



ETUDE GEOTECHNIQUE G2 AVP  
Création d'une mezzanine  
L'Orme des Merisiers – RD128  
SAINT-AUBIN (91)

**Rapport n°14093 pièce n°1 v1 - 31 janvier 2024**



# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Généralités.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Cadre de l'étude .....</b>	<b>4</b>
2.1 Mission confiée .....	4
<b>3. Textes réglementaires.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Documents communiqués .....</b>	<b>5</b>
<b>5. Description du projet .....</b>	<b>6</b>
<b>6. Contexte géomorphologique et géologique .....</b>	<b>10</b>
6.1 Contexte géomorphologique.....	10
6.2 Contexte géologique.....	11
6.3 Contexte hydrogéologique.....	11
6.4 Risques naturels et anthropiques .....	12
<b>CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE .....</b>	<b>13</b>
<b>7. Implantation et nivellement des sondages.....</b>	<b>13</b>
<b>8. Travaux réalisés.....</b>	<b>14</b>
8.1 Sondage in-situ .....	14
<b>RESULTATS ET SYNTHESE DES INVESTIGATIONS .....</b>	<b>15</b>
<b>9. Synthèse lithologique.....</b>	<b>15</b>
<b>10. Synthèse géomécanique.....</b>	<b>16</b>
<b>11. Synthèse hydrogéologique .....</b>	<b>16</b>
<b>INTERPRETATIONS ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>17</b>
<b>12. Synthèse géotechnique et hydrogéologique.....</b>	<b>17</b>
<b>13. Fondations .....</b>	<b>18</b>
13.1 Principes de fondations .....	18
13.2 Pré-dimensionnement des micropieux .....	18
13.2.1 Hypothèses de calcul.....	18
13.2.2 Modèle géotechnique et paramètres de dimensionnement.....	19
13.2.3 Exemple de dimensionnement .....	20
<b>14. Groupe de micropieu .....</b>	<b>21</b>
<b>15. Sujétions d'exécution des micropieux .....</b>	<b>23</b>
<b>16. Aléas et risques identifiés .....</b>	<b>23</b>
<b>Aléas géotechniques - Conditions contractuelles.....</b>	<b>25</b>

**TABLE DES ANNEXES :**

ANNEXE 1 EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500

ANNEXE 2 PLAN DE SITUATION

ANNEXE 3 PLAN D'IMPLANTATION DU SONDAGE

ANNEXE 4 COUPE DU SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

# INTRODUCTION

## 1. Généralités

Maître d'Ouvrage : SYNCHROTON SOLEIL

Projet : Création d'une mezzanine

Adresse du chantier : L'Orme des Merisiers – RD128 – SAINT-AUBIN (91)

## 2. Cadre de l'étude

### 2.1 Mission confiée

Le présent rapport d'étude s'inscrit dans le cadre de la norme AFNOR NF P 94-500 du 30 novembre 2013 dont un extrait est joint en annexe n°1.

Les différentes missions confiées à SAGA étaient les suivantes :

Mission	Définition et description
<b>Investigations géotechniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Exécuter</b> les sondages, essais, mesures in situ et en laboratoire selon un programme défini dans la mission proposée.</li> </ul>
<b>Mission G2 AVP</b> (Etude géotechnique de conception Phase Avant-Projet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Analyser</b> les documents techniques liés à l'adaptation du projet au sol,</li> <li>• <b>Fournir</b> une synthèse des résultats de la campagne d'investigations géotechniques,</li> <li>• <b>Déterminer</b> le mode de fondations le plus adapté au projet,</li> <li>• <b>Définir</b> les dispositions constructives vis-à-vis des structures et ouvrages mitoyens.</li> </ul>

### 3. Textes réglementaires

Les textes réglementaires suivants ont été utilisés pour définir les prédimensionnements et recommandations fournis :

- Normes AFNOR en vigueur ou notes techniques particulières existantes concernant les travaux de sondages, essais in-situ et en laboratoire,
- Norme française « Eurocode 7, Calcul géotechnique – Partie 1, Règles générales » référencée NF EN 1997-1 de juin 2005, son annexe nationale référencée NF EN 1997-1/NA de septembre 2006 et son amendement référencé NF EN 1997-1/A1 d'avril 2014,
- Norme française « Eurocode 7, Calcul géotechnique – Partie 2, Reconnaissance des terrains et essais » référencée NF EN 1997-2 de septembre 2007,
- Norme française « Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations profondes » référencée NF P 94-262 de juillet 2012 et son amendement référencé NF P 94-262/A1 de juillet 2018.

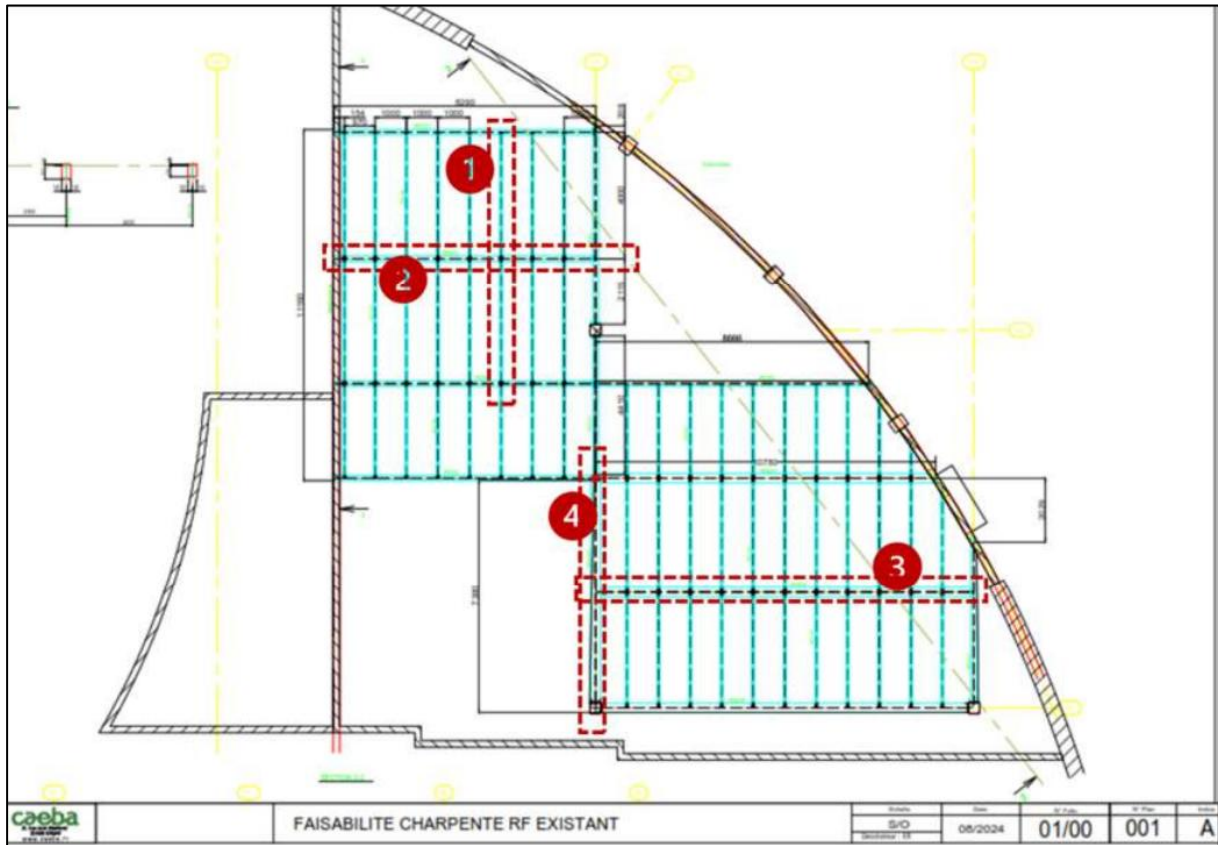
### 4. Documents communiqués

Pour la réalisation du présent rapport, il nous a été transmis les documents suivants :

Document	Emetteur	Référence	Date d'émission	Date de réception
Etude de faisabilité	CEABA	SOLEIL CHARP RF etude IndD	07/10/24	11/12/24
Plans RDC	SYNCHROTON SOLEIL	TQC-SOL-P-L00-SY-R0-001-A_Synchrotron Niv. +00.00	30/06/2015	11/12/24
DOE complet : plans architectes et gros œuvre (fondations)	-	SY_Synchrotron	-	19/12/24
		Mezzanine zone RF	-	

## 5. Description du projet

Le projet prévoit la création d'une mezzanine par l'agrandissement et/ou le renforcement de poutres existantes au sein bâtiment principal du Synchrotron à SAINT-AUBIN (91).



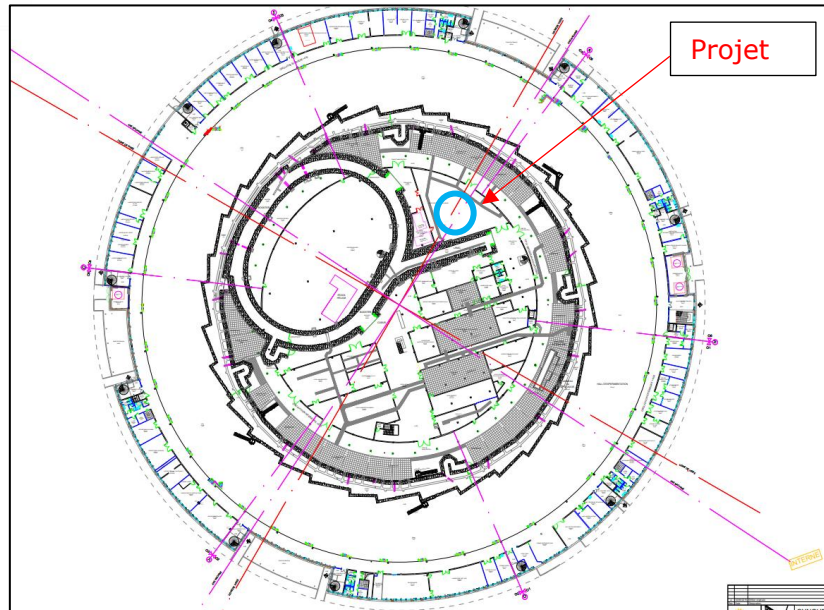
*Etat existant – plancher haut RDC avec poutres*



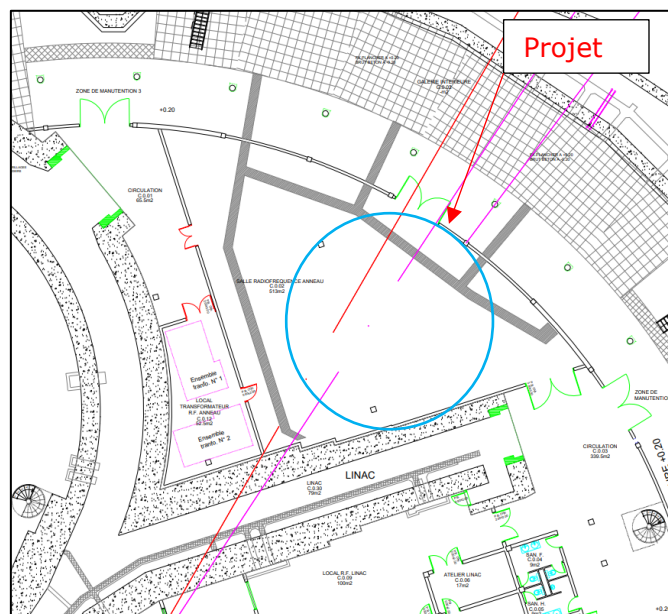
*Poutres existantes à renforcer*



D'après les informations transmises le niveau fini du plancher bas sera situé à la même cote que celle de la plateforme existante, soit à 163,25 NGF (à confirmer).



Extrait plan RDC existant

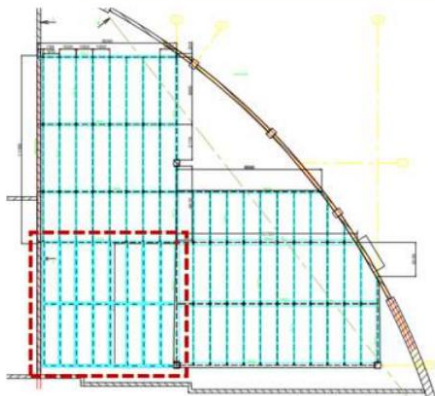


Extrait plan RDC existant - Zoom

Les 3 scénarii ci-dessous sont envisagé :

**Scénarii 1** : la charpente est agrandie. Aucune augmentation de descentes de charges n'est prévue.

#### 5.1.1 Scénario 1 : Intervention minimale



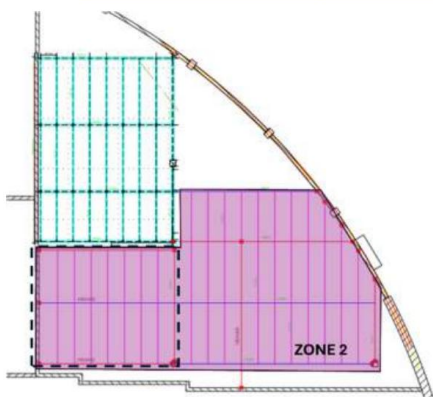
La charpente est agrandie entre les 2 zones avec la même capacité de 60 kg/m<sup>2</sup>

Le dimensionnement est identique à la zone 1.

Scenario 1

**Scénarii 2** : la charpente est agrandie et renforcée uniquement sur la zone 2.

#### 5.1.2 Scénario 2 : Demi - plateforme



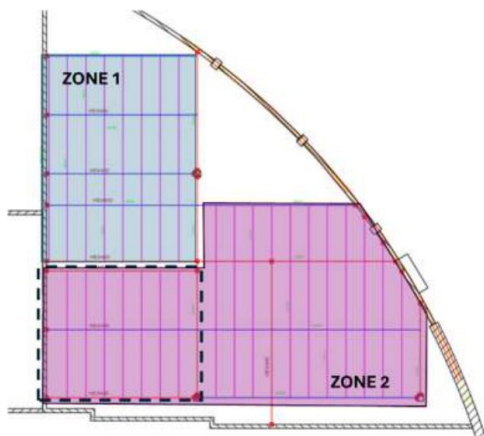
La structure est agrandie et renforcée afin de pouvoir accueillir une zone de stockage et de montage.

Il n'y a pas de modification sur la zone 1.

Scenario 2

**Scénarii 3** : la charpente est agrandie et renforcée en totalité.

#### 5.1.3 Scénario 3 : Plancher complet

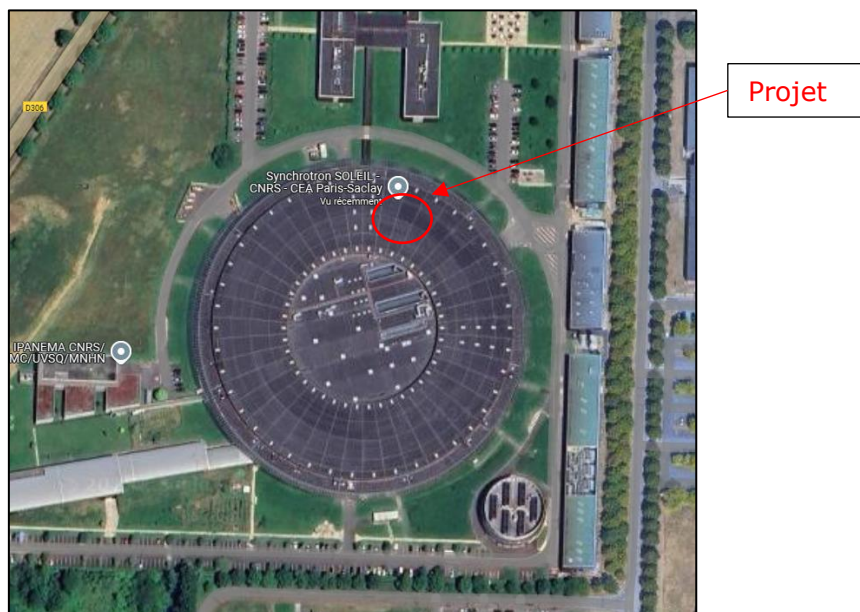


L'ensemble de la structure est renforcé afin d'accueillir une zone de stockage et de montage.

Scenario 3



A titre indicatif, nous avons reproduit ci-dessous une vue aérienne expliquant la localisation du projet :



*Localisation du projet*

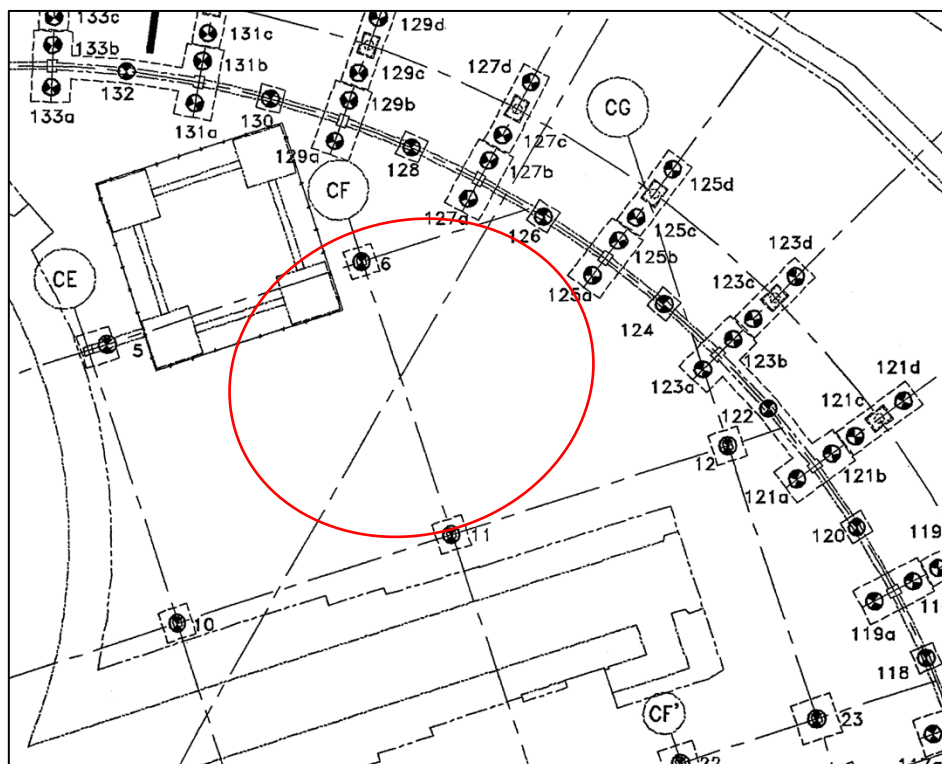
### ✓ Contexte de mitoyenneté

Le projet de mezzanine sera situé au sein du bâtiment existant comportant des appareils sensibles. Le projet sera en mitoyenneté directe avec l'existant.



### ✓ **Fondations existantes**

D'après les plans et coupes transmis, le bâtiment est construit sur fondations profondes de type colonnes ballastées et pieux. Au droit de la future mezzanine, les appuis existants sont fondés par colonnes ballastées. Selon le DOE, les colonnes ballastées à proximité du projet (11, 12, 6, 126, 127a, 125a) ont été descendues entre 2,49 et 2,73 m de profondeur, soit au sein des Argiles de Montmorency.



*Extrait d'implantation des colonnes ballastées*

## **6. Contexte géomorphologique et géologique**

### **6.1 Contexte géomorphologique**

Le site étudié se trouve au L'Orme des Merisiers, Saint-Aubin à GIF-SUR-YVETTE (91) sur le plateau de Saclay, à l'ouest de la ZAC du quartier de l'Ecole Polytechnique. Celui-ci se situe à moins de 1,0 kilomètres environ de l'Yvette.

D'après le nivellement des points de sondages et le plan fourni, la topographie du site est subhorizontale avec une altimétrie des Terrains Naturels autour de 162,77 NGF (à confirmer par un géomètre expert).

Le plan de situation est joint en annexe n°2.

## 6.2 Contexte géologique

D'après les documents consultés (carte géologique de Rambouillet au 1/50 000<sup>ème</sup>, éditée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)...) et notre connaissance du secteur, les horizons que l'on devrait normalement rencontrer seraient, de haut en bas :

- *Limons des plateaux,*
- *Argile à meulière de Montmorency,*
- *Sables et Grès de Fontainebleau.*



### Légende :

LP	Limons des plateaux
p	Pliocène. Sables de Lozère
g3a	Oligocène supérieur. Meulière de Montmorency et Argile à Meulière de Montmorency
g2b	Stampien supérieur. Sables et grès de Fontainebleau

Extrait de la carte géologique de Corbeil-Essonnes au 1/50 000<sup>ème</sup> sur la commune de VILLEJUST (91) – [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

Compte tenu du contexte urbanisé et des aménagements actuels, la présence de *Remblais* en surface n'est pas à exclure.

## 6.3 Contexte hydrogéologique

En se basant sur la carte géologique de RAMBOUILLET au 1/50 000<sup>ème</sup> et sur la succession lithologique dans le secteur du projet, la première nappe attendue au droit du site serait la nappe perchée au sein des *Limons des Plateaux* sur le toit peu perméable des *Argiles à Meulières de Montmorency*. Cette nappe est essentiellement alimentée par la pluviométrie. Ainsi ses niveaux peuvent fluctuer notamment en périodes pluvieuses.

## 6.4 Risques naturels et anthropiques

### - Risque sismique

Une délimitation des zones de sismicité du territoire français a été définie par les décrets n°2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010.

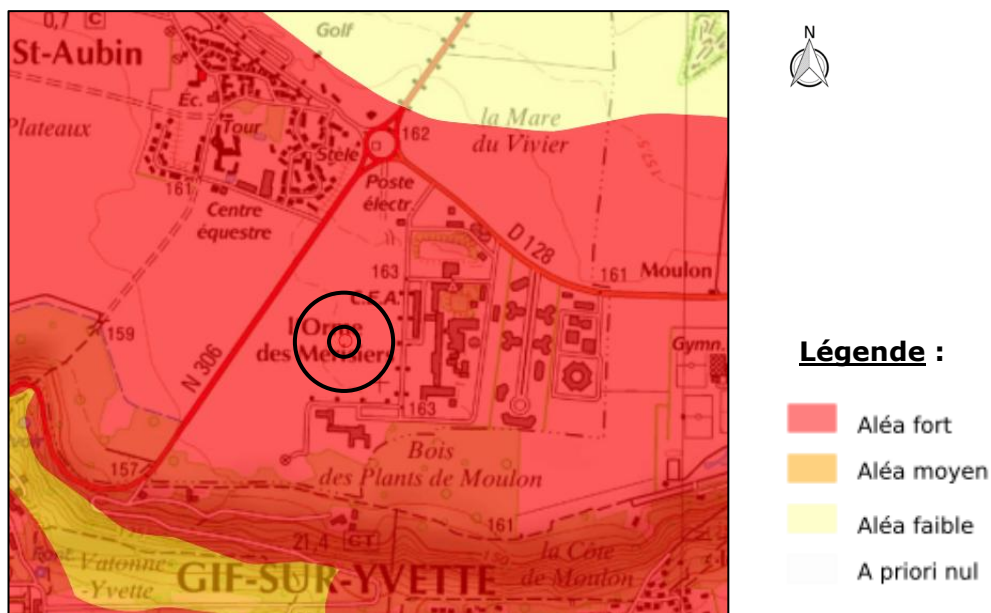
En se basant sur cette délimitation, la ville de SAINT-AUBIN (91) est dans une zone de sismicité très faible (zone 1).

### - Risque de carrières à ciel ouvert

D'après les données issues de l'Inspection Générale des Carrières (IGC), aucune exploitation souterraine ou à ciel ouvert n'est recensée au droit du site ou à ses abords.

### - Risque de retrait/gonflement des argiles

La cartographie des risques liés au phénomène de retrait/gonflement des sols argileux, établie par le BRGM, sur la commune de SAINT-AUBIN (91), montre que le site se trouve dans une zone **d'aléa fort**.



Extrait de la carte de l'aléa retrait/gonflement des argiles sur la commune de SAINT-AUBIN (91) - [www.infoterre.brgm.fr](http://www.infoterre.brgm.fr)

### - Risque d'inondation par débordement de cours d'eau

Selon les cartes consultées, le site se trouve en dehors des zones inondables par débordement de cours d'eau.



## CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE

### 7. Implantation et nivellement des sondages

Dans le cadre de la présente mission (G2 AVP), une campagne d'investigations géotechniques a été réalisée par nos soins en janvier 2025.

Les sondages ont été implantés en fonction du projet et en tenant compte de la présence d'ouvrages enterrés (réseaux...), puis nivelés.

Référence	X (m)	Y (m)	Z (NGF)
SP1	-	-	163,25

Ces altitudes sont reportées sur les coupes des sondages et données à titre indicatif. Elles devront être vérifiées par un géomètre expert, le cas échéant.

**Nota** : la configuration du site n'a pas permis d'avoir les coordonnées X et Y par le GPS (Absence de signal).

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe n°3.



## 8. Travaux réalisés

### 8.1 Sondage in-situ

Le programme des investigations réalisées par nos soins dans le cadre de la présente mission (G2 AVP) est récapitulé ci-dessous :

Sondage de reconnaissance	Référence	Profondeur (m/TN <sup>(1)</sup> )	Cote de la tête du sondage (NGF)	Outil de forage	Essais pressiométriques / Remarques
Sondage pressiométrique (Norme NF EN ISO 22476-4)	SP1	-19,25	163,25	EMCI démontable Tricône ø66mm	14 essais pressiométriques Enregistrement des paramètres de forages

(1) Les profondeurs des sondages sont comptées à partir du niveau RDC existant au moment de la reconnaissance.

# RESULTATS ET SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS

## 9. Synthèse lithologique

Il ressort la succession lithologique suivante, sous une épaisseur de dallage béton 0,30 m d'épaisseur et de Remblais de 0,20 m d'épaisseur environ :

1. Sous un dallage en béton de 0,30 m d'épaisseur puis de *Remblais*, Les **Argiles à Meulière de Montmorency** ont été traversées jusqu'à -11,0 m/TN, soit à la cote 152,25 NGF. Cet horizon a été reconnu dans l'ensemble sous forme d'argiles sableuses marron à marron clair avec des passages jaunâtres renfermant des bancs/blocs indurés de meulière. Ces matériaux sont sujets au phénomène de retrait gonflement.
2. Au-delà, les **Sables de Fontainebleau** ont été reconnus jusqu'à l'arrêt volontaire des sondages profonds à -19,21 m/TN, soit jusqu'à la cote 144,04 NGF. Ils ont été identifiés sous forme de remblai sableuse, avec des bancs/blocs grès indurés.

NB : la présence d'une couche de forme sous dallage n'est pas à exclure. De plus, la présence de Limons en tête des Argiles à Meulière de Montmorency n'est pas à exclure.

### Remarques :

- Les *Argiles à Meulières de Montmorency* renferment des niveaux indurés (niveaux indurés de meulière) dont l'épaisseur et le volume peuvent être métriques. La présence de blocs indurés n'est pas à exclure au sein des *Remblais*.
- Les *Sables de Fontainebleau* présentent des caractéristiques mécaniques très élevées. La présence de blocs et/ou niveaux gréseux indurés est caractérisée par des pressions limites nettes et des modules pressiométriques très élevés.
- Pour les sondages pressiométriques, compte tenu de la méthode de forage destructive avec injection d'eau, la nature des terrains profonds ne peut pas être déterminée précisément (remontée de cuttings) et les limites de couches profondes sont approximatives car seulement déterminées par l'interprétation des enregistrements des paramètres de forages et l'examen des cuttings.

## 10. Synthèse géomécanique

Les résultats des essais pressiométriques réalisés en mission G2 AVP sont répertoriés en fonction des faciès rencontrés dans le tableau suivant :

N° de couche	Horizons	Profondeur de la base		Pressiomètre			
		m/TN	Cote NGF	$E_m$ (MPa)	$p_l^*$ (MPa)	Nb d'essais	$\alpha$
1	Remblais	-0,50	162,75	-	-	-	2/3
2	Argiles à Meulière de Montmorency	-11,00	152,25	9,9 à 33,8 $M_h = 17,6$	0,94 à 3,46 $M_g = 1,72$ $\sigma = 1,07$	8	2/3
3	Sable de Fontainebleau	< -19,21	< 144,04	18,4 à 107,4 $M_h = 40,0$	1,92 à 5,01 $M_g = 3,85$ $\sigma = 1,18$	6	1/3

Nota :  $M_g$  = Moyenne géométrique -  $M_h$  = Moyenne harmonique -  $\sigma$  = écart-type.

Les **Argiles à Meulière de Montmorency** présentent des caractéristiques mécaniques moyennes à très élevées.

Les **Sables de Fontainebleau** présentent des caractéristiques très élevées. Les passages de blocs/bancs de grès sont caractérisés par des valeurs de  $p_l$  proches de 5MPa.

## 11. Synthèse hydrogéologique

Compte tenu du mode de forage (injection d'eau), aucun niveau d'eau stabilisé (car perturbé par la technique de forage par injection d'eau) n'a été relevé au droit de nos sondages carottés -19,21 m/TN, soit à la cote 144,04 NGF.

Toutefois, des infiltrations et circulations d'eaux anarhiques sont susceptibles de se produire au sein des horizons supérieurs notamment en périodes pluvieuses. En effet, la nature des horizons supérieurs favorise la manifestation de circulations d'eau dans les terrains superficiels.

## INTERPRETATIONS ET RECOMMANDATIONS

### 12. Synthèse géotechnique et hydrogéologique

Dans le cadre du projet, la reconnaissance du site a mis en évidence le contexte géotechnique et hydrogéologique suivant :

▪ **Terrains traversés :**

Sous un dallage de 0,30 d'épaisseur, le contexte géotechnique du site reconnu est le suivant :

Formation	Base de la formation		Nature lithologique	Caractéristiques mécaniques
	m/TN	NGF		
Remblais	-0,50	162,75	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune remonté</li> <li>- Peut renfermer des blocs indurés,</li> <li>- La présence de surépaisseurs locales n'est pas à exclure.</li> </ul>	-
Argiles à Meulière de Montmorency	-11,00	152,25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Argile sableuse marron à marron clair</li> <li>- Blocs/bancs de meulière très indurés</li> <li>- Sols sensibles à l'eau en réagissant au phénomène de retrait/gonflement.</li> </ul>	Moyenne à très élevée
Sables de Fontainebleau	< -19,21	< 144,04	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remonté sableuse fin jaunâtre</li> <li>- Blocs et/ou bancs indurés de grès matérialisés par des vitesses d'avancement (VIA) très faibles.</li> </ul>	Très élevée

▪ **Hydrogéologie :**

Compte tenu du mode de forage (injection d'eau), aucun niveau d'eau stabilisé (car perturbé par la technique de forage par injection d'eau) n'a été relevé au droit de nos sondages carottés -19,21 m/TN, soit à la cote 144,04 NGF.

Toutefois, des infiltrations et circulations d'eaux anarques sont susceptibles de se produire au sein des horizons supérieurs notamment en périodes pluvieuses. En effet, la nature des horizons supérieurs favorise la manifestation de circulations d'eau dans les terrains superficiels.

## 13. Fondations

Le projet prévoit la création d'une mezzanine par l'agrandissement et/ou le renforcement de poutres existantes au sein bâtiment principal du Synchrotron.

La cote du niveau fini plancher bas du projet est fixée à la 163,25 NGF, soit au même niveau que le dallage existant.

### 13.1 Principes de fondations

Compte tenu du contexte géotechnique du site et des caractéristiques du projet, l'adaptation du projet devra tenir compte de la présence des fondations existantes de type colonnes ballastées ancrées entre 2,49 et 2,73 m de profondeur.

Si le projet entraine une augmentation des descentes de charges sur les colonnes ballastées existantes, il conviendra de s'orienter par la création des nouveaux appuis fondés sur **fondations profondes par micropieux**. Les micropieux devront être descendus au-delà des Remblais et ancrés au sein des Argiles à Meulière de Montmorency.

### 13.2 Pré-dimensionnement des micropieux

#### 13.2.1 Hypothèses de calcul

##### ❖ Nomenclature :

La technique de forage des micropieux devra être adaptée au contexte géotechnique, en particulier à la faible cohésion des terrains au sein des Remblais et Argiles à Meulière, devenant nulle en présence d'eau.

De plus, l'entreprise devra mettre en place les moyens nécessaires pour traverser les blocs et niveaux indurés pouvant être rencontrés au sein des différentes formations.

Suivant la nomenclature de la norme d'application nationale de l'Eurocode 7, relative aux fondations profondes, (norme NF P 94-262), les micropieux pouvant être réalisés à titre d'exemple sont dénommés :

- Micropieux de type II de classe 1 bis et de catégorie 18 (M2)
- Micropieux type III de classe 8 et de catégorie 19 (PIGU, MIGU).

**Remarque :** Compte tenu de la présence de blocs et/ou bancs indurés de toutes tailles au sein des différentes formations rencontrées, l'entreprise devra mettre les moyens nécessaires pour les traverser. La technique de forage retenue par l'entreprise devra tenir compte de cet élément. Nous rappelons que la technique de forage des micropieux est de l'entière responsabilité de l'entreprise. Elle ne pourra prévaloir aucun surcoût lié à une nécessité de tubage au sein des Remblais ou la traversée de bancs ou blocs indurés.



### 13.2.2 Modèle géotechnique et paramètres de dimensionnement

Pour les calculs justificatifs de portance des fondations, on retiendra à ce stade et pour les phases ultérieures du projet, la procédure « modèle de terrain » décrite dans la norme NF P 94-262, à partir des essais pressiométriques.

Les paramètres retenus pour le dimensionnement des micropieux sont synthétisés dans les tableaux récapitulatifs suivants :

#### ❖ Modèle géotechnique :

Le modèle géotechnique à retenir est présenté ci-dessous.

Lithologie	Cote de la base de la formation NGF	Classe de sol (NF P94-262)	Pf* (MPa)	P <sub>r</sub> * (MPa)	E <sub>m</sub> (MPa)
Remblais/Mort terrain	162,25	-	-	-	-
Argiles à Meulières de Montmorency	152,25	Limons et Argiles	0,68	1,18	17,6
Sables de Fontainebleau	<144,04	Sables Graves	1,75	3,26	40,0

#### ❖ Paramètre de dimensionnement des micropieux

Les paramètres retenus pour le dimensionnement des micropieux sont synthétisés dans le tableau suivant :

Lithologie	Classe de sol (NF P94-262)	P <sub>r</sub> * (MPa)	α <sub>pieu-sol</sub>	f <sub>sol</sub> (kPa)	q <sub>s,i</sub> max (kPa)	q <sub>s,i</sub> retenu (kPa)
<b>Micropieux de type III</b>						
Remblais/Mort terrain	-	-	-	Négligé		
Argiles à Meulière de Montmorency	Limons et Argiles	1,18	2,7	42,84 (courbe Q1)	200	115,67
Sables de Fontainebleau	Sables Graves	3,26	2,9	90,74 (courbe Q2)	380	263,17
<b>Micropieux de type II</b>						

Remblais	-	-	-	Négligé		
Argiles à Meulière de Montmorancy	Limons et Argiles	1,18	1,1	42,84 (courbe Q1)	90	47,12
Sables de Fontainebleau	Sables Graves	3,26	1,0	90,00 (courbe Q2)	90	90,00

$p_l^*(i)$  : Pression limite nette au niveau de la couche  $i$ ,

$\alpha_{\text{pieu-sol}}$  : Coefficient dépendant de la catégorie de la fondation profonde,

$f_{\text{sol}}$  : Paramètre de frottement dépendant du type de sol et des valeurs de  $p_l^*(i)$ ,

$q_{s,i}$  : Valeur du frottement axial unitaire limite de la fondation profonde pour la  $i^{\text{ème}}$  couche de terrain,

$q_{s,i \text{ max}}$  : Valeur maximale du frottement axial unitaire limite,

$q_{s,i \text{ retenu}}$  : Valeur retenue du frottement axial unitaire limite.

**Remarque** : Ces paramètres de dimensionnement sont fournis pour des techniques traditionnelles d'exécution des micropieux. En fonction des techniques spécifiques proposées par les entreprises, ces valeurs pourront être optimisées.

### 13.2.3 Exemple de dimensionnement

Le tableau ci-après fournit les charges admissibles de peux forés tubés à virole récupérée aux Etats Limites de Service (E.L.S.) et aux Etats Limites Ultimes (E.L.U.).

Les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel FOXTA.

#### ❖ Justification de la portance :

- Vérifications aux Etats limites de Services (ELS) :

On vérifie que la mobilisation du terrain demeure inférieure à la valeur de calcul de la charge de fluage en compression, notée  $R_{c;cr;d}$ .

- Vérification aux Etats limites Ultimes (ELU) :

On vérifie que la charge de calcul demeure inférieure à la valeur de calcul de la portance de la fondation profonde en compression, notée  $R_{c;d}$ .

Géométrie des micropieu			Dimensionnement des micropieux aux		Dimensionnement des micropieux aux ELS	
Diamètre B (mm)	Fiche du micropieu		Sous combinaisons fondamentales	Sous combinaisons accidentelles	Sous combinaisons ca- ractéristiques	Sous combinaisons quasi-permanentes
	m/PFT <sup>(1)</sup>	NGF	Charges admissibles R <sub>c ;d</sub> (KN)	Charges admis- sibles R <sub>c ;d</sub> (KN)	Charges admissibles R <sub>c ;cr ;d</sub> (KN)	Charges admissibles R <sub>c ;cr ;d</sub> (KN)
Micropieu type II						
150	-5,0	158,25	90,1	99,1	77,1	63,0
200			120,1	132,1	102,8	84,0
Micropieu type III						
150	-5,0	158,25	36,7	40,4	31,4	25,7
200			48,9	53,8	41,9	34,2

(1) Plateforme de réalisation des micropieux considérée à la cote 163,25 NGF.

#### Remarque :

- Ces exemples de dimensionnement des micropieux ne sont donnés qu'à titre indicatif. Ils seront dimensionnés en fonction de la technique de forage retenue par l'entreprise selon la nature des terrains.
- Pour s'affranchir des effets de groupe, ces derniers devront être espacés d'une distance entre axe d'au moins 3 diamètres du micropieu (3xB),
- Il conviendra de respecter la profondeur minimale de reconnaissance (5 x Ø micropieu au-delà de la pointe du micropieu).
- Le dimensionnement des fondations du projet devra faire l'objet d'une note de calcul dans le cadre d'une mission G3. Elle devra avoir l'aval du bureau de contrôle ou du géotechnicien dans le cadre d'une mission G4, conformément à la norme NF P 94 500.

## 14. Groupe de micropieu

En cas de groupement de micropieux, il conviendra de prendre en compte un effet de groupe. Dans ce cas, on respectera l'annexe J, chapitre J.2 de la norme NF P 94-262 de l'Eurocode 7 : « Effet de groupe vis-à-vis d'un chargement axial » et notamment le calcul de la portance du groupe de pieux R<sub>g</sub> donné en fonction du coefficient d'efficacité « Ce » selon la formule suivante :

$$R_g = \sum_{i=1}^n R_{b;i} + C_e \sum_{i=1}^n R_{s;i}$$

Avec :

$C_e$  : le coefficient d'efficacité,

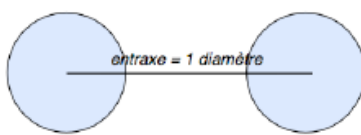
$R_g$  : la résistance limite d'un groupe de  $n$  micropieux,

$R_{b;i}$  : la résistance de pointe limite d'un micropieu  $i$  du groupe supposé isolé,

$R_{s;i}$  : la résistance limite par frottement axial d'un pieu  $i$  du groupe supposé isolé.

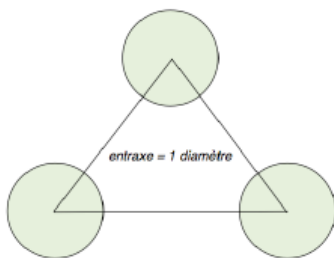
Le coefficient «  $C_e$  » est déterminé en fonction de la géométrie du groupe de micropieux de  $m$  lignes de  $n$  micropieux qui sera probablement les suivantes :

✓ Cas de micropieux dédoublés



$m = 1, n = 2, L = 1$  diamètre

✓ Cas de micropieux triples



$m = 2, n = 1,5, L = 1$  diamètre

Lorsque  $d \geq 3 \times B$  :

$$C_e = 1$$

Lorsque  $1 \leq \frac{d}{B} \leq 3$ ,

$$C_e = \left[ 1 - C_d \left[ 2 - \left[ \frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right] \right] \right]$$

Avec :

$$C_d = 1 - \frac{1}{4} \left( 1 + \frac{d}{B} \right)$$

$d$  : l'entraxe des micropieux,

$B$  : le diamètre des micropieux,

$m$  : le nombre de lignes de micropieux

$n$  : le nombre de micropieux par lignes.

**Remarques :** La note de calcul des micropieux, réalisée par l'entreprise, dans le cadre de sa mission G3, devra avoir l'aval du géotechnicien, dans le cadre d'une mission G4, conformément à la norme NF P 94 500.

## 15. Sujétions d'exécution des micropieux

Le mode d'exécution des micropieux devra être conforme aux documents en vigueur (NF P 94-262) ou du cahier des charges techniques du procédé. Plus particulièrement, dans le cadre de cette étude, cela implique les sujétions suivantes :

- La technique de forage des micropieux devra être adaptée aux blocs et niveaux indurés dans les différentes formations traversées. Dans tous les cas, l'entreprise devra mettre en œuvre le matériel nécessaire pour atteindre les profondeurs requises (l'utilisation d'un outil spécial n'est pas à exclure),
- La technique de forage devra être adaptée à la faible cohésion (voire nulle) des terrains superficiels,
- Une surconsommation de béton est à prévoir dans les terrains superficiels,
- Si les micropieux sont soumis à des efforts horizontaux, de traction et/ou moments, ils devront alors être armés en conséquence,
- Selon le type de fondations profondes retenu, des contrôles devront être réalisés conformément à la norme NF P 94-262,
- La reconnaissance des terrains doit être menée jusqu'à une cote suffisante sous la fiche des fondations profondes. Cette cote est située à une distance, sous la base proposée pour la pointe des fondations profondes, au moins égale à 5 fois leur diamètre.

## 16. Aléas et risques identifiés

Suite à nos travaux de reconnaissance, les principaux risques identifiés, concernant le contexte géotechnique du site et le projet, sont les suivants :

- Présence de fondations profondes de type colonnes ballastées en mitoyenneté avec le projet,
- Faible cohésion à court terme, devenant nulle à long terme des formations superficielles rencontrées,
- Présence de blocs et/ou bancs indurés au sein des formations traversées, notamment au sein des *Argiles à Meulière de Montmorency*.



Les dispositions constructives devront être adaptées aux aléas et risques résiduels identifiés ci-dessus. Elles devront obtenir l'aval du bureau de contrôle ou le géotechnicien dans le cadre d'une mission G3 (confiée par l'entreprise) ou G4 (confiée par le Maître d'Ouvrage) selon la norme NFP94-500.

## Aléas géotechniques - Conditions contractuelles

1. 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 : hétérogénéités locales) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
2. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite à la suite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager SAGA.
3. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « Présentation » du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à SAGA afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
4. De même des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau...) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
5. Au moment des travaux, il est conseillé de faire procéder à une visite de chantier par un géotechnicien de SAGA. Cette visite donne lieu à un avis écrit portant sur la conformité de la méthode d'exécution des terrassements et des soutènements. Cette visite doit faire l'objet d'une commande préalable.

A GRIGNY, le 31 janvier 2025

Ingénieur Géotechnicien

Abderrahmane DIAKITE

*Signature*

Contrôle Interne

Laurent GLANDUT

**SAGA**  
26 rue des Carriers Italiens  
91350 GRIGNY  
Tél : 01 75 30 25 20  
SIRET : 453 887 176 00049 - APE : 7112 B  
SAS au capital de 38 000 €

# ANNEXE 1

## EXTRAIT DE LA NORME NF P 94-500

## ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (Tableau 1 de la norme NF P 94-500 du 30/11/13)

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 (G 1)		Étude géotechnique préalable (G1) 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) 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) 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) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCEI/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE 1/ACT		Consultation sur le projet de base 1 Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/IVISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4)  Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	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)  Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4)  Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
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'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (Tableau 2 de la norme NF P 94-500 du 30/11/13)

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 adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

#### Phase Étude de Site (ES)

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

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

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

### ÉTAPE 2: ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

#### Phase Avant-projet (AVP)

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

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

#### Phase Projet (PRO)

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

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

#### Phase DCE 1ACT

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.

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



## CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (suite) (Tableau 2 de la norme NF P 94-500 du 30/11/13)

### ÉTAPE 3: ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- 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).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- 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).
- 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).

#### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

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

#### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- 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.
- 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).

## ANNEXE 2

### PLAN DE SITUATION

## PLAN DE SITUATION

Création d'une mezzanine au sein du SYNCHROTRON - MISSION G2 AVP  
L'Orme des Merisiers - SAINT AUBIN (91)



Aff : 14093	Ind.	Date	Modifications	Etabli	Vérifié/Approuvé
Ech. sans	A	14/01/25		ETR	ADI
Folio 1/1					
Format : A3					
Maitre d'ouvrage : SYNCHROTRON SOLEIL					



## ANNEXE 3

### PLAN D'IMPLANTATION DU SONDAGE

Création d'une mezzanine au sein du SYNCHROTRON - MISSION G2 AVP  
L'Orme des Merisiers - SAINT AUBIN (91)



Aff. 14093	Ind. A	Date 14/01/25	Modifications	Etabli	Vérifié/Approuvé
Ech. 1/100			Emission initiale	ETR	AD1
Folio 1/1					
Format : A3					
Maitre d'ouvrage : SYNCHROTRON SOLEIL					

## ANNEXE 4

### COUPE DU SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

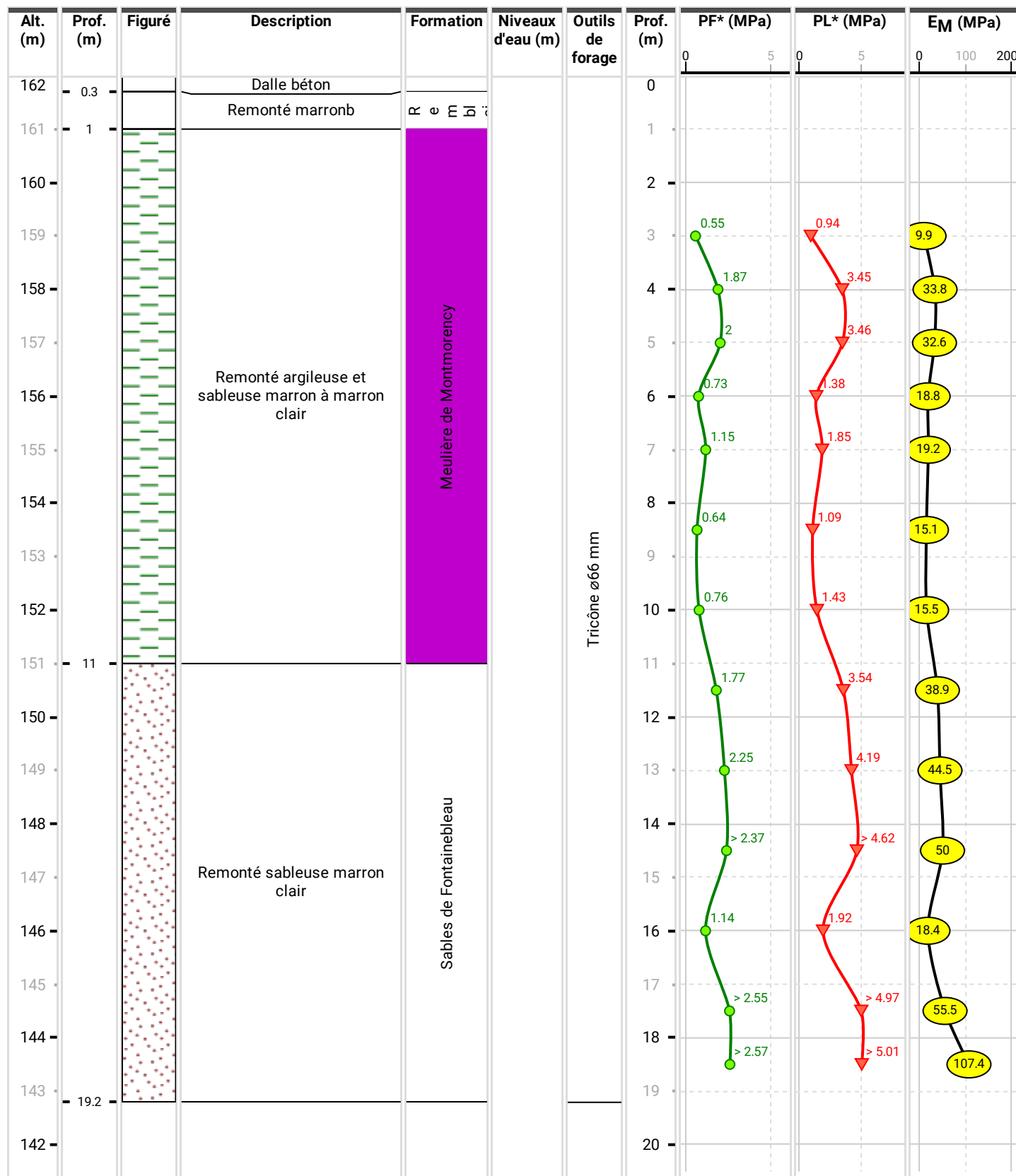


# Description du dossier

Création d'une mezzanine au sein du SYNCHROTRON - MISSION G2 AVP

X	Y	Altitude NGF	Cote fin
Lambert 93		162 m	19.21 m
		IGN 69	

Observation



## Description du dossier

Création d'une mezzanine au sein du SYNCHROTRON - MISSION  
G2 AVP

X	Y	Altitude NGF	Cote fin
Lambert 93		162 m	19.21 m
		IGN 69	

## Observation

