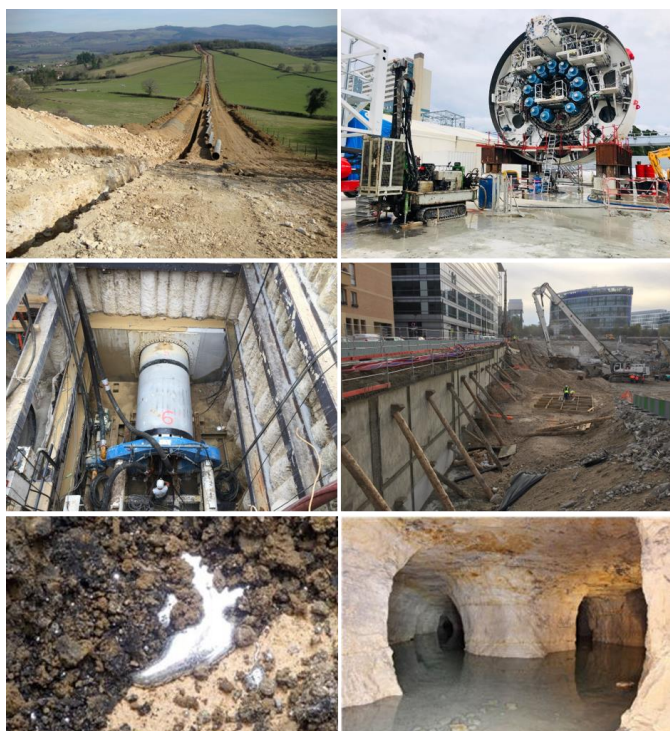




CREATION D'UN PORTIQUE AVEC INTEGRATION D'UNE PORTE A EMPILEMENT

Aéroport de Tours
37100 TOURS

SECTION AERIEENNE GENDARMERIE DE TOURS

50, rue de l'aéroport
37100 TOURS

Missions Géotechnique de Conception G2PRO

Réf Semofi	Date	Phase	Type	Indice	Pièce
C25-21655	12/12/2025	G2 PRO	RPT	A	01



Ind.	Date	Objet de l'édition/révision	Rédacteur	Superviseur	Approuvé par
A	12/12/2025	Première émission – diffusion après contrôle interne	M. L. LASOLLE	M. A. BRELET Mme. C. GALLET	M. G. CASADO

GRILLE DE REVISION

PAGE	REVISION	A	B	PAGE	REVISION	A	B
	1	X		15		X	
	2	X		16		X	
	3	X		17		X	
	4	X		18		X	
	5	X		19		X	
	6	X		20		X	
	7	X		21		X	
	8	X		22		X	
	9	X		23		X	
	10	X		24		X	
	11	X		ANNEXE 1		X	
	12	X		ANNEXE 2		X	
	13	X		ANNEXE 3		X	
	14	X		ANNEXE 4		X	

RESUME SYNOPTIQUE

Référence Dossier	C25-21655	
Référence Devis	P25-42588 / CYG	
Commande	Bon de commande n° 1000096400 du 25/11/2025	
Maître d'Ouvrage	Section Aérienne Gendarmerie de Tours	
Projet	Création d'un portique avec intégration d'une porte à empilement	
Type de mission	Etude de conception G2 PRO	
Adresse	5, rue de l'aéroport à Tours (37)	
Contexte particulier	Zone aéroportuaire/militaire	
Conditions et risques géotechniques		Niveau du risque estimé
Géologie	C0 – Remblais , C1 – Limons des plateaux, C2 – Formations continentales, C3 – Formations Lacustres de Touraine	
Aléas géotechniques	Risque de Retrait/gonflement – Aléa fort, matériaux sensibles à l'eau	
Principes de construction		
Fondation	Massifs isolés ancrés dans les Limons des plateaux (C1)	
Recommandations	L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique est recommandé et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'œuvre du projet.	
Ce résumé synoptique présente succinctement le contexte géotechnique du projet, les solutions préconisées et les principaux risques associés. Il convient de se référer impérativement au corps du rapport pour la conception du projet, le dimensionnement des ouvrages géotechniques et leur exécution.		

SOMMAIRE

1	GENERALITES	4
1.1	DEFINITION DE L'OPERATION	4
1.2	DOCUMENTS FOURNIS ET UTILISES	4
1.3	DEFINITION DU PROJET	4
1.3.1	<i>Description des ouvrages</i>	<i>4</i>
1.3.2	<i>Catégorie d'ouvrage</i>	<i>5</i>
2	ETUDE DE SITE (G1 ES).....	6
2.1	CONTEXTE DE SITE.....	6
2.2	CONTEXTE HISTORIQUE SOMMAIRE	6
2.3	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	8
2.4	ALEAS NATURELS POTENTIELS AU DROIT DU SITE.....	9
2.4.1	<i>Risque de retrait-gonflement des argiles</i>	<i>10</i>
3	INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	11
3.1	PROGRAMME D'INVESTIGATIONS	11
3.2	RESULTATS DES INVESTIGATIONS.....	11
3.2.1	<i>Facies et description lithologique</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Paramètres géomécaniques.....</i>	<i>12</i>
3.2.3	<i>Hydrogéologie</i>	<i>13</i>
4	PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC)	14
4.1	ANALYSE DES ALEAS GEOTECHNIQUES ET DE LA ZONE D'INFLUENCE GEOTECHNIQUE (ZIG)	14
4.2	ADAPTATION DES FONDATIONS DU PROJET AU SITE ET AU SOL	14
5	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES (G2 PRO)	16
5.1	PREAMBULE	16
5.2	NORMES ET REGLEMENTS	16
5.3	MODELE GEOTECHNIQUE DE CALCUL	16
5.4	FONDATIONS SUPERFICIELLES	17
5.4.1	<i>Mode de fondation possible et horizon porteur</i>	<i>17</i>
5.4.2	<i>Zone de mitoyenneté.....</i>	<i>17</i>
5.4.3	<i>Plan des fondations et descentes de charges.....</i>	<i>17</i>
5.4.4	<i>Estimation du taux de travail admissible</i>	<i>19</i>
5.4.5	<i>Dimensionnement géotechnique des futurs massifs de fondations</i>	<i>19</i>
5.4.6	<i>Etude des tassements.....</i>	<i>22</i>
5.4.7	<i>Sujétions d'exécution des fondations superficielles.....</i>	<i>23</i>
5.5	TERRASSEMENTS EN DEBLAIS / REMBLAIS.....	23
5.5.1	<i>Excavation</i>	<i>23</i>
5.5.2	<i>Mise hors d'eau de la fouille.....</i>	<i>24</i>
5.6	APPROCHE ENVIRONNEMENTALE	24
5.6.1	<i>Estimations de l'empreinte carbone des fondations</i>	<i>24</i>
5.6.2	<i>Axe de réduction de l'empreinte carbone.....</i>	<i>24</i>
5.7	INCERTITUDES GEOTECHNIQUES RESIDUELLES	24

1 GENERALITES

1.1 Définition de l'opération

Cette mission constitue notamment une Etude Géotechnique Préalable **G1 Phase ES et PGC** et plus particulièrement notre mission consiste en une Etude Géotechnique de Conception **G2 phase PRO** (NF 94-500 de novembre 2013 présentée en Annexe).

Cette mission constitue une Mission Géotechnique de Conception G2 PRO Partielle ; l'approche des coûts et des quantités ne seront pas abordés dans le cadre de cette étude.

A noter que cette présente Mission Géotechnique n'est pas un document d'exécution.

1.2 Documents fournis et utilisés

Dans le cadre de l'étude, les documents suivants ont été fournis :

Suivi	Référence	Auteur	Date	Information
[1]	CM01-0-SGAMI OUEST-GENDARMERIE TOURS-Plan d'ensemble	BET ARCAD	24/10/2025	Plan d'ensemble projet
[2]	DC-692-31-Notice DIAG-APD -SAG TOURS	SARL Domonique Calliet	10/2025	Notice descriptive estimative APD projet
[3]	C8117_DDC_REV 0 [STRUCTURE PORTE]	BET ARCAD	14/11/2025	Descente de charge projet

Tableau 1 : Documents fournis dans le cadre de l'étude

En complément, les documents suivants ont été utilisés pour mener à bien cette étude :

Suivi	Référence	Auteur	Information
[a]	Carte géologique d'Amboise	BRGM	Informations relatives au contexte géologique au 1/50000

Tableau 2 : Documents utilisés pour l'étude

1.3 Définition du projet

1.3.1 Description des ouvrages

Le projet prévoit le remplacement du portique d'un hangar aéronautique pour mise en place d'une porte à empilement à Tours (37).

Le portique en structure acier (IPE et HEA) mesure 23,5m de long par 8m de haut et repose sur deux appuis. La porte à empilement intégrée au portique aura les dimensions de passage libre de 16m par 4,5m de hauteur. Une porte de service de 0,90 x 2,04 sera intégrée sur cette même façade.



Figure 1 : Portique actuel [1]

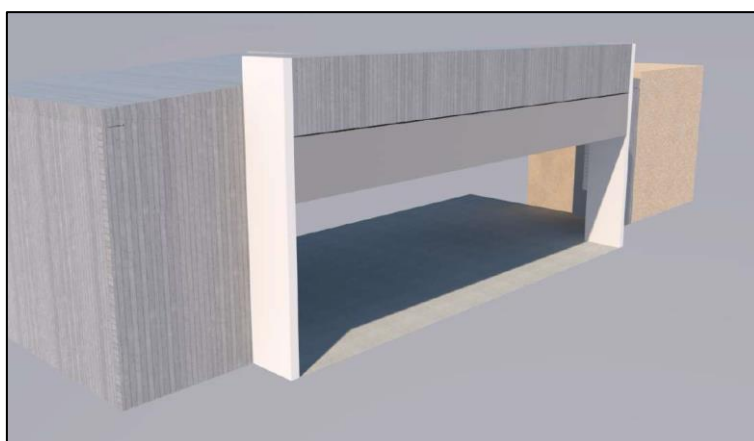


Figure 2 : projection du projet [1]

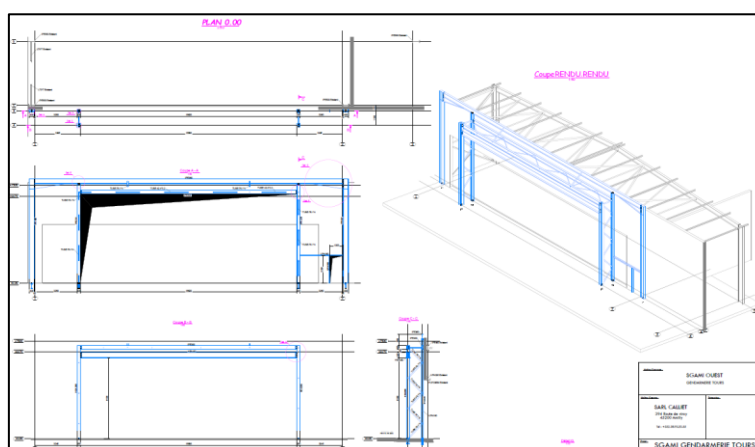


Figure 3 : Coupe et vue projet [3]

1.3.2 Catégorie d'ouvrage

A défaut d'indication du Maître d'Ouvrage, nous proposons de retenir (en référence à la norme NF EN 1997-1 et son annexe nationale) :

- Une classe de conséquences CC2,
- Un ouvrage de catégorie géotechnique 2,
- Un ouvrage de durée d'utilisation de projet 4 (50 ans, structures courantes de génie civil et de bâtiments).
- Une catégorie d'importance sismique II.

2 ETUDE DE SITE (G1 ES)

2.1 Contexte de site

Le site d'étude se trouve en périphérie Nord de Tours (37), au niveau de l'aéroport, sur le site de la Section Aérienne de Gendarmerie de Tours (SAGT). Il correspond à la parcelle cadastrale référencée 1113-Section 0C.

Le site se positionne à environ 2,5km au Nord de la Loire. La topographie du site est en légère pente vers le sud avec des côtes altimétriques compris entre 106,0 et 104,5mNGF. Plus globalement le site d'étude s'inscrit en contexte de plateau (Gâtines du Nord-Est).

A noter qu'à ce stade du projet, il n'est pas prévu de structures en mitoyenneté immédiate du futur projet.

D'après les informations à notre disposition, le bâtiment existant a été construit entre 1991 et 1995 avec une porte en accordéon électrifié de 21 m par 4,5 m de hauteur. Celle-ci présente un dysfonctionnement régulier entraînant une gêne opérationnelle et de maintenance.

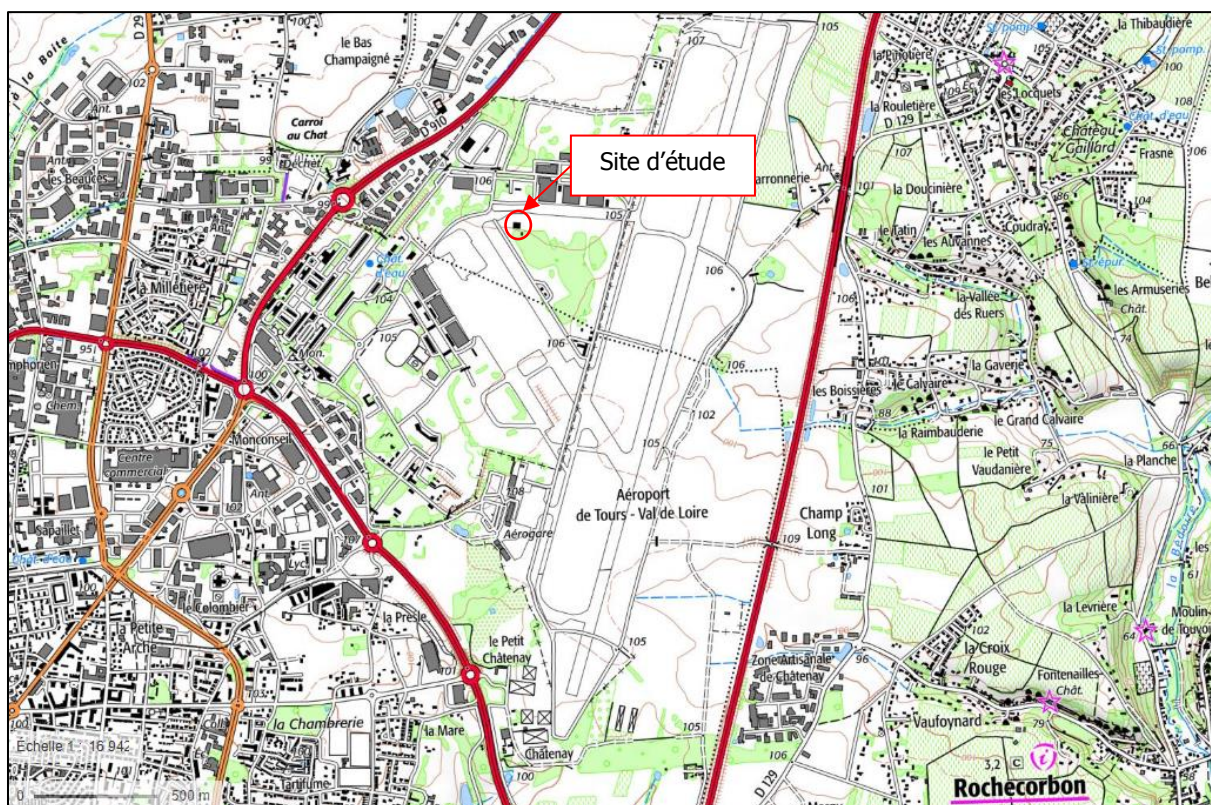


Figure 4 : Plan IGN du site (Source : Géoportail)

Des réseaux sont attendus au droit du site. Une attention particulière devra être portée sur la présence de l'ensemble des réseaux au droit du site et notamment lors de la réalisation des travaux.

2.2 Contexte historique sommaire

La carte de Cassini indique la présence du bois de Chantenay au droit du site à la fin du XVIII^{ème} siècle. Celui-ci est réduit sur la carte de l'état-major de 1820-1866, remplacé par un champ agricole au droit du site avec la présence d'un cours d'eau ou probablement d'un fossé en limite de parcelle à environ 100m au sud. Celui-ci a dû être comblé/drainé depuis. La photo

aérienne historique du site de 1945 montre de nombreuses traces de bombardement aérien issues de la seconde guerre mondiale.



Figure 5 : Extrait de la carte de Cassini (source : Géoportail.fr)

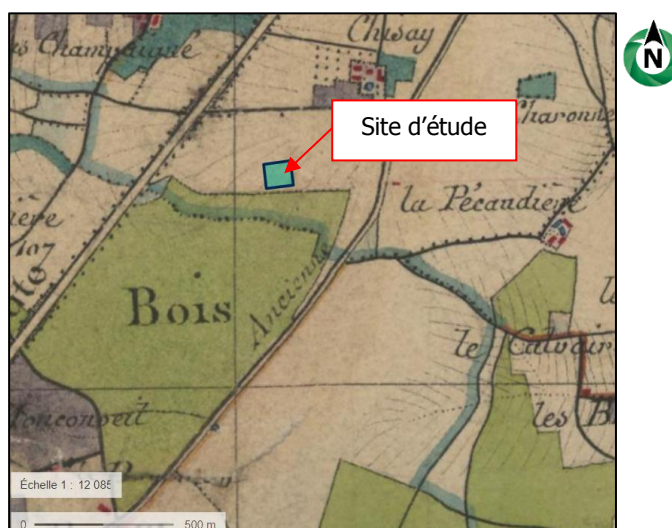


Figure 6 : Extrait de la carte de l'état-major (source : Géoportail.fr)

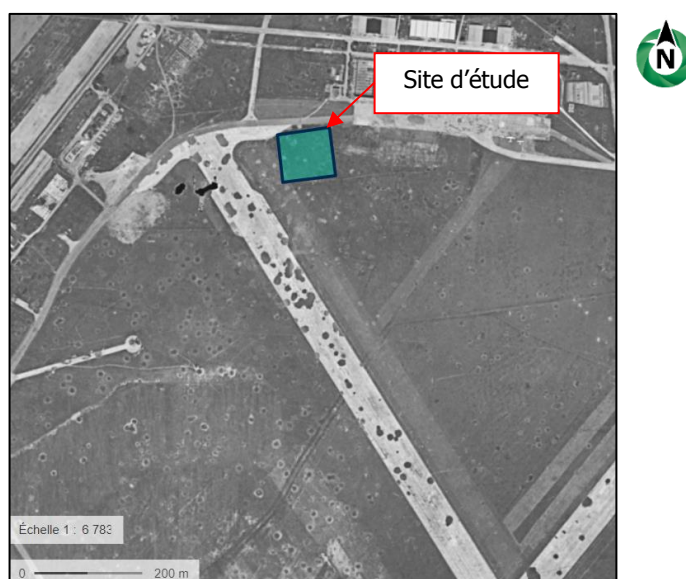


Figure 7 : Photo aérienne historique du site en 1945 (source : Remonter le temps.fr)

Ces différents éléments nous permettent de relever les informations suivantes :

- Des circulations d'eau sont attendues à faible profondeur voir en surface et se développeraient au-dessus de la couverture limoneuse du plateau à la faveur de la pluviométrie (ancien fossé au sud du site et contexte de pente). De par notre expérience du secteur une nappe collinaire pérenne est attendue au droit du site.
- La présence de poches de remblais en lien avec les bombardements de la seconde guerre mondiale est attendue de manière aléatoire sur le site et potentiellement sur des profondeurs d'ordre pluri-métrique.
- Nous ne connaissons pas le mode de fondation du portique actuellement présent au droit du site. Un massif ferrailé dont les dimensions et la profondeur d'ancrage pourrait être important est attendu, il sera nécessaire de prévoir sa démolition au BRH.

2.3 Contexte géologique et hydrogéologique

Le site d'étude se trouve en contexte général de plateau. D'après la carte géologique d'Amboise [a], le contexte géologique est caractérisé par les formations suivantes :

- Structure de voirie et/ou remblais (X),
- Limons des plateaux éventuels (LP),
- Sables et graviers continentaux éventuels (m4-p),
- Tuffeau jaune de Touraine (Turonien supérieur) (C3c).

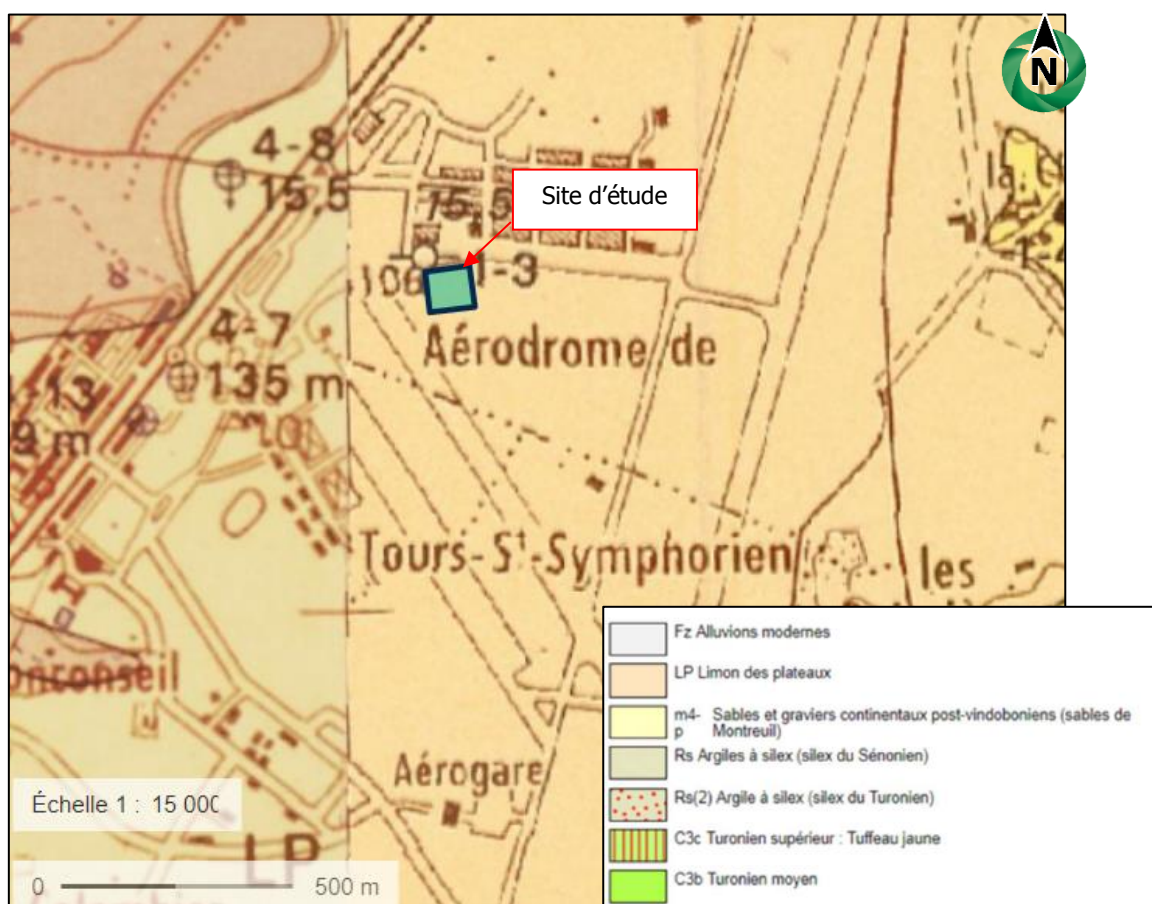


Figure 8 : Extrait de la carte géologique du secteur (source : Géoportail)

Le contexte hydrogéologique est caractérisé par les niveaux aquifères suivants :

- Nappe collinaire contenues au sein des Remblais et des formations superficielles. Cette nappe de circulation est attendue à faible profondeur, reposant sur des niveaux argileux présent au sein des Limons des plateaux et suivant le sens de la pente (Nord-Sud) pour rejoindre la Loire. Elle est fonction de la pluviométrie mais attendue de manière pérenne au droit du site de par notre expérience du secteur.
- Nappe de la craie séno-turonienne peut être considérée comme un réservoir aquifère. La nappe est généralement de type libre, drainée par le réseau hydrographique. La surface piézométrique de la nappe dans sa partie libre montre que les eaux s'écoulent entre les cotes altimétriques +110 mNGF (région de Chanceaux-sur-Choisille) et +40 mNGF (en bordure de la Loire). Au droit du site, la nappe générale se situe vers une cote altimétrique de 90 à 85 mNGF (soit entre 15 et 20 m/TN environ) d'après les données bibliographiques disponibles.

2.4 Aléas naturels potentiels au droit du site

L'ensemble des aléas géotechniques potentiellement présents sur site est présenté dans le Tableau 3 :

Risque	Type d'aléas	Etat	Commentaires
Cavités	Carrières souterraines	Non concerné	Hors zone de carrière
	Carrières à ciel ouvert	Non concerné	
	Cavité naturelle (karst)	Formations peu sujettes à ce phénomène	-
Mouvement de terrain	Glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion	Non concerné	-
	Retrait-gonflement des argiles	Aléa fort	13 arrêtés de catastrophe naturelle « sécheresse » entre 1989 et 2022
Aléa sismique	Séisme	Très faible	Zone de sismicité 1 (Agr = 0,4 m/s ²)
Inondations	Inondations par remontée de nappe	Non concerné	Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave
	Inondations par crue	Non Concerné	Non concerné par le PPRI Val de Tours-Val de Luynes
Ressource en eau	Zone humide	Site concerné	Zone humide artificialisée - Selon SIG de Pré localisation Zone humide 2023 Néanmoins la zone est déjà construite, le projet n'aura donc pas d'impact sur de potentielles zones humides.
Radioactivité	Risque Radon	Très faible	Potentiel de catégorie 1 au sens du zonage de l'IRSN

Risque	Type d'aléas	Etat	Commentaires
Pyrotechnique	Risque pyrotechnique	Risque inconnu	Traces de bombardement durant le 2 nd Guerre mondiale.

Tableau 3 : Synthèse des aléas géotechniques

2.4.1 Risque de retrait-gonflement des argiles

Le site se positionne au droit d'une zone **d'aléa fort** vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement compte-tenu de la présence des Limons des plateaux à faible profondeur.

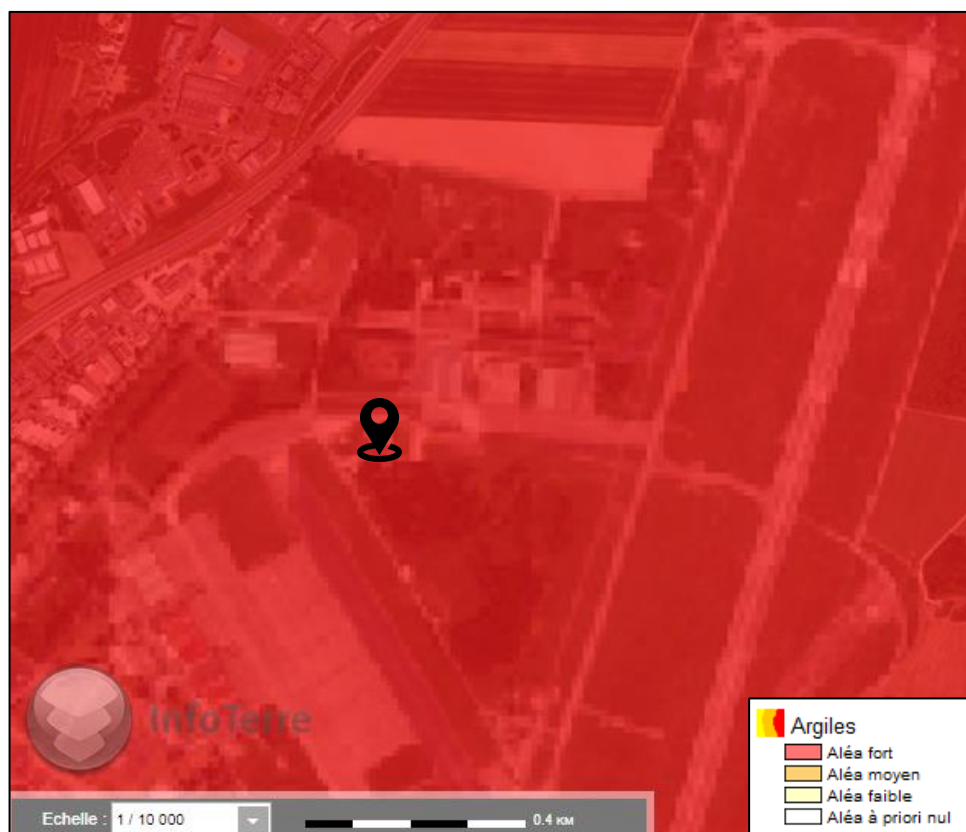


Figure 9 : Carte du risque retrait-gonflement des argiles (source : Infoterre)

3 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

3.1 Programme d'investigations

Les investigations géotechniques se sont déroulées le 26 novembre 2025. Elles ont été effectuées conformément au programme de notre offre commerciale :

Sondage	Type	Prof. (m/TN)	Nb. Essais	Equipement / prélèvement
SP1	Sondage pressiométrique	10	6	-
SD1	Sondage destructif	10	-	-

Tableau 4 : Programme d'investigations géotechniques

Les sondages ont été réalisés depuis le niveau du terrain naturel au moment de nos investigations, les profondeurs sont données par rapport à ce référentiel (en m/TN). Un schéma d'implantation des sondages est fourni en ANNEXE 1.

3.2 Résultats des investigations

Préambule : Les paragraphes ci-dessous ont pour but d'établir une synthèse de l'ensemble des résultats des investigations. Les valeurs géomécaniques déduites ne constituent pas les valeurs caractéristiques à retenir dans le cadre de l'ébauche dimensionnelle des ouvrages géotechniques.

3.2.1 Facies et description lithologique

Les investigations géotechniques réalisées dans le cadre du projet ont permis de caractériser les formations géologiques, dont la succession lithologique, de haut en bas, est la suivante :



C0 – Remblais constitués de la structure de voirie actuelle (enrobé + couche de forme). Les remblais ont été reconnus jusqu'à 0,5 m/TN environ

Des remblais sont également attendu au vu du contexte historique du site (bombardement). De par leur mode de mise en œuvre et leur mode de dépôt anthropique, de fortes variations d'épaisseurs et de caractéristiques géomécaniques non mises en évidence par nos sondages géotechniques ponctuels sont attendues au sein de ces horizons superficiels, d'un point à l'autre du site d'étude.

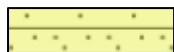


C1 - Limons des Plateaux constitués d'argiles limono-sableuses. Cette formation a été reconnue jusqu'à 3,0 à 3,1m environ au droit des sondages ponctuels.

Compte-tenu du mode de dépôt éolien de cette formation, des variations d'épaisseurs et de caractéristiques géomécaniques non mises en évidence par nos sondages ponctuels sont attendues au sein de ces matériaux, d'un point à l'autre du site d'étude.

Cette formation est également attendue comme sensible aux variations hydriques. Sa portance peut chuter brutalement pour une faible variation de sa teneur en eau. Notons que cette formation est susceptible d'être le siège de niveaux de nappe perchées.

Une nappe est attendue au sein de cette formation, reposant sur le niveau argileux quasi-imperméables et suivant le sens de la pente.



C2 – Formations continentales formations composées d'horizons sablo-argileux marron à beige, argilo-sableux marron à roux et argileux bariolés. De manière générale, cette formation est riche en graves, blocs de calcaires et en meulière. Cette formation a été observée jusqu'à 6,7 à 6,8m/TN environ.

Du fait de son mode de dépôts, des variations d'épaisseur importantes et brutales pourront être mises en évidence.



C3 - Formations Lacustres de Touraine principalement constituée de marne beige à blanche comportant des niveaux argileux bariolés, des bancs de calcaires compacts ainsi que des bancs composés de meulière très indurées.

Cette formation a été identifiée jusqu'à la base de nos sondages soit jusqu'à 10,0m/TN. La base de cette formation n'a pas été atteinte.

Nota : la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes à la méthode de forage destructif. Seul le mode de forage par carottage permet une reconnaissance précise des interfaces.

Le tableau ci-dessous récapitule les profondeurs **en m/TN** de la base des formations rencontrées au droit des sondages réalisés dans le cadre de cette campagne.

Couche	SP1	SD1
	m/TN	NGF
TN	0,0	0,0
C0 -Remblais	0,5	0,5
C1 – Limons des plateaux	3,0	3,1
C2 – Formations continentales	6,8	6,7
C3 – Formations lacustres de Touraine	>10,0*	>10,0*
<i>*Fin des sondages</i>		

Tableau 5 : Profondeurs de la base des formations rencontrées en m/TN

Remarque : Des variations latérales d'horizon restent possibles entre les points de sondages compte-tenu de leur caractère ponctuel.

Nota : Les coupes de sondages sont présentées en ANNEXE 2.

3.2.2 Paramètres géomécaniques

Les sondages pressiométriques réalisés permettent de caractériser mécaniquement les formations identifiées précédemment.

Horizon	Nb d'essai	Pression limite P_L^* (MPa)			Pression fluage P_f^* (MPa)			Module pressiométrique E_M (MPa)		
		Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
C0 -Remblais	Aucun essai réalisé au sein de cette formation de par sa faible épaisseur									
C1 – Limons des plateaux	2	0,36	0,48	0,41	0,1	0,28	0,17	2,4	32,1	4,5

Horizon	Nb d'essai	Pression limite P_L^* (MPa)			Pression fluage P_f^* (MPa)			Module pressiométrique E_M (MPa)		
		Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
C2 – Formations continentales	2	1,14	1,41	1,27	0,56	0,95	0,73	8,8	26,9	13,2
C3 – Formations lacustres de Touraine	2	1,58	2,86	2,12	1,22	1,93	1,53	9,2	18,4	12,2

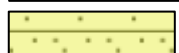
Tableau 6 : Résultats des sondages pressiométriques

Nota : les valeurs moyennes des P_f^* et P_L^* correspondent à des moyennes géométriques et celles des E_M à des moyennes harmoniques.

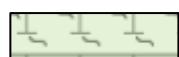
Ces valeurs caractérisent des terrains :



C1 – Limons des plateaux : terrains faiblement résistants ;



C2 – Formations continentales : terrains globalement résistants ;



C3 – Formations lacustres de Touraine : terrains globalement résistants.

3.2.3 Hydrogéologie

Aucun piézomètre n'a été mis en place dans le cadre de notre intervention.

Cependant, compte-rendu du contexte local de pente du site et de la présence des Limons des plateaux quasi-imperméables à faible profondeur, des circulations superficielles et de pente sont attendus au sein des terrains de surface. Ces circulations de pentes et ces accumulations d'eau, conditionnées par la pluviométrie, sont susceptibles de se développer au sein des terrains de couverture, à la faveur des passages les plus perméables et au niveau des interfaces. Des niveaux d'eau peuvent donc être rencontrés à toutes profondeurs. De par notre connaissance du secteur, ce niveau d'eau est attendu pérenne sur l'année (nappe collinaire).

A noter que seule la pose d'un équipement piézométrique accompagné d'un suivi piézométrique permettra, selon les 1^{ères} mesures ponctuelles de niveau d'eau, de définir précisément le contexte hydrogéologique au droit du futur projet.

4 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (G1 PGC)

4.1 Analyse des aléas géotechniques et de la Zone d'Influence Géotechnique (ZIG)

L'étude de site ainsi que les investigations géotechniques ont permis d'identifier un certain nombre de contraintes déterminantes dans le choix des méthodes d'exécution :

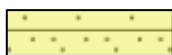
○ Contexte Géologique et Lithologique :



La présence des Remblais (C0) (structure de voirie) et potentiellement des massifs de fondations du portique existant qui seront à démolir. Le mode de fondation, dimensions et profondeur d'ancrage des fondations sont inconnus à ce stade. Il sera nécessaire de prévoir le BRH pour cette démolition avec des cadences réduites ;



La présence des Limons des Plateaux (C1) peu portants et d'expérience sensibles aux phénomènes de retrait-gonflement des argiles et sensibles aux variations hydriques (chute de portance en cas d'humidification) ;



La présence des Formations continentales (C2) et Lacustres de Touraine (C3) qui peuvent présenter des blocs et bancs de meuliers très compacts.

○ Contexte hydrogéologique :



Aucun piézomètre n'a été posé dans le cadre de la présente étude. Néanmoins une nappe collinaire pérenne sur l'année est attendue à faible profondeur, reposant sur les niveaux argileux quasi-imperméables des Limons des Plateaux (C1) et suivant le sens de la pente vers le Sud.

○ Contexte Historique :

- La présence de poches de remblais en lien avec les bombardements de la seconde guerre mondiale est attendue de manière aléatoire sur le site et potentiellement sur des profondeurs d'ordre pluri-métrique ;
- Dans le cas d'une dépollution pyrotechnique à venir, des surépaisseurs de remblais fraîchement mis en œuvre sont possibles, le dimensionnement des fondations sera donc à adapter en fonction de la qualité du remblais mis en œuvre.

○ Contexte de site :

- La présence de réseaux enterrés au droit et en limite de la parcelle qui devront être pris en compte dans la conception de l'ouvrage (profondeur, implantation et calepinage des fondations, etc.).

4.2 Adaptation des fondations du projet au site et au sol

Le projet prévoit la réalisation d'un portique pour mise en œuvre d'une porte à empiement. Ce portique repose sur deux appuis situés au niveau du terrain naturel.

Ainsi, après purge des remblais et éventuels massifs présents sous le portique actuel, les appuis reposeront au sein des Limons des Plateaux (C1) faiblement portants. Néanmoins les charges du projet sont attendues relativement faibles. Ainsi nous conseillons de réaliser des **fondations superficielles** de type massifs isolés de dimensions larges afin de répartir au mieux la contrainte sur le sol.

Les Limons des Plateaux (C1) étant sensibles au phénomène de retrait-gonflement des argiles et sensibles aux variations hydriques, un ancrage minimal des fondations à **1,20m/TN** est recommandé.

5 ANALYSE ET RECOMMANDATIONS GEOTECHNIQUES (G2 PRO)

5.1 Préambule

A ce stade du projet, ce rapport présente un dimensionnement géotechnique des fondations établie sur la base :

- Des vues en plan et coupes transmis,
- Des descentes de charges,
- De tolérances usuelles de déformation.

Des hypothèses ont été considérées dans le cadre du dimensionnement des fondations, notamment en ce qui concerne les descentes de charges du projet. Il conviendra que celles-ci soient vérifiées par le BET du projet.

5.2 Normes et règlements

Pour la réalisation de cette étude, les règlements et normes suivants ont été utilisés :

- NF EN 1990, Eurocode 0 – Bases de calcul des structures,
- NF EN 1997-1, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales,
- NF EN 1997-1/NA, Eurocode 7 - Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales – Annexe Nationale,
- NF P 94-261 : Justifications des ouvrages géotechniques – fondations superficielles.

5.3 Modèle géotechnique de calcul

A ce stade de l'étude, le modèle géotechnique suivant sera retenu :

Formation	Classe de Sol	Base	P _{lk} * (MPa)	P _{fk} * (MPa)	E _{mk} (MPa)	α	γ (kN/m³)
		(m/TN)					
C0 – Remblais	Sols Intermédiaires	0,5	Pas d'essai au sein de cette formation			2/3	18
C1 – Limons des Plateaux	Limons et argiles fermes	3,1	0,4	0,15	4,0	2/3	18**
C2 – Formations continentales	Argiles raides	6,8	1,2	0,7	13,0	2/3	19**
C3 – Formations lacustres de Touraine	Marne calcaire raides	>10,0*	1,9	1,4	12,0	2/3	20**
*Fin des sondages							
** Paramètres estimés, seule la réalisation d'essais en laboratoire permettra de préciser ses valeurs.							

Tableau 7 : Modèle géotechnique de calcul

Nota : Ces paramètres pourront éventuellement faire l'objet d'adaptations dans le cas d'investigations complémentaires qui pourraient survenir aux différentes phases des études géotechniques.

5.4 Fondations superficielles

5.4.1 Mode de fondation possible et horizon porteur

Le projet prévoit la réalisation d'un portique pour mise en œuvre d'une porte à empilement. Ce portique repose sur deux appuis situés au niveau du terrain naturel.

Ainsi, après purge des remblais et éventuels massifs présents sous le portique actuel, les appuis reposeront au sein des Limons des Plateaux (C1) faiblement portants. Néanmoins les charges du projet sont attendues relativement faibles. Ainsi nous conseillons de réaliser des **fondations superficielles** de type massifs isolés de dimensions large afin de répartir au mieux la contrainte sur le sol.

Les Limons des Plateaux (C1) étant sensibles au phénomène de retrait-gonflement des argiles et sensibles aux variations hydriques, un ancrage minimal des fondations à **1,20m/TN** est recommandé. Dans la suite de ce rapport nous considérerons un ancrage de 2,0 m/TN afin de reprendre les charges.

5.4.2 Zone de mitoyenneté

La réalisation des fondations superficielles devra respecter les règles de mitoyennetés en vigueur (NFP 94-261) :

- Respect d'une pente maximale de 3 Horizontal / 2 Vertical entre les arrêtes inférieures des fondations voisines, afin d'éviter toute transmission d'efforts parasites ;
- Descendre les fondations voisines à la même cote.

5.4.3 Plan des fondations et descentes de charges

Les charges non pondérées suivantes au droit des nœuds nous ont été transmises dans le cadre de [3] :

Charge	Permanente G		Exploitation Q		Vent V			Neige N	
Nœud	Verticale Fz max [kN]	Horizontale Fx max [kN]	Verticale Fz max [kN]	Horizontale Fx max [kN]	Verticale Fz max (Descendant) [kN]	Verticale Fz min (ascendant) [kN]	Horizontale Fx max [kN]	Verticale Fz max [kN]	Horizontale Fx max [kN]
4	9	1	0	0	154	104	7	5	2
43	22	1	17	0	100	168	52	5	2
8	9	1	0	0	155	140	49	5	2
46	22	1	17	0	131	168	7	5	2

Tableau 8 : Charges non pondérées calculées au droit des nœuds [3]

Nous considérons dans le reste du rapport que les nœuds 4 et 43 reposent sur un appui unique, de même pour les nœuds 8 et 46.

A. REPERAGE DES NŒUDS

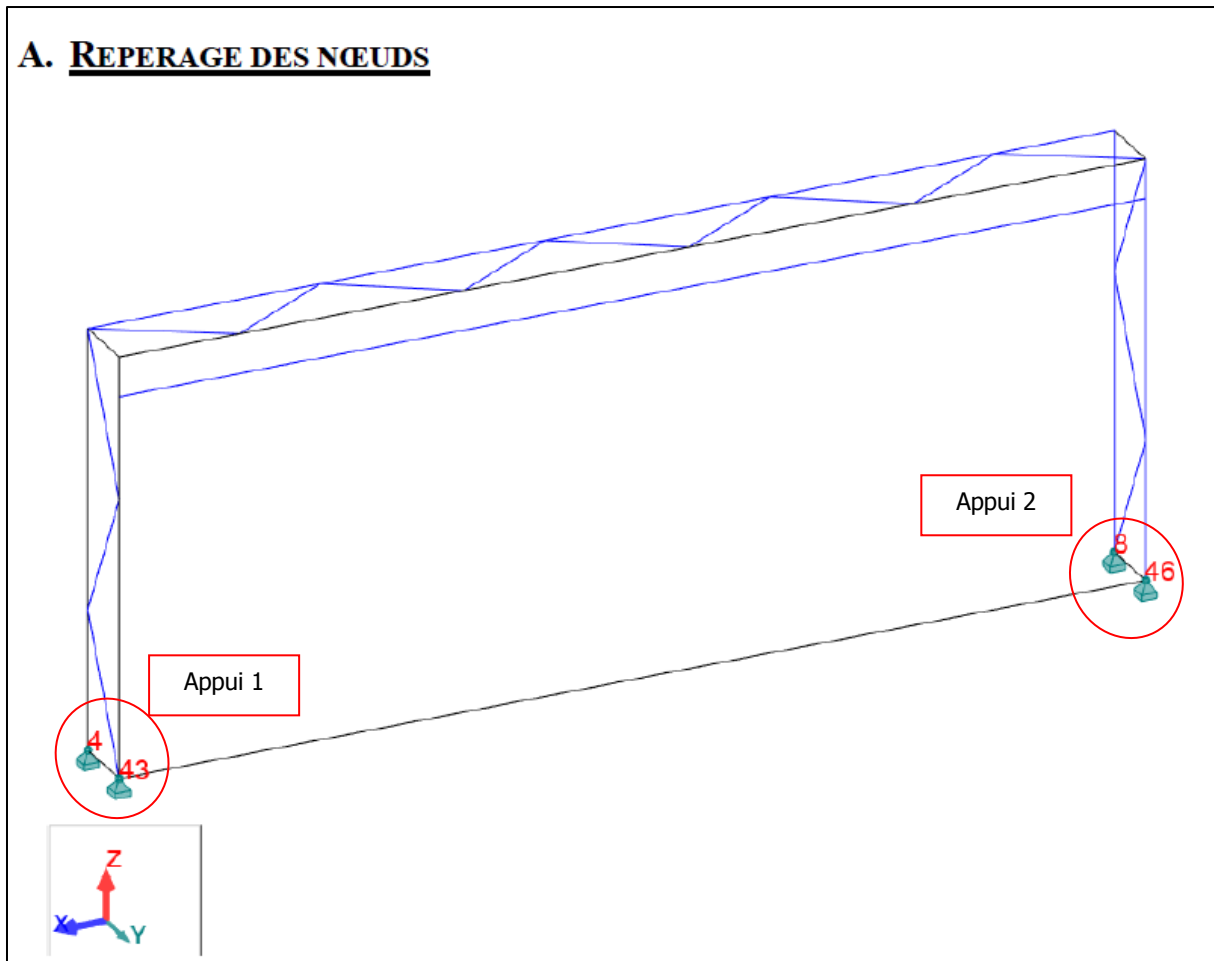


Figure 10 : Repérage des nœuds [3]

Nous avons combiné ces charges et retenu les charges combinées suivantes :

Charge	ELS G + Q + 0,6V + 0,5N		ELU 1 1,35 G + 1,5(Q + 0,6V + 0,5N)		ELU 2 G + 1,5V (ascendant)	
	Verticale Fz max [kN]	Horizontale Fx max [kN]	Verticale Fz max [kN]	Horizontale Fx max [kN]	Verticale Fz max [kN]	Horizontale Fx max [kN]
Appui 1	205	38	303	57	-241	61
Appui 2	225	38	332	56	-277	58

Tableau 9 : Descentes de charges considérées aux ELS et ELU au droit des appuis porteurs

Nous avons retenu les combinaisons suivantes pour définir les descentes de charge selon les différents états limites :

- ELS Caractéristique = $1 \times G + 1 \times Q + 0,6 \times V + 0,5 \times N$;
- ELU Fondamental 1 = $1,35 \times G + 1,5 \times (Q + 0,6 \times V + 0,5 \times N)$;
- ELU Fondamental 2 = $1 \times G + 1,5 \times V_{\text{ent}}$

Note : Les combinaisons retenues aux ELS et aux l'ELU devront être vérifiées par le BET structure du projet.

5.4.4 Estimation du taux de travail admissible

▪ Capacité portante du sol de fondation

La capacité portante du sol sous les fondations superficielles est déterminée sur la base des valeurs caractéristiques, définies suivant la méthode pressiométrique de la norme NF P 94-261.

Sol d'ancrage	Classe de sol	k_p	P_{le}^* [MPa]	i_δ	i_β	q_{net} [MPa]
Limons des Plateaux (C1)	Argiles, limons fermes	0,8	0,4	1,0	1,0	0,32

Tableau 10 : Valeurs caractéristiques pour le calcul de la capacité portante du sol

La capacité portante des Limons des Plateaux (C1), sous charge verticale centrée, est de :

- $Q_{ELS} = 0,11 \text{ MPa}$ (11,0 t/m²),
- $Q_{ELU} = 0,19 \text{ MPa}$ (19,0 t/m²).

5.4.5 Dimensionnement géotechnique des futurs massifs de fondations

Le tableau présenté ci-après indique les dimensions minimales à considérer pour chaque massif de fondation afin de satisfaire les vérifications suivantes :

⇒ Du non-glissement compte-tenu des efforts transversaux (Vérification menée à l'ELU F.)

Pour démontrer que la fondation supporte la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par glissement sur le terrain, on doit vérifier, selon l'approche de calcul 2 de la norme NF EN 1997-1 que l'inégalité suivante est satisfaite :

$$H_d \leq R_{h;d} + R_{p;d}$$

Avec :

$$R_{p;d} = \frac{R_{p;k}}{\gamma_{R,e}}$$

et :

$$R_{h;d} = \frac{V_d \times \tan \delta_{a;k}}{\gamma_{R,h} \times \gamma_{R,d;h}}$$

Avec :

- H_d : valeur de calcul de la composante horizontale (ou parallèle à la base de la fondation) de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain,
- $R_{p;d}$: valeur de calcul de la résistance frontale ou tangentielle de la fondation à l'effet de H_d , on considérera l'approche d'une butée passive de sol avec :

$$R_{p;d} = \frac{0,5 \cdot \gamma \cdot k_p \cdot h^2}{1,4}$$

en considérant un k_p de 2,45 (angle de frottement de 25°) et en négligeant les 0,5 1^{er} m en butée.

- $R_{h;d}$: valeur de calcul de la résistance au glissement de la fondation sur le terrain,
- V_d : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise par la fondation superficielle au terrain, déduite de la situation de calcul fournissant la valeur de la composante H_d ,
- $\gamma_{R;h}$: facteur partiel pour la résistance au glissement de la fondation superficielle, sa valeur est égale à 1,1,
- $\gamma_{R;d;h}$: coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement, sa valeur est égale à 1,1,
- $\delta_{a;k}$: valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface entre la base de la fondation et le terrain. **Dans le cadre de cette étude, il sera considéré par hypothèse un angle de frottement $\delta=25^\circ$ entre la base de la fondation et le terrain.**

⇒ **De la portance (Vérifications menées à l'ELS C. et à l'ELU F.)**

Il sera nécessaire de s'assurer que la capacité portante du sol d'assise à l'ELS C. / ELU F. reste supérieure à la descente de charge à l'ELS C. / ELU F.

Au sens de l'Eurocode 7, et selon la norme NF P 94-261 de juin 2013, le critère de limitation de la charge transmise au terrain et la vérification au poinçonnement nécessitent de satisfaire les relations suivantes :

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d}$$

Avec :

$$R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;v}}$$

Et,

$$R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}}$$

Et,

$$q_{net} = k p_{le} i_\delta i_\beta$$

Avec :

- V_d : valeur de calcul de la charge vertical transmise par la fondation superficielle au terrain,
- R_0 : valeur du poids de volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux,
- $R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;v}$: facteur partiel à considérer, il est égal à 2,3 à l'ELS quasi-permanent et l'ELS caractéristique et égal à 1,4 à l'ELU, sa valeur ne dépend pas de la méthode de calcul,
- $R_{v;k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- q_{net} : valeur de la contrainte associée à la résistance nette sous la fondation superficielle calculée selon la méthode de calcul appropriée, ici pressiométrique,

- A' : valeur de la surface effective de la semelle,
- $\gamma_{R;d;v}$: coefficient de modèle lié à la méthode de calcul utilisée pour le calcul de la contrainte q_{net} , ici à partir de la pression limite pressiométrique Menard,
- p_{le} : pression limite nette équivalente,
- k_p : facteur de portance pressiométrique,
- i_δ : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement, il vaut 1,0 si la charge est verticale.

⇒ **Du non-soulèvement compte-tenu des efforts verticaux ascendant liés au Vent (Vérification menée à l'ELU F.)**

Il sera nécessaire de s'assurer de la stabilité des massifs de fondation par rapport à un phénomène de soulèvement lié aux efforts verticaux ascendant du vent.

Pour cela, nous utiliserons la méthode de dimensionnement exposée dans les directives techniques pour l'étude et la construction de lignes aériennes - tome V - fondations des pylônes - CERT-EDF – 1996.

L'effort d'arrachement à la rupture Q_{ft} est la somme de 2 termes :

- un terme de poids propre P_t , correspondant au poids de la fondation et des terres qu'elle supporte,
- un terme de frottement Q_t correspondant à la résistance au cisaillement mobilisé dans le sol, entre la base de la fondation et la surface.

Pour un massif coulé pleine fouille le terme de frottement est le suivant :

$$Q_1 = p \cdot h \left[c' + \frac{1}{2} K_0 \gamma (2D - h) \tan \phi' \right]$$

On note :

- D profondeur enterrée de la fondation,
- h hauteur de la semelle et pour laquelle le béton est en contact avec le sol non remanié,
- $p = 2(a + b)$ périmètre de la base de la fondation,
- γ poids volumique du terrain,
- ϕ' angle de frottement interne du terrain,
- c' cohésion du terrain,
- c'_r la cohésion du remblai (prise le plus souvent égale à zéro),
- K_0 coefficient des terres au repos dont les valeurs sont fournies dans le tableau ci-après.

Nature du sol	K_0
Sable lâche	0,45 – 0,50
Sable compact	0,40
Argile normalement consolidée	0,50
Argile molle et vase	1,00

Il a été retenu les hypothèses suivantes de manière sécuritaire dans notre approche :

- Nous avons retenu une cohésion effective c' de 5 kPa et un angle frottement effectif $\phi' = 25^\circ$ pour les Limons des Plateaux (C1).

- Les frottements issus des 1^{er} 0,5m de hauteur de la fondation ont été négligé.

Il s'agira donc de vérifier que :

$$Q_{ft} > F_{z_{traction}} ELU$$

Le dimensionnement des fondations projetées a été réalisé avec le logiciel FOXTA® - Module FONDSUP.

Le résultat des modélisations au cas par cas ainsi que le résultat détaillé des calculs sont présentés en annexe.

Fondation	Dimensions				ELS	ELU		
	Longueur [m]	Largeur [m]	Hauteur [m]	Poids propre [kN]	Portance	Portance	Glissement	Soulèvement
Appui 1	2	2	2	200	OK	OK	OK	OK
Appui 2	2,1	2,1	2	221	OK	OK	OK	OK

Tableau 11 : Dimensionnement des futurs massifs de fondations

Ces valeurs sont obtenues en considérant :

- Un frottement Q_t en traction le long des massifs de 126kN pour l'appui 1 et de 133kN pour l'appui 2 ;
- Une butée passive du sol de 37kN pour les deux massifs.

Note importante : Pour les massifs de fondations à exécuter, il a été considéré le poids propre du gros béton dans les calculs / justifications présentés ci-avant pour lester le massif de fondation et donc permettre la vérification au non-glissement / soulèvement. **Le BE structure devra s'assurer de la validité de cette hypothèse.** Un ancrage via barres HA par exemple entre la fondation et le béton de lestage devra être mise en œuvre. Ces barres d'ancrages devront être dimensionnées structurellement.

5.4.6 Etude des tassements

L'estimation des tassements est menée selon la méthode pressiométrique de Ménard de la norme NF P 94-261, article H.

Le tassement final d'une fondation est la somme du tassement sphérique s_c (dû aux déformations volumétriques) et du tassement déviatorique s_d (dû aux déformations de cisaillement).

L'estimation des tassements a été effectuée à l'ELS à l'aide du logiciel FOXTA®, Module FONDSUP.

D'après nos modélisations FOXTA®, Module FONDSUP, les tassements absolus attendus au droit des futures fondations sont **globalement homogènes et seront inférieurs au demi-centimètre** pour les géométries considérées à ce stade de l'étude et sur la base des descentes de charges communiquées par le BE Structure.

Ces estimations ne sont valables que pour un fond de fouille homogène et propre. Dans le cas contraire des tassements supplémentaires hétérogènes et non maîtrisables pourront apparaître.

Les tassements sont attendus homogènes au droit des deux appuis. Ainsi aucun tassements différentiels/distorsion n'est à craindre pour le projet.

L'acceptabilité de ces tassements vis à vis de la structure devra être validée par le BET structure du projet.

Ces estimations de tassements devront être impérativement réévaluées en phase exécution avec la rédaction et diffusion d'une Note de Calcul Spécifique dans le cadre de la Mission Géotechnique d'Exécution G3 pour dimensionner et justifier les massifs de fondation. Cette Mission Géotechnique d'Exécution G3 pourra être supervisée dans le cadre d'une Mission Géotechnique de Suivi d'Exécution G4 à la charge de la Maîtrise d'Ouvrage), moyennant les descentes de charge et le plan de fondation aux différentes phases du projet.

5.4.7 Sujétions d'exécution des fondations superficielles

La mise en œuvre d'une solution de fondations par fondations superficielles devra être conforme aux documents en vigueur (NF P 94-261). Plus particulièrement, dans le cadre de cette étude, cela implique les sujétions suivantes :

- Les fondations devront être coulées immédiatement après ouverture des fouilles pour éviter toute altération des parois et du fond de fouille ;
- Lors de la réalisation des fondations, l'homogénéité des fonds de fouille devra être soigneusement vérifiée par un géotechnicien. Les poches molles, les remblais et les terrains remaniés éventuellement rencontrés en fond de fouille seront purgés et remplacés par du gros béton ;
- En période pluvieuse, il faudra porter une attention particulière en cas de venues d'eau par circulations ou infiltrations dans les terrains superficiels. Il faudra alors évacuer les venues d'eau par la mise en place d'un système de drainage adapté sans remaniement des terrains en fond de fouille ;
- Le béton des fondations devra être confectionné avec un ciment conforme aux résultats des essais en laboratoire §3.2.4 ;
- La profondeur des fondations projetées devra respecter les conditions de mise hors gel de la région, soit 0,5 m / TN fini d'après la norme NF P 94 261 ;
- L'ensemble des fondations à créer devront respecter les règles de mitoyenneté.

Les techniques mises en œuvre devront recevoir l'aval du Bureau de contrôle.

5.5 Terrassements en déblais / remblais

5.5.1 Excavation

Le projet prévoit la réalisation de deux massifs pour fonder un portique, avec des terrassements qui seront de l'ordre de 2,0 m de profondeur environ. Les travaux de terrassements intéresseront les horizons superficiels matérialisés par :

- les Remblais composés de limons argileux et graves marneuses,
- des Limons des Plateaux composés de limons argileux.

L'extraction des déblais pourra généralement être réalisée à l'aide d'engin de moyenne puissance. Cependant, l'utilisation de matériel spécifique (BRH) pourra s'avérer nécessaire en cas de présence de blocs ou de vestiges anthropiques au sein des remblais.

5.5.2 Mise hors d'eau de la fouille

Une nappe collinaire est attendue à faible profondeur au sein des Limons des Plateaux (C1), ainsi les fouilles des deux massifs pourront potentiellement l'intercepter. Il sera ainsi nécessaire de pomper le fond de fouille pour réaliser les massifs de fondations sur un fond de fouille sec.

5.6 Approche Environnementale

5.6.1 Estimations de l'empreinte carbone des fondations

Cette section présente une première évaluation de l'empreinte carbone des solutions géotechniques recommandées précédemment. Cette évaluation devra être ajustée et affinée en fonction de l'évolution du projet et du dimensionnement précis des solutions géotechniques.

Ces estimations ont été menées au moyen du module Ecow du logiciel Orbow®. Les facteurs d'émission utilisés sont issus de ce module.

Type de fondation	Appui	Largeur B (m)	Longueur L (m)	Hauteur H (m)	Equivalent Carbone par fondation (kg CO ² eq)			
					C25/30	C30/37	C35/45	C40/50
Semelles isolées	1	2,0	2,0	2,0	3865	3978	4259	4508
	2	2,1	2,1	2,0	4260	4385	4694	4968
Total Projet					8124	8362	8953	9476

Tableau 12 : Estimation des émissions carbone des fondations superficielles

Ces valeurs sont calculées un ratio de ferrailage de 60 kg/m³. Elles seront adaptées en fonction des valeurs réelles du projet.

5.6.2 Axe de réduction de l'empreinte carbone

Plusieurs axes de réduction de l'empreinte carbone sont possibles tels que :

- Utiliser des matériaux bas-carbone (bétons bas à ultra-carbone, bétons fibrés, aciers 100% recyclés, coffrages réutilisables, éléments préfabriqués) et locaux,
- Exploiter le potentiel énergétique du sous-sol (géothermie, puit climatique),
- Limiter l'artificialisation des sols,
- Privilégier la réutilisation et la valorisation des déblais in-situ.

5.7 Incertitudes géotechniques résiduelles

A ce stade de l'étude, il existe encore des incertitudes géotechniques :

- **Démolition des fondations du portique actuel** : Nous ne connaissons pas le mode de fondation du portique actuellement présent au droit du site. Un massif ferrailé dont les dimensions et la profondeur d'ancrage pourrait être important est attendu, il sera nécessaire de prévoir sa démolition au BRH ;
- **Agressivité des sols et de l'eau vis-à-vis des bétons** : Notre mission ne prévoyait pas la réalisation d'essais d'agressivité des sols et de l'eau sur les bétons. Cette analyse permettrait de statuer sur la classe d'agressivité chimique des sols sur le béton afin de déterminer la classe de béton à mettre en œuvre dans le cadre du projet. Elle pourra

être réalisée dans les phases ultérieures du projet. A défaut, il conviendra de considérer les sols et l'eau comme potentiellement agressif et d'adapter la classe de béton en conséquence.

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques. Il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet et la rédaction du DCE.

L'Entreprise prévoira, au titre de sa mission G3, toutes les investigations qu'elle estime nécessaire pour la bonne exécution de ses travaux.

Ce rapport conclut la Mission G2 PRO qui nous a été confiée pour cette affaire. Il conviendra d'en tenir compte dans la suite des études.

La description des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P94-500 ainsi que leur enchainement sont présentés en ANNEXE de ce rapport. SEMOFI se tient à la disposition de tous les intervenants pour réaliser toutes ou parties de ces missions.

L'Ingénieur chargé de l'étude

Lorenzo LASOLLE

ANNEXES

ANNEXE 1 PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 COUPES ET ENREGISTREMENTS DES SONDAGES

ANNEXE 3 MODELISATION DES FONDATIONS – LOGICIEL FOXTA® - MODULE FONDSUP

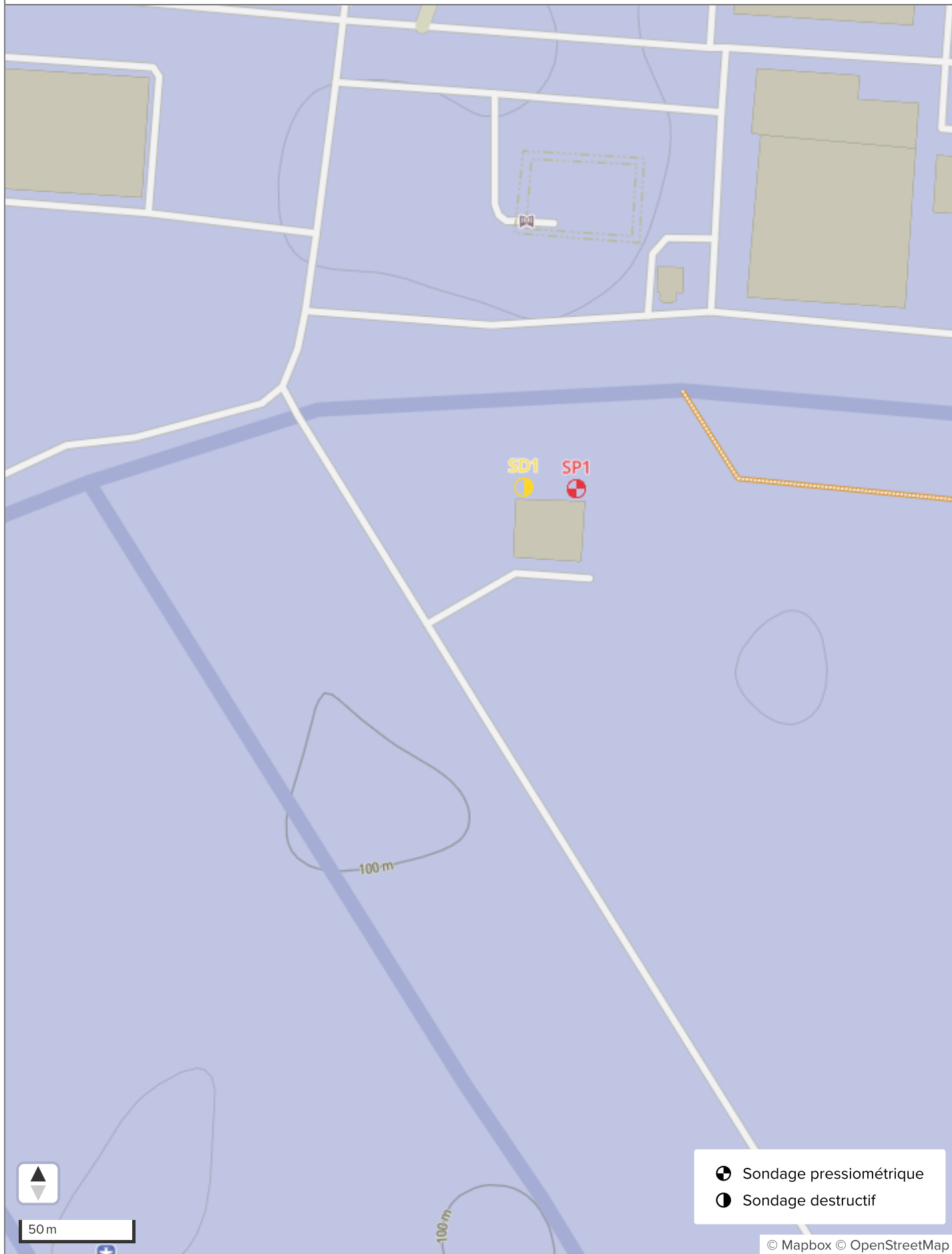
ANNEXE 4 CLASSIFICATION DES MISSIONS GEOTECHNIQUES TYPES

ANNEXE 1 Plan d'implantation des investigations géotechniques

PLAN DE LOCALISATION



PLAN D'IMPLANTATION



ANNEXE 2 Coupes et enregistrements des sondages

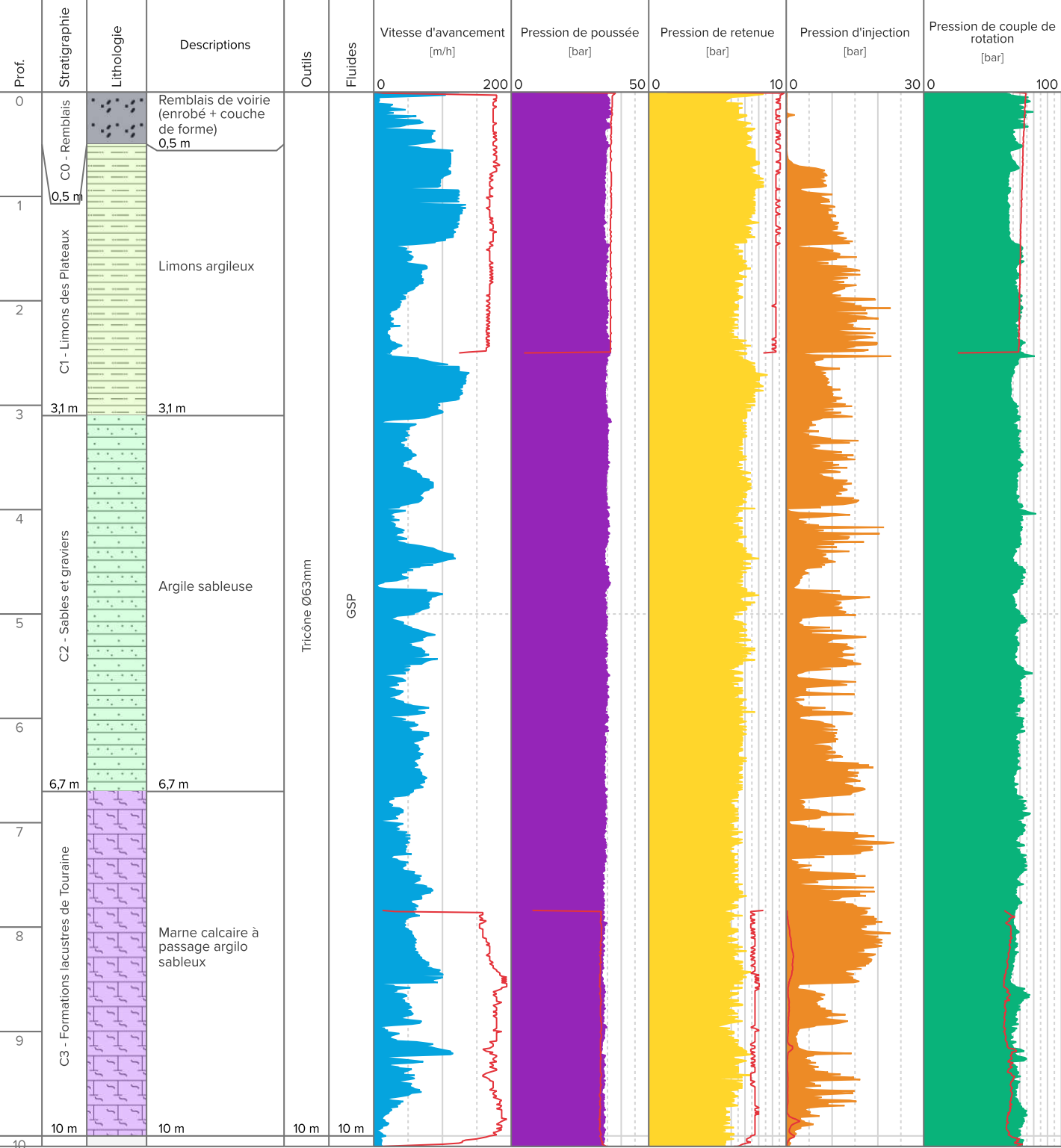
SD1

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		
0,7193	47,4364	WGS 84		
Élévation	Nivellement	Angle	Azimut	Prof. atteinte
Non renseigné	Non renseigné	-	-	Non renseigné

Données	Type	Début	Fin	Machine	Opérateur
DPR-SD1	Paramètres destructifs	Non renseigné	Non renseigné	-	-

Etalonnage

Méthode ECL



GROUPE SÉMOFI Tours - 21655										Date				
SP1										12/12/2025				
Système de coordonnées		Longitude		Latitude		WGS 84				Prof. atteint				
		0,7196		47,4364		Angle								
		Élévation		Nivellement		Azimut								
Machine		Non renseigné		Non renseigné		-				Opérateur				
		Fin		Non renseigné		-								
		Non renseigné		Non renseigné		-								
Prof.	Stratigraphie	Lithologie	Descriptions	Outils	Fluides	Vitesse d'avancement [m/h]	Pression de poussée [bar]	Pression de retenue [bar]	Pression d'injection [bar]	Pression de couple de rotation [bar]	PLM* [MPa]	p _{IM} * [MPa]	E _{IM} [MPa]	E _{IM} /p _{IM} *
0	C1 - Remblais des Plateaux	Remblais de voirie (enrobé + couche de forme) 0,5 m	Limons argileux	3 m	GSP	10 m	10 m	10 m	50,0	100,0	3,0	3,0	50,0	80
1														
2														
3	C2 - Sables et graviers	Argile sableuse	6,8 m	10 m	10 m	10 m	10 m	10 m	50,0	100,0	3,0	3,0	50,0	80
4														
5														
6	C3 - Formations lacustres de Touraine	Marne calcaire à passage argilo sableux	10 m	10 m	10 m	10 m	10 m	10 m	50,0	100,0	3,0	3,0	50,0	80
7														
8														
9														
10														

ANNEXE 3 Modélisation des fondations – Logiciel FOXTA© - Module Fondsup

Données

Titre du projet : Fondation portique

Numéro d'affaire : C25-21655

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Appui 1 (Cas 1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation carrée

Côté B (m) : 2,00

Cote du TN initial Zini (m) : 0,00

Cote du TN final Zfin (m) : 0,00

Cote de base fondation Zd (m) : -2,00

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement frottant

Type d'interface : Interface frottante

Angle de contact à l'interface (°) : 25,0

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 19,0

Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	C1 - Limons des plateaux		-3,00	400,00	4000,00	0,66
2	C2 - Formations Continentales		-6,80	1200,00	13000,00	0,00
3	C3 - Lacustres		-10,00	1900,00	12000,00	0,00

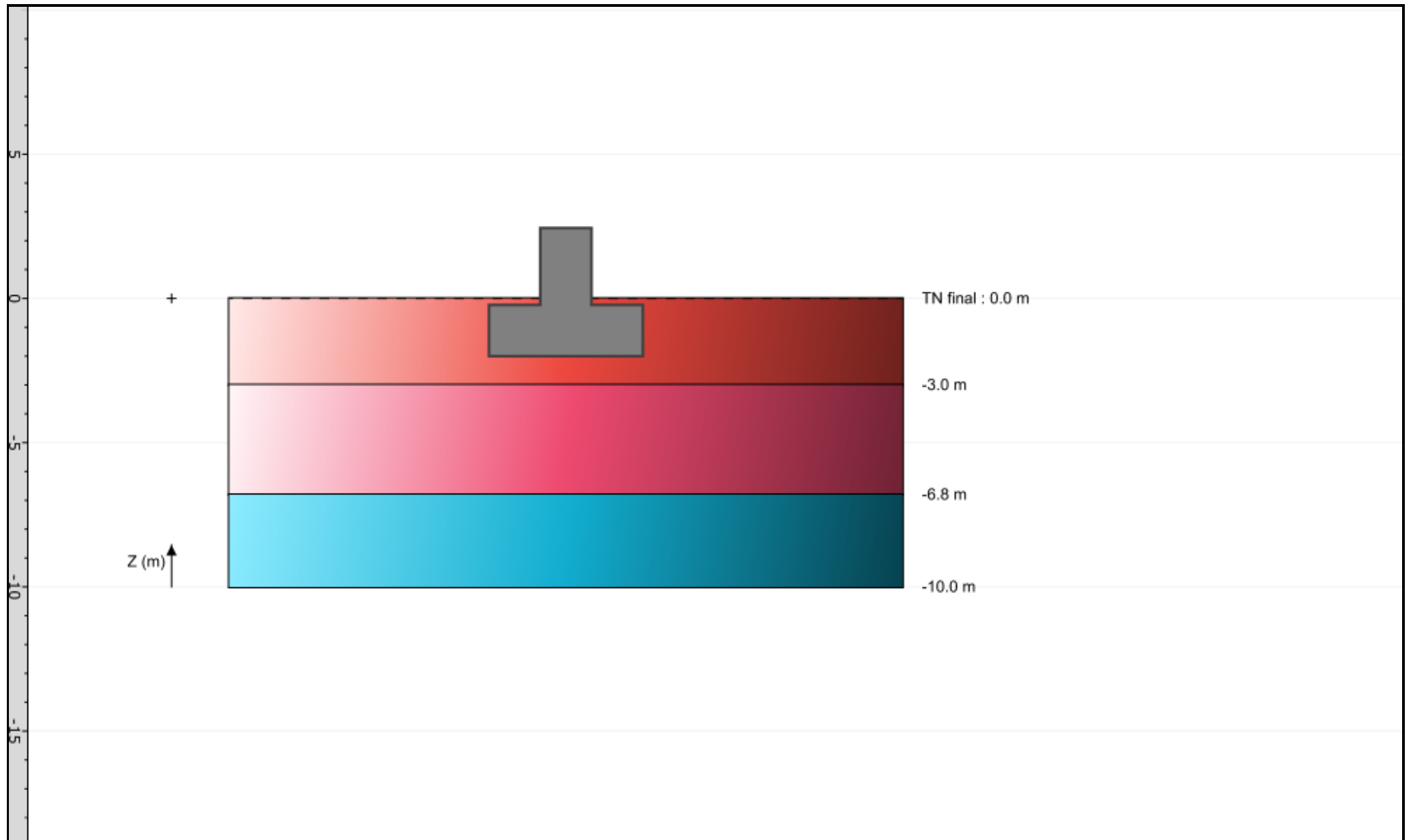
Poids propre de la semelle (P0) : 200,00

Cote d'application de la charge Z0 (m) : -2,00

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	205,0	38,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
2	303,0	57,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELU-Fondamentales
3	-115,0	24,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELU-Fondamentales

Onglet "Paramètres généraux"



Profil du terrain sous la fondation

Couche : Nom de la couche

Point de calcul : Point de calcul

Zpoint [m] : Cote du point de calcul

pl* [kPa] : Pression limite nette du terrain

EM [kPa] : Module pressiométrique du terrain

Profil du terrain sous la fondation (1/2)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
C1 - Limons des plateaux	1	0,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	2	-0,20	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	3	-0,40	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	4	-0,60	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	5	-0,80	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	6	-1,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	7	-1,20	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	8	-1,40	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	9	-1,60	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	10	-1,80	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	11	-2,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	12	-2,20	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	13	-2,40	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	14	-2,60	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	15	-2,80	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	16	-3,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	17	-3,00	400,00	4000,00
C2 - Formations Continentales	18	-3,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	19	-3,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	20	-3,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	21	-3,60	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	22	-3,80	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	23	-4,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	24	-4,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	25	-4,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	26	-4,60	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	27	-4,80	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	28	-5,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	29	-5,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	30	-5,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	31	-5,60	1200,00	13000,00

Profil du terrain sous la fondation (2/2)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
C2 - Formations Continentales	32	-5,80	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	33	-6,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	34	-6,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	35	-6,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	36	-6,60	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	37	-6,80	1200,00	13000,00
C3 - Lacustres	38	-6,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	39	-7,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	40	-7,20	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	41	-7,40	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	42	-7,60	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	43	-7,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	44	-8,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	45	-8,20	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	46	-8,40	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	47	-8,60	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	48	-8,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	49	-9,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	50	-9,20	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	51	-9,40	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	52	-9,60	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	53	-9,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	54	-10,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	55	-10,00	1900,00	12000,00

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	405,00	38,00	152,00	1,00	945,28	-	Ok	Ok	-	0,15
2	ELU-Fondamentales	503,00	57,00	152,00	1,00	1486,20	193,85	Ok	Ok	Ok	-
3	ELU-Fondamentales	85,00	24,00	152,00	1,00	989,11	32,76	Ok	Ok	Ok	-

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

- N° cas de charge** : Indice du cas de charge
- Combinaison** : Type de combinaison
- iδβ** : Coefficient réducteur lié à l'inclinaison et à la proximité d'un talus
- kp** : Facteur de portance pressiomérique
- ple [kPa]** : Pression limite nette équivalente
- qnet [kPa]** : Contrainte de rupture du terrain de fondation (sans pondérations)
- seff [m²]** : Aire d'assise effective de la fondation (tenant compte de l'excentrement du chargement)
- Fglobal** : Facteur de sécurité global
- Rvd [kN]** : Valeur de calcul de la résistante nette du terrain de fondation

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

N° cas de charge	Combinaison	iδβ	kp	ple	qnet	seff	Fglobal	Rvd
1	ELS-Quasi-permanentes	0,82	0,96	832,03	652,24	4,00	2,76	945,28
2	ELU-Fondamentales	0,78	0,96	832,03	624,21	4,00	1,68	1486,20
3	ELU-Fondamentales	0,52	0,96	832,03	415,43	4,00	1,68	989,11

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge : Indice du cas de charge

λ_c : Coefficient de forme sphérique

λ_d : Coefficient de forme déviatorique

α : Coefficient rhéologique moyen

Ec [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation volumique

Ed [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation déviatorique

q0 [kPa] : Contrainte initiale avant travaux

qref [kPa] : Contrainte de référence

sc [cm] : Tassement sphérique

sd [cm] : Tassement déviatorique

stot [cm] : Tassement total

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge	λ_c	λ_d	α	Ec	Ed	q0	qref	sc	sd	stot
1	1,10	1,12	0,08	4000,00	8225,00	38,00	101,25	0,03	0,11	0,15

Raideurs équivalentes de la fondation

- Type** : Type de raideur
- Kv [kN/m]** : Raideur verticale
- KHB [kN/m]** : Raideur horizontale selon B
- KHL [kN/m]** : Raideur horizontale selon L
- KMB [kNm/rad]** : Raideur rotationnelle selon B
- KML [kNm/rad]** : Raideur rotationnelle selon L

Raideurs équivalentes de la fondation

Type	Kv	KHB	KHL	KMB	KML
Raideurs statiques LT	1,731E05	1,376E05	1,376E05	1,372E05	1,372E05
Raideurs statiques CT	3,461E05	2,753E05	2,753E05	2,745E05	2,745E05
Raideurs sismiques Min	5,192E05	4,129E05	4,129E05	4,117E05	4,117E05
Raideurs sismiques Max	1,038E06	8,258E05	8,258E05	8,234E05	8,234E05



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/12/2025 - 07:23:40
Calcul réalisé par : SEMOFI

Projet : C25-21655-SAGT-Tours-Portique
Module : Fondsup (Cas 1/2)
Titre du calcul : Appui 1

Données

Titre du projet : Fondation portique

Numéro d'affaire : C25-21655

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Appui 2 (Cas 2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation carrée

Côté B (m) : 2,10

Cote du TN initial Zini (m) : 0,00

Cote du TN final Zfin (m) : 0,00

Cote de base fondation Zd (m) : -2,00

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement frottant

Type d'interface : Interface frottante

Angle de contact à l'interface (°) : 25,0

Poids volumique moyen du sol au-dessus de la base de la fondation (kN/m3) : 20,0

Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	C1 - Limons des plateaux		-3,00	400,00	4000,00	0,66
2	C2 - Formations Continentales		-6,80	1200,00	13000,00	0,00
3	C3 - Lacustres		-10,00	1900,00	12000,00	0,00

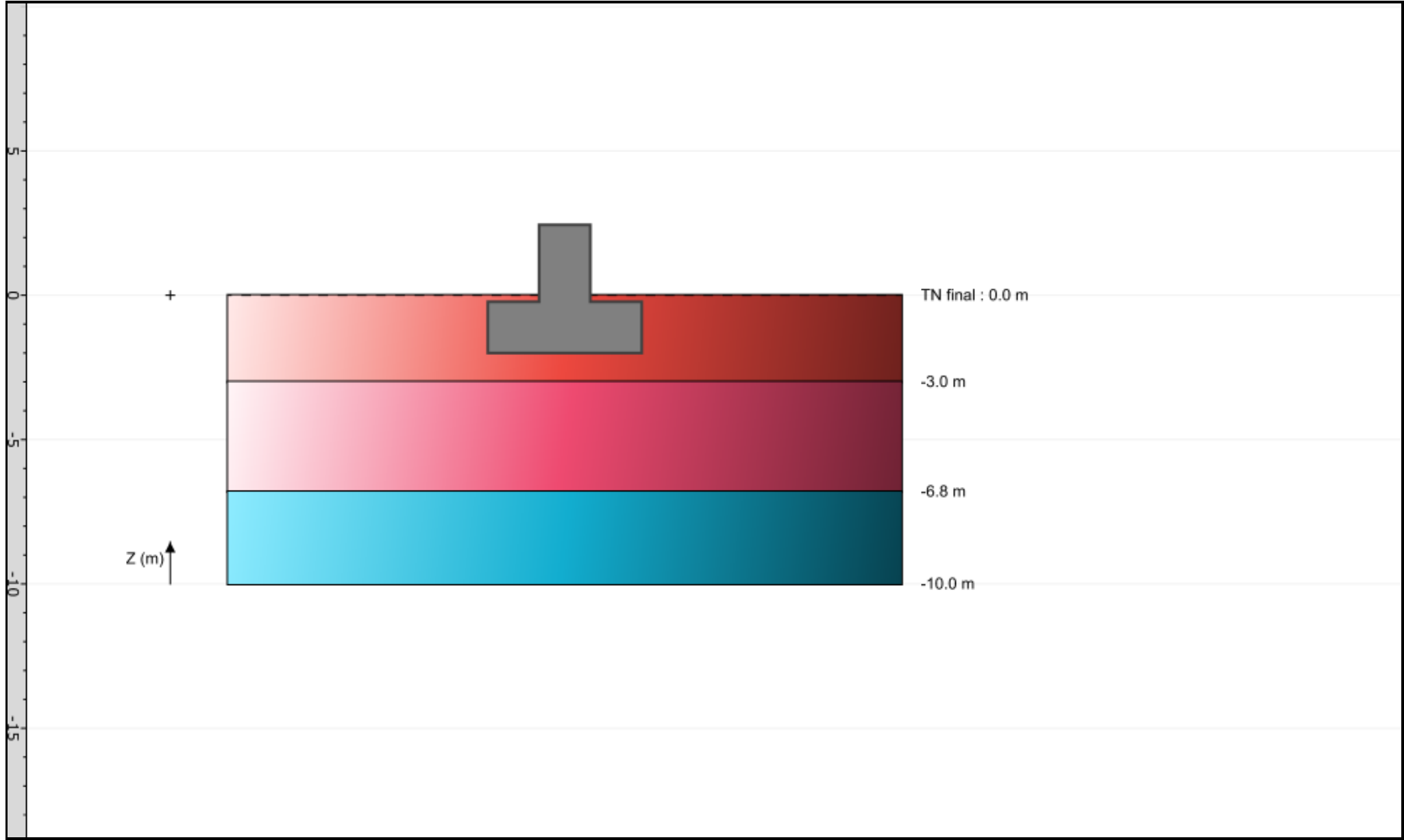
Poids propre de la semelle (P0) : 221,00

Cote d'application de la charge Z0 (m) : -2,00

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	225,0	38,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes
2	332,0	56,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELU-Fondamentales
3	-144,0	21,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELU-Fondamentales

Onglet "Chargement (valeurs de calcul)"



Profil du terrain sous la fondation

Couche : Nom de la couche

Point de calcul : Point de calcul

Zpoint [m] : Cote du point de calcul

pl* [kPa] : Pression limite nette du terrain

EM [kPa] : Module pressiométrique du terrain

Profil du terrain sous la fondation (1/2)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
C1 - Limons des plateaux	1	0,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	2	-0,20	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	3	-0,40	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	4	-0,60	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	5	-0,80	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	6	-1,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	7	-1,20	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	8	-1,40	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	9	-1,60	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	10	-1,80	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	11	-2,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	12	-2,20	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	13	-2,40	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	14	-2,60	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	15	-2,80	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	16	-3,00	400,00	4000,00
C1 - Limons des plateaux	17	-3,00	400,00	4000,00
C2 - Formations Continentales	18	-3,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	19	-3,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	20	-3,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	21	-3,60	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	22	-3,80	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	23	-4,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	24	-4,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	25	-4,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	26	-4,60	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	27	-4,80	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	28	-5,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	29	-5,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	30	-5,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	31	-5,60	1200,00	13000,00

Profil du terrain sous la fondation (2/2)

Couche	Point de calcul	Zpoint	pl*	EM
C2 - Formations Continentales	32	-5,80	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	33	-6,00	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	34	-6,20	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	35	-6,40	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	36	-6,60	1200,00	13000,00
C2 - Formations Continentales	37	-6,80	1200,00	13000,00
C3 - Lacustres	38	-6,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	39	-7,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	40	-7,20	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	41	-7,40	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	42	-7,60	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	43	-7,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	44	-8,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	45	-8,20	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	46	-8,40	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	47	-8,60	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	48	-8,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	49	-9,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	50	-9,20	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	51	-9,40	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	52	-9,60	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	53	-9,80	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	54	-10,00	1900,00	12000,00
C3 - Lacustres	55	-10,00	1900,00	12000,00

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

Vd [kN] : Effort vertical à la base de la fondation

Hd [kN] : Effort horizontal à la base de la fondation

R0 [kN] : Poids des terres excavées

Seff/Stot : Rapport entre l'aire effective et l'aire totale de la fondation

Rvd [kN] : Valeur de calcul de la résistance verticale nette du terrain (mécanisme de portance)

Rhd [kN] : Valeur de calcul de la résistance horizontale du terrain (mécanisme de glissement)

Portance : Vérification de la capacité portante de la fondation (ELU et ELS)

Excentrement : Vérification de l'excentricité du chargement (ELU et ELS)

Glissement : Vérification de la stabilité au glissement (ELU uniquement)

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	446,00	38,00	176,40	1,00	1070,20	-	Ok	Ok	-	0,14
2	ELU-Fondamentales	553,00	56,00	176,40	1,00	1695,40	213,11	Ok	Ok	Ok	-
3	ELU-Fondamentales	77,00	21,00	176,40	1,00	1117,90	29,67	Ok	Ok	Ok	-



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/12/2025 - 07:25:05
Calcul réalisé par : SEMOFI

Projet : C25-21655-SAGT-Tours-Portique
Module : Fondsup (Cas 2/2)
Titre du calcul : Appui 2

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

- N° cas de charge** : Indice du cas de charge
- Combinaison** : Type de combinaison
- iδβ** : Coefficient réducteur lié à l'inclinaison et à la proximité d'un talus
- kp** : Facteur de portance pressiomérique
- ple [kPa]** : Pression limite nette équivalente
- qnet [kPa]** : Contrainte de rupture du terrain de fondation (sans pondérations)
- seff [m²]** : Aire d'assise effective de la fondation (tenant compte de l'excentrement du chargement)
- Fglobal** : Facteur de sécurité global
- Rvd [kN]** : Valeur de calcul de la résistante nette du terrain de fondation

Paramètres intermédiaires pour le calcul de portance

N° cas de charge	Combinaison	iδβ	kp	ple	qnet	seff	Fglobal	Rvd
1	ELS-Quasi-permanentes	0,83	0,95	846,67	669,81	4,41	2,76	1070,20
2	ELU-Fondamentales	0,80	0,95	846,67	645,87	4,41	1,68	1695,40
3	ELU-Fondamentales	0,53	0,95	846,67	425,85	4,41	1,68	1117,90

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge : Indice du cas de charge

λ_c : Coefficient de forme sphérique

λ_d : Coefficient de forme déviatorique

α : Coefficient rhéologique moyen

Ec [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation volumique

Ed [kPa] : Module pressiométrique équivalent dans la zone de déformation déviatorique

q0 [kPa] : Contrainte initiale avant travaux

qref [kPa] : Contrainte de référence

sc [cm] : Tassement sphérique

sd [cm] : Tassement déviatorique

stot [cm] : Tassement total

Paramètres intermédiaires pour le calcul de tassement

N° cas de charge	λ_c	λ_d	α	Ec	Ed	q0	qref	sc	sd	stot
1	1,10	1,12	0,08	4136,40	8358,20	40,00	101,13	0,03	0,11	0,14

Raideurs équivalentes de la fondation

- Type** : Type de raideur
- Kv [kN/m]** : Raideur verticale
- KHB [kN/m]** : Raideur horizontale selon B
- KHL [kN/m]** : Raideur horizontale selon L
- KMB [kNm/rad]** : Raideur rotationnelle selon B
- KML [kNm/rad]** : Raideur rotationnelle selon L

Raideurs équivalentes de la fondation

Type	Kv	KHB	KHL	KMB	KML
Raideurs statiques LT	1,920E05	1,527E05	1,527E05	1,678E05	1,678E05
Raideurs statiques CT	3,839E05	3,053E05	3,053E05	3,356E05	3,356E05
Raideurs sismiques Min	5,759E05	4,580E05	4,580E05	5,034E05	5,034E05
Raideurs sismiques Max	1,152E06	9,160E05	9,160E05	1,007E06	1,007E06



FoXta v4
v4.1.17

Imprimé le : 09/12/2025 - 07:25:06
Calcul réalisé par : SEMOFI

Projet : C25-21655-SAGT-Tours-Portique
Module : Fondsup (Cas 2/2)
Titre du calcul : Appui 2

ANNEXE 4 Classification des missions géotechniques types

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 préliminaire, esquisse, APS	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 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)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)	EXE/VISA	À la charge de l'entreprise	À la charge du Maître d'Ouvrage	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
		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)			Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
	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		
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