein de cette formation renvoient les résultats suivants :

- pression limite :  $0,46 < P_l < 1,28 \text{ MPa}$  ;
- module pressiométrique :  $2,2 < E_m < 20,0 \text{ MPa}$  ;

Les résultats correspondent à des caractéristiques géomécaniques **moyennes à élevées**.

- **Calcaire à calcaire argileux +/- altéré**, observé au-delà jusqu'en fin de forage à 8,00/10,00 m/sol actuel de profondeur. Les essais pressiométriques réalisés au sein de cette formation renvoient les résultats suivants :

- pression limite :  $1,70 < PI < 3,37 \text{ MPa}$  ;
- module pressiométrique :  $17,3 < Em < 42,6 \text{ MPa}$  ;

Les résultats correspondent à des caractéristiques géomécaniques **élevées à très élevées**.

Aucun niveau d'eau n'a été observé lors de l'exécution des sondages (du 26 au 30 août 2024). Il n'est cependant pas exclu que des circulations voire des nappes perchées se développent au sein des formations superficielles à la faveur d'épisodes pluvieux intenses.

**Aléa cavités souterraines** : Les formations calcaires attendues au droit du site sont connues pour la présence aléatoire de cavités d'origine naturelle (karsts) ou anthropique (carrières remblayées ou non). Plusieurs anciennes carrières sont recensées dans le secteur concerné selon la cartographie du BRGM ([www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)). La présence de cavités non localisées sur le territoire de la commune est par ailleurs avérée.

**Aléa mouvements de terrain** : Aucun mouvement de terrain n'est recensé dans le secteur concerné selon la cartographie du BRGM ([www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr)). Un Plan de Prévention des Risques Mouvements de terrain vise la commune ; le site n'est toutefois pas inclus dans le périmètre à risque.

**Aléa retrait-gonflement des argiles** : Le terrain d'étude se situe dans une zone d'aléa *a priori important* vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement ([www.argiles.fr](http://www.argiles.fr)).

**Aléa inondations** : Un Plan de Prévention des Risques Inondations vise la commune ; compte-tenu de sa localisation, le site n'est cependant pas soumis à cet aléa.

**Potentiel radon** : Selon la cartographie du potentiel radon des formations géologiques établie par l'IRSN, le secteur étudié est classé en potentiel de **catégorie 1 (faible)**.

**Risque sismique** : Selon le zonage sismique de la France (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 en vigueur depuis le 1er mai 2011), le secteur étudié est classé en zone de **sismicité 3 (modérée)**. Pour l'application des règles parasismiques on se référera au paragraphe « Risque sismique ».

### 3. DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PAR PIEUX

#### 3.1 Description du projet

Le projet consiste en la construction d'un local techniques accueillant des postes TGBT et d'une superficie au sol de l'ordre de 150 m<sup>2</sup> respectivement.

Lors de notre mission G2 AVP, nous avons préconisé un mode de fondation profond de type pieux. Compte-tenu des descentes de charges, une solution de fondations profondes de type micropieux a été retenue par la maîtrise d'ouvrage.

#### 3.2 Principe de justification des fondations

Le principe de justification des fondations suivant les Eurocodes est rappelé en annexe 2.

#### 3.3 Données d'entrée : descentes de charges

Le bureau d'études Structures SONECO nous a fourni les valeurs de descentes de charges pour les différents appuis ponctuels du projet. **Ces descentes de charges intègrent les efforts induits par le mur de soutènement contre lequel le bâtiment sera appuyé, servant ainsi de soutènement en lieu et place des clous ou tirants initialement prévus.**

Sur la base du principe de justification développé en annexe, ces données ont fait l'objet d'un traitement pour obtenir les valeurs des actions dans les différentes configurations (combinaisons d'actions) considérées.

#### 3.4 Modèle géotechnique du site

Pour le dimensionnement des fondations, nous retiendrons le modèle géotechnique ci-dessous :

| Type de pieux   |                              | Micropieu type III (classe 8, catégorie 19 selon la norme NFP 94-262) |
|---|------------------------------|---|
| <b>1. Neutralisation minimale du frottement sur 3,00 m par rapport au fond de fouille</b>     |                              |   |
| Frottement axial  | $q_s$ (kPa) =                | 0,0   |
| <b>2. Argiles observées jusqu'à 10,00 m de profondeur – Ple <math>\approx</math> 0,60 MPa</b> |                              |   |
| Frottement axial  | $\alpha_{\text{pieu sol}}$ = | 2,7   |
|   | $f_{\text{sol}}$ (kPa) =     | 35 (courbe Q1)  |
|   | $q_s$ (kPa) =                | 95  |
| <b>3. Calcaire observé au-delà – Ple <math>\approx</math> 2,10 MPa</b>                        |                              |   |
| Frottement axial  | $\alpha_{\text{pieu sol}}$ = | 2,4   |
|   | $f_{\text{sol}}$ (kPa) =     | 100 (courbe Q4)   |
|   | $q_s$ (kPa) =                | 240   |

Le contexte géotechnique du site ne permet pas de traiter toutes les situations pouvant être rencontrées sur le site compte-tenu des variations aléatoires et significatives de la profondeur du toit du substratum calcaire.

Le dimensionnement des pieux a donc été basé sur un modèle géotechnique conservatoire. Des adaptations devront cependant être menées en phase chantier mais ne peuvent être anticipées de façon exhaustive dans le présent rapport compte-tenu du nombre de configurations possibles et de l'absence de plan de calepinage des pieux.

Nous rappelons par ailleurs que le substratum calcaire reconnu au droit du site est favorable au développement de réseaux karstiques (anciens ou actuels). Des surconsommations de béton doivent donc être anticipées.

### **3.5 Dimensionnement des micropieux**

Nous rappelons que le dimensionnement proposé ci-après requiert une exécution des ouvrages dans les règles de l'art assurant une mobilisation optimale des terrains traversés.

Les techniques de mise en œuvre des micropieux retenues par l'entreprise détentrice de ce lot devront permettre d'assurer un ancrage suffisant dans les horizons visés. Toutes les précautions devront être prises dans la conduite et l'équipement du forage pour éviter tout éboulement et entraînement du terrain. Un suivi strict de la réalisation des micropieux devra être assuré.

Le flambement devra être vérifié en fonction du type d'armature, des sollicitations appliquées à la fondation et quel que soit le diamètre compte-tenu de la présence d'ouvrages à proximité (fondations, voiles...).

L'entreprise de travaux devra s'assurer que le matériel qu'elle met en œuvre lui permet de réaliser les travaux de fondations conformément aux objectifs du CCTP.

Les valeurs de dimensionnement sont données à titre indicatif sous réserve d'une exécution soignée des micropieux, d'une technologie de mise en œuvre susceptible de remanier au minimum le sol au contact du fût, d'un contrôle strict de la réalisation des micropieux et d'un ancrage suffisant dans l'horizon porteur (enregistrements des paramètres de forage, essai de contrôle de la portance...).

Sur la base des éléments de descentes de charges fournis et du modèle géotechnique moyen établi, le dimensionnement des micropieux renvoie les éléments suivants :





## 4. AUTRES DISPOSITIONS

L'examen du suivi d'exécution des travaux terrassement, de soutènement provisoire et de fondations n'entre pas dans le cadre de la présente mission géotechnique. Les dispositions suivantes sont d'ordre général et devront faire l'objet d'une adaptation au site.

Les entreprises de terrassements et de soutènement doivent travailler en phase et en parfaite coordination.

### 4.1 Terrassements

Les travaux de terrassements intéresseront des remblais et des formations argileuses sensibles au remaniement, à la circulation des engins et à la pluviométrie... Dans ces conditions, les travaux préparatoires et de terrassements en masse (réalisation des plates-formes de travail, travaux de décapage, terrassements d'ampleur...) devront être menés avec discernement et dans le respect des règles de l'art (travail en période favorable, contrôle des plates-formes par essais de plaque, gestion efficace des eaux du site en phase provisoire et définitive...).

Les travaux de démolition à réaliser devront conduire à la purge de l'ensemble des vestiges de fondations des bâtiments existants.

Les pieux seront réalisés depuis une plate-forme de travail suffisamment épaisse et portante pour assurer la traficabilité des engins de chantier. La pérennité de ses caractéristiques mécaniques devra être assurée par la mise en œuvre de dispositifs de gestion des eaux du site efficaces.

**Le terrassement des remblais butant le pied du mur de soutènement est susceptible de déstabiliser ce dernier. Un soutènement provisoire (étalement ou autre, à définir par l'entreprise dans le cadre d'une mission G3) devra impérativement être mis en place. Le phasage des travaux devra tenir compte de ces éléments.**

## 5. REMARQUES – ALEAS ET INCERTITUDES

Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.

Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager E.G. SOL OUEST.

Le présent rapport rentre dans le cadre d'une mission G2 – Phase PRO. Il conviendra de le replacer dans l'enchaînement des missions géotechniques normalisées. Nous restons à la disposition du Maître d'ouvrage pour assurer des missions de type Phase projet, Phase supervision géotechnique d'exécution et Phase diagnostic géotechnique en concordance avec la norme NFP 94-500 jointe en annexe et ce afin de gérer les aléas et incertitudes au cours du chantier.

Mignaloux-Beauvoir,  
Le 27 janvier 2025

**L'ingénieur d'affaire**  
**Mickaël BATAILLE**



**Contrôleur interne**  
**Éric HETUIN**





## **Annexes**

- 1. Classification et schéma d'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (norme NF P 94-500 de Novembre 2013) - Conditions générales des missions d'ingénierie géotechnique et Conditions générales d'intervention**
- 2. Principe de justification des fondations profondes aux Eurocodes**





**Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique**  
**Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013**

| 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  |
|---|-----------------------------------|---|--|--|---|--|
| Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)             |                                   | Étude géotechnique préalable (G1)<br>Phase Étude de Site (ES)                                     |  | Spécificités géotechniques du site   | Première identification des risques présentés par le site   | Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique   |
|   | Étude préliminaire, esquisse, APS | Étude géotechnique préalable (G1)<br>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   |
| Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)         | APD / AVP                         | Étude géotechnique de conception (G2)<br>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                               | Étude géotechnique de conception (G2)<br>Phase Projet (PRO)                                       |  | Conception et justifications du projet   |   | Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)  |
|   | DCE / ACT                         | Étude géotechnique de conception (G2)<br>Phase DCE / ACT  |  | Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux    |   |  |
| Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3 / G4) |                                   | A la charge de l'entreprise   | A la charge du maître d'ouvrage  |  |   |  |
|   | EXE / VISA                        | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)<br>Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi) | Supervision géotechnique d'exécution (G4)<br>Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi) | Étude 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                         | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)<br>Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude) | Supervision géotechnique d'exécution (G4)<br>Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude) | Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage       |   | Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux |
| À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant    | Diagnostic                        | Diagnostic géotechnique (G5)  |  | Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant               | Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés  | Fonction de l'élément géotechnique étudié  |



## Classification des missions d'ingénierie géotechnique

### Extrait de la norme NF P 94-500 de novembre 2013

|   |
|---|
| <p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques spécifiques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>  |
| <p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRELABLE (G1)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géologiques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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 sol).</li> </ul>   |
| <p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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, assise des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions 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.</li> </ul> <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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, assise 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.</li> </ul> <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation d'ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>— 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.</li> </ul>  |
| <p><b>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).</li> <li>— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul> <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>— Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>— Établir 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).</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (G4)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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.</li> </ul> <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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).</li> <li>— Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li> </ul> |
| <p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier 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.</li> <li>— 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).</li> </ul>   |



## Conditions générales des missions géotechniques

(mise à jour de novembre 2013)

### 1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 3 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art. L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'étude géotechnique préalable (G1), d'étude géotechnique de conception (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique 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 du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant-projet ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée ;
- une mission d'étude géotechnique de conception G2 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 d'ingénierie 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.

### 2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation 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 à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle 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 (notamment 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.

### 3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission. 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. 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 entraîner des poursuites judiciaires.



## Conditions générales d'intervention Reconnaisances et études géotechniques

La société d'études géotechniques contractante est désignée dans ce qui suit par : "Le Géotechnicien".

### ARTICLE I. - DELAIS

Sauf indication contraire précise, les estimations de délai d'intervention et de délai d'exécution des travaux ne sauraient engager le Géotechnicien. Ces estimations sont données de bonne foi, elles sont approximatives. L'estimation du délai d'exécution ne peut prendre en compte les retards dus à la rencontre de sols inattendus ou de circonstances naturelles imprévisibles, aux arrêts provenant de cas de force majeure ou de causes non imputables au Géotechnicien.

### ARTICLE II. - AUTORISATIONS ET FORMALITES

Toutes les démarches et formalités de nature administrative et, en particulier, l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les chantiers et terrains à reconnaître et d'y exécuter les travaux, observations, ou essais prévus sont à la charge du commettant ou de son mandataire.

### ARTICLE III. - DIAGRAMMES, PLANS ET DOCUMENTS

Les diagrammes, coupes de sondages, plans ou documents établis par les soins du Géotechnicien ne peuvent être transmis à des tiers, publiés ou reproduits sans son autorisation.

### ARTICLE IV. - PRESTATIONS EXCLUES DE LA MISSION

Sauf stipulations contraires expressément désignées, sont exclues de la mission du géotechnicien, les prestations suivantes :

a- Les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des bâtiments, des voies d'accès et plus généralement la zone à étudier.

b- Le dégagement éventuel d'emplacements sensiblement plans au droit de chaque sondage ou essai ainsi que les travaux éventuels permettant l'accessibilité au point de sondage ou d'essai.

### ARTICLE V. - DEGATS AUX OUVRAGES ET CULTURES

La responsabilité du Géotechnicien ne saurait être engagée pour dégâts ainsi que par leurs conséquences, causés à des ouvrages, canalisations ou lignes enterrées dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit avant le début des travaux : il en est de même pour les dégâts au terrain, à la végétation et aux cultures résultant de son intervention.

### ARTICLE VI. - RECEPTION DES TRAVAUX

La réception définitive des sondages de reconnaissance, essais de pénétration, et plus généralement de tous essais en place que le Géotechnicien serait amené à exécuter, aura lieu de plein droit à l'achèvement des travaux sur le terrain.

### ARTICLE VII. - VARIATION DANS LES PRIX

Les prix relatifs à l'intervention du Géotechnicien seront réputés établis aux conditions économiques en vigueur en France à la date de la proposition. Ils sont valables deux mois et seront actualisés au-delà de cette durée ; ils seront également révisés dans le cas d'un délai d'exécution supérieur à 3 mois.

### ARTICLE VIII. - CONDITIONS DE PAIEMENT

Tous les engagements du Géotechnicien sont réputés pris au siège de la Société. Les règlements seront effectués sur situations mensuelles à 30 jours fin de mois de l'exécution des travaux correspondants, ou au plus tard le 10 du mois suivant, par virement ou chèque bancaire à l'ordre du Géotechnicien et au compte de celui-ci dont les références sont précisées par le contrat particulier. Toute somme non réglée à l'échéance prévue donnera lieu à intérêts de retard.

### ARTICLE IX. - VERSEMENT D'UNE PROVISION

Lors de la signature de la convention, le Géotechnicien sera habilité à recevoir une provision à valoir sur ses honoraires définitifs, dont le montant sera de 30 % du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Sauf clause contraire le montant de la provision initiale est déduit du dernier relevé d'honoraires.

### ARTICLE X. - RESILIATION

Toute procédure de résiliation sera obligatoirement précédée d'une mise au point amiable préalable. Sauf le cas de faute grave de la part du Géotechnicien dûment constatée, la résiliation implique que l'ensemble des prestations régulièrement fournies par le Géotechnicien au jour de cette résiliation soient rémunérées par le client.

### ARTICLE XI. - RESPONSABILITES

Indépendamment des présentes obligations contractuelles, le Géotechnicien est soumis aux responsabilités découlant du droit commun et à la responsabilité décennale édictée par les articles 1792 et 2270 du Code Civil pour les ouvrages qui tombent dans le champ d'application desdits articles.

Elle déclare par la présente, avoir souscrit les contrats d'assurance la garantissant contre les conséquences pécuniaires de ces différentes responsabilités lui incombant.

### ARTICLE XII. - LITIGES

Pour tous les litiges pouvant survenir dans l'application du présent contrat, les parties pourront d'abord solliciter l'avis d'un arbitre, si celui-ci peut être choisi d'un commun accord entre elles dans le délai de dix jours suivant la demande que en sera faite.

Faute d'accord sur le choix d'un arbitre, ou sur la solution proposée par celui-ci (ou tout simplement en cas de contestation comme en cas de recouvrement forcé), seuls les Tribunaux du département du siège social seront compétents, de convention expresse et nonobstant tous écrits ou clauses contraires du cocontractant.



**Principe de justifications des fondations profondes aux Eurocodes**

Pour rappel, les calculs sont menés à partir de l'Eurocode 7 section 7 : fondations sur micropieux (NF EN 1997-1 & 2), la norme d'application NF P 94-262 et la norme NF EN 1998-1.

Ces documents définissent les paramètres à vérifier en fonction des états-limites considérés (États-Limites Ultimes E.L.U. et de Service E.L.S.) pour la justification des structures STR et des paramètres géotechniques GEO. Pour les fondations profondes, il convient d'étudier les états-limites ultimes pour des combinaisons d'actions fondamentales (situations de projet durables ou permanentes et transitoires ou variables) et pour des combinaisons d'actions accidentelles. Les états-limites de service doivent quant à eux être étudiés pour des combinaisons d'actions caractéristiques, fréquentes et quasi-permanentes.

Ces vérifications sont définies par la relation générale :

$$E_d \leq R_d$$

avec :

$E_d$  valeur de calcul des actions

$R_d$  valeur de calcul de la résistance de la structure ou du terrain

Ces deux termes représentent les combinaisons d'actions à prendre en compte. Ils se basent, pour le premier terme  $E_d$ , sur la combinaison des actions permanentes (regroupées sous la lettre G et comprenant essentiellement les charges liées à la structure du bâtiment), des actions variables (regroupées sous la lettre Q et comprenant les surcharges d'exploitation et les charges liées aux agents climatiques) et des actions liées au risque sismique (S) et, pour le second terme  $R_d$ , sur les caractéristiques mécaniques des sols issues des campagnes d'investigations réalisées par nos soins.

Pour chaque combinaison et type d'actions sont définis par la norme des facteurs partiels (NF P 94-262 Annexe C) à appliquer aux termes de l'inégalité à vérifier. À ce titre, la norme NF EN 1997-1 & 2 définit différentes approches de calcul faisant appel à des facteurs partiels différents. Pour les états-limites structure (STR) et géotechnique (GEO), l'approche de calcul à retenir est l'approche 2 telle que :

$$A1 \text{ '+' } M1 \text{ '+' } R2$$

Cette formulation renvoie aux coefficients partiels parmi ceux des tableaux ci-dessous (issus de l'annexe C de la norme NF P 94-262) à retenir en fonction du paramètre considéré (actions permanentes ou transitoires, favorables ou défavorables, paramètre du sol ou résistance du sol).

Pour la vérification des états-limites STR et GEO, les coefficients partiels à appliquer aux effets des actions et des résistances sont les suivants (NF P 94-262 Annexe C) :

JEU A

| Action     |             | Symbole    | Ensemble |     |
|------------|-------------|------------|----------|-----|
|            |             |            | A1       | A2  |
| Permanente | Défavorable | $\gamma_G$ | 1,35     | 1,0 |
|            | Favorable   |            | 1,0      | 1,0 |
| Variable   | Défavorable | $\gamma_Q$ | 1,5      | 1,3 |
|            | Favorable   |            | 0        | 0   |

JEU M (non utilisé dans le cas présent)

| Paramètres du sol                           | Symbole          | Ensemble |      |
|---|------------------|----------|------|
|   |                  | M1       | M2   |
| Angle de frottement interne a)              | $\gamma_{\phi'}$ | 1,0      | 1,25 |
| Cohésion effective                          | $\gamma_{c'}$    | 1,0      | 1,25 |
| Cohésion non drainée                        | $\gamma_{cu}$    | 1,0      | 1,4  |
| Compression simple                          | $\gamma_{qu}$    | 1,0      | 1,4  |
| Poids volumique                             | $\gamma_Y$       | 1,0      | 1,0  |
| a) Ce facteur est appliqué à $\tan \phi'$ . |                  |          |      |

### **Combinaisons d'actions**

Les effets des actions sont déterminés conformément aux dispositions de l'article 6.4.3 de la norme NF EN 1990.

Pour une situation de projet, il est nécessaire de considérer le cas de charge et la combinaison d'actions les plus défavorables vis-à-vis de l'état limite visé. Les combinaisons d'actions suivantes ont été étudiées pour la justification des fondations par micropieux du projet :

- état-limite ultime en situations de projet durable et transitoire pour lesquels, en appliquant les coefficients partiels du jeu 'A', la valeur de calcul des effets des actions  $E_d$  est  $1,35 G + 1,5 Q$
- état-limite de service en situation de projet caractéristique pour lequel la valeur de calcul des effets des actions  $E_d$  est  $G + Q$
- état-limite de service en situation de projet quasi-permanente pour lequel la valeur de calcul des effets des actions  $E_d$  est  $G$

Pour justifier le dimensionnement d'un micropieu aux états-limites ultime, le terme  $E_d$ , dans les différentes combinaisons d'actions étudiées et mentionnées ci-dessus, est confronté au terme  $R_d$  qui correspond à la capacité portante du micropieu. Plus précisément, le terme à calculer pour le dimensionnement est  $R_{c;d}$  qui est la valeur de calcul de la portance du terrain sous une fondation profonde.

#### Procédure pour la justification aux états-limites ultimes

Dans le cas de fondations profondes de type micropieu,  $R_{c;d}$  est défini comme suit :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma$$

avec :

$R_{c;d}$  valeur de calcul de la portance du terrain sous une fondation profonde

$R_{c;k}$  valeur caractéristique de la portance du terrain sous une fondation profonde

$\gamma$  facteur partiel dépendant de la combinaison d'actions considérée

$R_{c;d}$  correspond à la somme de la résistance limite de pointe  $R_b$  et de la résistance limite de frottement axial  $R_s$  de la fondation profonde.  $R_{c;d}$  peut donc se décomposer comme suit :

$$R_{c;d} = R_{b;d} + R_{s;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s$$

avec :

$R_{c;d}$  valeur de calcul de la portance du terrain sous une fondation profonde

$R_{b;d}$  valeur de calcul de la résistance limite de pointe d'une fondation profonde

$R_{s;d}$  valeur de calcul de la résistance limite de frottement axial d'une fondation profonde

$R_{b;k}$  valeur caractéristique de la résistance limite de pointe d'une fondation profonde

$R_{s;k}$  valeur caractéristique de la résistance limite de frottement axial d'une fondation profonde

$\gamma_b ; \gamma_s$  facteurs partiels dépendant de la combinaison d'actions considérée

**S'agissant de fondations de type micropieu, aucun effort de pointe n'est pris en compte. Seul le terme  $R_{s;k}$  doit donc être déterminé.**

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour la détermination de la valeur de la résistance limite de frottement axial ( $R_{s;k}$ ). Compte-tenu du contexte géotechnique du site étudié et des données à notre disposition, la méthode retenue est celle dite du « modèle de terrain » qui nous donne :

$$R_{s;k} = \sum_i A_{s;i} q_{s;i;k}$$

$$q_{s;i;k} = q_{s;i} / \gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}$$

avec :

$R_{s;k}$  valeur caractéristique de la résistance limite de frottement axial d'une fondation profonde

$A_{s;i}$  surface de la section transversale du fût d'une fondation profonde pour la ième couche de terrain

- $q_{s;i;k}$  valeur caractéristique de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la  $i^{\text{ème}}$  couche de terrain
- $q_{s;i}$  valeur de frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la  $i^{\text{ème}}$  couche de terrain
- $\gamma_{R;d1}$  valeur du coefficient partiel de modèle lié à la dispersion du modèle de calcul ; sa valeur est présentée dans les annexes F et G de la norme NF P 94-262 et page suivante du présent rapport
- $\gamma_{R;d2}$  valeur du coefficient partiel lié au calage des méthodes de calcul décrites dans les annexes F et G de la norme NF P 94-262 sur la pratique antérieure et page suivante du présent rapport

Les coefficients partiels requis ci-dessus pour la justification des fondations profondes aux états-limites ultimes sont issus des tableaux présentés ci-dessous (annexe C de NF P 94-262) :

JEU R2 pour les pieux en situations durables et transitoires

| Résistance                      | Symbole        | Pieux foncés | Pieux forés | Pieux à la tarière continue (CFA) |
|---------------------------------|----------------|--------------|-------------|-----------------------------------|
| Pointe                          | $\gamma_b$     | 1,1          | 1,1         | 1,1                               |
| Fût (compression)               | $\gamma_s$     | 1,1          | 1,1         | 1,1                               |
| Total/combinaison (compression) | $\gamma_t$     | 1,1          | 1,1         | 1,1                               |
| Fût en traction                 | $\gamma_{s,t}$ | 1,15         | 1,15        | 1,15                              |

JEU R2 pour les pieux en situations accidentelles

| Résistance                      | Symbole        | Pieux foncés | Pieux forés | Pieux à la tarière continue (CFA) |
|---------------------------------|----------------|--------------|-------------|-----------------------------------|
| Pointe                          | $\gamma_b$     | 1,0          | 1,0         | 1,0                               |
| Fût (compression)               | $\gamma_s$     | 1,0          | 1,0         | 1,0                               |
| Total/combinaison (compression) | $\gamma_t$     | 1,0          | 1,0         | 1,0                               |
| Fût en traction                 | $\gamma_{s,t}$ | 1,05         | 1,05        | 1,05                              |



## Valeurs des coefficients de modèle pour la méthode pressiométrique

|   | Procédure du « pieu modèle »<br>(utilisation des coefficients $\gamma$ ou de<br>l'annexe D de la norme NF EN 1990)<br>Procédure du « modèle de terrain » |                          | Procédure du « modèle de terrain » |                          |
|---|--|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|
|   | $\gamma_{R;d1}$ Compression  | $\gamma_{R;d1}$ Traction | $\gamma_{R;d2}$ Compression        | $\gamma_{R;d2}$ Traction |
| Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10 et 15             | 1,15   | 1,4                      | 1,1                                |                          |
| Pieux ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hors pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20 | 1,4  | 1,7                      |                                    |                          |
| Pieux de catégorie 10, 15, 17, 18, 19 et 20   | 2,0  | 2,0                      |                                    |                          |

Catégories de pieu telles que définies à l'annexe A de la norme NF P 94-262

Procédure pour la justification aux états-limites de service

Pour la justification des pieux aux états-limites de service, il convient de calculer la valeur de calcul de la charge de fluage de compression  $R_{c;cr;d}$  qui se calcule comme suit :

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

avec :

- $R_{c;cr;d}$  valeur de calcul de la charge de fluage de compression
- $R_{c;cr;k}$  valeur caractéristique de la charge de fluage de compression
- $\gamma_{cr}$  facteur partiel sur la charge de fluage de compression

Les coefficients partiels requis ci-dessus pour la justification des fondations profondes aux états-limites de service sont issus des tableaux présentés ci-dessous :

Valeurs des coefficients partiels pour la justification des fondations profondes aux E.L.S. pour des combinaisons caractéristiques

| Résistance                                  | Symbole         | Valeurs |
|---|-----------------|---------|
| Fût en compression                          | $\gamma_{cr}$   | 0,9     |
| Fût en traction                             | $\gamma_{s;cr}$ | 1,1     |
| conforme au tableau 14.2.1.1 de NF P 94-262 |                 |         |

Valeurs des coefficients partiels pour la justification des fondations profondes aux E.L.S. pour des combinaisons quasi-permanentes

| Résistance                                  | Symbole         | Valeurs |
|---|-----------------|---------|
| Fût en compression                          | $\gamma_{cr}$   | 1,1     |
| Fût en traction                             | $\gamma_{s;cr}$ | 1,5     |
| conforme au tableau 14.2.1.2 de NF P 94-262 |                 |         |

Pour des micropieux,  $R_{c;cr;k}$  est déduit comme suit de la valeur caractéristique de la résistance limite de frottement axial d'une fondation profonde telles que calculées plus haut :

$$R_{c;cr;k} = 0,7R_{s;k}$$

### Synthèse justifications aux E.L.U.

Pour résumer, le modèle de micropieu retenu étant le micropieu de type III (classe 8 catégorie 19 selon la norme NF P 94-262), les facteurs partiels à retenir pour les situations de calcul prises en compte dans le cas présent et en conservant les terminologies explicitées précédemment sont :

$$R_{c;d} = R_{s;d} = R_{s;k} / \gamma_s = \frac{\sum_i A_{s;i} \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}}}{\gamma_s}$$

Aux E.L.U. situations durable et transitoire, nous avons donc :

$$R_{c;d} = \frac{\sum_i A_{s;i} \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}}}{\gamma_s}$$

avec  $\gamma_{R;d1} = 2$   
 $\gamma_{R;d2} = 1,1$   
 $\gamma_s = 1,1$

Aux E.L.U. situation accidentelle, nous avons :

$$R_{c;d} = \frac{\sum_i A_{s;i} \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}}}{\gamma_s}$$

avec  $\gamma_{R;d1} = 2$   
 $\gamma_{R;d2} = 1,1$   
 $\gamma_s = 1$

Synthèse justifications aux E.L.S.

$$R_{c;cr;k} = 0,7 R_{s;k}$$

Sur la base des formules précédentes, nous pouvons en déduire :

$$R_{c;cr;d} = R_{c;cr;k} / \gamma_{cr} = \frac{0,7 \sum_i A_{s;i} \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}}}{\gamma_{cr}}$$

D'où aux E.L.S. caractéristique :

$$R_{c;cr;d} = \frac{0,7 \sum_i A_{s;i} \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}}}{\gamma_{cr}}$$

avec  $\gamma_{R;d1} = 2$   
 $\gamma_{R;d2} = 1,1$   
 $\gamma_{cr} = 0,9$

Et aux E.L.S. quasi-permanent :

$$R_{c;cr;d} = \frac{0,7 \sum_i A_{s;i} \frac{q_{s;i}}{\gamma_{R;d1} \gamma_{R;d2}}}{\gamma_{cr}}$$

avec  $\gamma_{R;d1} = 2$   
 $\gamma_{R;d2} = 1,1$   
 $\gamma_{cr} = 1,1$