



UNE EXPERTISE QUI FAIT LA DIFFÉRENCE

Dossier : ONA2.G.0090

Etude géotechnique de conception
Phase Projet (G2 PRO)

REGION PAYS DE LA LOIRE

Lycée Aristide Briand - Construction d'un Pôle Aéronautique

SAINT NAZAIRE (44)



DIRECTION REGIONALE GRAND OUEST

Agence de NANTES

ZAC des Hauts de Couëron 3
23 rue Jan Palach
44220 COUERON

Téléphone : 02 40 92 18 71
Télécopie : 02 40 92 06 10
Email : cebtp.nantes@groupe-cebtp.com



REGION PAYS DE LA LOIRE

LYCEE ARISTIDE BRIAND - CONSTRUCTION D'UN POLE AERONAUTIQUE

SAINT NAZAIRE (44)

RAPPORT - étude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO)

Dossier : ONA2.G.0090

g.persilie@groupe-cebtp.com

Contrat : ONA2.G.0245

Indice	Date	Rédigé par le Chargé d'affaires	Visa	Vérifié par la Chargée d'affaires	Visa	Contenu	Observations
1	29/07/2016	Guillaume PERSILIE		Eva BERNARD		39 pages 7 annexes	

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.



SOMMAIRE

1	PLANS DE SITUATION	5
1.1	CARTE IGN.....	5
1.2	VUE AERIENNE.....	5
2	CONTEXTE DE L'ETUDE	6
2.1	DONNEES GENERALES.....	6
2.1.1	Généralités	6
2.1.2	Intervenants.....	6
2.1.3	Documents communiqués	6
2.1.4	Etudes géotechniques disponibles.....	7
2.2	DESCRIPTION DU SITE.....	7
2.2.1	Topographie, occupation du site et avoisinants	7
2.2.2	Contexte géologique.....	8
2.2.3	Contexte hydrogéologique.....	8
2.2.4	Contexte sismique	9
2.3	CARACTERISTIQUES DU PROJET	9
2.3.1	Description de l'ouvrage	9
2.3.2	Terrassements prévus	11
2.4	MISSION GINGER CEBTP	11
3	MODELISATION GEOTECHNIQUE	12
3.1	SONDAGES ET ESSAIS	12
3.2	SYNTHESE GEOLOGIQUE.....	13
3.3	SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE.....	17
3.4	SYNTHESE SISMIQUE.....	17
3.4.1	Liquéfaction - Méthode d'analyse	17
3.4.2	Hypothèses retenues.....	19
3.4.3	Analyse des résultats.....	20
3.4.4	Conclusion.....	20
4	CHOIX CONSTRUCTIFS	21
5	NORMES ET REGLEMENTS UTILISES	21



6	PRE-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES	22
6.1	EFFORTS SUR LES PIEUX.....	22
6.1.1	<i>Remarques préliminaires</i>	22
6.1.2	<i>Charge hors séisme.....</i>	23
6.1.3	<i>Efforts sous sollicitations sismiques d'origine inertielle</i>	23
6.1.4	<i>Efforts sous sollicitations sismiques d'origine cinématique</i>	24
6.1.5	<i>Efforts parasites.....</i>	25
6.2	HYPOTHESES DE CALCUL	26
6.2.1	<i>Caractéristiques géologiques.....</i>	26
6.2.2	<i>Modèle géotechnique.....</i>	28
6.2.3	<i>Paramètres géotechniques - méthode pressiométrique.....</i>	29
6.2.4	<i>Paramètres de modélisation du comportement transversal des pieux.....</i>	30
6.2.5	<i>Caractéristiques des pieux.....</i>	31
6.3	AGRESSIVITE DE L'ENVIRONNEMENT	32
6.4	VERIFICATION DES ELU DE COMPRESSION	32
6.5	VERIFICATION DES ELS DE COMPRESSION	33
6.6	RESULTATS DES CALCULS SOUS SOLLICITATIONS HORIZONTALES.....	34
6.7	VERIFICATION DES ELU-STR	35
6.8	VERIFICATION DES ELS-STR.....	36
7	METHODES D'EXECUTION.....	38
8	ESTIMATION DES QUANTITES	39
9	OBSERVATIONS MAJEURES.....	39

Annexes

Annexe 1 : Notes générales sur les missions géotechniques

Annexe 2 : Plans et coupes des Sondages et essais réalisés

Annexe 3 : Descentes de charges communiquées

Annexe 4 : Groupes de pieux

Annexe 5 : Résultats FOXTA – Zone nord

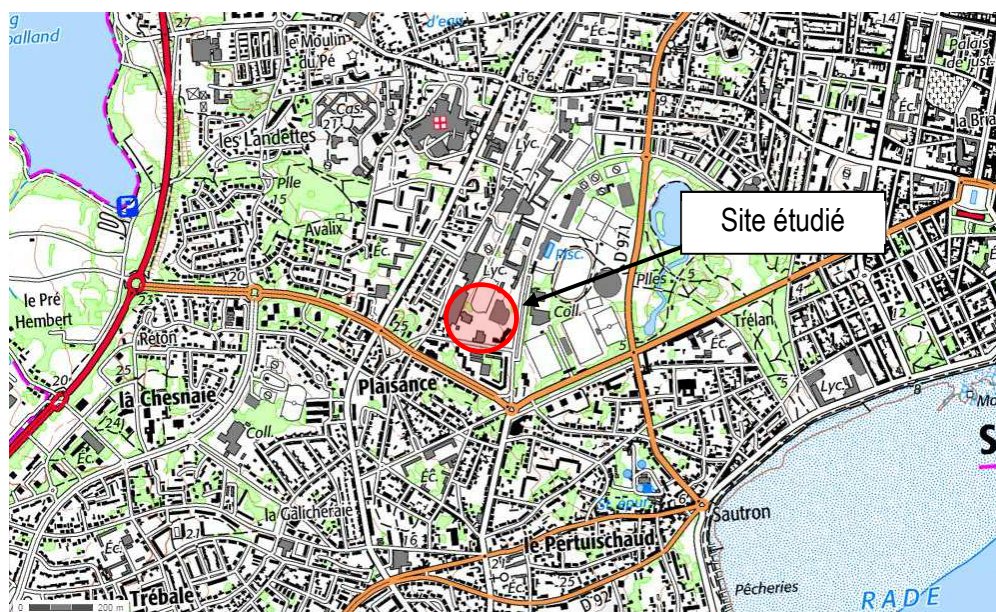
Annexe 6 : Résultats FOXTA – Zone sud

Annexe 7 : Quantités



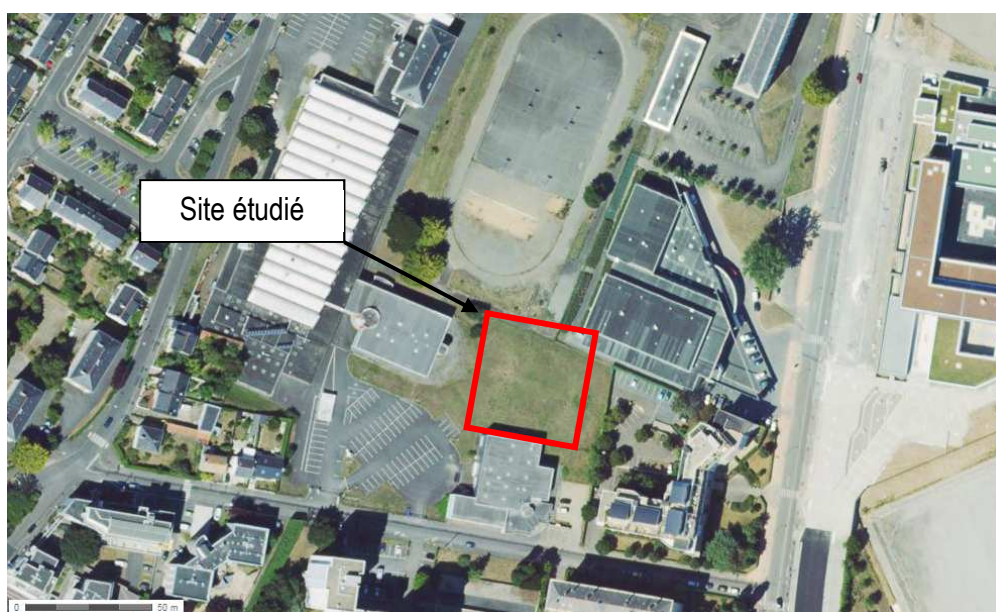
1 PLANS DE SITUATION

1.1 Carte IGN



Source : Géoportail

1.2 Vue aérienne



Source : Géoportail



2 CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1 Données générales

2.1.1 Généralités

Nom de l'opération : Lycée Aristide Briand - Construction d'un Pôle Aéronautique
 Adresse : Rue Gaspard Monge
 Commune : SAINT NAZAIRE (44)
 Demandeur et client de la mission : REGION PAYS DE LA LOIRE

2.1.2 Intervenants

Maître d'ouvrage : REGION PAYS DE LA LOIRE
 Architecte : MURISSERIE
 B.E.T. structure : AREST
 Bureau de contrôle : SOCOTEC

2.1.3 Documents communiqués

Ci-dessous les documents qui nous ont été communiqués et ont été utilisés dans le cadre de ce rapport :

Document	Indice	Plan n°	Echelle	Origine	Date
Pieux - Vue en plan	0	BA0	1/100	AREST	10/11/15
Fondations – Vue en plan	0	BA1			
PH RDC – Vue en plan	0	BA2			
PH 1 ^{er} étage – Vue en plan	0	BA3			
Niveau toiture – Vue en plan	0	BA4			
Charpente atelier – Vue en plan	#	CH1	1/50		
Elévations – coupes – Charpente	#	CH2			
Elévations et coupes – Charpente vestiaires	#	CH3			
Elévations et coupes – Charpente vestiaires – Vue en plan	#	CH4			
Tableaux de pieux (descentes de charges)	/	/	/		



Document	Indice	Plan n°	Echelle	Origine	Date
Plan des intérieurs – RDC	A	/	1/50	AGE	27/02/14
Plan des intérieurs – 1 ^{er} étage	A	/	1/50		
Plan de coupe	A	/	1/100		
Plan topographique	A	/	1/200		

2.1.4 Etudes géotechniques disponibles

La présente étude fait suite à l'étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 AVP) pour la construction d'un pôle aéronautique au lycée Aristide Briand, réalisée sur le site par KORNOG, en date du 09/10/2015 et référencée VA 15 0456 G2-AVP.

2.2 Description du site

2.2.1 Topographie, occupation du site et avoisinants

Au droit du projet, le site concerné par les investigations présente un point haut situé approximativement dans la partie centre ouest du futur ouvrage, d'après le plan topographique fourni. Sa cote altimétrique varie de :

- en direction du nord : +11.91 à +11.38 m NGF (pente descendante en direction du nord-est) ;
- en direction du sud : +11.91 à +10.82 m NGF (pente descendante en direction du sud).



Vue du site en direction du nord-est lors des investigations de juillet 2016



Le site recevant le projet correspond à une zone enherbée.

L'emprise de l'ouvrage est mitoyenne sur sa partie sud du pôle aéronautique existant.

2.2.2 Contexte géologique

D'après l'étude géotechnique déjà réalisée par KORNOG et la carte géologique de SAINT NAZAIRE, le site se caractérise par la présence de formations suivantes, de haut en bas :

- des remblais d'aménagements, sur une épaisseur variable de 1.2 à 3.1 m ;
- des alluvions sablo-argileuses, rencontrées jusqu'à 2.1 à 4.7 m de profondeur ;
- le substratum gneissique dans un état +/- altéré par la suite.

La carte des aléas «Retrait-gonflement des sols argileux» du BRGM indique que le terrain est situé en zone d'aléa faible vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement des argiles.

2.2.3 Contexte hydrogéologique

Dans le contexte géologique au droit du projet, peuvent cohabiter plusieurs types de nappes. On distingue de haut en bas :

- une nappe de type perchée pouvant régner au sein des formations de remblais, alimentée par la pluviométrie efficace,
- une nappe alluviale, influencée par le marnage,
- une nappe plus profonde de type fissurale pouvant se développer au sein de l'horizon de gneiss en fonction de l'état de fracturation et/ou d'altération du massif rocheux. Ce phénomène se traduit principalement par des venues d'eau de débits variables, et lorsqu'elles existent, par des niveaux irréguliers.

La carte des aléas « Remontée de nappe » du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) indique que le site étudié se situe entre des zones de sensibilité très faible à faible vis-à-vis de ce risque en domaine de socle.



2.2.4 Contexte sismique

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), la commune de Saint Nazaire se situe en zone d'aléa modéré (zone 3), et le bâtiment projeté est de catégorie III (selon les informations fournies par AREST). L'application des règles parasismiques est donc obligatoire et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

Les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude figurent dans le tableau ci-dessous :

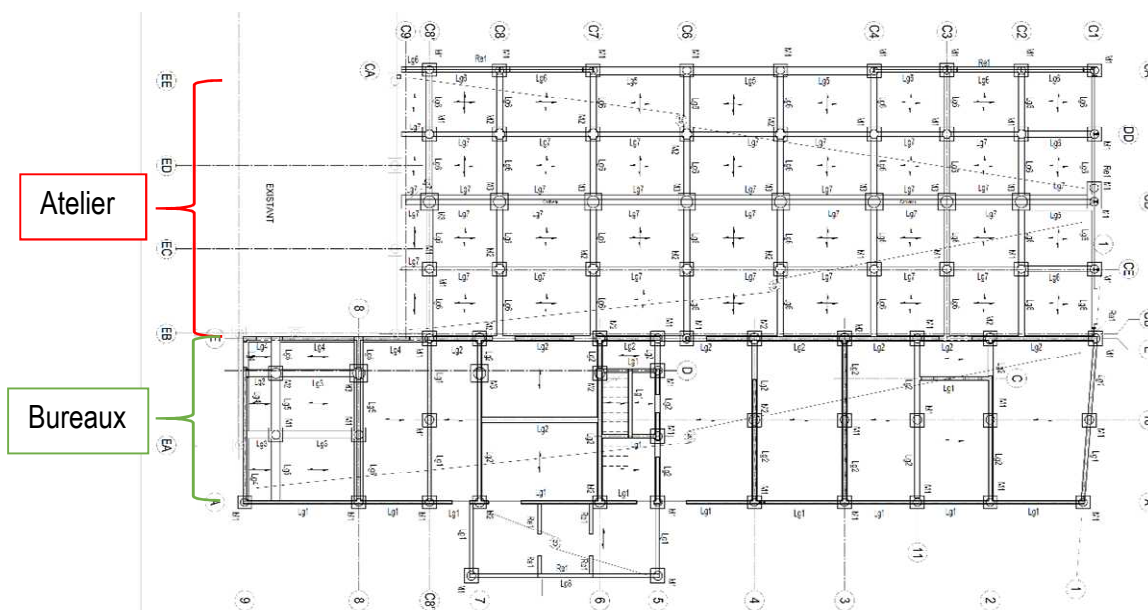
Classe du site	E
Paramètre de sol S	1.8
Zone de sismicité	3
Catégorie d'importance de l'ouvrage	III
Coefficient d'importance γ_I	1.2
Accélération maximale de référence a_{gr} (sol A – m/s ²)	1.1
Accélération maximale de calcul a_g (sol A – m/s ²)	1.32

2.3 Caractéristiques du projet

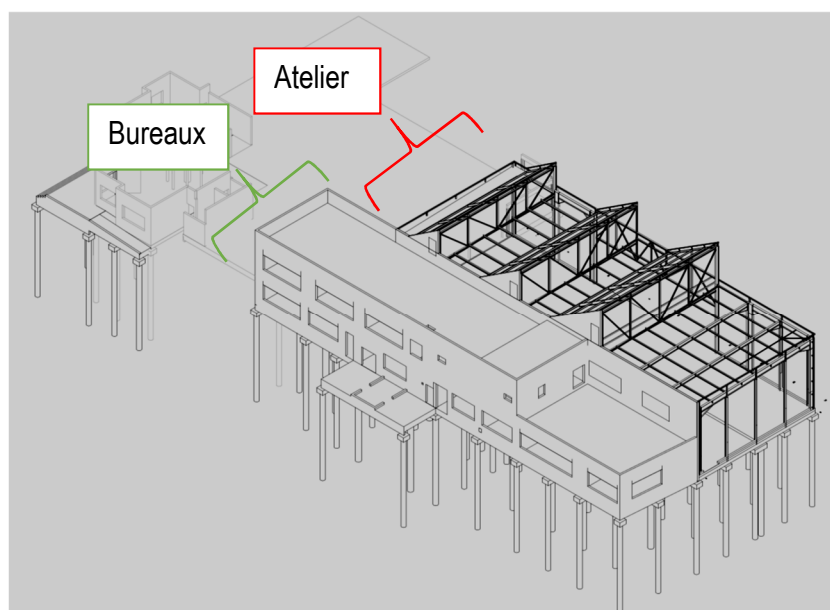
2.3.1 Description de l'ouvrage

D'après les documents cités au paragraphe 2.1.2 et les informations fournies, le projet porte sur la construction d'un pôle aéronautique, en extension d'un bâtiment existant, au niveau du Lycée Aristide Briand à Saint Nazaire et dont les caractéristiques sont les suivantes :

Type d'ouvrage	Pôle aéronautique	
	Atelier	Bureaux/Vestiaires
Emprise	620 m ²	450 m ²
Nombre de niveaux	1 (RDC)	2 (R+1)
Cote finie du niveau bas	+11.1 m NGF	
Construction en mitoyenneté	Oui, en façade sud du bâtiment aéronautique existant	
Mode constructif	Dalle portée sur fondations par pieux	



Plan de fondation de l'extension (source AREST)



Vue 3D du projet d'extension (source AREST)



2.3.2 Terrassements prévus

Compte tenu du niveau bas du projet, il est prévu la réalisation :

- en limite du bâtiment existant, un remblaiement de l'ordre de 0.3 m de hauteur / TN actuel ;
- sur le reste du site, des terrassements en déblais de 0.2 à 0.7 m d'épaisseur / TN actuel.

2.4 Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n°ONA2.G.0245 daté du 29/06/2016 et accepté le 05/07/2016 par le bon de commande n°16-001322.

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

La mission comprend, conformément au contrat, les prestations suivantes :

- G2 phase Projet (PRO) :
 - Définir un programme d'investigations géotechnique spécifique, le réaliser et en assurer le suivi technique,
 - Synthétiser les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet :
 - Valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques
 - Valeurs caractéristiques du projet définitif
 - Notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques :
 - Fondations profondes par pieux
 - Notes de calcul de dimensionnement,
 - Approche des quantités.

Il convient de rappeler que l'étude géotechnique de conception - Phase Projet (G2 PRO) s'inscrit dans le cadre défini par la Norme NF P 94-500 de Novembre 2013 qui précise que la phase Projet :

- contribue à la mise au point du Projet de l'ouvrage concernant les ouvrages géotechniques,
- peut compléter le modèle géologique et le contexte géotechnique,
- définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte à ce stade,
- fournit un dimensionnement par type d'ouvrage géotechnique.

3 MODELISATION GEOTECHNIQUE

3.1 Sondages et essais

Des sondages complémentaires ont été réalisés dans le cadre de la mission G2 PRO afin de déterminer la profondeur du substratum compact au droit du projet.

Ce programme complémentaire, permettant le dimensionnement du mode de fondation, a été défini par Ginger CEBTP en accord avec le client.

Les sondages ont tous été réalisés.

Type de sondage	Noms	Altitude NGF (m)	Prof. / TN (m)	Essais
Sondage destructif avec enregistrement des paramètres en continu et Exécution d'essais pressiométriques. Norme NF P94-110-1	SP12	+11.8	15.2	4
	SP17	+11.3	15.1	4
Essai au pénétromètre statique (CPT) Norme NF P 94-113	CPT2	+11.8	3.8	
	CPT3	+11.5	7.7	
	CPT4	+11.9	6.8	
	CPT6	+11.6	8.4	
	CPT7	+11.3	8.7	

Le plan d'implantation des sondages ainsi que les coupes des sondages sont présentés en annexe 2.



Pour rappel, lors de l'étude géotechnique de 2015 réalisée par KORNAG, il a été réalisé, sur l'emprise du projet, le programme suivant :

Type de sondage	Noms	Prof. / TN (m)
Sondage destructif avec enregistrement des paramètres en continu et Exécution d'essais pressiométriques. Norme NF P94-110-1	SP2	6.0
	SP4	6.0
	SP7	9.0
Essai au pénétromètre dynamique	PDB2	4.6
	S3	5.9
	PDB4	5.0
	S6	8.5
	PDB7	8.2
Sondage au tracto-pelle	S3	2.0
	S6	2.0

3.2 Synthèse géologique

Les sondages réalisés lors de l'étude géotechnique d'avant-projet et les sondages complémentaires réalisés dans le cadre de cette mission ont mis en évidence la succession lithologique suivante :

Formation n°1 : Remblais limono-sableux +/- graveleux à débris anthropiques marron / noirâtre

A partir de la surface.

Jusqu'à : 1.4 à 3.3 m de profondeur environ, soit jusqu'à +10.2 à +8.0 m NGF.

Nature : il s'agit vraisemblablement des remblais d'aménagements du site. On note un approfondissement de la base de cette formation en direction du sud-est.

Caractéristiques mécaniques :

Pression limite p^* (MPa)	0.32 à 0.86
Module pressiométrique E_M (MPa)	2.5 à 7.4
Résistance de pointe dynamique q_d (MPa)	2 à 24
Résistance de pointe statique q_c (MPa)	1 à 14



Formation n°2 : Alluvions sablo-argileuses marron / roux / gris / noirâtre

A partir de : 1.4 à 3.3 m de profondeur environ, soit de +10.2 à +8.0 m NGF.

Jusqu'à : 2.5 à 6.7 m de profondeur environ, soit jusqu'à +9.4 à +4.6 m NGF.

Nature : horizon correspondant aux formations alluvionnaires des basses terrasses observées sur la carte géologique du secteur à proximité de la zone d'étude.

Caractéristiques mécaniques :

Pression limite p_l^* (MPa)	0.18 à 0.76
Module pressiométrique E_M (MPa)	1.8 à 9.8
Résistance de pointe dynamique q_d (MPa)	0 à 4
Résistance de pointe statique q_c (MPa)	1 à 4 avec des pics jusqu'à 7

Formation n°3 : Gneiss décomposé marron / roux / jaunâtre

A partir de : 2.5 à 6.7 m de profondeur environ, soit de +9.4 à +4.6 m NGF.

Jusqu'à : 3.0 à 7.9 m de profondeur environ, soit jusqu'à +8.9 à +3.4 m NGF.

Nature : cette formation correspond à la frange d'altération poussée du substratum sous-jacent. Les profondeurs de la base de cet horizon témoignent également d'un pendage en direction du sud-est.

Caractéristiques mécaniques :

Pression limite p_l^* (MPa)	0.66 à 1.34
Module pressiométrique E_M (MPa)	6.8 à 14.0
Résistance de pointe dynamique q_d (MPa)	5 à 10 avec des pics jusqu'à 19
Résistance de pointe statique q_c (MPa)	4 à 8 Avec des pics jusqu'à 14



Formation n°4 : **Gneiss altéré** marron / jaunâtre

A partir de : 3.0 à 7.9 m de profondeur environ, soit de +8.9 à +3.4 m NGF.

Jusqu'à : 9.8 et 10.5 m de profondeur environ, au droit des sondages SP12 et SP17, soit jusqu'à +2.0 et +0.8 m NGF.

Nature : cette formation correspond au substratum +/- altéré du site.

Caractéristiques mécaniques :

Pression limite p_l^* (MPa)	2.35 à 4.20
Module pressiométrique E_M (MPa)	29.5 à 55.3
Résistance de pointe dynamique q_d (MPa)	10 à >38 (refus)
Résistance de pointe statique q_c (MPa)	8 à >20 (refus)

L'ensemble des essais pénétrométriques (dynamiques et statiques) a obtenu un refus au sein de cet horizon.

Formation n°4 : **Gneiss fragmenté** jaunâtre

A partir de : 9.8 et 10.5 m de profondeur environ, au droit des sondages SP12 et SP17, soit de +2.0 et +0.8 m NGF.

Jusqu'en fin des sondages pressiométriques : > 15.2 m de profondeur, soit jusqu'à -3.4 à -3.8 m NGF.

Nature : cette formation correspond au substratum compact du site.

Caractéristiques mécaniques :

Pression limite p_l^* (MPa)	> 4.79 à > 4.83
Module pressiométrique E_M (MPa)	54.9 à 269.0



Pour une meilleure analyse, il a été établi ci-après une classification des formations décrites ci-dessus au droit de chaque sondage.

Sondage (cote NGF de la tête)	SP2/PDB2 (11.9)	SP12 (11.8)	CPT2 (11.8)	S3 (11.4)	CPT3 (11.5)	SP4/PDB4 (11.9)	CPT4 (11.9)
Formation	Profondeur de la base en mètre par rapport au TA (altitude NGF correspondante)						
n°1 : Remblais	1.8 (10.1)	1.8 (10.0)	1.6 (10.2)	1.8 (9.6)	1.8 (9.7)	3.1 (8.8)	3.1 (8.8)
n°2 : Alluvions	2.5 (9.4)	2.5 (9.3)	2.5 (9.3)	3.3 (8.1)	3.2 (8.3)	4.1 (7.8)	3.8 (8.1)
n°3 : Gneiss décomposé	3.0 (8.9)	3.0 (8.8)	Non reconnu	4.5 (6.9)	4.7 (6.8)	4.8 (7.1)	4.8 (7.1)
n°4 : Gneiss altéré	>6.0 (<5.9)	9.8 (2.0)	>3.8 (<8.0)	>5.9 (<5.5)	>7.7 (<3.8)	>6.0 (<4.9)	>6.8 (<5.1)
n°5 : Gneiss fragmenté	Non atteint	>15.2 (< -3.4)	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint

Sondage (cote NGF de la tête)	S6 (11.1)	CPT6 (11.6)	SP7/PDB7 (10.9)	SP17 (11.3)	CPT7 (11.3)
Formation	Profondeur de la base en mètre par rapport au TA (altitude NGF correspondante)				
n°1 : Remblais	1.4 (9.7)	2.2 (9.4)	2.9 (8.0)	3.3 (8.0)	3.2 (8.1)
n°2 : Alluvions	4.2 (6.9)	4.8 (6.8)	4.7 (6.2)	6.7 (4.6)	5.2 (6.1)
n°3 : Gneiss décomposé	7.4 (3.7)	6.8 (4.8)	7.5 (3.4)	7.9 (3.4)	7.3 (4.0)
n°4 : Gneiss altéré	>8.5 (<2.6)	>8.4 (<3.2)	>9.0 (<1.9)	10.5 (0.8)	>8.7 (<3.6)
n°5 : Gneiss fragmenté	Non atteint	Non atteint	Non atteint	>15.1 (< -3.8)	Non atteint

Nota :

Les sondages ont mis en évidence un pendage des horizons superficiels (formations n°1 à 3) en direction du sud-est.



3.3 Synthèse hydrogéologique

Les niveaux d'eau relevés lors des investigations d'août 2015 et de juillet 2016 s'établissent comme suit :

Sondage n°	Date de relevé	Altitude NGF de la tête (m)	Relevés en fin de forage (niveaux non stabilisés)	
			Prof (m)	Cote NGF (m)
S4	25/08/15	+11.9	2.9	+9.0
S6	25/08/15	+11.1	0.9	+10.2
S7	26/08/15	+10.9	4.6	+6.3
SP12	07/07/16	+11.8	5.6	+6.2
SP17	06/07/16	+11.3	6.3	+5.0

Rappelons que les niveaux relevés au droit des sondages SP12 et SP17 ne préjugent vraisemblablement du niveau statique d'une potentielle nappe car le forage préalable a été réalisé à l'eau. Les niveaux peuvent donc être biaisés par la présence de liquide résiduel de forage.

Néanmoins, les sondages de 2015 témoignent de la présence d'un niveau d'eau au sein des formations remblayées ou alluvionnaires.

De plus, une étendue d'eau est présente au nord-est du site (square du 19 Mars 1962), à proximité immédiate avec le terrain d'étude.

Compte-tenu du contexte géologique et hydrogéologique du secteur, la présence d'une nappe régnant au sein des formations alluvionnaires, à la jonction avec le substratum gneissique nous paraît envisageable.

Pour les calculs, on veillera à retenir un niveau statique au niveau du toit des formations alluvionnaires.

3.4 Synthèse sismique

3.4.1 Liquéfaction - Méthode d'analyse

L'analyse de la sensibilité à la liquéfaction a été effectuée à partir de résultats d'études récentes menées par le NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research) ayant donné lieu à une publication internationale proposant une méthode pratique d'évaluation de la sensibilité à la liquéfaction à partir de résultats d'essais de pénétration statique.



Cette méthodologie, recommandée dans les Règles PS92 et l'EUROCODE 8, a donné lieu au développement d'un logiciel de calcul interne au sein de la société Ginger CEBTP.

L'analyse de la liquéfaction consiste à comparer la contrainte de cisaillement induite par le séisme, notée CSR, à la résistance à la liquéfaction du sol, notée CRR.

La relation développée par Seed et Idriss (1971) permet d'évaluer un CSR équivalent à partir de paramètres faisant, entre autres, intervenir l'accélération provoquée par le séisme en un point considéré.

Nous utilisons ensuite la méthode proposée par Robertson & Fear (1998) qui permet d'obtenir une estimation du $CRR_{7.5}$ à partir des résultats des essais au pénétromètre statique (q_c et f_s), correspondant à un séisme de magnitude 7.5. On introduit alors le paramètre MSF permettant d'évaluer le CRR pour un séisme de magnitude M différente de 7.5.

Le calcul du coefficient de sécurité est obtenu par la formule :

$$FS = CRR_{7.5} / CSR \times MSF$$

Un sol est considéré comme potentiellement liquéfiable chaque fois que la contrainte de cisaillement induite par le séisme CSR dépasse une certaine fraction λ de la contrainte critique CRR. La valeur recommandée étant $\lambda=0.8$, ceci implique un coefficient de sécurité de 1.25.

Cette méthode de calcul a été appliquée aux essais de pénétration statique réalisés sur le site.

Pour chaque essai, les résultats sont présentés sous forme de 3 graphes :

- Un graphe présentant l'indice de classification des sols IC en fonction de la profondeur. Cet indice permet de distinguer :
 - les sols à dominante argileuse a priori peu à non liquéfiables ($IC > 2.6$) (à vérifier par les critères chinois),
 - des sols granulaires suspects de liquéfaction ($IC < 2.6$).
- Un graphe présentant, pour les sols caractérisés par $IC < 2.6$, les valeurs :
 - de résistance du sol au cisaillement cyclique (CRR),
 - la contrainte de cisaillement induite par les séismes pris en compte (CSR).
- Un graphe présentant le facteur de sécurité vis-à-vis du risque de liquéfaction avec comparaison à une valeur seuil fixée à $FS = 1.25$.



3.4.2 Hypothèses retenues

- Zone sismique : (décret n° 2010-1255 du 22/10/2010)
 - Zone de sismicité : 3 (type 2),
 - Niveau d'aléa sismique : modéré,
 - Accélération du sol : $a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$.

- Influence du sol :
 - Nature : remblais limono sableux sur alluvions sablo-argileuses et reposant sur le substratum gneissique dans des états d'altérations +/- marqués,
 - Classe de sol : E,
 - Coefficient de sol S : 1.8.

- Contexte hydrogéologique :
 - Nappe prise par hypothèse au niveau du toit des alluvions.

- Construction :
 - Classe de l'ouvrage : III,
 - Catégorie d'importance γ_I : 1.2,
 - Surcharge : négligée.

- Séisme :
 - Magnitude : 5.5,
 - Accélération horizontale de calcul : $a_g = \gamma_I \times a_{gr} = 1.32 \text{ m/s}^2$,
 - Accélération/gravité (avec $g=9.81 \text{ m/s}^2$) $\alpha = a_g / g = 0.135$,
 - Accélération du sol en direction vertical $a_{vg} = 1.056 \text{ m/s}^2$.



3.4.3 Analyse des résultats

Les essais CPT présentant des résultats similaires, il a été fait une synthèse globale de ces résultats.

➤ Remblais limono-sableux

Les formations de remblais limono-sableux ont été rencontrées jusqu'à une profondeur de 3.1 m maximum (CPT4).

Ces sols se trouvant au-dessus du niveau d'eau statique retenu, ces formations ne sont pas sujettes à la liquéfaction. Néanmoins, nous pouvons noter que les sols de cette formation sont globalement de bonnes compacités, excepté au droit de l'essai CPT4 entre 2.0 et 2.5 m de profondeur. Cependant, après étude de l'indice de classification I_c , il s'avère que ces sols sont à dominante argileuse. Le risque de liquéfaction peut donc être écarté sur cet horizon.

➤ Alluvions sablo-argileuses.

Les alluvions argileuses constituent la majeure partie de cette formation. L'indice I_c pour ce faciès étant supérieur à 2.6, nous pouvons écarter le risque de liquéfaction dans le faciès argileux.

Des bancs sableux ($R_f < 1\%$ ou entre 1 et 3% et $I_c < 2.6$) de faibles épaisseurs ont été mis en évidence au droit des essais CPT. Cependant, leur compacité (q_c généralement > 8 MPa) et leur résistance au cisaillement ($F_s > 1.25$) nous permet d'écarter le risque de liquéfaction au sein de cette formation.

➤ Altération du substratum gneissique

Cette formation présente une frange d'altération +/- épaisse suivant les essais (entre 1.5 et 3.0 m d'épaisseur). Elle présente un indice $F_s \gg 1.25$, ce qui nous permet d'écarter le risque de liquéfaction sur cet horizon.

3.4.4 Conclusion

L'application de la démarche NCEER sur les essais de pénétration statique effectués montre que **le risque de liquéfaction est a priori nul sur le site.**



4 CHOIX CONSTRUCTIFS

Compte-tenu du contexte géotechnique, un système de fondations profondes par pieux à la tarière creuse, ancrés, a minima, dans les gneiss altérés (formation n°4) est retenu.

5 NORMES ET REGLEMENTS UTILISES

Les normes et règlements utilisés pour la présente étude sont les suivants :

- Norme NF EN 1990-1 : « Base de calcul des structures » ;
- Norme NF EN 1992-1-1 : « Calcul des structures en béton – Règles générales et règles pour les bâtiments » ;
- Norme EN 206-1/CN : « Béton – Partie 1 : spécification, performance, production et conformité – Complément national à la norme NF EN 206-1 » ;
- Norme NF EN 1536 : « Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Pieux forés » ;
- Norme NF EN 1997-1 : « Calcul géotechnique » ;
- Norme NF EN 1998-1 : « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments » ;
- Norme NF EN 1998-5 : « Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques » ;
- Norme NF P 94-262 : « Norme d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes ».



6 PRE-DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS PROFONDES

6.1 Efforts sur les pieux

6.1.1 Remarques préliminaires

Pour les calculs, d'après les plans et descentes de charges fournies par le BET structure AREST (cf. annexe 3), il a été utilisé les combinaisons suivantes pour la vérification de chaque état-limite :

- ELU Durable et transitoire :
 - $1.35 G + 1.5 Q$ (combinaison 1)
- ELU Sismique :
 - $1.0 G + 1.0 A_{Ed} + 1.0 Q$
 - $A_{Ed} = E_{Edx} + 0.30 E_{Edy}$ ⁽¹⁾ (combinaison 2)
- ELS caractéristique :
 - $1.0 G + 1.0 Q$ (combinaison 3)
- ELS quasi-permanent :
 - $1.0 G + 0.6 Q$ (combinaison 4)

(1) Avec E_{Edx} : les effets de l'action dus à l'application de l'action sismique le long de l'axe horizontal x choisi pour la structure et E_{Edy} : les effets de l'action dus à l'application de la même action sismique le long de l'axe horizontal orthogonal y de la structure.

Remarques :

- G correspond aux charges permanentes ;
- Q correspond aux charges d'exploitation ;
- il a été retenu une catégorie de bâtiment C (lieu de réunion).

Les cas de charges dimensionnants sont à valider par le Maître d'Œuvre.



6.1.2 Charge hors séisme

Les combinaisons de charges les plus défavorables retenues pour le dimensionnement des pieux sont les suivantes :

Groupe	Effort vertical – $F_{c;d}$ (kN)		
	ELU Fondamental	ELS Caractéristique	ELS Quasi-permanent
1	1400	950	800
2	2050	1450	1300
3	2560	1850	1700

Remarques :

- Les pieux ont été assemblés en plusieurs groupes présentant des descentes de charges similaires. La répartition des pieux selon les différents groupes est présentée en annexe 4.
- Sous ces différentes combinaisons, les pieux ne sont pas soumis à des efforts de traction.

Ces combinaisons sont à valider par le Maître d'Œuvre.

6.1.3 Efforts sous sollicitations sismiques d'origine inertielle

Sous sollicitations sismiques, les combinaisons les plus défavorables retenues sont les suivantes :

Groupe	Efforts sous sollicitations sismiques en tête de pieu - ELA	
	Effort vertical maximal (kN)	Effort horizontal maximal (kN)
1	950	250
2	1450	250
3	1850	250

**Nota :**

- Aucun effort vertical négatif n'a été pris en compte dans les calculs.
- Les efforts verticaux et horizontaux communiqués ont été considérés comme uniformément répartis sur chaque pieu d'un même appui.

Ces combinaisons sont à valider par le Maître d'Œuvre.

6.1.4 Efforts sous sollicitations sismiques d'origine cinématique

Pour la détermination de la classe des sols superficiels surmontant le substratum +/- altéré, il a été décidé de considérer une couche d'alluvions homogène jusqu'au toit des gneiss altérés. Pour prendre en compte cette homogénéisation, la valeur du module pressiométrique dans cet horizon a été évaluée à 3 MPa.

La vitesse moyenne des ondes de cisaillement V_s au sein des horizons superficiels est évaluée comme suit :

$$V_s = 1.8 \times \sqrt{Em}$$

$$V_s = 1.8 \times \sqrt{3000} = 100 \text{ m/s}$$

< V_s de référence = 180 m/s (sol de classe D).

La formation d'horizons superficiels étant de classe D selon la classification sismique et le bâtiment de catégorie III, les efforts d'origine cinématique doivent être pris en compte, conformément à la norme NF EN 1998-5.

Selon la norme NF EN 1998-5, le dimensionnement des pieux en zone sismique consiste à déterminer la déformée d'un profil de sol sous action sismique et à calculer les pieux en admettant que leur déformée propre est identique à celle du profil de sol considéré. Le déplacement du pieu engendre alors des sollicitations de flexion (moment).

D'après la norme NF EN 1998-1 (eurocode 8), le déplacement maximum du sol en surface est égal à :

$$d_{max} = 0.025 \times a_g \times S \times T_C \times T_D$$

Paramètres décrivant les spectres de réponse élastique (source : arrêté du 24/01/11)

Classe de sol	S	T_C (s)	T_D (s)
E	1.8	0.45	1.25



Il en vient que :

$$d_{\max} = 3.3 \text{ cm}$$

Le déplacement des sols, dans le cas d'un sol monocouche, est donné par la formule suivante, suivant le Guide technique d'AFPS « Procédés d'amélioration et de renforcement de sols sous action sismique » :

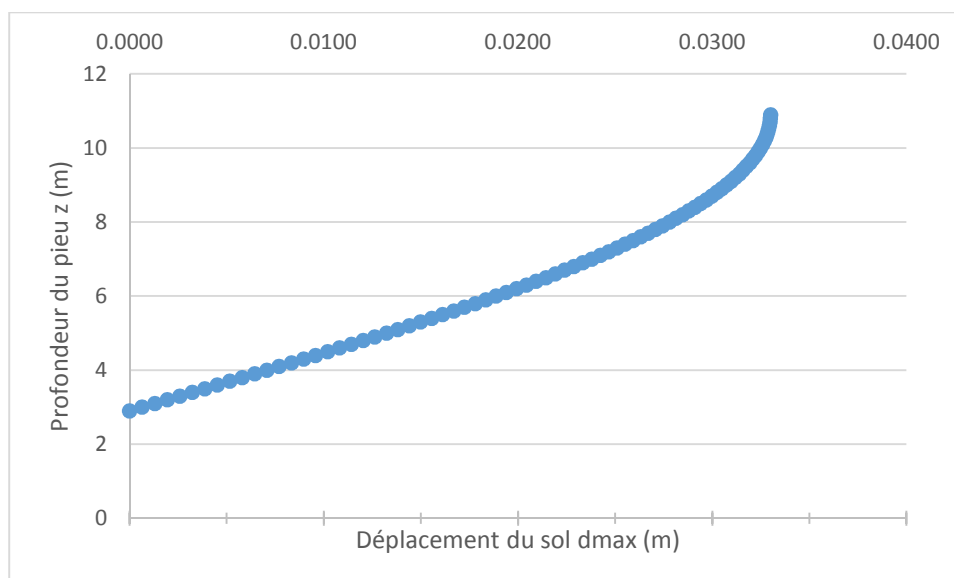
$$d(z) = d_{\max} \times \cos\left(\frac{\pi}{2 \times H} \times z\right)$$

Avec :

z : Profondeur (m),

H : Epaisseur de la couche superficielle (m)

La courbe de déplacement de sol se présente comme suit :



Déplacement du sol selon un quart de sinusöide pour un sol monocouche

Notons que le graphique ci-dessus n'est valable que pour une interface prise à 8 m de profondeur. Pour une interface prise au-dessus ou au-dessous de cette valeur, l'allure de la courbe variera mais le dmax restera identique (3.3 cm).

Ces déplacements seront combinés avec les efforts d'origine inertielle.

6.1.5 Efforts parasites

Il n'a pas été pris en compte de frottement négatif sur le fût des pieux dans les calculs (pas de remblaiement significatif prévu au droit du futur ouvrage).



6.2 Hypothèses de calcul

6.2.1 Caractéristiques géologiques

La cote d'arase supérieure des pieux est prise par hypothèse à +10.9 m NGF (soit 0.2 m sous le futur niveau fini du dallage).

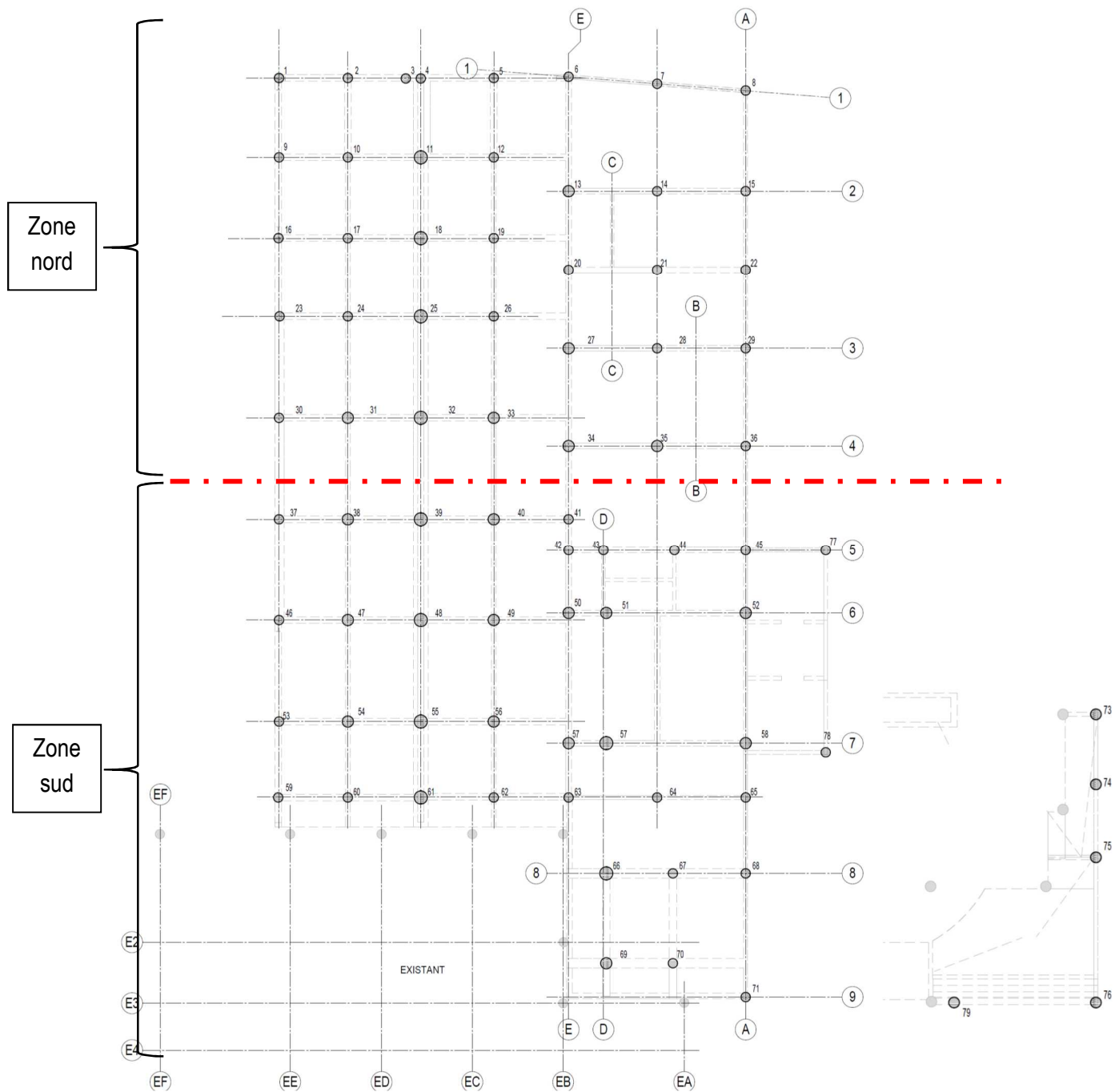
Sur la base de l'ensemble des sondages réalisés, compte-tenu de la présence d'un pendage du toit du substratum gneissique en direction du sud (cf. tableaux §3.2), il a été retenu deux modèles géologiques prenant en compte ces variations altimétriques.

Les modèles de terrain retenus suivant les secteurs sont les suivants :

Zone nord			
N°	Sols	Epaisseur (m)	Cote du toit (m NGF)
1	Remblais	2	+10.9
2	Alluvions	1.5	+8.9
3	Gneiss décomposé	1.5	+7.4
4	Gneiss altéré	5	+5.9
5	Gneiss fragmenté	>10	+0.9

Zone sud			
N°	Sols	Epaisseur (m)	Cote du toit (m NGF)
1	Remblais	3	+10.9
2	Alluvions	3	+7.9
3	Gneiss décomposé	2	+4.9
4	Gneiss altéré	4	+2.9
5	Gneiss fragmenté	>10	-1.1

Les modèles géologiques sont répartis selon le plan ci-dessous :





6.2.2 Modèle géotechnique

Pour le présent rapport il a été défini le modèle géotechnique suivant :

Horizon	Nature	Caractéristiques à retenir			
		Pf* (MPa)	Pl* (MPa)	EM (MPa)	α
1	Remblais	0.2	0.5	5	1/2
2	Alluvions	0.1	0.2	2	2/3
3	Gneiss décomposé	0.3	0.8	8	2/3
4	Gneiss altéré	1.3	2.5	40	1/2
5	Gneiss fragmenté	5.0	5.0	100	1/2

Avec :

pf* : pression de fluage nette (MPa)

pl* : pression limite (MPa)

EM : module pressiométrique (MPa)

α : coefficient rhéologique du sol

Notons que le coefficient rhéologique de l'horizon de gneiss décomposé a été réévalué par rapport à la mission géotechnique d'avant-projet (passant de 1/2 à 2/3, correspondant à un coefficient dans un rocher très altéré).



6.2.3 Paramètres géotechniques - méthode pressiométrique

Pour des pieux réalisés par forage à la tarière creuse (pieux FTC classe 2 et de catégorie 6), les paramètres caractérisant le frottement et le terme de pointe pris en compte dans les différentes formations traversées sont les suivants :

N°	Sols	Type de sol	Pf* (MPa)	PI* (MPa)	$\alpha_{\text{pieu-sol}}$	f _{sol} (kPa)	q _{s ; i} (kPa)	k _{pmax}
1	Remblais	Sol intermédiaire	0.2	0.5	Négligé			
2	Alluvions	Argile et limons très mous à mous	0.1	0.2	Négligé			
3	Gneiss décomposé	Argiles et limons fermes	0.3	0.8	1.5	40	60	/
4	Gneiss altéré	Rocher altéré	1.3	2.5	1.6	105	168	2.0
5	Gneiss fragmenté	Rocher fragmenté	5.0	5.0	1.6	130	200	2.0

Avec :

$\alpha_{\text{pieu-sol}}$: paramètre adimensionnel dépendant du type de pieu et du type de sol

f_{sol} : fonction dépendant du type de sol et des pressions limites

q_{si} : frottement axial unitaire

k_{pmax} : facteur de portance pressiométrique

Remarques :

- La couche portante est composée des gneiss fragmentés.
- La valeur de k_p dépendra du terme d'encastrement relatif D_{ef}/B et pourra être inférieur à k_{pmax}.

Les coefficients de modèle $\gamma_{R ; d1}$ et $\gamma_{R ; d2}$ prenant pour valeur respective 1.15 et 1.1 en compression, les valeurs caractéristiques du frottement axial unitaire (q_{s ; i ; k}) obtenus sont les suivants :

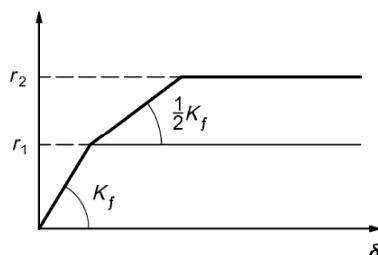
N°	Sols	q _{s ; i ; k} (kPa)
		Compression
3	Gneiss décomposé	47
4	Gneiss altéré	133
5	Gneiss fragmenté	158

Remarque : Aucun effort d'arrachement ayant été transmis, les pieux n'ont pas été étudiés en traction.



6.2.4 Paramètres de modélisation du comportement transversal des pieux

Afin de déterminer la réaction frontale du sol vis-à-vis de charges horizontales accidentelles de courte durée transmises par la structure sur les pieux, il est utilisé une loi de type élasto-plastique décrite par un module K_f et deux paliers r_1 et r_2 :



Le module K_f est donné par la formule suivante :

Lorsque $B \geq B_0$:

$$K_f = \frac{12E_M}{\frac{4}{3} \frac{B}{B_0} \left[2.65 \frac{B}{B_0} \right]^\alpha + \alpha}$$

Lorsque $B < B_0$:

$$K_f = \frac{12E_M}{\frac{4}{3} [2.65]^\alpha + \alpha}$$

Avec :

- E_M : Module pressiométrique (MPa),
- B : Diamètre du pieu (m),
- B_0 : Largeur de référence prise égale à 0.6 m,
- α : Coefficient rhéologique.

Les paliers r_1 et r_2 sont donnés par :

$$\begin{aligned} r_1 &= B p_f^* \\ r_2 &= B p_l^* \end{aligned}$$

Avec :

- B : Diamètre du pieu (m),
- p_f^* : Pression de fluage nette (MPa),
- p_l^* : Pression limite nette (MPa).



Pour l'évaluation de la réaction frontale sous sollicitations sismiques, il sera pris un facteur de majoration prenant la valeur de 2 sur les modules de réaction, pour les calculs justificatifs.

Pour l'évaluation de la réaction frontale sous charges de service de longue durée d'application, la réaction est bornée par la valeur r_1 et les valeurs des modules sont prises égales à la moitié de celles définies pour les actions de courte durée d'application.

6.2.5 Caractéristiques des pieux

Nous retiendrons les caractéristiques géométriques suivantes, pour les pieux étudiés :

Zone nord			
Groupe	Diamètre (mm)	Longueur théorique (m)	Longueur d'ancrage dans le gneiss altéré (m)
1	600	6.8	1.8
2	600	9.0	4.0
3	600	10.0	5.0

Zone sud			
Groupe	Diamètre (mm)	Longueur théorique (m)	Longueur d'ancrage dans le gneiss altéré (m)
1	600	9.8	1.8
2	600	11.3	3.3
3	600	12.5	4 + 0.5 dans le gneiss fragmenté

Nota : La longueur est comptée depuis la cote +10.9 m NGF (cote estimée pour la plate-forme de travail).

Les notes de calculs sont disponibles en annexes 5 et 6.



6.3 Agressivité de l'environnement

Il n'a pas été réalisé d'analyses de l'agressivité des sols et/ou des eaux sur le béton pour ce projet.

En se basant sur des valeurs connues à proximité du site (réalisation du centre aquatique de St Nazaire au niveau de la plaine des Sports), il a été retenu une classe d'exposition XA2 (environnement d'agressivité chimique modérée) conduisant à l'utilisation pour les pieux d'un béton C35/45 suivant la norme NF EN 206-1.

Suivant les recommandations de l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1), le module du béton à court terme retenu pour les calculs est de 30 GPa (la notion de court terme est retenue pour le calcul des efforts sous sollicitations sismiques).

6.4 Vérification des ELU de compression

Aux états limites accidentels, on doit vérifier :

$$F_{c;d} \leq R_{c;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

Avec :

$F_{c;d}$: Valeur de calcul à l'ELU de la charge de compression axiale sur la fondation profonde,

$R_{c;d}$: Valeur de calcul de la portance du terrain sous la fondation,

$R_{b;k}$: Valeur caractéristique de la résistance de pointe de la fondation,

$R_{s;k}$: Valeur caractéristique de la résistance de frottement axial de la fondation,

γ_b : Facteur partiel de résistance appliqué à la pointe,

γ_s : Facteur partiel de résistance appliqué au frottement latéral.

Les facteurs partiels de résistance prennent les valeurs suivantes :

Symbole	ELU	ELU Sismique
γ_b	1.1	1.1
γ_s	1.1	1.1



On obtient alors les résultats suivants :

Zone nord				
Groupe	Résistance à la compression $R_{c;d}$ (kN)		Effort de compression maximal $F_{c;d}$ (kN)	
	ELU	ELU Sismique	ELU	ELU Sismique
1	1426	1568	1400	950
2	2302	2533	2050	1450
3	3038	3342	2560	1850

Zone sud				
Groupe	Résistance à la compression $R_{c;d}$ (kN)		Effort de compression maximal $F_{c;d}$ (kN)	
	ELU	ELU Sismique	ELU	ELU Sismique
1	1493	1643	1400	950
2	2292	2522	2050	1450
3	3153	3468	2560	1850

L'inégalité est donc vérifiée.

6.5 Vérification des ELS de compression

A l'état limite de service, on doit vérifier :

$$F_d \leq \frac{R_{c;cr;k}}{\gamma_{cr}}$$

Avec :

F_d : Valeur de calcul à l'ELS de la charge axiale transmise par le pieu au terrain,

$R_{c;cr;k}$: Valeur caractéristique de la charge de fluage de compression,

γ_{cr} : Facteur partiel sur la charge de fluage de compression, soit 1.1 pour les ELS quasi-permanents.

La charge de fluage de compression est obtenue par :

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

On obtient alors les résultats suivants :

Zone nord				
Groupe	Charge de fluage de compression (kN)		Effort de compression - ELS (kN)	
	ELS - Cara	ELS - QP	ELS - Cara	ELS - QP
1	1001	818	950	800
2	1658	1356	1450	1300
3	2163	1769	1850	1700

Zone sud				
Groupe	Charge de fluage de compression (kN)		Effort de compression - ELS (kN)	
	ELS - Cara	ELS - QP	ELS - Cara	ELS - QP
1	1052	860	950	800
2	1623	1327	1450	1300
3	2221	1816	1850	1700

L'inégalité est donc vérifiée.

6.6 Résultats des calculs sous sollicitations horizontales

Les calculs menés sous FOXTA, donnent les résultats suivants :

Zone nord		
Groupe	Effort horizontal appliqué en tête de pieu (kN)	Moment fléchissant maximum (kN.m)
	ELU Sismique	ELU Sismique
1 à 3	250	510

Zone sud		
Groupe	Effort horizontal appliqué en tête de pieu (kN)	Moment fléchissant maximum (kN.m)
	ELU Sismique	ELU Sismique
1 à 3	250	333



Les raideurs équivalentes obtenues en tête de pieux sont les suivantes :

Zone nord		
Groupe	Raideur en translation (kN/m)	Raideur en rotation (kN.m/rad)
	ELU Sismique	ELU Sismique
1 à 3	$4.16.10^4$	$1.51.10^5$

Zone sud		
Groupe	Raideur en translation (kN/m)	Raideur en rotation (kN.m/rad)
	ELU Sismique	ELU Sismique
1 à 3	$4.62.10^4$	$1.48.10^5$

6.7 Vérification des ELU-STR

Il s'agit de vérifier le ferrailage des pieux pour la reprise des moments induits par les efforts horizontaux. Le ferrailage devra être conforme aux règles de l'Eurocode 2.

Les hypothèses utilisées pour le calcul sont les suivantes :

- Béton de classe C35/45 ;
- $f_{yk} = 500$ MPa ;
- Enrobage 7.5 cm.

Les paramètres nécessaires à la détermination des caractéristiques de résistance du béton sont les suivants :

Diamètre du pieu (mm)	k1	k2	C_{max} (MPa)	f_{ck}^* (MPa)
600	1.35	1.0	30	22.2

On obtient alors les résultats suivants concernant les sections d'aciers, pour les efforts les plus défavorables, aux ELU :

Zone nord				
Diamètre des pieux (mm)	M_{Ed} (kN.m)	N_{Ed} (kN)	$A_{s,min}$ (cm ²)	Acier
600	510	250	34.3	11 armatures de Ø 20 mm



Zone sud				
Diamètre des pieux (mm)	M _{Ed} (kN.m)	N _{Ed} (kN)	A _{s,min} (cm ²)	Acier
600	345	250	11.4	7 armatures de Ø 14 mm

Avec :

f_{ck}* : Valeur caractéristique du béton à la compression,

M_{Ed} : Valeur de calcul du moment fléchissant,

N_{Ed} : Valeur de calcul de l'effort axial,

A_{s,min} : Section minimale d'armatures longitudinales,

Les normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1536 fournissent, entre autres, les préconisations suivantes :

- les armatures doivent comporter au moins 4 barres d'un diamètre égal ou supérieur à 12 mm ;
- le nombre de barres total sur la section nominale sera supérieur à 6 ;
- la distance libre entre les barres, mesurée sur le pourtour du pieu, ne sera pas supérieure à 200 mm ;
- la distance horizontale nu à nu entre les barres longitudinales ne doit pas être inférieure à 100 mm ;
- l'enrobage des armatures ne sera pas inférieur à 7.5 cm (pieu dans un sol mou et construit sans tubage).

6.8 Vérification des ELS-STR

A l'état limite de service, on doit vérifier :

$$\sigma_{cmoy} \leq 0.3k_3f_{ck}^*$$

Et

$$\sigma_{cmax} \leq \min(0.6k_3f_{ck}^* ; 0.6f_{ck})$$

Avec :

f_{ck}* : Valeur caractéristique du béton à la compression,

f_{ck} : Valeur de la résistance du béton à la compression, soit 35 MPa,

k₃ : Coefficient égal à 1 sans contrôle renforcé de la qualité du fût.

Les contraintes moyenne et maximale admissibles sont respectivement de 6.7 et 13.3 MPa.



On obtient alors les résultats suivants :

Zone nord			
Groupe	Effort axial - ELS (kN)	Contrainte moyenne dans la section σ_{cmoy} (MPa)	Contrainte maximale dans la section σ_{cmax} (MPa)
1	818	2.9	2.9
2	1356	4.8	4.8
3	1769	6.3	6.3

Zone sud			
Groupe	Effort axial - ELS (kN)	Contrainte moyenne dans la section σ_{cmoy} (MPa)	Contrainte maximale dans la section σ_{cmax} (MPa)
1	860	3.0	3.0
2	1327	4.7	4.7
3	1816	6.4	6.4

Nota : En l'absence d'efforts horizontaux à l'ELS, la contrainte moyenne dans la section sera égale à la contrainte maximale dans la section.

La vérification structurelle à l'état limite de service est donc assurée.



7 METHODES D'EXECUTION

De manière générale, la réalisation des pieux devra être conforme à la norme NF EN 1536 relative à l'exécution des pieux forés.

L'Entrepreneur s'assurera que le type de pieux et la puissance du matériel qu'il propose permettront de réaliser les ancrages demandés au sein du gneiss altéré à fragmenté, pour assurer les capacités portantes retenues.

A cet effet, il devra impérativement être prévu, préalablement au démarrage des travaux, des essais d'informations permettant l'étalonnage des enregistrements des paramètres avec les sondages réalisés dans le cadre de l'étude d'avant-projet et de projet.

L'Entreprise devra intégrer les sujétions liées à la conservation de l'intégrité des pieux fraîchement réalisés (cheminement de la machine de forage sur site pour exclure tout cisaillement des pieux, influence du forage et du bétonnage sur le pieu voisin...). Une procédure de contrôle lors de l'exécution, et des essais d'auscultation sonique par réflexion permettant de vérifier l'intégrité des pieux, seront à prévoir, conformément aux prescriptions de la norme NF EN 1536.

En cours d'excavation, l'avancement et la vitesse de rotation de la tarière devront être ajustés en fonction des conditions de sol, de façon à ce que les volumes de sol extraits restent limités afin que :

- l'extraction du sol ne compromette pas la stabilité des parois du forage ;
- les sur-excavations soient minimales.

Le bétonnage des pieux doit être réalisé en mettant en œuvre le béton par le tube central de la tarière, ce tube étant fermé à sa base pour empêcher l'entrée d'eau ou de sol jusqu'à ce que le bétonnage débute.

Lorsque le forage atteindra la profondeur finale, le béton sera mis en œuvre par le tube central, pour remplir le pieu alors que la tarière est remontée.

Dans le cas où l'écoulement du béton ne peut pas démarrer, la tarière sera retirée complètement par dévissage, et le forage sera remblayé pour qu'aucun effondrement ne se produise. Le pieu sera reforé au même endroit, au moins jusqu'à la profondeur initiale.



En cours de bétonnage, en bout de tarière, la pression du béton doit être supérieure à la pression externe, de manière à ce que le vide laissé par l'extraction de la tarière soit rempli complètement et simultanément à l'extraction.

Lors de la réalisation des pieux, il conviendra de vérifier précisément la nature des matériaux extraits ainsi que les paramètres d'enregistrement pour s'assurer du bon ancrage dans les gneiss fragmentés, dans le cadre d'une mission de supervision du suivi géotechnique d'exécution G4, que Ginger CEBTP est en mesure de réaliser.

Notons que, bien que nous n'ayons pas rencontré cette configuration au droit des sondages réalisés, il se peut que l'épaisseur de la frange d'altération soit plus faible que celle mesurée. Dans ce cas-là, un ancrage important au sein du substratum fragmenté s'avérera nécessaire. Une simulation de ce type de configuration a été réalisée et montre que pour un ancrage de 2.5 m au sein du substratum fragmenté, il sera possible de reprendre jusqu'à 1490 kN à l'ELS quasi-permanent.

Nous insistons sur le fait que l'entreprise devra disposer de moyens de sondages permettant un ancrage dans ce type de configuration.

8 ESTIMATION DES QUANTITES

L'estimation des travaux de réalisation des ouvrages géotechniques est fournie en annexe 6.

9 OBSERVATIONS MAJEURES

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de novembre 2013).

Nous rappelons conformément à la norme NF P94-500, qu'au stade exécution, une mission de supervision géotechnique d'exécution (mission G4) doit être réalisée afin de vérifier la conformité de l'étude et du suivi géotechnique d'exécution aux objectifs du projet.



ANNEXE 1 : NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.

ANNEXE : CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

**Extrait de la norme AFNOR sur les MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE
(NF P 94.500 - version de Novembre 2013)**

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 / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- 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.



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 oeuvre 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'oeuvre 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).



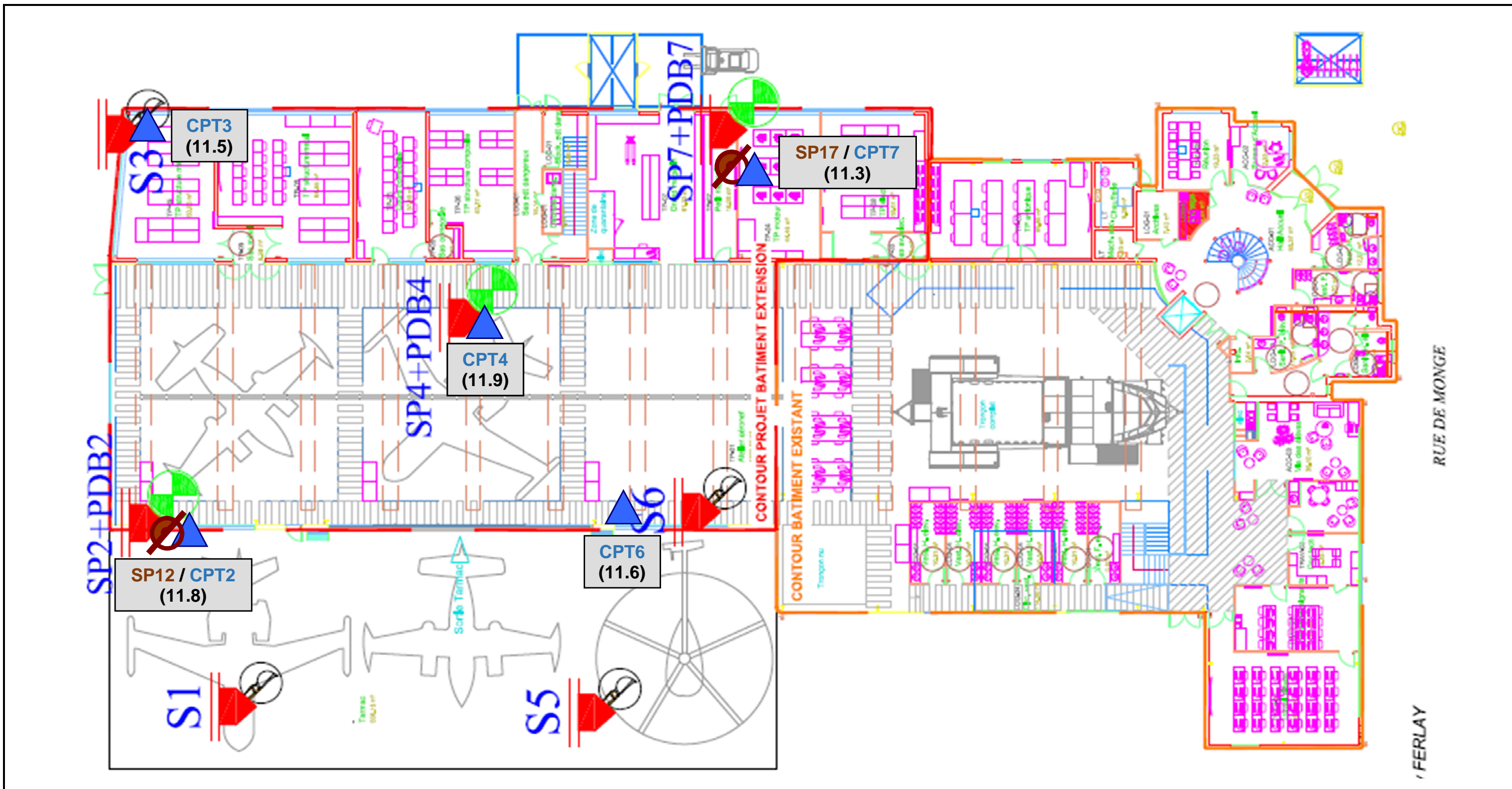
Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) 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)
	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)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	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


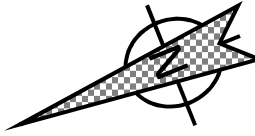


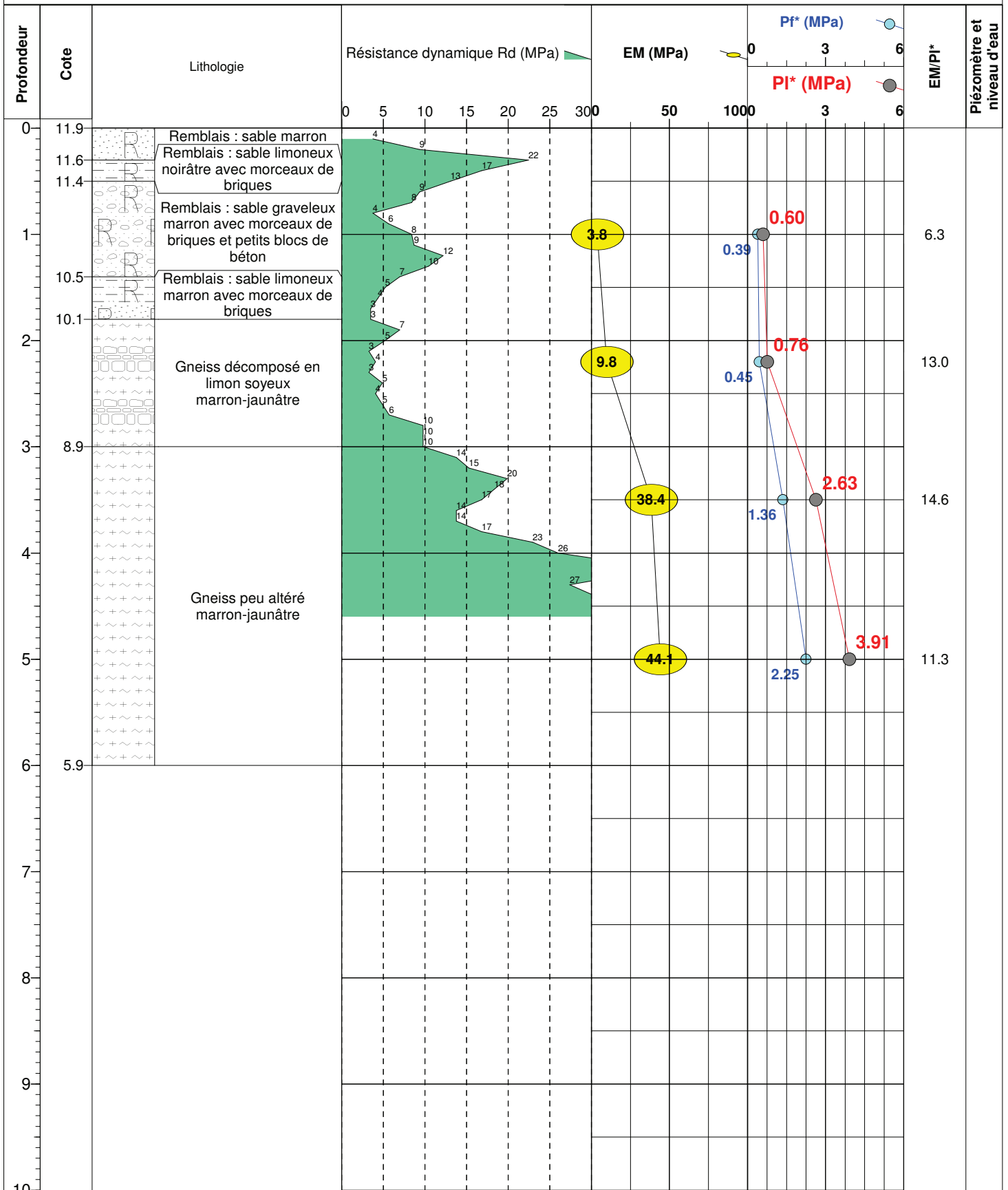
ANNEXE 2 : PLANS ET COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS REALISES

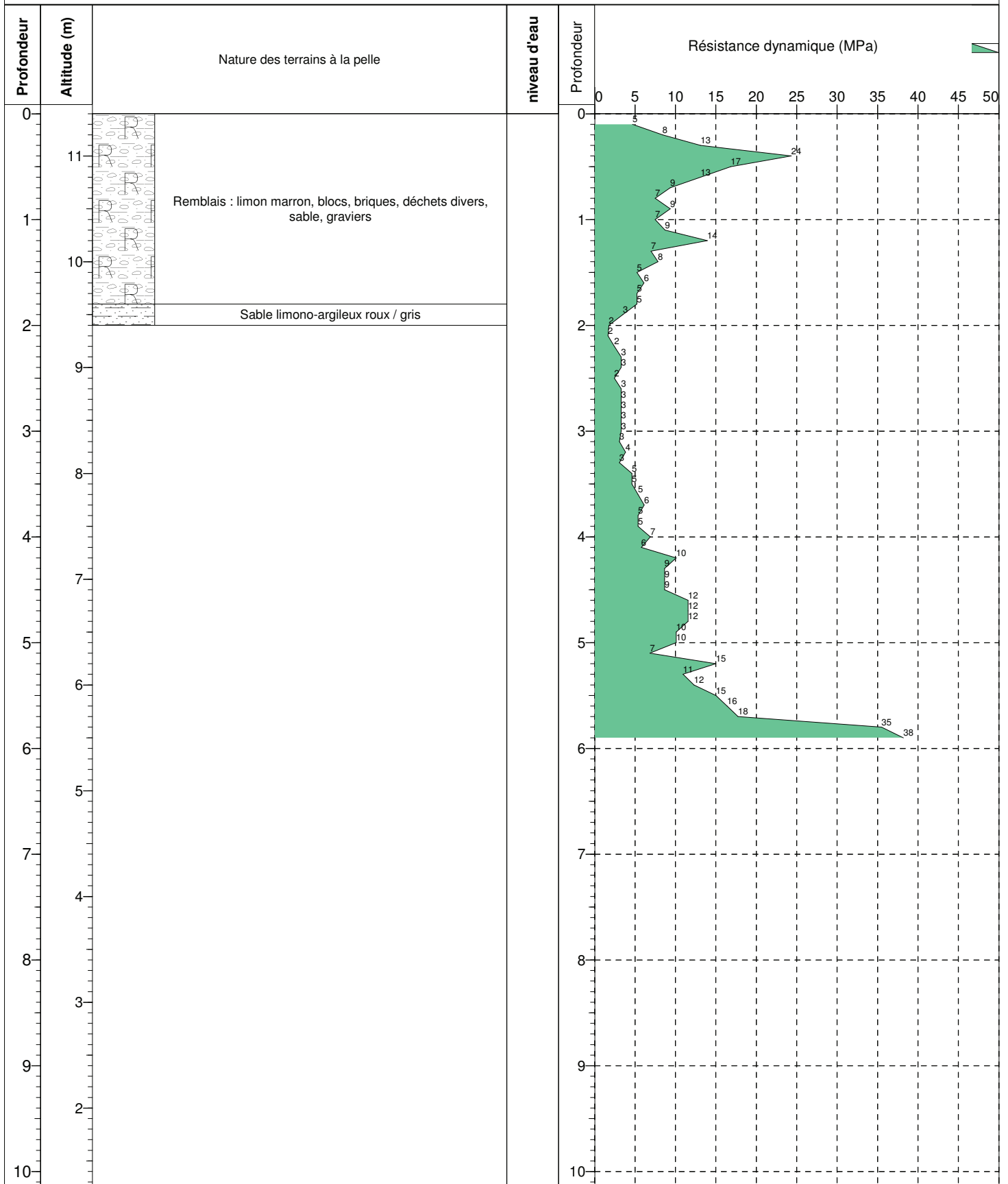
- Plan des sondages
- Sondages réalisés par Kornog
- Sondages réalisés par Ginger CEBTP

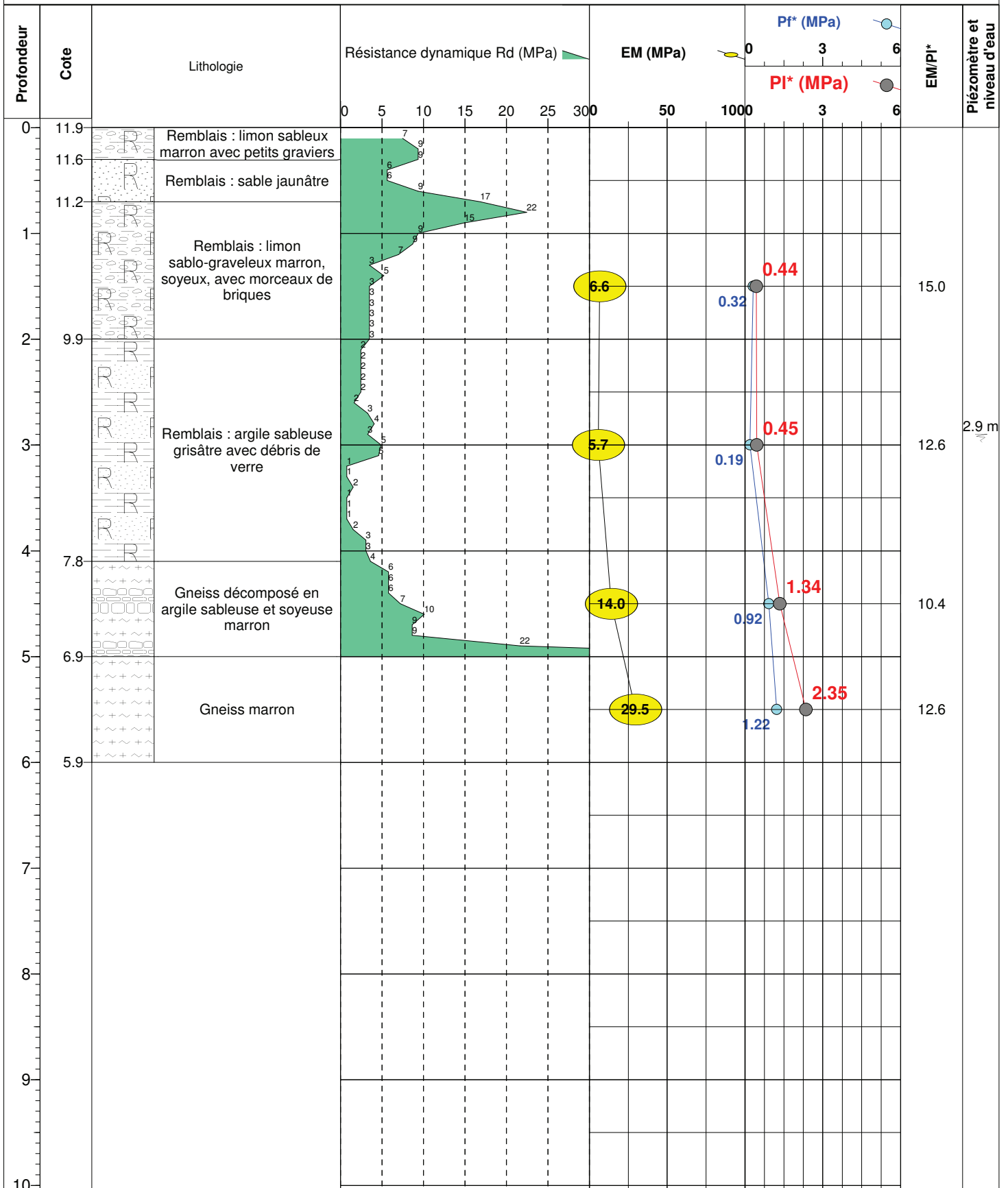


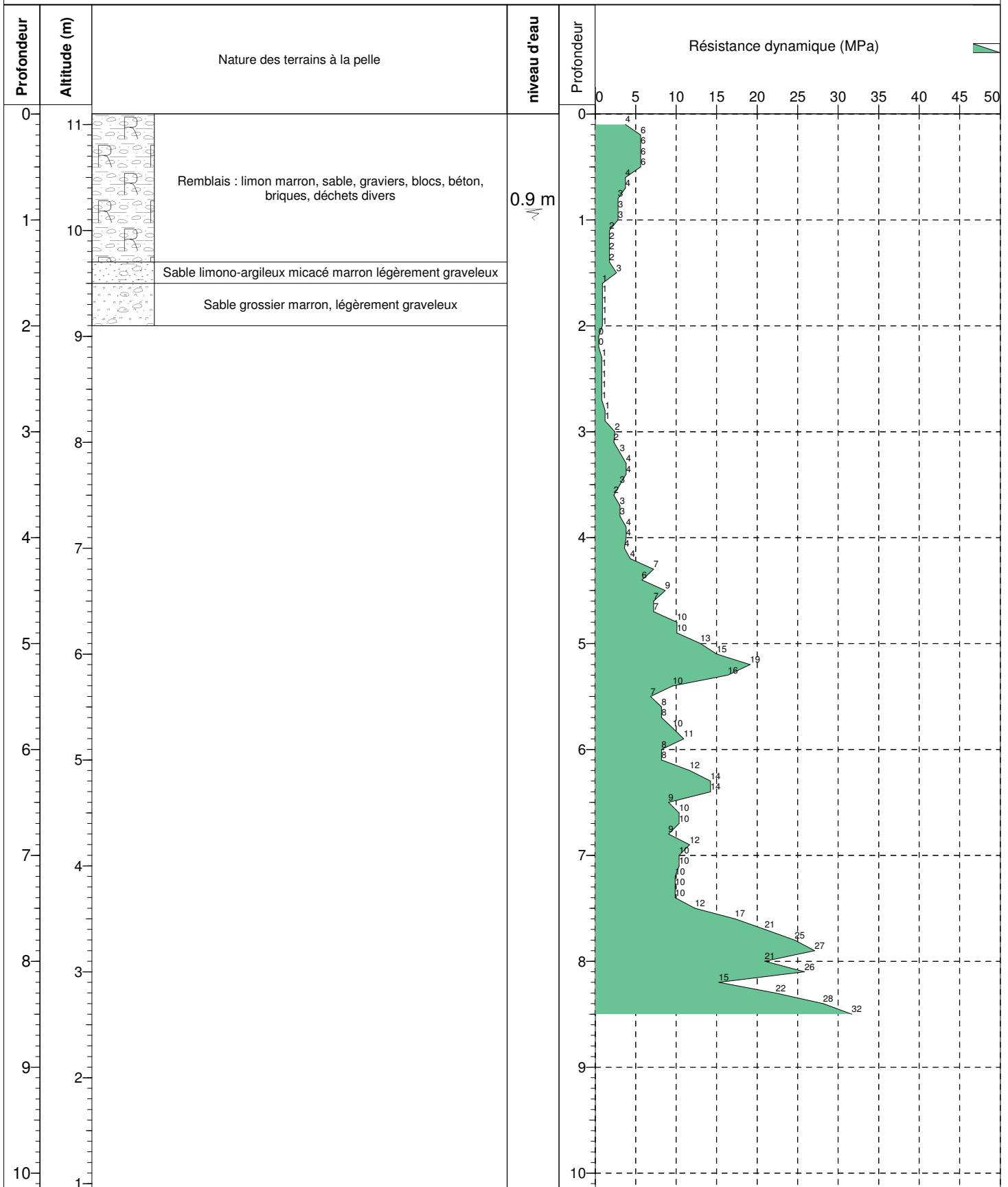
SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

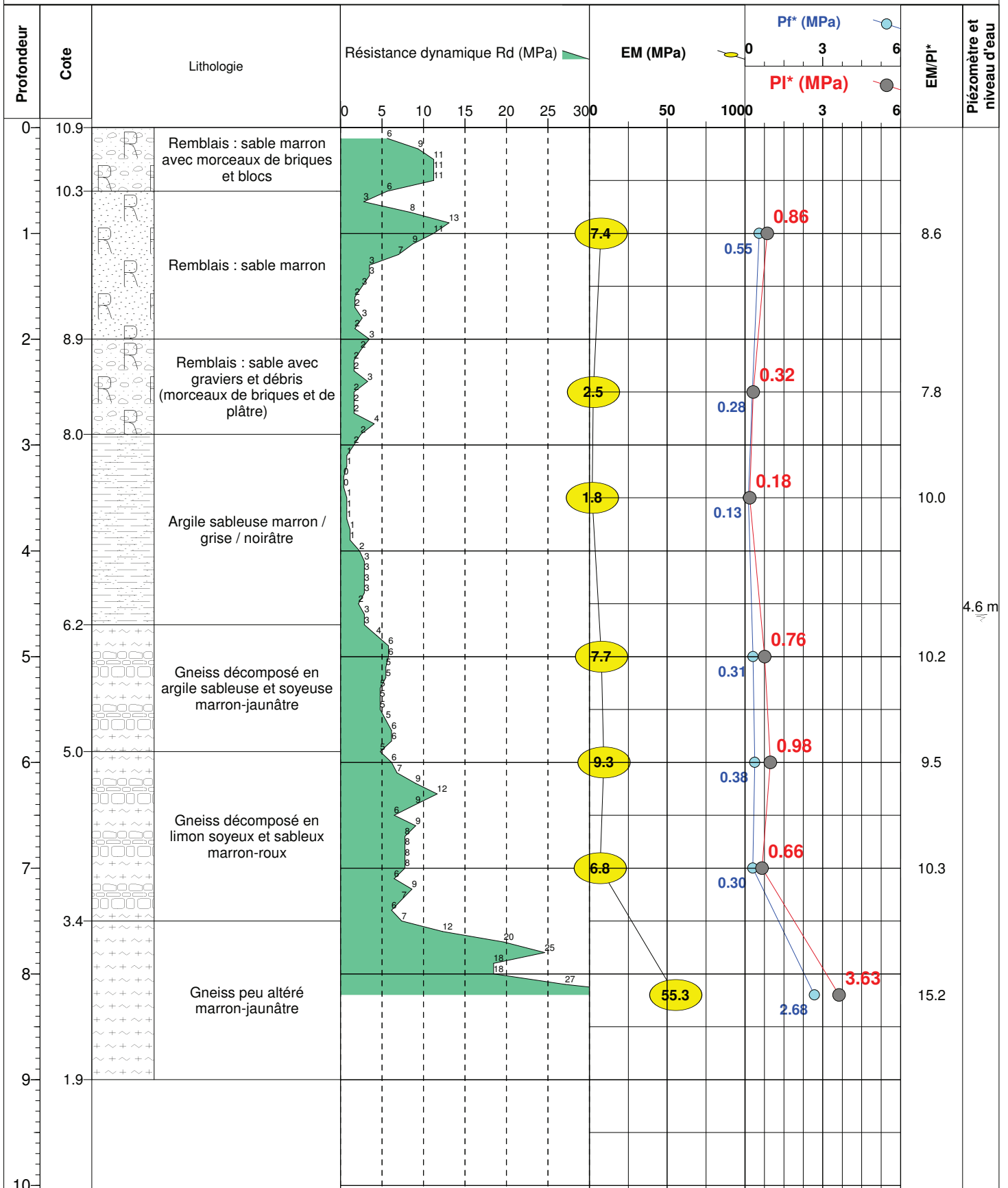
	<p>LEGENDE :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ SONDAGE REALISE PAR KORNOG GEOTECHNIQUE ⊗ SONDAGE PRESSIOMETRIQUE ▲ ESSAI AU PENETROMETRE STATIQUE <p>(11.6)cote m NGF</p>	<p>Plan sans échelle</p> 	<p>ONA2.G.0090</p> <p style="text-align: center;">SAINT NAZAIRE (44)</p> <p style="text-align: center;">Construction d'un pôle aéronautique - Lycée A. BRIAND</p> <p style="text-align: center;">REGION PAYS DE LA LOIRE</p>
--	--	--	--

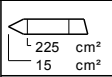
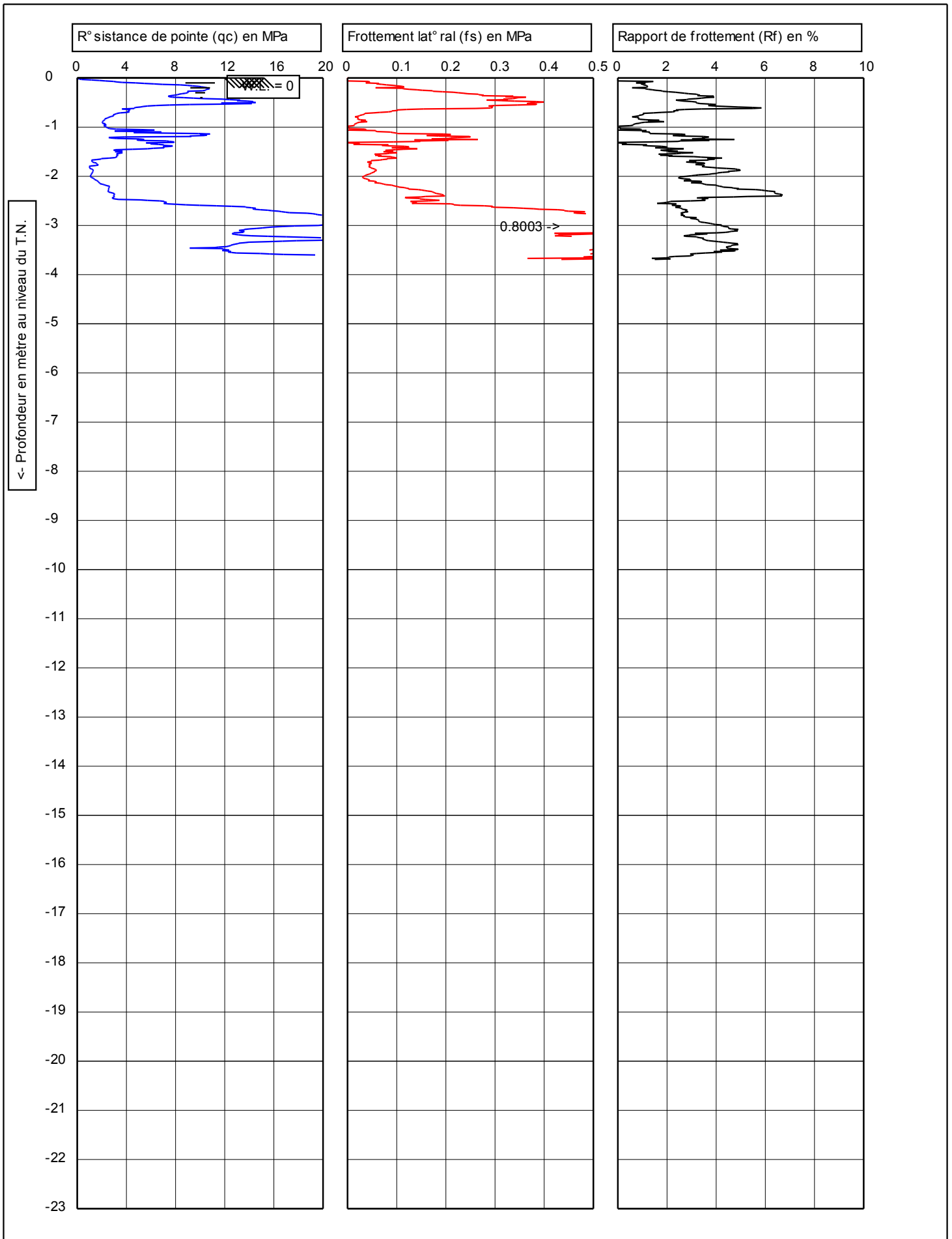












NF P 94 113

Avant trou : 0

T.N. 11.8 m NGF

Niv. eau:

Date: 04/07/2016

Projet: **Construction d'un pôle aéronautique**

N° pointe: **S15CFILS10219**

Site: **SAINT NAZAIRE (44)**

N° projet: **ONA2.G.0090**

Position:

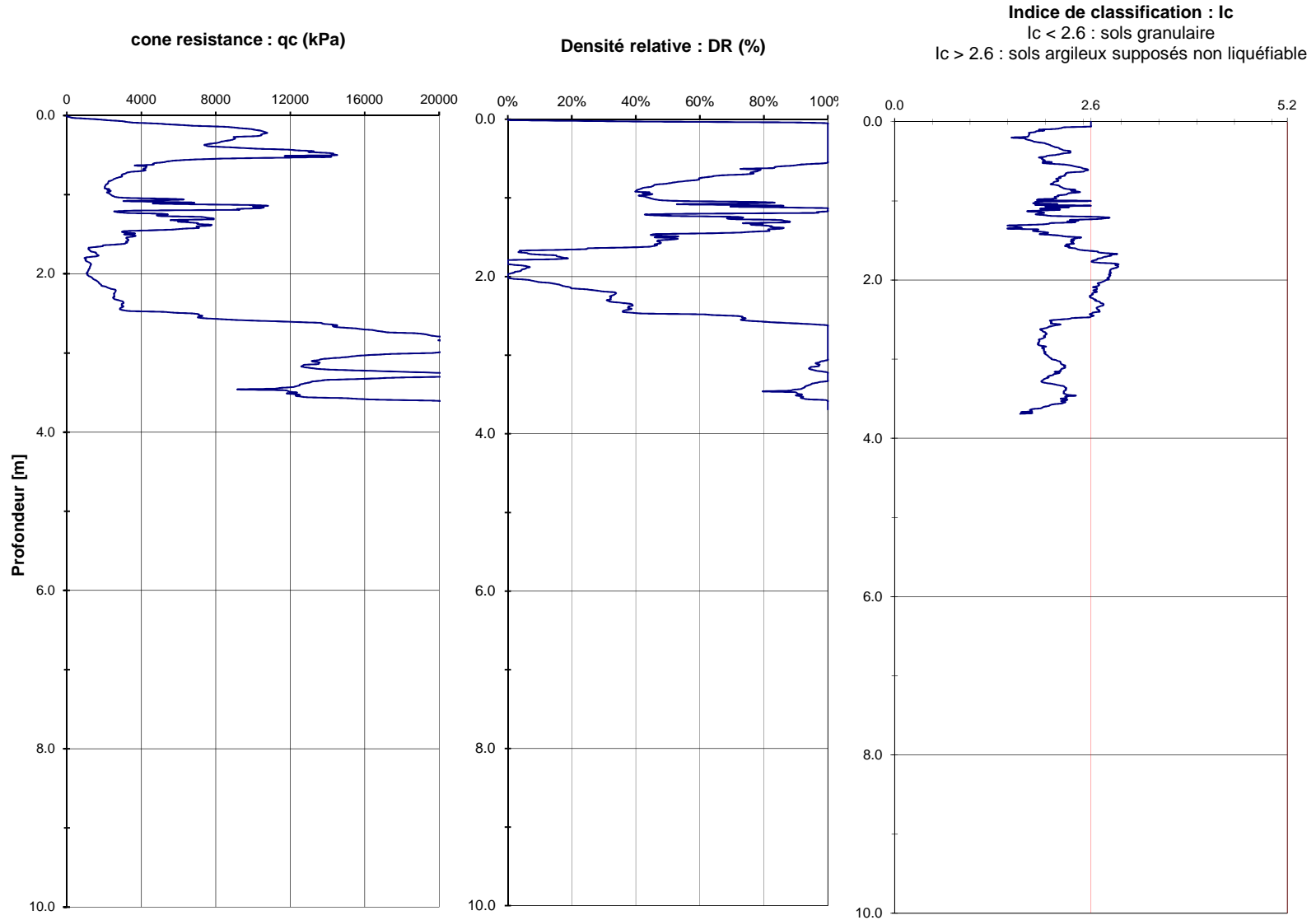
N° essai: **CPT N° 2** 1/1

Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT2



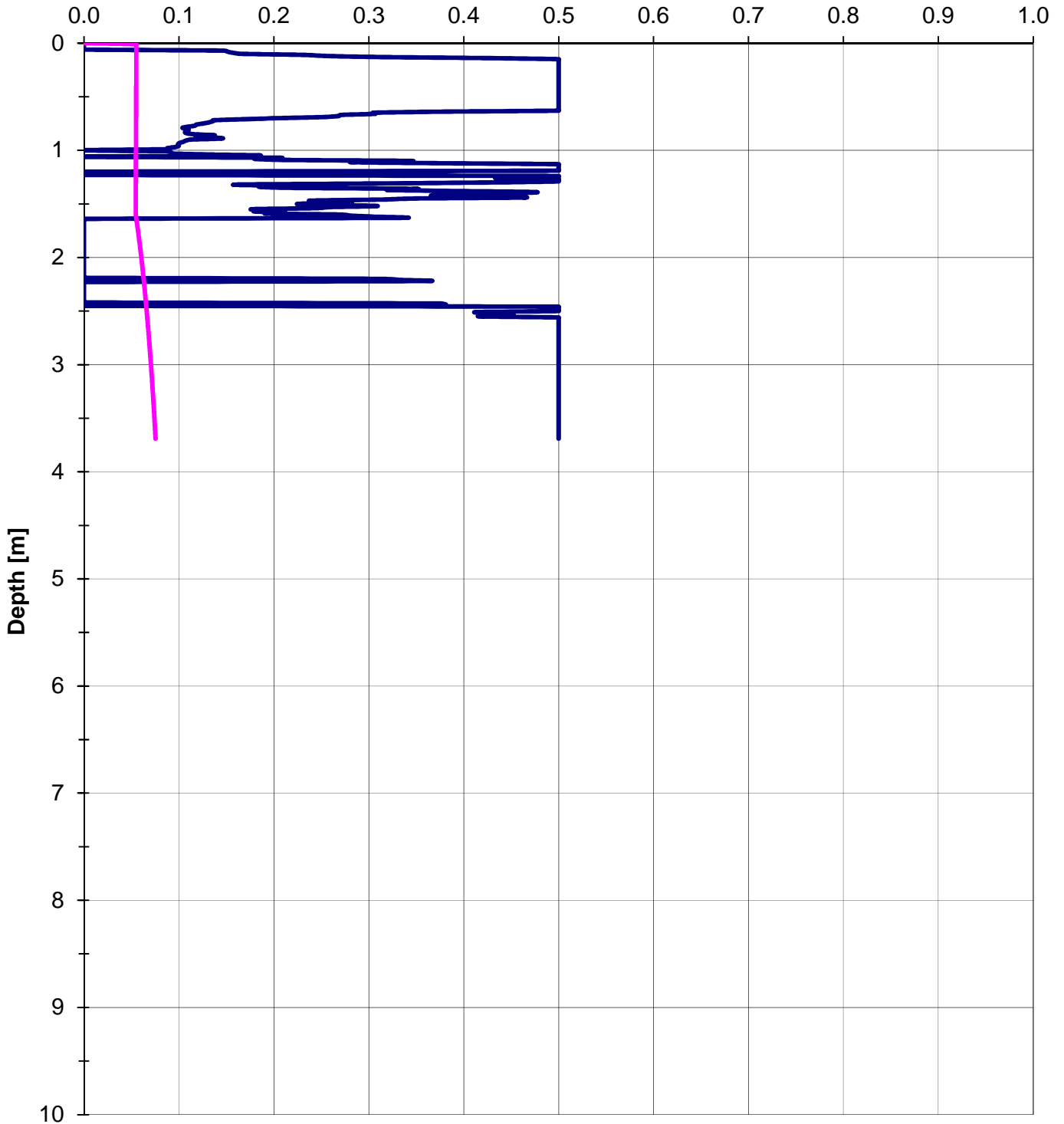
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT2

CRR - CSR



— Résistance du sol à la liquéfaction : CRR

— Contrainte cyclique induite par le séisme : CSR

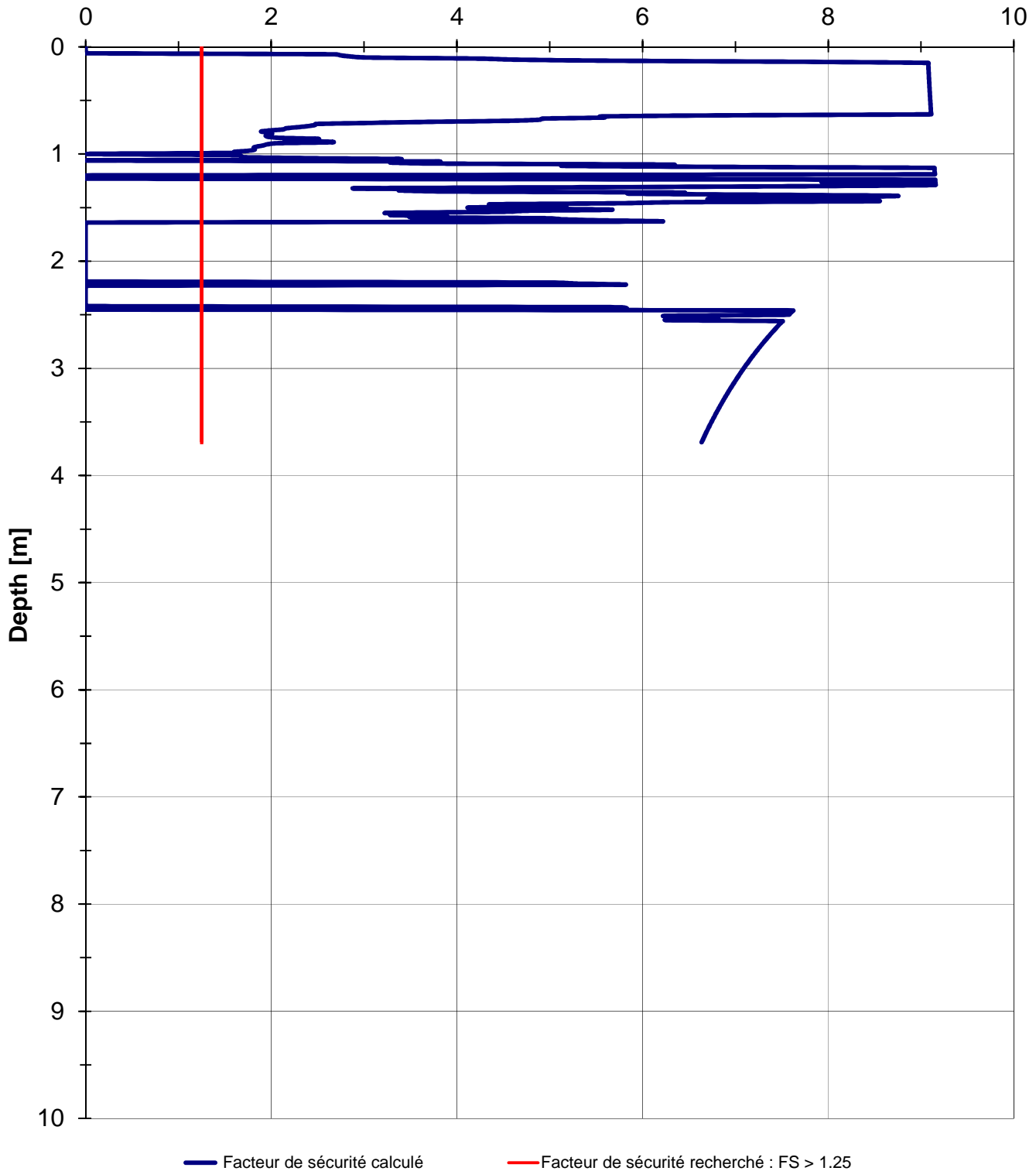
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

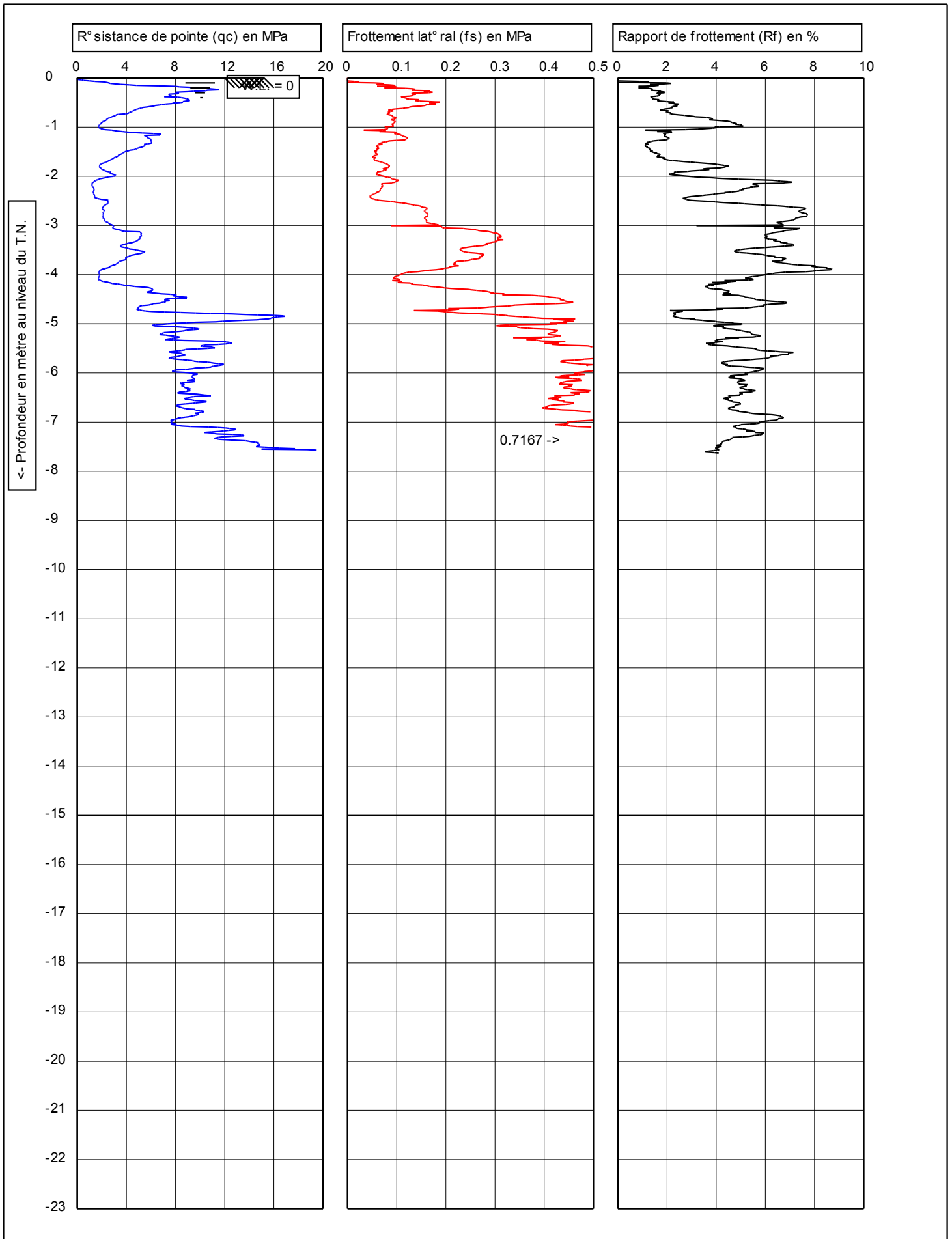
D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT2

$$\text{Facteur de sécurité} : FS = MSF \times CRR_{7.5} / CSR$$





	NF P 94 113		Avant trou : 0	
	T.N. 11.5 m NGF		Date: 04/07/2016	
	Niv. eau:		N° pointe: S15CFILS10219	
	Projet: Construction d'un pôle aéronautique		N° projet: ONA2.G.0090	
Site: SAINT NAZAIRE (44)		N° essai: CPT N° 3		1/1
Position:				

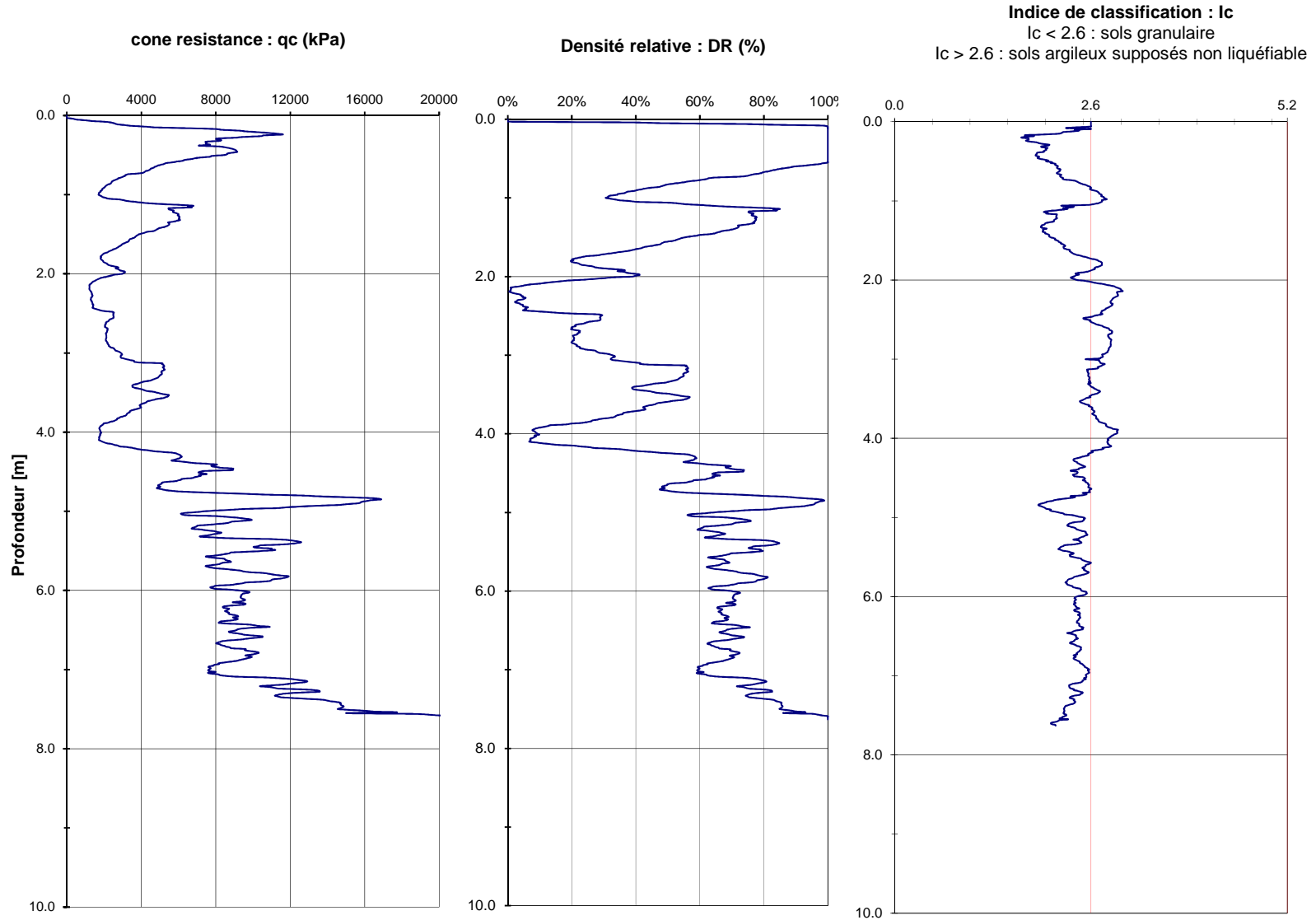
CPTask V1.28

Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT3



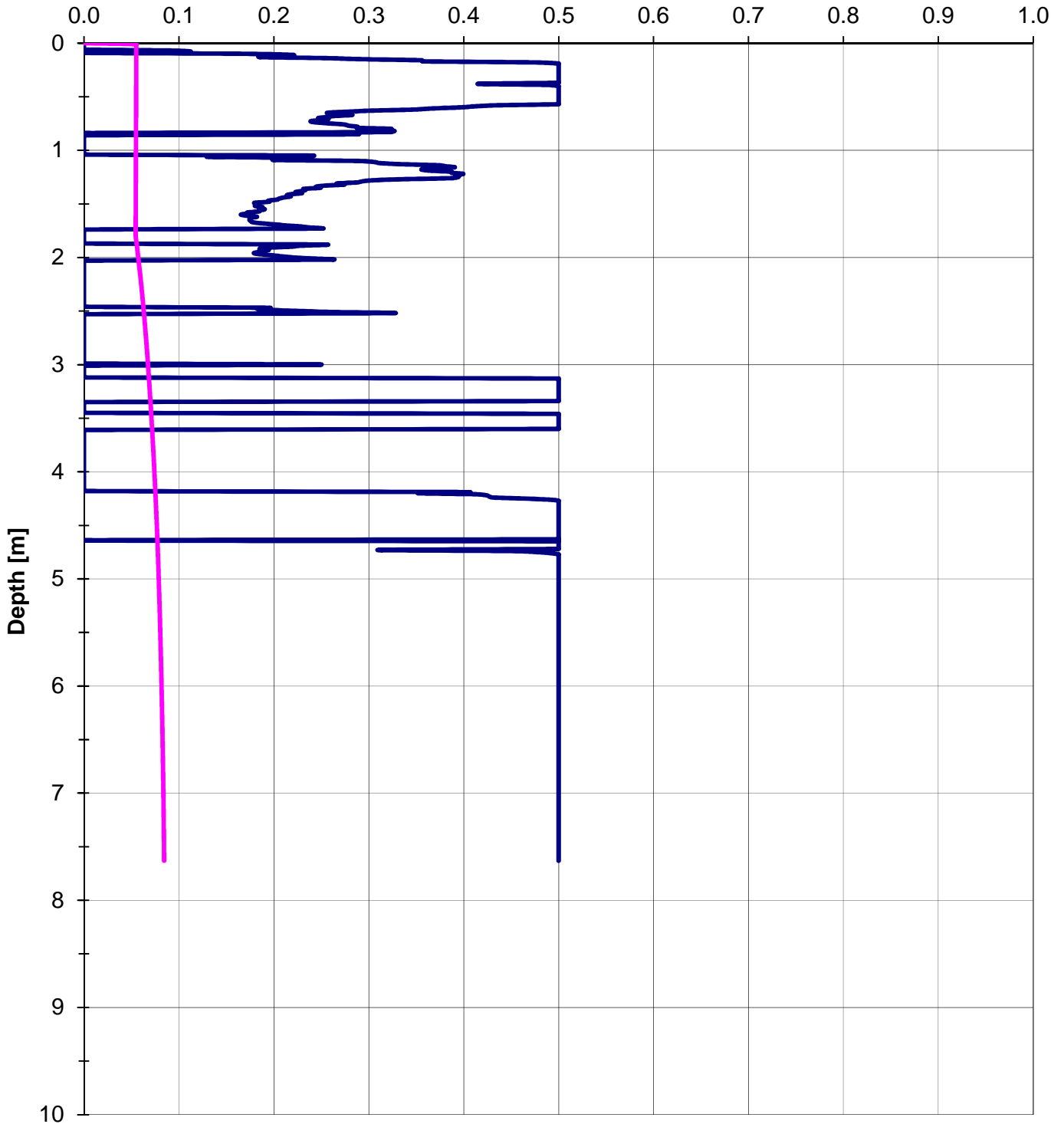
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT3

CRR - CSR



— Résistance du sol à la liquéfaction : CRR

— Contrainte cyclique induite par le séisme : CSR

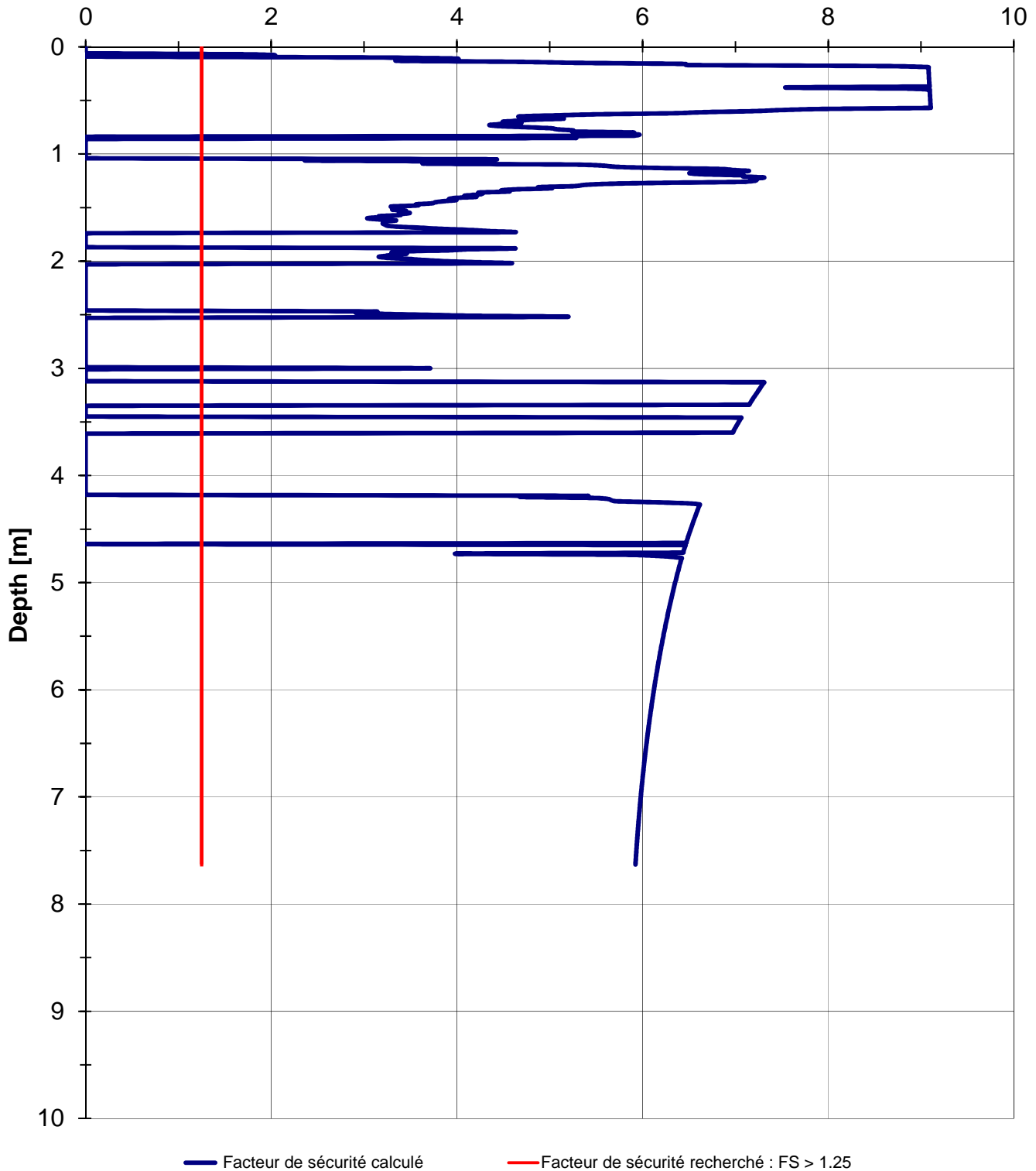
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

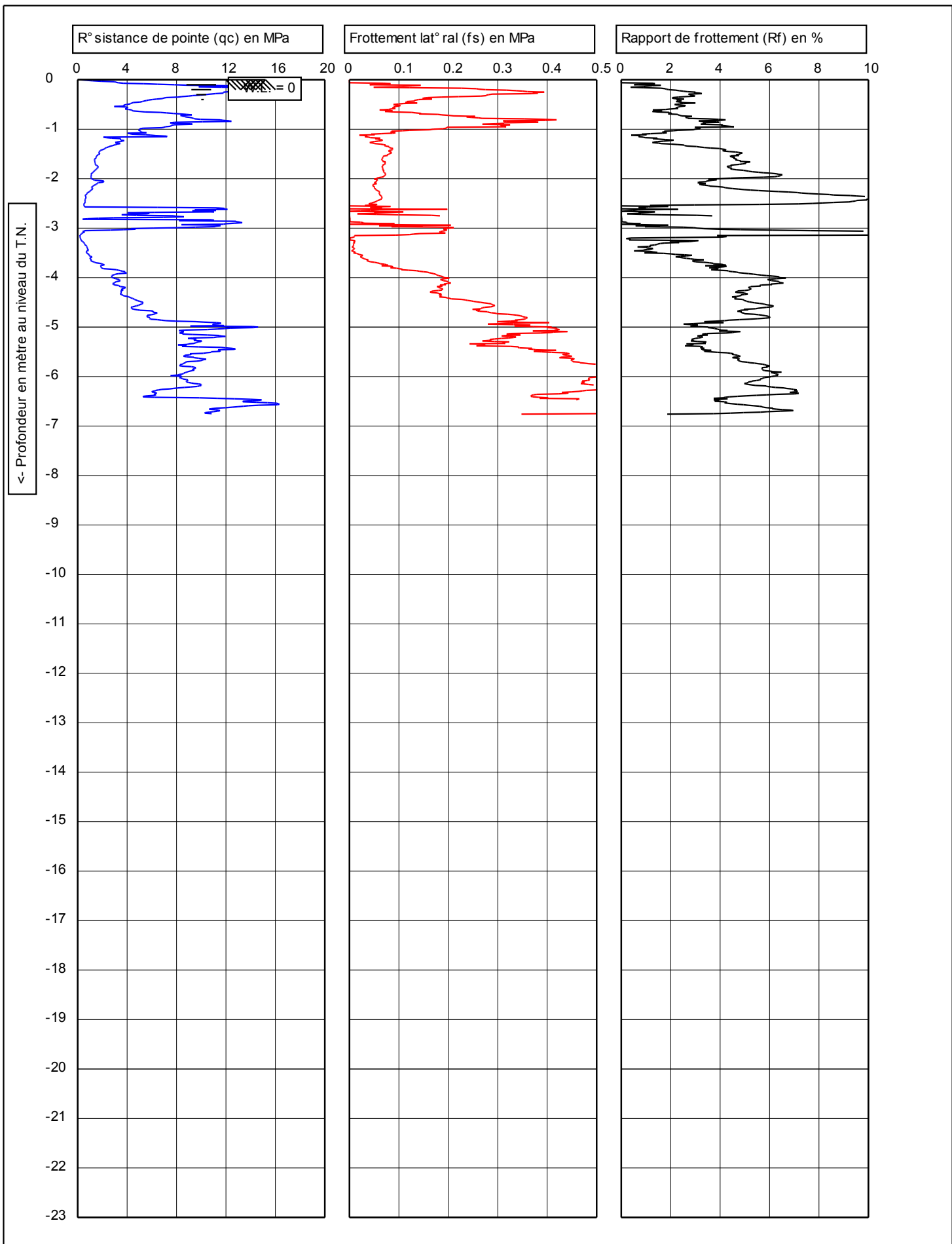
D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT3

$$\text{Facteur de sécurité} : FS = MSF \times CRR_{7.5} / CSR$$





	NF P 94 113		Avant trou : 0	
			T.N. 11.9 m NGF	Niv. eau:
	Projet: Construction d'un pôle aéronautique Site: SAINT NAZAIRE (44) Position:		Date: 04/07/2016 N° pointe: S15CFILS10219 N° projet: ONA2.G.0090 N° essai: CPT N° 4	
			1/1	

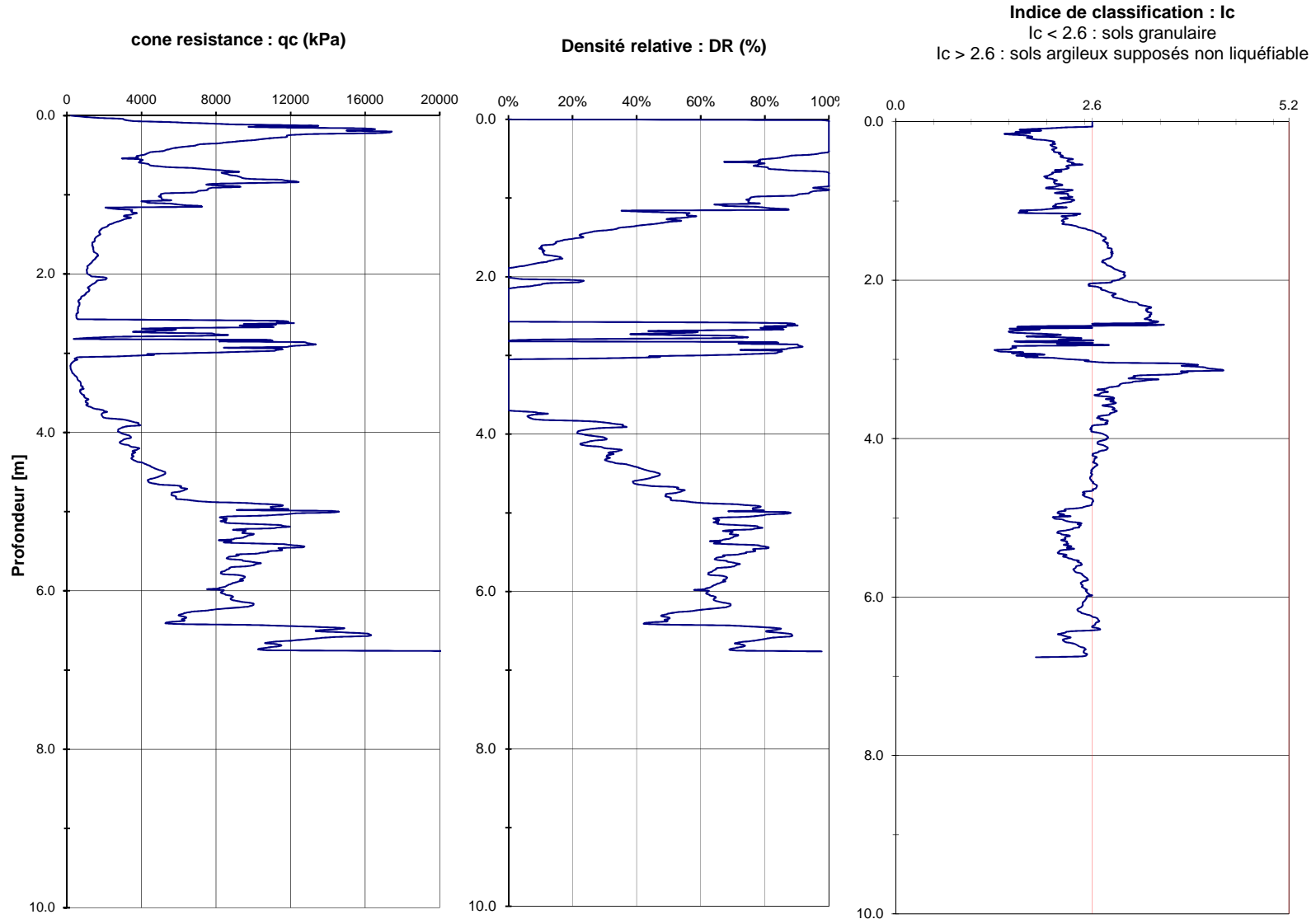
CPTask V1.28

Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT4



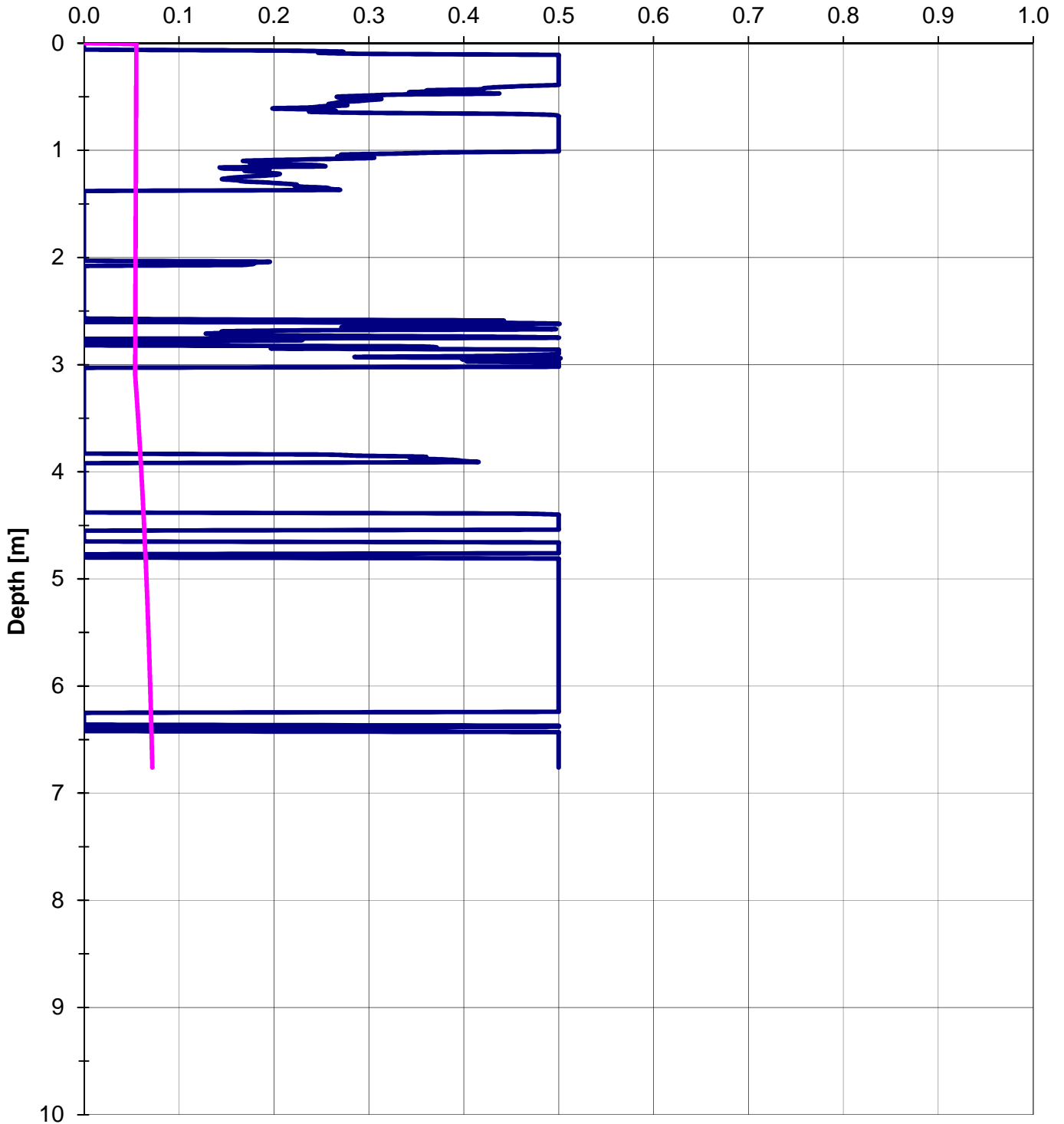
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT4

CRR - CSR



— Résistance du sol à la liquéfaction : CRR

— Contrainte cyclique induite par le séisme : CSR

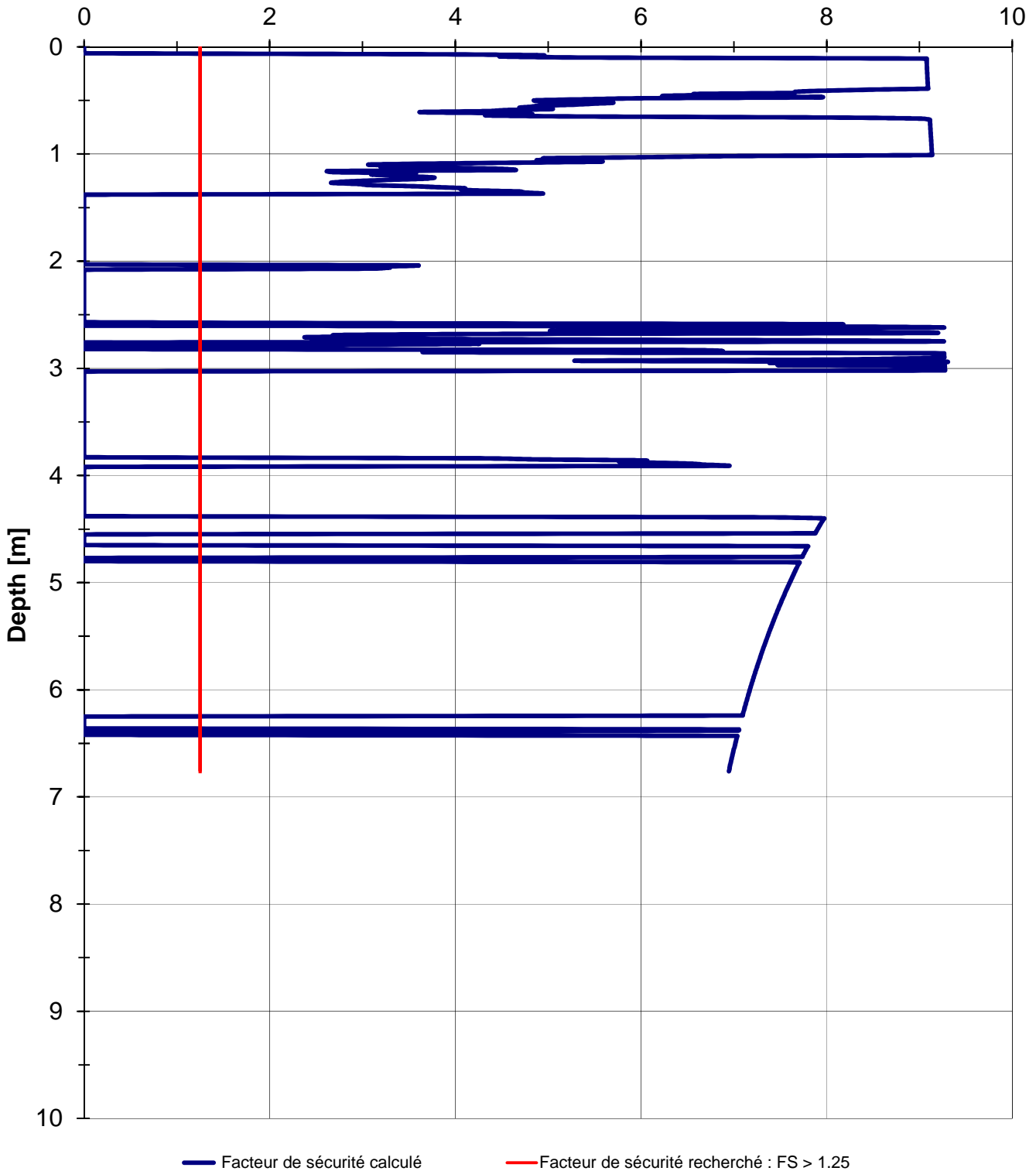
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

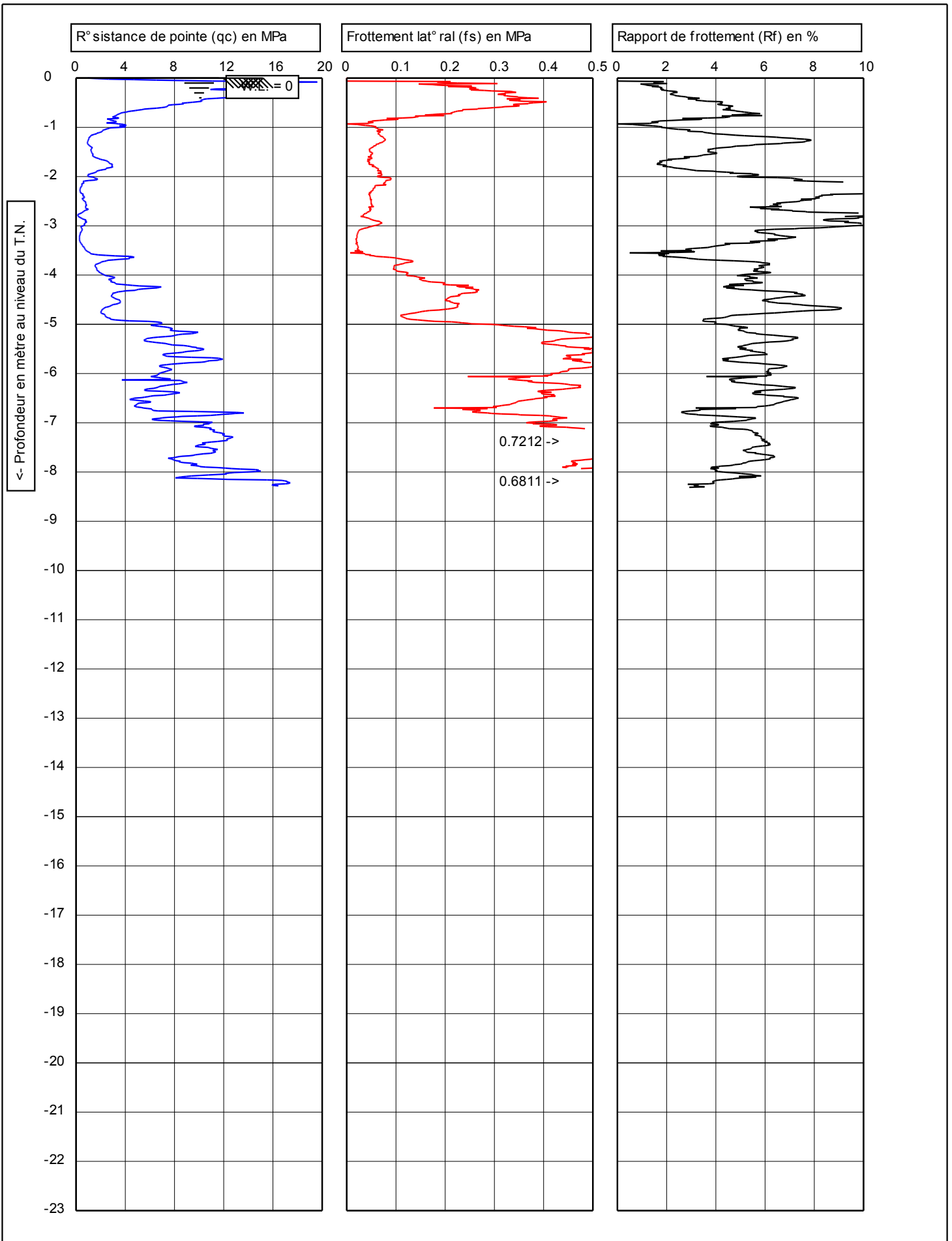
D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT4

$$\text{Facteur de sécurité} : FS = MSF \times CRR_{7.5} / CSR$$





	NF P 94 113		Avant trou : 0	
	T.N. 11.6 m NGF		Date: 04/07/2016	
	Niv. eau:		N° pointe: S15CFILS10219	
	Projet: Construction d'un pôle aéronautique		N° projet: ONA2.G.0090	
Site: SAINT NAZAIRE (44)		N° essai: CPT ° 6		1/1
Position:				

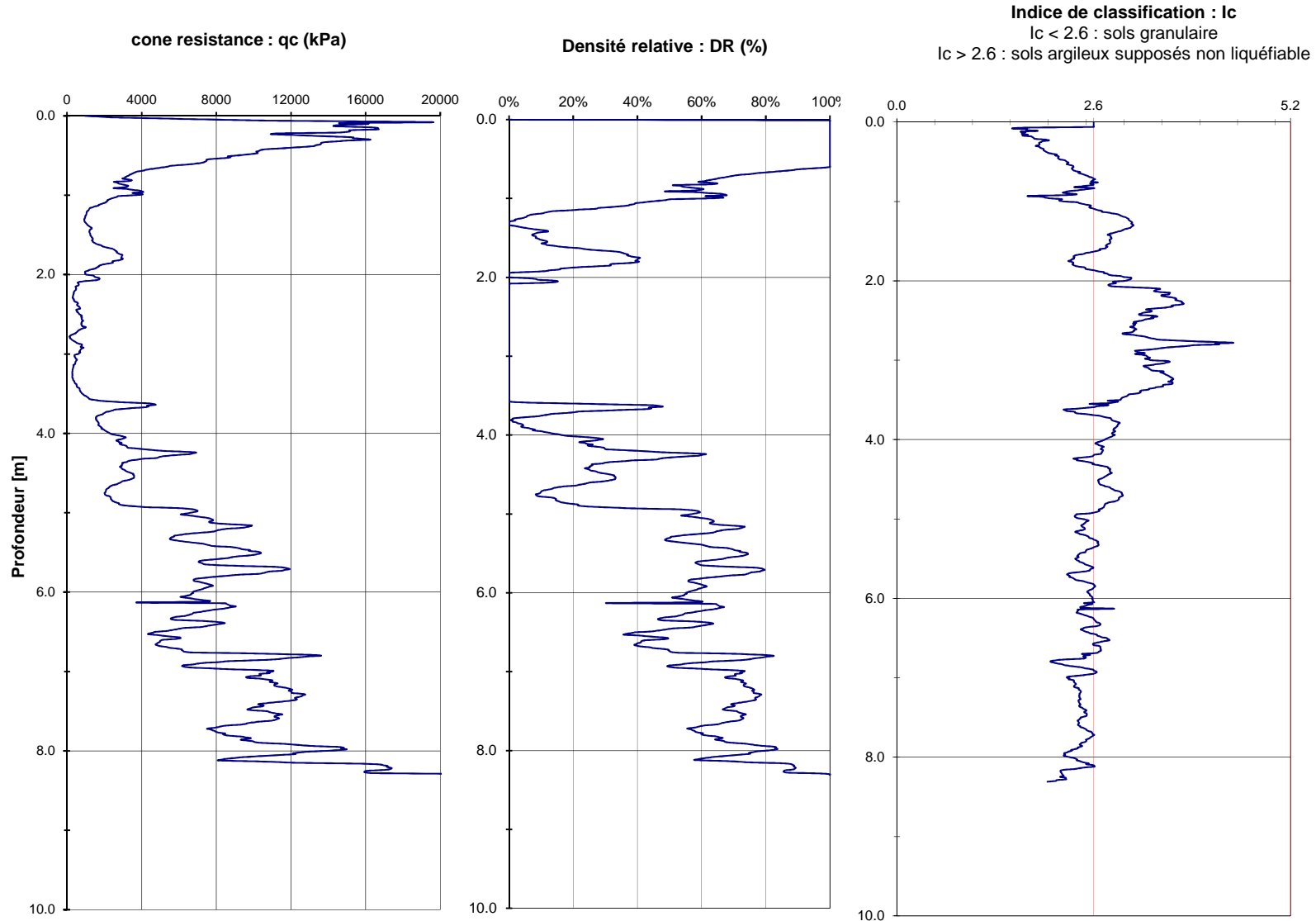
CPTask V1.28

Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT6



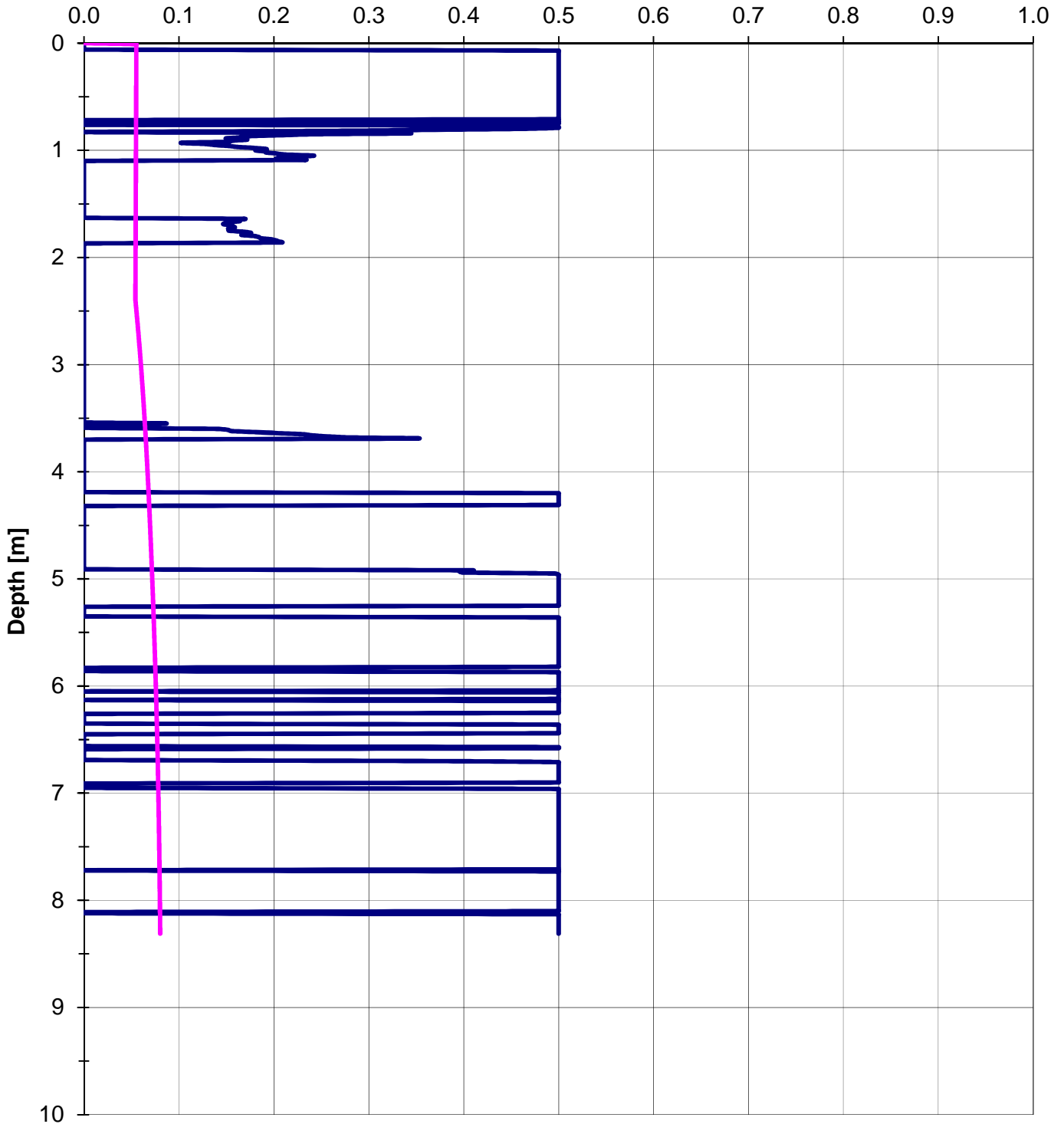
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT6

CRR - CSR



— Résistance du sol à la liquéfaction : CRR

— Contrainte cyclique induite par le séisme : CSR

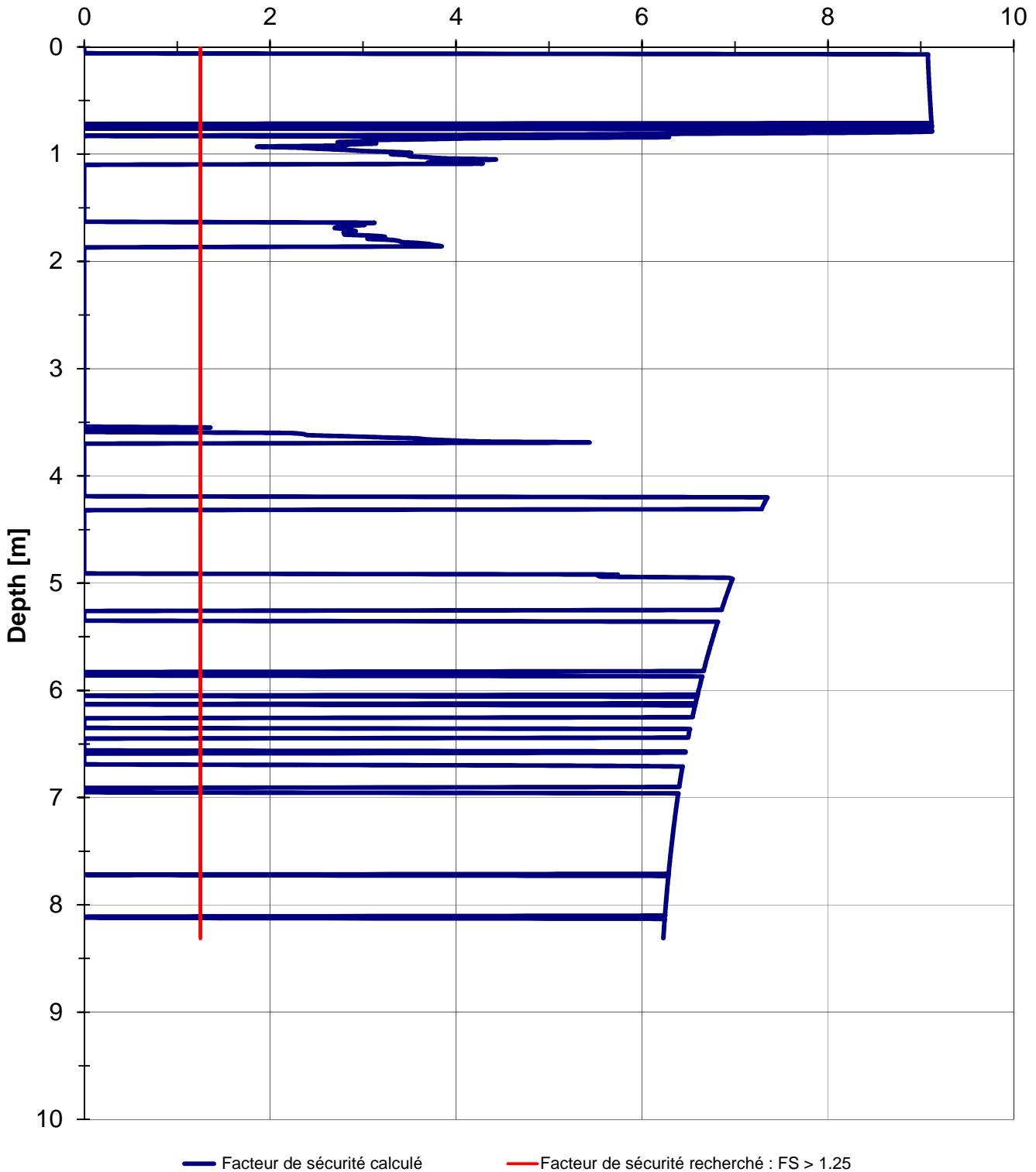
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

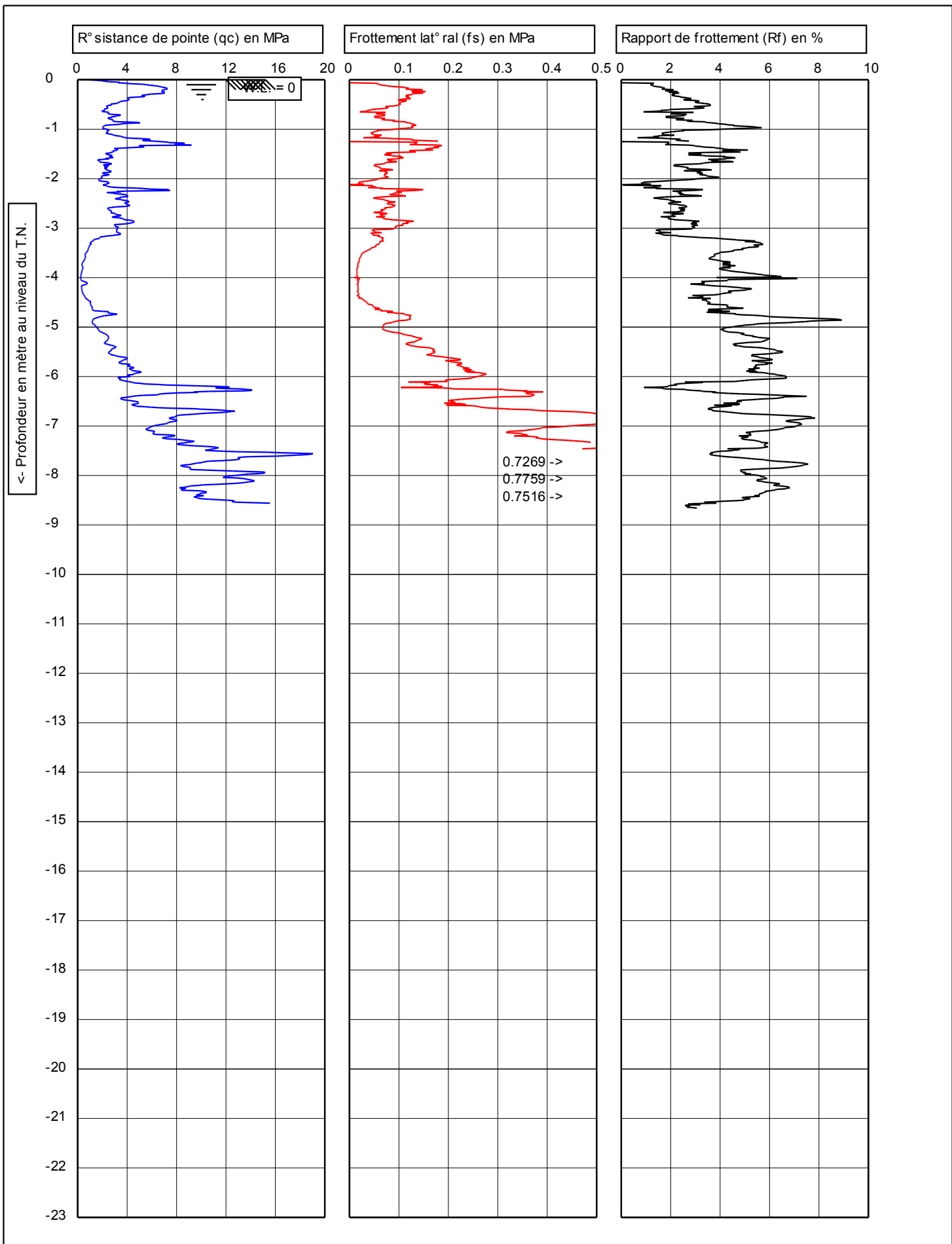
D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT6

Facteur de sécurité : $FS = MSF \times CRR_{7.5} / CSR$





	 $L = 225 \text{ cm}^2$ 15 cm^2	NF P 94 113		Avant trou : 0			
		T.N. 11.3 m NGF		Niv. eau:		Date: 04/07/2016	
		Projet: Construction d'un pôle aéroportuaire				N° pointe: S15CFILS10219	
		Site: SAINT NAZAIRE (44)				N° projet: ONA2.G.0090	
Position:				N° essai: CPT N° 7		1/1	

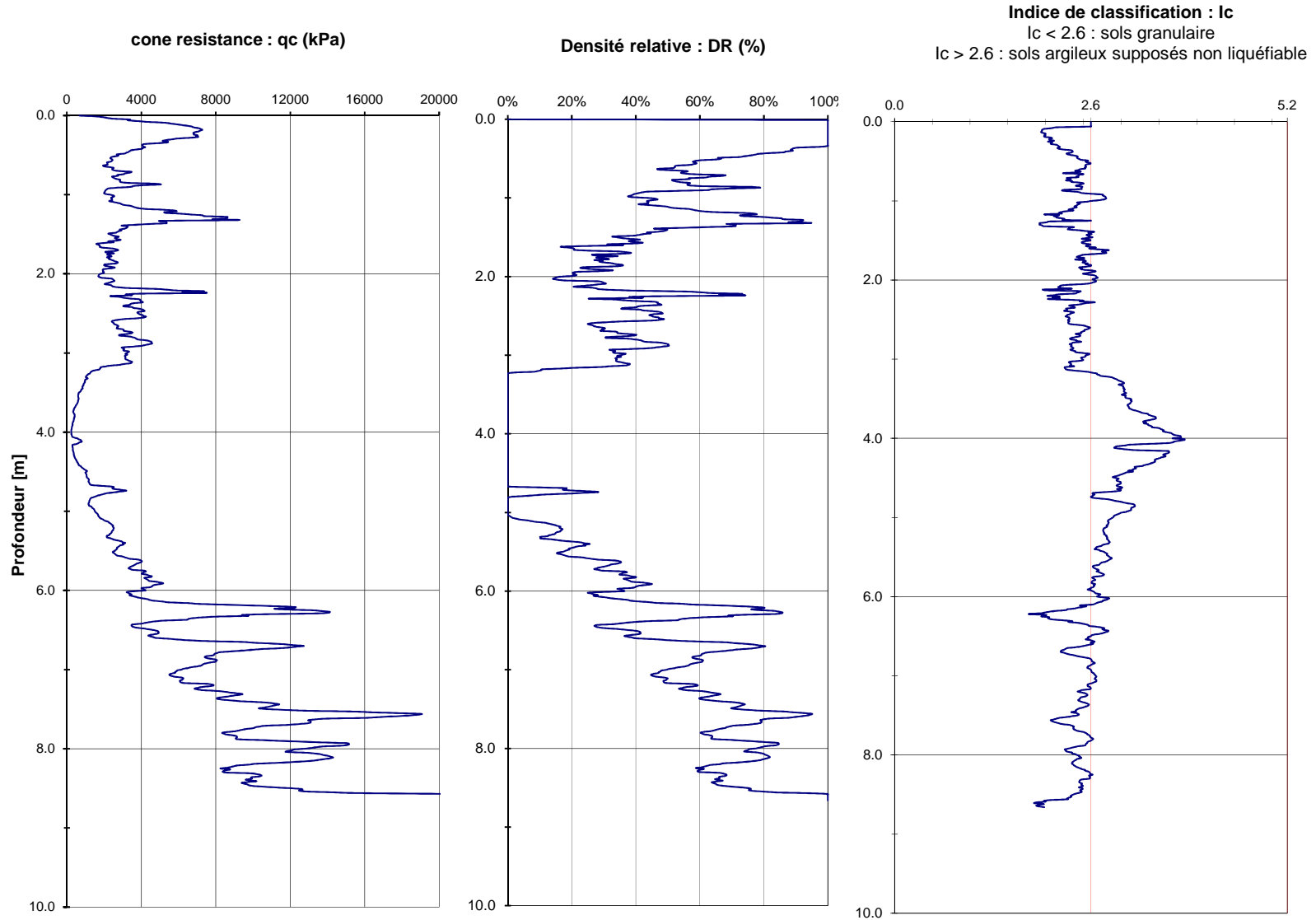
CPTask V1.28

Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT7



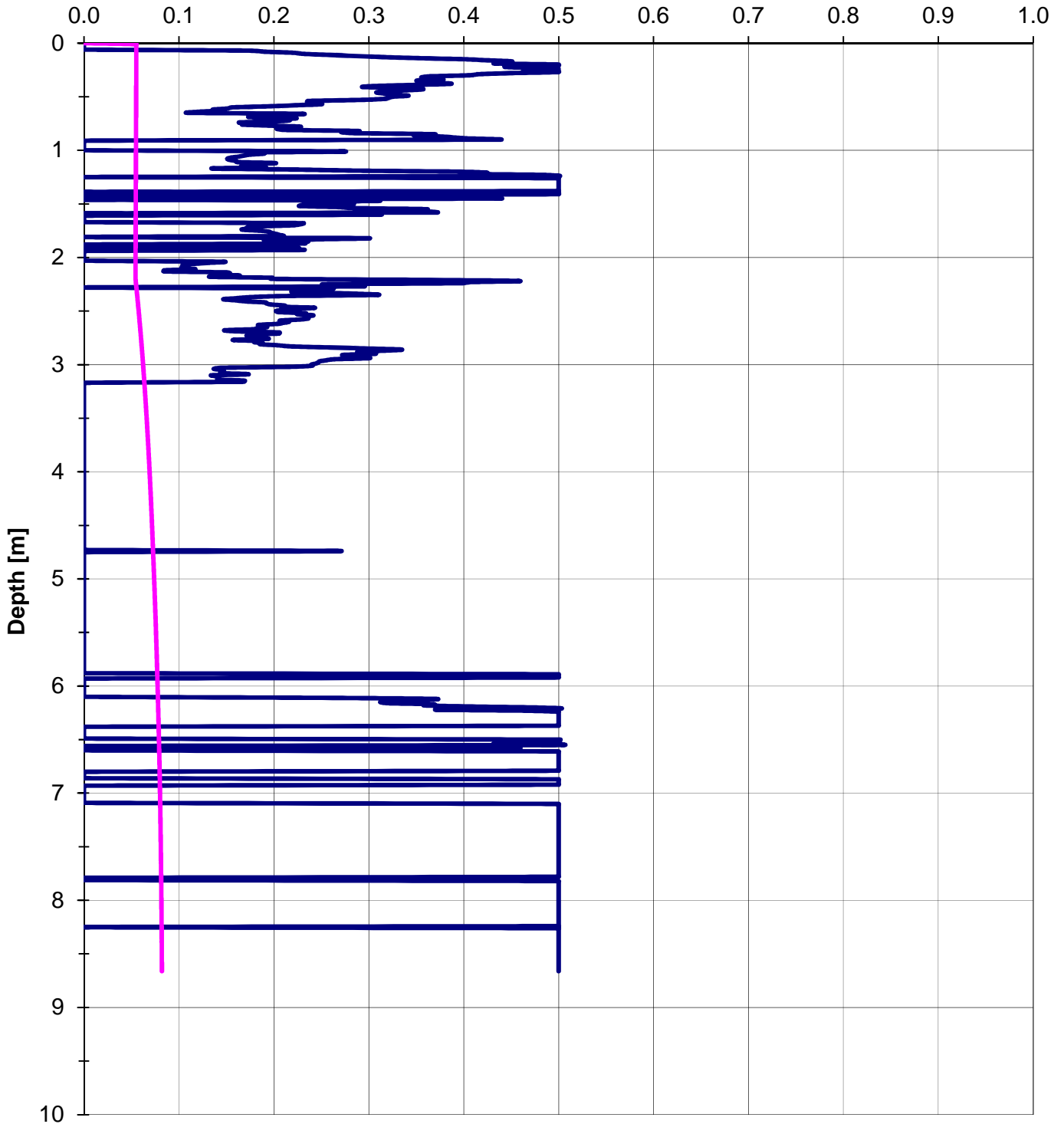
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT7

CRR - CSR



— Résistance du sol à la liquéfaction : CRR

— Contrainte cyclique induite par le séisme : CSR

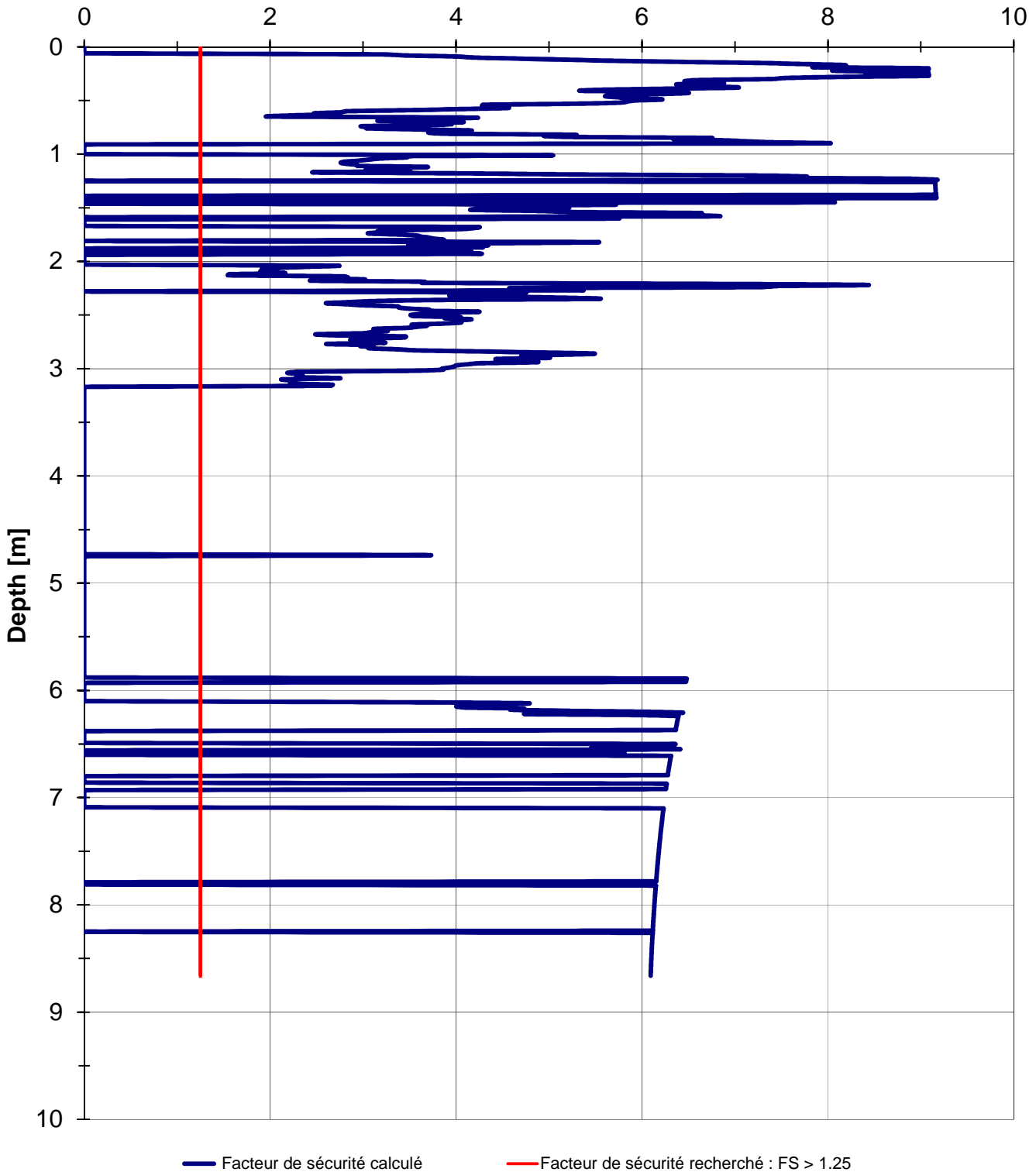
Evaluation de la résistance à la liquéfaction des sols à partir du CPT

D'après les travaux du NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research)



Ville : SAINT NAZAIRE (44) - Affaire : Cpôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - ref : ONA2.G.0090 - sondage : CPT7

$$\text{Facteur de sécurité} : FS = MSF \times CRR_{7.5} / CSR$$





SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP12

Chantier : SAINT NAZAIRE (44) - Construction d'un pôle aéronautique

Dossier : ONA2.G.0090

Client : REGION PAYS DE LA LOIRE

X :

Date début de forage : 07/07/2016

Y :

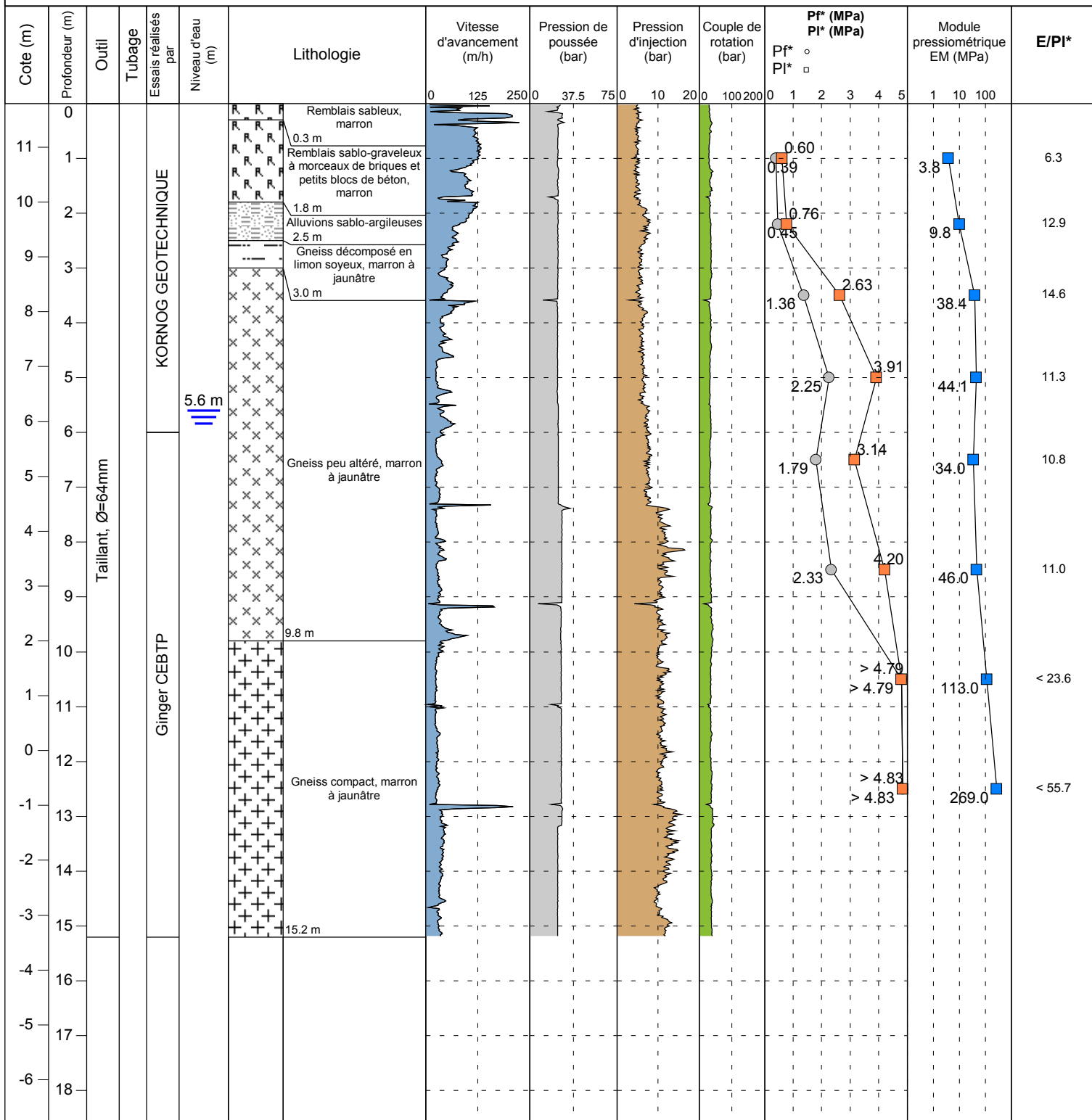
Date fin de forage : 07/07/2016

Z : 11.8 m NGF

Profondeur du forage : 15.20 m

Echelle : 1/100°

Machine : M233



Observations :

EXGTG 3.20/LUT3EPF506FR

Log pressiométrique - E158 V2

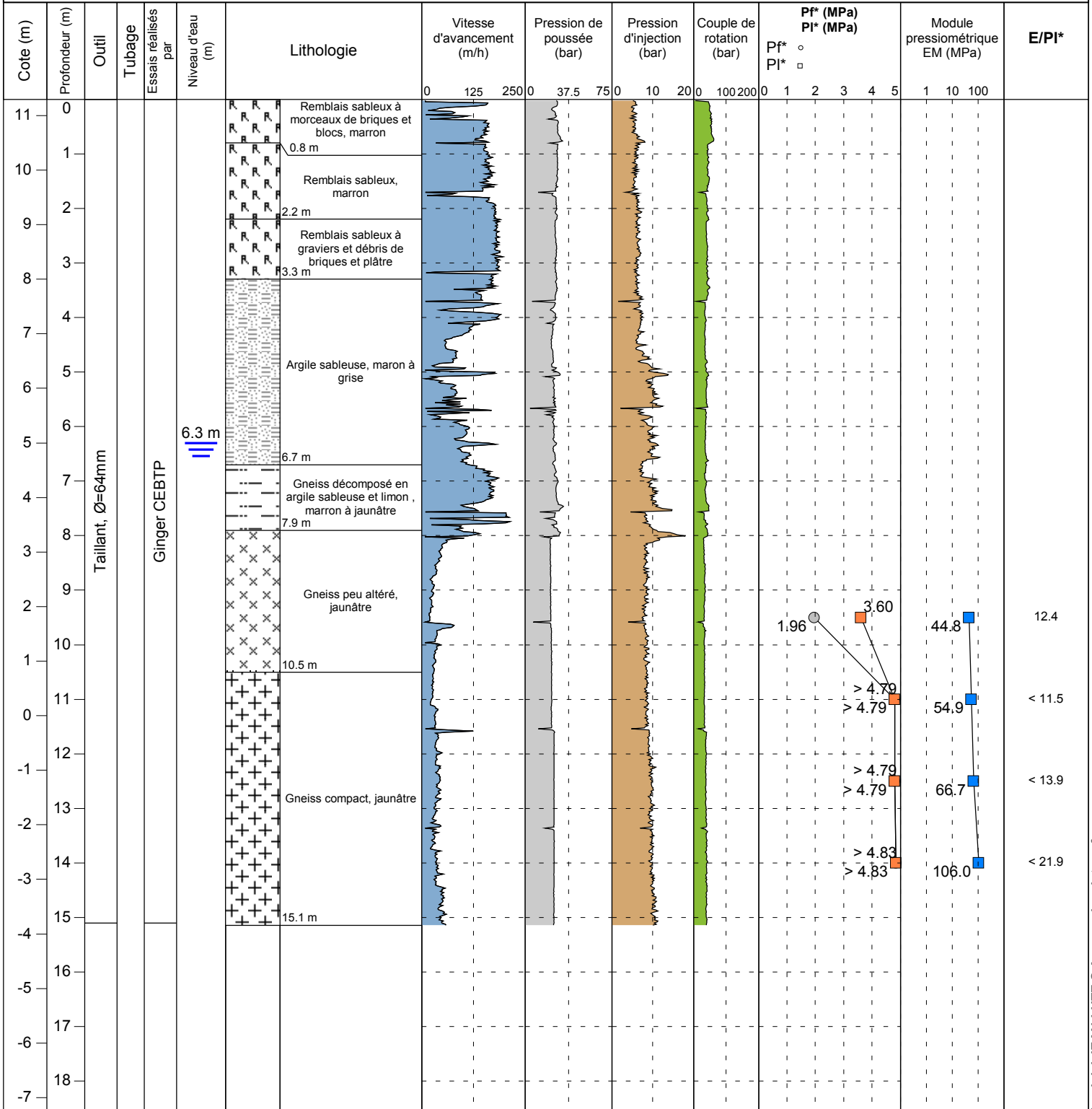


SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP17

Chantier : SAINT NAZAIRE (44) - Construction d'un pôle aéronautique
 Dossier : ONA2.G.0090
 Client : REGION PAYS DE LA LOIRE

X : 1818763 Date début de forage : 06/07/2016
 Y : 544107 Date fin de forage : 06/07/2016
 Z : 11.3 m NGF Profondeur du forage : 15.14 m

Echelle : 1/100°
 Machine : M233



Observations : Venue d'eau en cours de forage : 7.0 m de profondeur

EXGTÉ 3.20/LUT3EPF506FR



ANNEXE 3 : DESCENTES DE CHARGES COMMUNIQUEES

TABLEAU PIEUX DANS REPÈRE GLOBAL							
N°	CHARGES VERTICALES		CHARGES HORIZONTALES				ARASE SUP. PIEU (m)
			SUIVANT X		SUIVANT Y		
	CP (t)	CE (t)	Sx (t) ±	Sy (t) ±	Sx (t) ±	Sy (t) ±	
1	20.00	25.00	10.00	4.00	4.00	10.00	.
2	20.00	35.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
3	20.00	25.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
4	20.00	25.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
5	25.00	35.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
6	55.00	35.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.
7	20.00	15.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
8	30.00	15.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
9	25.00	40.00	10.00	4.00	4.00	10.00	.
10	35.00	65.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
11	40.00	70.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
12	35.00	65.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
13	95.00	45.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.
14	55.00	25.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
15	30.00	20.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
16	25.00	40.00	10.00	4.00	4.00	10.00	.
17	35.00	65.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
18	40.00	70.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
19	35.00	65.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
20	70.00	35.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.
21	30.00	20.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
22	20.00	15.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
23	25.00	50.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
24	35.00	70.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
25	45.00	80.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
26	35.00	70.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
27	95.00	45.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.
28	65.00	25.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
29	65.00	25.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
30	30.00	55.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
31	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
32	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
33	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
34	105.00	40.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.
35	95.00	35.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
36	75.00	20.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
37	30.00	55.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
38	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
39	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
40	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
41	50.00	40.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.
42	55.00	25.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.
43	55.00	25.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
44	70.00	25.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
45	75.00	20.00	15.00	5.00	5.00	15.00	.
46	30.00	55.00	10.00	4.00	4.00	10.00	.
47	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
48	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
49	50.00	90.00	3.00	1.00	1.00	3.00	.
50	90.00	45.00	18.00	6.00	6.00	18.00	.



ANNEXE 4 : GROUPES DE PIEUX

Groupe de pieux

Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
1	10	57
2	11	66
3	12	
4	13	
5	17	
6	18	
7	19	
8	20	
9	24	
14	25	
15	26	
16	27	
21	28	
22	29	
23	31	
30	32	
37	33	
41	34	
42	35	
43	36	
46	38	
53	39	
59	40	
60	44	
61	45	
62	47	
63	48	
64	49	
65	50	
68	51	
71	52	
73	54	
74	55	
75	56	
76	58	
77	67	
78	69	
79	70	
	72	

Légende :
Groupe 1
Groupe 2



ANNEXE 5 : RESULTATS FOXTA – ZONE NORD

Données

Titre du projet : Pôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - SAINT NAZAIRE (44) (pieu n°1)

Numéro d'affaire : ONA2.G.0090

Commentaires : N/A

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF.P 94-262

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,20

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,60

Classe du pieu : 2 - Pieu tarière creuse

Catégorie du pieu : 6 [FTC, FTCD] - Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation

Ancrage dans la craie : Non

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs	0,503	0,615	0,719	0,791
Pondérations combinées sur Qp	0,359	0,439	0,719	0,791

Cote de référence (m) : 10,90

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax
1	Remblais		Argile, limons	8,90	0,10	0,02	1,30
2	Alluvions		Argile, limons	7,40	0,10	0,02	1,30
3	Gneiss décomposé		Argile, limons	5,90	800,00	59,73	1,30
4	Gneiss altéré		Roche altérée et fragmentée	0,90	2500,00	167,91	2,00
5	Gneiss fragmenté		Roche altérée et fragmentée	-10,00	5000,00	200,00	2,00

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 12,00

File : T:\GC\Service Géotechnique\2016 Géotechnique\Géotechnique\Nantes\Rapport\De 051 à 100\ONA2.G.0090 Saint nazaire A. B

Calcul réalisé le : 25/07/2016 à 14h02
par : GINGER CEBTP

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 6
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.503	0.615	0.719	0.791
Pointe	0.359	0.439	0.719	0.791

Cote de référence : 10.900

Section du pieu : 0.283
Périmètre : 1.885

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax
01	8.90	0.1	0.02	1.00	1.30
02	7.40	0.1	0.02	1.00	1.30
03	5.90	800.0	59.73	1.00	1.30
04	0.90	2500.0	167.91	1.00	2.00
05	-10.00	5000.0	200.00	1.00	2.00

Pas du calcul : 0.20

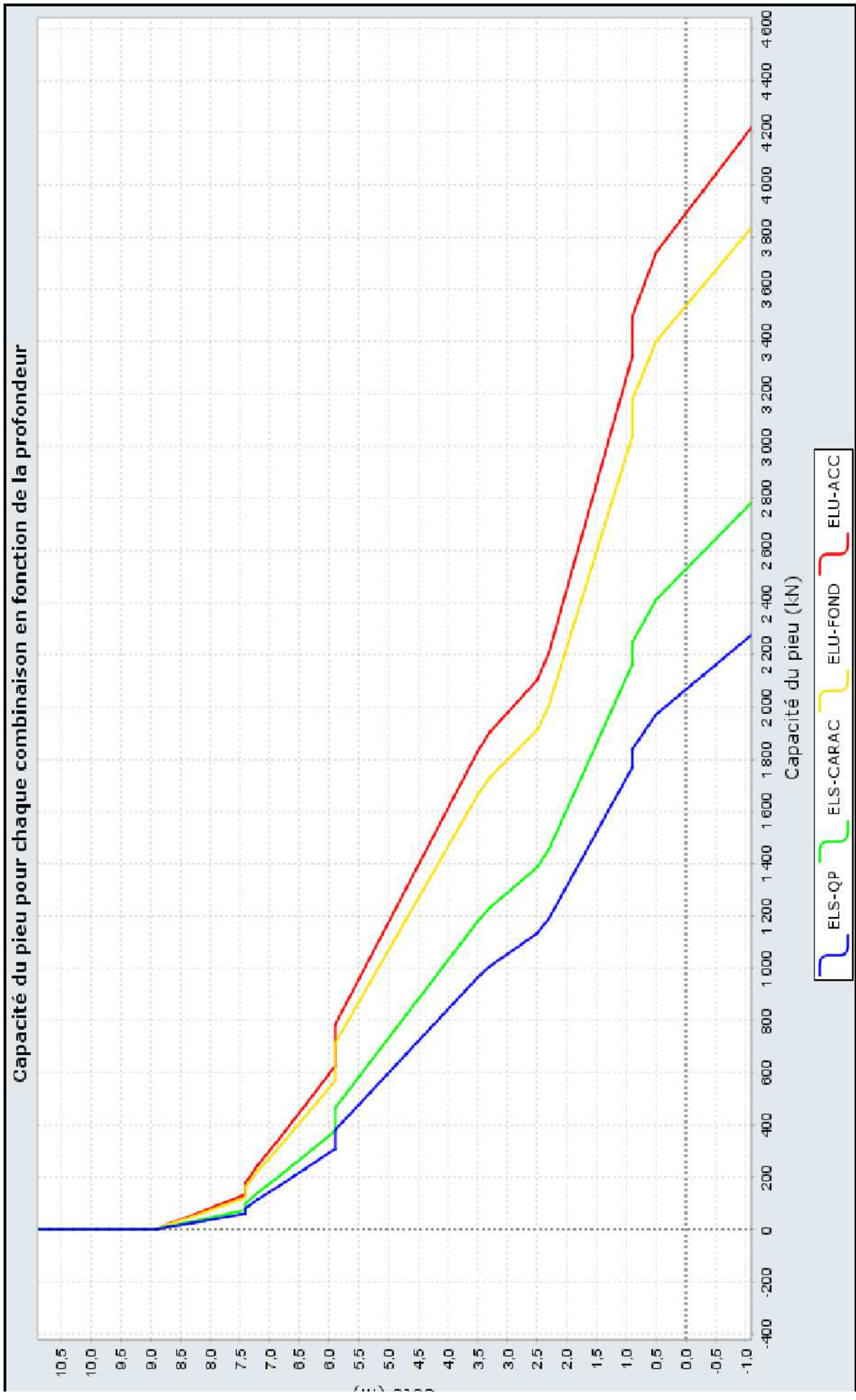
SOLUTION

Calcul à longueur imposée : L = 12.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	10.90	0.02	0.1	1.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.70	0.02	0.1	1.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.50	0.02	0.1	1.040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.30	0.02	0.1	1.060	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.10	0.02	0.1	1.080	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	9.90	0.02	0.1	1.100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
01	9.70	0.02	0.1	1.120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
01	9.50	0.02	0.1	1.140	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
01	9.30	0.02	0.1	1.160	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
01	9.10	0.02	0.1	1.180	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
01	8.90	0.02	0.1	1.200	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.90	0.02	0.1	1.200	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	8.90	0.02	0.1	1.200	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	8.70	0.02	94.2	1.000	0.1	26.6	9.6	11.7	19.2	21.1
02	8.50	0.02	168.5	1.000	0.1	47.6	17.2	21.0	34.3	37.8
02	8.30	0.02	240.1	1.000	0.1	67.9	24.4	29.9	48.9	53.8
02	8.10	0.02	320.1	1.000	0.1	90.5	32.5	39.8	65.1	71.7
02	7.90	0.02	400.0	1.000	0.1	113.1	40.7	49.7	81.4	89.6
02	7.70	0.02	480.0	1.000	0.1	135.7	48.8	59.7	97.7	107.5
02	7.50	0.02	560.0	1.000	0.1	158.4	56.9	69.6	113.9	125.4

02	7.40	0.02	600.0	1.000	0.1	169.7	61.0	74.6	122.1	134.3
03	7.40	59.73	800.0	1.000	0.1	226.2	81.3	99.4	162.7	179.0
03	7.20	59.73	1000.0	1.016	22.6	287.3	114.5	140.0	222.8	245.2
03	7.00	59.73	1157.9	1.028	45.2	336.4	143.5	175.5	274.4	301.9
03	6.80	59.73	1310.0	1.037	67.7	384.0	171.9	210.2	324.7	357.3
03	6.60	59.73	1480.0	1.043	90.2	436.6	202.1	247.1	378.7	416.7
03	6.40	59.73	1650.0	1.049	112.7	489.2	232.3	284.1	432.7	476.1
03	6.20	59.73	1820.0	1.053	135.2	541.7	262.5	321.0	486.8	535.5
03	6.00	59.73	1990.0	1.056	157.8	594.3	292.7	357.9	540.8	594.9
03	5.90	59.73	2075.0	1.058	169.0	620.6	307.8	376.4	567.8	624.6
04	5.90	167.91	2500.0	1.160	169.0	820.0	379.4	463.9	711.1	782.3
04	5.70	167.91	2500.0	1.227	232.3	867.1	428.1	523.5	790.5	869.6
04	5.50	167.91	2500.0	1.293	295.6	914.2	476.9	583.2	869.9	957.0
04	5.30	167.91	2500.0	1.360	358.9	961.4	525.7	642.8	949.3	1044.3
04	5.10	167.91	2500.0	1.427	422.2	1008.5	574.4	702.4	1028.7	1131.7
04	4.90	167.91	2500.0	1.493	485.5	1055.6	623.2	762.0	1108.1	1219.0
04	4.70	167.91	2500.0	1.560	548.8	1102.7	671.9	821.6	1187.5	1306.4
04	4.50	167.91	2500.0	1.627	612.1	1149.9	720.7	881.2	1266.9	1393.7
04	4.30	167.91	2500.0	1.693	675.4	1197.0	769.4	940.9	1346.3	1481.1
04	4.10	167.91	2500.0	1.760	738.7	1244.1	818.2	1000.5	1425.6	1568.4
04	3.90	167.91	2500.0	1.827	802.0	1291.2	867.0	1060.1	1505.0	1655.8
04	3.70	167.91	2500.0	1.893	865.3	1338.3	915.7	1119.7	1584.4	1743.1
04	3.50	167.91	2500.0	1.960	928.6	1385.5	964.5	1179.3	1663.8	1830.4
04	3.30	167.91	2500.0	2.000	991.9	1413.7	1006.5	1230.7	1729.7	1902.9
04	3.10	167.91	2500.0	2.000	1055.2	1413.7	1038.3	1269.6	1775.2	1952.9
04	2.90	167.91	2500.0	2.000	1118.5	1413.7	1070.1	1308.5	1820.7	2003.0
04	2.70	167.91	2500.0	2.000	1181.8	1413.7	1102.0	1347.4	1866.2	2053.1
04	2.50	167.91	2500.0	2.000	1245.1	1413.7	1133.8	1386.4	1911.7	2103.1
04	2.30	167.91	2625.0	2.000	1308.4	1484.4	1191.0	1456.3	2008.0	2209.1
04	2.10	167.91	2875.0	2.000	1371.7	1625.8	1273.6	1557.3	2155.2	2371.0
04	1.90	167.91	3125.0	2.000	1435.0	1767.1	1356.2	1658.3	2302.4	2532.9
04	1.70	167.91	3375.0	2.000	1498.3	1908.5	1438.8	1759.3	2449.5	2694.8
04	1.50	167.91	3625.0	2.000	1561.6	2049.9	1521.4	1860.3	2596.7	2856.7
04	1.30	167.91	3875.0	2.000	1624.9	2191.3	1604.0	1961.3	2743.8	3018.6
04	1.10	167.91	4125.0	2.000	1688.2	2332.6	1686.6	2062.3	2891.0	3180.5
04	0.90	167.91	4375.0	2.000	1751.5	2474.0	1769.2	2163.3	3038.2	3342.4
04	0.90	167.91	4375.0	2.000	1751.5	2474.0	1769.2	2163.3	3038.2	3342.4
05	0.90	200.00	5000.0	1.887	1751.5	2667.2	1838.5	2248.1	3177.1	3495.2
05	0.70	200.00	5000.0	1.943	1826.9	2746.4	1904.9	2329.2	3288.2	3617.5
05	0.50	200.00	5000.0	1.999	1902.3	2825.5	1971.2	2410.3	3399.3	3739.7
05	0.30	200.00	5000.0	2.000	1977.7	2827.4	2009.8	2457.5	3454.9	3800.9
05	0.10	200.00	5000.0	2.000	2053.1	2827.4	2047.8	2503.9	3509.1	3860.5
05	-0.10	200.00	5000.0	2.000	2128.5	2827.4	2085.7	2550.3	3563.3	3920.2
05	-0.30	200.00	5000.0	2.000	2203.9	2827.4	2123.6	2596.7	3617.5	3979.8
05	-0.50	200.00	5000.0	2.000	2279.3	2827.4	2161.5	2643.0	3671.8	4039.4
05	-0.70	200.00	5000.0	2.000	2354.7	2827.4	2199.5	2689.4	3726.0	4099.1
05	-0.90	200.00	5000.0	2.000	2430.1	2827.4	2237.4	2735.8	3780.2	4158.7
05	-1.10	200.00	5000.0	2.000	2505.5	2827.4	2275.3	2782.1	3834.4	4218.4

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - SAINT NAZAIRE

Numéro d'affaire : ONA2.G.0090

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (pieu n°1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
à partir des données pressiométriques (élastoplastique)
cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominent

Cote de référence (m) : 10,90

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblais		8,90	5,00E03	0,50	0,60	200,00	500,00
2	Alluvions		7,40	2,00E03	0,67	0,60	100,00	200,00
3	Gneiss décomposé		5,90	8,00E03	0,67	0,60	300,00	800,00
4	Gneiss altéré		0,90	4,00E04	0,50	0,60	1300,00	2500,00
5	Gneiss fragmenté		-10,00	1,00E05	0,50	0,60	5000,00	5000,00

Discretisation

Nom	h	EI	n
Remblais	2,00	1,91E05	10
Alluvions	1,50	1,91E05	8
Gneiss décomposé	1,50	1,91E05	10
Gneiss altéré	5,00	1,91E05	25
Gneiss fragmenté	10,90	1,91E05	25

Charges ponctuelles

No	Z	T	M	K	C
0	10,90	250,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	8,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	7,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	5,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	0,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
5	-10,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Définition de g(z)

Couche	z	g(z)
Remblais	10,90	0,0330
Remblais	10,80	0,0330
Remblais	10,70	0,0329
Remblais	10,60	0,0329
Remblais	10,50	0,0327
Remblais	10,40	0,0326
Remblais	10,30	0,0324
Remblais	10,20	0,0322
Remblais	10,10	0,0320
Remblais	10,00	0,0317
Remblais	9,90	0,0314
Remblais	9,80	0,0310
Remblais	9,70	0,0307
Remblais	9,60	0,0303
Remblais	9,50	0,0299
Remblais	9,40	0,0294
Remblais	9,30	0,0289
Remblais	9,20	0,0284
Remblais	9,10	0,0279
Remblais	9,00	0,0273
Remblais	8,90	0,0267
Alluvions	8,80	0,0261
Alluvions	8,70	0,0254
Alluvions	8,60	0,0248
Alluvions	8,50	0,0241
Alluvions	8,40	0,0233
Alluvions	8,30	0,0226
Alluvions	8,20	0,0218
Alluvions	8,10	0,0210
Alluvions	8,00	0,0202
Alluvions	7,90	0,0194
Alluvions	7,80	0,0185
Alluvions	7,70	0,0177
Alluvions	7,60	0,0168
Alluvions	7,50	0,0159
Alluvions	7,40	0,0150
Gneiss décomposé	7,30	0,0141
Gneiss décomposé	7,20	0,0131
Gneiss décomposé	7,10	0,0121
Gneiss décomposé	7,00	0,0112
Gneiss décomposé	6,90	0,0102
Gneiss décomposé	6,80	0,0092
Gneiss décomposé	6,70	0,0082
Gneiss décomposé	6,60	0,0072
Gneiss décomposé	6,50	0,0062
Gneiss décomposé	6,40	0,0052
Gneiss décomposé	6,30	0,0041
Gneiss décomposé	6,20	0,0031
Gneiss décomposé	6,10	0,0021
Gneiss décomposé	6,00	0,0010
Gneiss décomposé	5,90	0,0000

File : T:\GC\Service Géotechnique\2016 Géotechnique\Géotechnique\Nantes\Rapport\De 051 à 100\ONA2.G.0090 Saint nazaire A. B

Calcul réalisé le : 25/07/2016 à 15h13
par : GINGER CEBTP

Titre du calcul : Titre du calcul

nb d'incrémentations : 020
itération : 001Cote de référence : 10.900
Inclinaison(°) : 0.000

Type de calcul : Calcul de Pieu sous sollicitations latérales

Loi élastoplastique de mobilisation de la réaction latérale du sol définie à partir des caractéristiques pressiométriques

Type de sollicitations : 4. Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	EI	EM	alpha	B	pf	pl
01	8.90	0.191E+06	5000.00	0.50	0.600	200.00	500.00
02	7.40	0.191E+06	2000.00	0.67	0.600	100.00	200.00
03	5.90	0.191E+06	8000.00	0.67	0.600	300.00	800.00
04	0.90	0.191E+06	40000.00	0.50	0.600	1300.00	2500.00
05	-10.00	0.191E+06	100000.00	0.50	0.600	5000.00	5000.00

Discrétisation du pieu (Paramètres du calcul)

Elément	XL	EI	ks1*B	p1*B	ks2*B	p2*B
001	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
002	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
003	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
004	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
005	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
006	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
007	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
008	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
009	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
010	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
011	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
012	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
013	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
014	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
015	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
016	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
017	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
018	0.188	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
019	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
020	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
021	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
022	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
023	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
024	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
025	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
026	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
027	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
028	0.150	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
029	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
030	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
031	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
032	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
033	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
034	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
035	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
036	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04

037	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
038	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
039	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
040	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
041	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
042	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
043	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
044	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
045	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
046	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
047	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
048	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
049	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
050	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
051	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
052	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
053	0.200	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
054	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
055	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
056	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
057	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
058	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
059	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
060	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
061	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
062	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
063	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
064	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
065	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
066	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
067	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
068	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
069	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
070	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
071	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
072	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
073	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
074	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
075	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
076	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
077	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
078	0.436	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04

Nombre total d'éléments : 078

Points de calcul (repère local)

Noeud	Xn	cote
001	0.000	10.900
002	0.200	10.700
003	0.400	10.500
004	0.600	10.300
005	0.800	10.100
006	1.000	9.900
007	1.200	9.700
008	1.400	9.500
009	1.600	9.300
010	1.800	9.100
011	2.000	8.900
012	2.188	8.713
013	2.375	8.525
014	2.562	8.338
015	2.750	8.150
016	2.938	7.963
017	3.125	7.775
018	3.312	7.588
019	3.500	7.400
020	3.650	7.250
021	3.800	7.100
022	3.950	6.950
023	4.100	6.800
024	4.250	6.650
025	4.400	6.500
026	4.550	6.350
027	4.700	6.200
028	4.850	6.050
029	5.000	5.900
030	5.200	5.700
031	5.400	5.500
032	5.600	5.300
033	5.800	5.100

034	6.000	4.900
035	6.200	4.700
036	6.400	4.500
037	6.600	4.300
038	6.800	4.100
039	7.000	3.900
040	7.200	3.700
041	7.400	3.500
042	7.600	3.300
043	7.800	3.100
044	8.000	2.900
045	8.200	2.700
046	8.400	2.500
047	8.600	2.300
048	8.800	2.100
049	9.000	1.900
050	9.200	1.700
051	9.400	1.500
052	9.600	1.300
053	9.800	1.100
054	10.000	0.900
055	10.436	0.464
056	10.872	0.028
057	11.308	-0.408
058	11.744	-0.844
059	12.180	-1.280
060	12.616	-1.716
061	13.052	-2.152
062	13.488	-2.588
063	13.924	-3.024
064	14.360	-3.460
065	14.796	-3.896
066	15.232	-4.332
067	15.668	-4.768
068	16.104	-5.204
069	16.540	-5.640
070	16.976	-6.076
071	17.412	-6.512
072	17.848	-6.948
073	18.284	-7.384
074	18.720	-7.820
075	19.156	-8.256
076	19.592	-8.692
077	20.028	-9.128
078	20.464	-9.564
079	20.900	-10.000

Nombre total de noeuds : 079

Charges ponctuelles (repère local)

Noeud	T	Mx
001	250.000	0.000

Déformée libre du sol

Noeud	cote	abscisse	g(z)	g(z)-projetée
001	10.900	0.000	0.0330	0.0330
002	10.700	0.200	0.0329	0.0329
002	10.700	0.200	0.0329	0.0329
003	10.500	0.400	0.0327	0.0327
003	10.500	0.400	0.0327	0.0327
004	10.300	0.600	0.0324	0.0324
004	10.300	0.600	0.0324	0.0324
005	10.100	0.800	0.0320	0.0320
005	10.100	0.800	0.0320	0.0320
006	9.900	1.000	0.0314	0.0314
006	9.900	1.000	0.0314	0.0314
007	9.700	1.200	0.0307	0.0307
007	9.700	1.200	0.0307	0.0307
008	9.500	1.400	0.0299	0.0299
008	9.500	1.400	0.0299	0.0299
009	9.300	1.600	0.0289	0.0289
009	9.300	1.600	0.0289	0.0289
010	9.100	1.800	0.0279	0.0279
010	9.100	1.800	0.0279	0.0279
011	8.900	2.000	0.0267	0.0267

011	8.900	2.000	0.0267	0.0267
012	8.713	2.188	0.0255	0.0255
012	8.713	2.188	0.0255	0.0255
013	8.525	2.375	0.0243	0.0243
013	8.525	2.375	0.0243	0.0243
014	8.338	2.562	0.0229	0.0229
014	8.338	2.562	0.0229	0.0229
015	8.150	2.750	0.0214	0.0214
015	8.150	2.750	0.0214	0.0214
016	7.963	2.938	0.0199	0.0199
016	7.963	2.938	0.0199	0.0199
017	7.775	3.125	0.0183	0.0183
017	7.775	3.125	0.0183	0.0183
018	7.588	3.312	0.0167	0.0167
018	7.588	3.312	0.0167	0.0167
019	7.400	3.500	0.0150	0.0150
019	7.400	3.500	0.0150	0.0150
020	7.250	3.650	0.0136	0.0136
020	7.250	3.650	0.0136	0.0136
021	7.100	3.800	0.0121	0.0121
021	7.100	3.800	0.0121	0.0121
022	6.950	3.950	0.0107	0.0107
022	6.950	3.950	0.0107	0.0107
023	6.800	4.100	0.0092	0.0092
023	6.800	4.100	0.0092	0.0092
024	6.650	4.250	0.0077	0.0077
024	6.650	4.250	0.0077	0.0077
025	6.500	4.400	0.0062	0.0062
025	6.500	4.400	0.0062	0.0062
026	6.350	4.550	0.0046	0.0046
026	6.350	4.550	0.0046	0.0046
027	6.200	4.700	0.0031	0.0031
027	6.200	4.700	0.0031	0.0031
028	6.050	4.850	0.0015	0.0015
028	6.050	4.850	0.0015	0.0015
029	5.900	5.000	0.0000	0.0000

=====
 =====SOLUTION=====

Matrice de raideur en tête du pieu

$$\begin{bmatrix} T \\ M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r1 & r2 \\ r2 & r3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T0 \\ M0 \end{bmatrix}$$

r1 = 0.4164E+05 T0 = -0.1062E+04
 r2 = -0.5702E+05 M0 = 0.9737E+03
 r3 = 0.1512E+06

Déplacements et sollicitations en tout point du pieu

Notations

Z : cote (longueur)
 X : abscisse - repère local du pieu (longueur)
 y : flèche absolue latérale du pieu (longueur)
 w : rotation (=dy/dX)
 g : déformée libre du sol projetée (longueur)
 M : moment fléchissant (force x longueur)
 T : effort tranchant (force)
 r : réaction latérale du sol (force / unité de surface)

Elément	Z	X	y	g	w	T	M	r	palier
001	10.900	0.000	0.469E-01	0.330E-01	-0.113E-01	0.250E+03	-0.694E-08	0.361E+03	2
001	10.800	0.100	0.458E-01	0.330E-01	-0.112E-01	0.229E+03	0.239E+02	0.341E+03	2
001	10.700	0.200	0.447E-01	0.329E-01	-0.112E-01	0.209E+03	0.458E+02	0.320E+03	2
002	10.700	0.200	0.447E-01	0.329E-01	-0.112E-01	0.209E+03	0.458E+02	0.320E+03	2
002	10.600	0.300	0.436E-01	0.328E-01	-0.112E-01	0.190E+03	0.658E+02	0.301E+03	2
002	10.500	0.400	0.424E-01	0.327E-01	-0.112E-01	0.173E+03	0.840E+02	0.282E+03	2
003	10.500	0.400	0.424E-01	0.327E-01	-0.112E-01	0.173E+03	0.840E+02	0.282E+03	2
003	10.400	0.500	0.413E-01	0.325E-01	-0.111E-01	0.157E+03	0.100E+03	0.264E+03	2
003	10.300	0.600	0.402E-01	0.324E-01	-0.111E-01	0.141E+03	0.115E+03	0.246E+03	2

061	-2.370	13.270	0.482E-05	0.000E+00	-0.710E-05	0.393E+00	0.963E+00	0.361E+01	1
061	-2.588	13.488	0.339E-05	0.000E+00	-0.597E-05	-0.743E-02	0.100E+01	0.254E+01	1
062	-2.588	13.488	0.339E-05	0.000E+00	-0.597E-05	-0.743E-02	0.100E+01	0.254E+01	1
062	-2.806	13.706	0.222E-05	0.000E+00	-0.484E-05	-0.280E+00	0.969E+00	0.166E+01	1
062	-3.024	13.924	0.128E-05	0.000E+00	-0.377E-05	-0.449E+00	0.888E+00	0.958E+00	1
063	-3.024	13.924	0.128E-05	0.000E+00	-0.377E-05	-0.449E+00	0.888E+00	0.958E+00	1
063	-3.242	14.142	0.562E-06	0.000E+00	-0.282E-05	-0.538E+00	0.779E+00	0.421E+00	1
063	-3.460	14.360	0.392E-07	0.000E+00	-0.200E-05	-0.566E+00	0.658E+00	0.294E-01	1
064	-3.460	14.360	0.392E-07	0.000E+00	-0.200E-05	-0.566E+00	0.658E+00	0.294E-01	1
064	-3.678	14.578	-0.320E-06	0.000E+00	-0.132E-05	-0.551E+00	0.535E+00	-0.240E+00	1
064	-3.896	14.796	-0.546E-06	0.000E+00	-0.776E-06	-0.507E+00	0.419E+00	-0.409E+00	1
065	-3.896	14.796	-0.546E-06	0.000E+00	-0.776E-06	-0.507E+00	0.419E+00	-0.409E+00	1
065	-4.114	15.014	-0.668E-06	0.000E+00	-0.358E-06	-0.447E+00	0.315E+00	-0.500E+00	1
065	-4.332	15.232	-0.710E-06	0.000E+00	-0.508E-07	-0.379E+00	0.225E+00	-0.532E+00	1
066	-4.332	15.232	-0.710E-06	0.000E+00	-0.508E-07	-0.379E+00	0.225E+00	-0.532E+00	1
066	-4.550	15.450	-0.697E-06	0.000E+00	-0.162E-06	-0.310E+00	0.150E+00	-0.522E+00	1
066	-4.768	15.668	-0.645E-06	0.000E+00	0.297E-06	-0.244E+00	0.897E-01	-0.483E+00	1
067	-4.768	15.668	-0.645E-06	0.000E+00	0.297E-06	-0.244E+00	0.897E-01	-0.483E+00	1
067	-4.986	15.886	-0.571E-06	0.000E+00	0.372E-06	-0.184E+00	0.431E-01	-0.428E+00	1
067	-5.204	16.104	-0.487E-06	0.000E+00	0.400E-06	-0.132E+00	0.874E-02	-0.364E+00	1
068	-5.204	16.104	-0.487E-06	0.000E+00	0.400E-06	-0.132E+00	0.874E-02	-0.364E+00	1
068	-5.422	16.322	-0.399E-06	0.000E+00	0.396E-06	-0.890E-01	-0.152E-01	-0.299E+00	1
068	-5.640	16.540	-0.316E-06	0.000E+00	0.369E-06	-0.540E-01	-0.307E-01	-0.236E+00	1
069	-5.640	16.540	-0.316E-06	0.000E+00	0.369E-06	-0.540E-01	-0.307E-01	-0.236E+00	1
069	-5.858	16.758	-0.240E-06	0.000E+00	0.328E-06	-0.269E-01	-0.394E-01	-0.179E+00	1
069	-6.076	16.976	-0.173E-06	0.000E+00	0.281E-06	-0.679E-02	-0.429E-01	-0.130E+00	1
070	-6.076	16.976	-0.173E-06	0.000E+00	0.281E-06	-0.679E-02	-0.429E-01	-0.130E+00	1
070	-6.294	17.194	-0.117E-06	0.000E+00	0.232E-06	0.735E-02	-0.428E-01	-0.878E-01	1
070	-6.512	17.412	-0.720E-07	0.000E+00	0.184E-06	0.165E-01	-0.401E-01	-0.539E-01	1
071	-6.512	17.412	-0.720E-07	0.000E+00	0.184E-06	0.165E-01	-0.401E-01	-0.539E-01	1
071	-6.730	17.630	-0.367E-07	0.000E+00	0.141E-06	0.218E-01	-0.358E-01	-0.275E-01	1
071	-6.948	17.848	-0.103E-07	0.000E+00	0.103E-06	0.240E-01	-0.308E-01	-0.773E-02	1
072	-6.948	17.848	-0.103E-07	0.000E+00	0.103E-06	0.240E-01	-0.308E-01	-0.773E-02	1
072	-7.166	18.066	0.842E-08	0.000E+00	0.704E-07	0.241E-01	-0.255E-01	0.630E-02	1
072	-7.384	18.284	0.208E-07	0.000E+00	0.442E-07	0.226E-01	-0.204E-01	0.156E-01	1
073	-7.384	18.284	0.208E-07	0.000E+00	0.442E-07	0.226E-01	-0.204E-01	0.156E-01	1
073	-7.602	18.502	0.281E-07	0.000E+00	0.236E-07	0.201E-01	-0.157E-01	0.211E-01	1
073	-7.820	18.720	0.315E-07	0.000E+00	0.804E-08	0.172E-01	-0.117E-01	0.236E-01	1
074	-7.820	18.720	0.315E-07	0.000E+00	0.804E-08	0.172E-01	-0.117E-01	0.236E-01	1
074	-8.038	18.938	0.319E-07	0.000E+00	-0.327E-08	0.141E-01	-0.826E-02	0.239E-01	1
074	-8.256	19.156	0.303E-07	0.000E+00	-0.111E-07	0.110E-01	-0.553E-02	0.227E-01	1
075	-8.256	19.156	0.303E-07	0.000E+00	-0.111E-07	0.110E-01	-0.553E-02	0.227E-01	1
075	-8.474	19.374	0.273E-07	0.000E+00	-0.161E-07	0.819E-02	-0.344E-02	0.204E-01	1
075	-8.692	19.592	0.234E-07	0.000E+00	-0.192E-07	0.570E-02	-0.193E-02	0.175E-01	1
076	-8.692	19.592	0.234E-07	0.000E+00	-0.192E-07	0.570E-02	-0.193E-02	0.175E-01	1
076	-8.910	19.810	0.190E-07	0.000E+00	-0.207E-07	0.362E-02	-0.926E-03	0.143E-01	1
076	-9.128	20.028	0.144E-07	0.000E+00	-0.214E-07	0.197E-02	-0.325E-03	0.108E-01	1
077	-9.128	20.028	0.144E-07	0.000E+00	-0.214E-07	0.197E-02	-0.325E-03	0.108E-01	1
077	-9.346	20.246	0.974E-08	0.000E+00	-0.216E-07	0.790E-03	-0.325E-04	0.730E-02	1
077	-9.564	20.464	0.503E-08	0.000E+00	-0.216E-07	0.661E-04	0.524E-04	0.377E-02	1
078	-9.564	20.464	0.503E-08	0.000E+00	-0.216E-07	0.661E-04	0.524E-04	0.377E-02	1
078	-9.782	20.682	0.336E-09	0.000E+00	-0.215E-07	-0.197E-03	0.298E-04	0.252E-03	1
078	-10.000	20.900	-0.435E-08	0.000E+00	-0.215E-07	-0.654E-14	-0.874E-13	-0.326E-02	1
max+			0.469E-01	0.330E-01	0.260E-03	0.250E+03	0.510E+03	0.103E+04	
max-			-0.571E-03	0.000E+00	-0.113E-01	-0.229E+03	-0.234E+02	-0.171E+03	

 RESULTATS COMPLEMENTAIRES

Charges de flambement pour chaque mode

Mode	Charge
001	0.599E+05
002	0.224E+06
003	0.293E+06
004	0.304E+06
005	0.449E+06
006	0.503E+06
007	0.600E+06
008	0.643E+06
009	0.689E+06
010	0.752E+06
011	0.810E+06
012	0.910E+06
013	0.103E+07
014	0.115E+07
015	0.118E+07
016	0.129E+07
017	0.144E+07

018	0.160E+07
019	0.176E+07
020	0.194E+07
021	0.212E+07
022	0.231E+07
023	0.237E+07
024	0.252E+07
025	0.273E+07
026	0.295E+07
027	0.318E+07
028	0.342E+07
029	0.367E+07
030	0.393E+07
031	0.420E+07
032	0.448E+07
033	0.477E+07
034	0.507E+07
035	0.538E+07
036	0.570E+07
037	0.603E+07
038	0.637E+07
039	0.672E+07
040	0.709E+07
041	0.745E+07
042	0.784E+07
043	0.821E+07
044	0.823E+07
045	0.864E+07
046	0.901E+07
047	0.946E+07
048	0.976E+07
049	0.103E+08
050	0.111E+08
051	0.119E+08
052	0.122E+08
053	0.127E+08
054	0.131E+08
055	0.137E+08
056	0.142E+08
057	0.148E+08
058	0.154E+08
059	0.160E+08
060	0.167E+08
061	0.173E+08
062	0.180E+08
063	0.186E+08
064	0.194E+08
065	0.200E+08
066	0.208E+08
067	0.215E+08
068	0.223E+08
069	0.232E+08
070	0.239E+08
071	0.248E+08
072	0.256E+08
073	0.265E+08
074	0.274E+08
075	0.282E+08
076	0.293E+08
077	0.301E+08
078	0.312E+08
079	0.322E+08

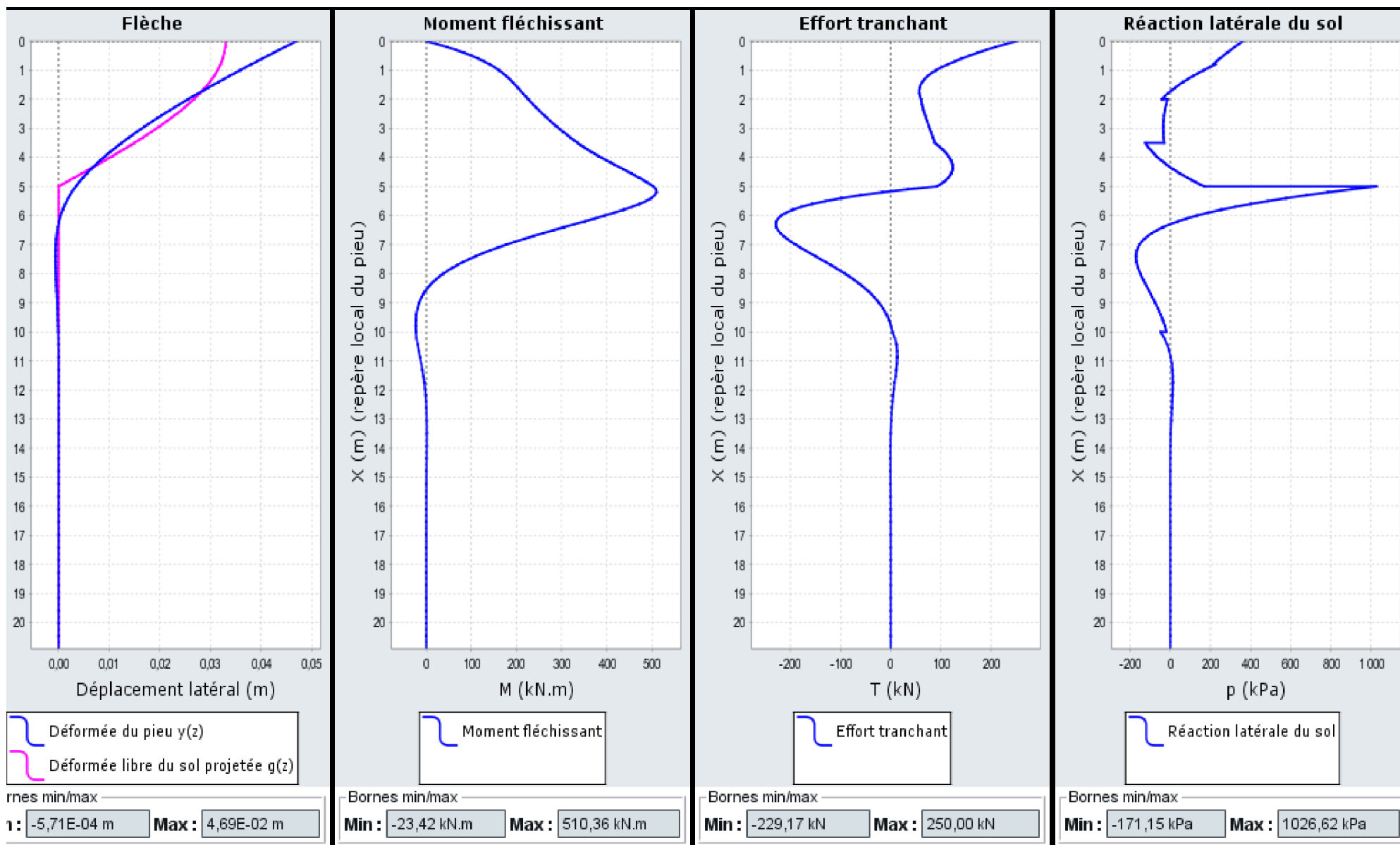
Mode de flambement critique

Xn	Yn
0.000	0.100E+01
0.200	0.895E+00
0.400	0.792E+00
0.600	0.691E+00
0.800	0.593E+00
1.000	0.500E+00
1.200	0.412E+00
1.400	0.330E+00
1.600	0.255E+00
1.800	0.186E+00
2.000	0.124E+00
2.188	0.727E-01
2.375	0.276E-01
2.562	-0.113E-01
2.750	-0.441E-01
2.938	-0.711E-01
3.125	-0.926E-01

3.312	-0.109E+00
3.500	-0.120E+00
3.650	-0.126E+00
3.800	-0.129E+00
3.950	-0.130E+00
4.100	-0.129E+00
4.250	-0.125E+00
4.400	-0.121E+00
4.550	-0.115E+00
4.700	-0.107E+00
4.850	-0.994E-01
5.000	-0.909E-01
5.200	-0.790E-01
5.400	-0.671E-01
5.600	-0.556E-01
5.800	-0.448E-01
6.000	-0.349E-01
6.200	-0.261E-01
6.400	-0.183E-01
6.600	-0.117E-01
6.800	-0.613E-02
7.000	-0.163E-02
7.200	0.190E-02
7.400	0.456E-02
7.600	0.646E-02
7.800	0.770E-02
8.000	0.838E-02
8.200	0.860E-02
8.400	0.847E-02
8.600	0.805E-02
8.800	0.743E-02
9.000	0.668E-02
9.200	0.584E-02
9.400	0.498E-02
9.600	0.412E-02
9.800	0.329E-02
10.000	0.254E-02
10.436	0.119E-02
10.872	0.290E-03
11.308	-0.203E-03
11.744	-0.401E-03
12.180	-0.416E-03
12.616	-0.339E-03
13.052	-0.233E-03
13.488	-0.134E-03
13.924	-0.592E-04
14.360	-0.108E-04
14.796	0.148E-04
15.232	0.243E-04
15.668	0.239E-04
16.104	0.189E-04
16.540	0.127E-04
16.976	0.704E-05
17.412	0.287E-05
17.848	0.250E-06
18.284	-0.110E-05
18.720	-0.155E-05
19.156	-0.146E-05
19.592	-0.109E-05
20.028	-0.600E-06
20.464	-0.593E-07
20.900	0.502E-06

>HTG

Résultats principaux





ANNEXE 6 : RESULTATS FOXTA – ZONE SUD

Données

Titre du projet : Pôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - SAINT NAZAIRE (44) (pieu n°2)

Numéro d'affaire : ONA2.G.0090

Commentaires : N/A

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF.P 94-262

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,10

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,60

Classe du pieu : 2 - Pieu tarière creuse

Catégorie du pieu : 6 [FTC, FTCD] - Foré tarière creuse simple rotation, ou double rotation

Ancrage dans la craie : Non

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs	0,503	0,615	0,719	0,791
Pondérations combinées sur Qp	0,359	0,439	0,719	0,791

Cote de référence (m) : 10,90

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax
1	Remblais		Argile, limons	7,90	0,10	0,02	1,30
2	Alluvions		Argile, limons	4,90	0,10	0,02	1,30
3	Gneiss décomposé		Argile, limons	2,90	800,00	59,73	1,30
4	Gneiss altéré		Roche altérée et fragmentée	-1,10	2500,00	167,91	2,00
5	Gneiss fragmenté		Roche altérée et fragmentée	-10,00	5000,00	200,00	2,00

Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 13,00

File : T:\GC\Service Géotechnique\2016 Géotechnique\Géotechnique\Nantes\Rapport\De 051 à 100\ONA2.G.0090 Saint nazaire A. B

Calcul réalisé le : 28/07/2016 à 16h51
par : GINGER CEBTP

Options du calcul :

- calcul basé sur des paramètres issus du pressiomètre de Ménard
- calcul selon les règles de la norme NF P 94 262
- profil de pression limite pl* défini par couche
- pour pieu de catégorie : 6
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.503	0.615	0.719	0.791
Pointe	0.359	0.439	0.719	0.791

Cote de référence : 10.900

Section du pieu : 0.283
Périmètre : 1.885

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax
01	7.90	0.1	0.02	1.00	1.30
02	4.90	0.1	0.02	1.00	1.30
03	2.90	800.0	59.73	1.00	1.30
04	-1.10	2500.0	167.91	1.00	2.00
05	-10.00	5000.0	200.00	1.00	2.00

Pas du calcul : 0.10

SOLUTION

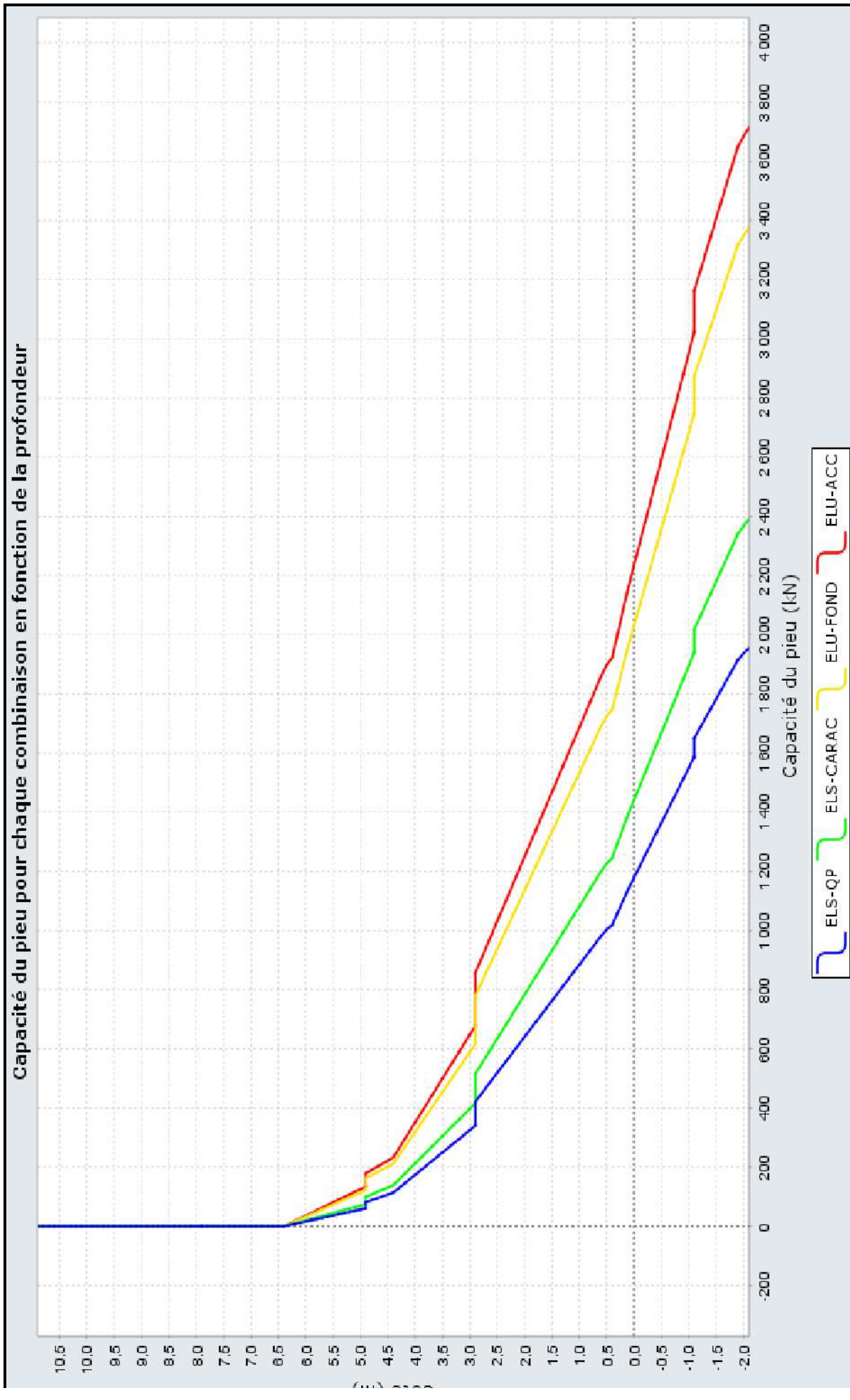
Calcul à longueur imposée : L = 13.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	10.90	0.02	0.1	1.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.80	0.02	0.1	1.010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.70	0.02	0.1	1.020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.60	0.02	0.1	1.030	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.50	0.02	0.1	1.040	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.40	0.02	0.1	1.050	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.30	0.02	0.1	1.060	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.20	0.02	0.1	1.070	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.10	0.02	0.1	1.080	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
01	10.00	0.02	0.1	1.090	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
01	9.90	0.02	0.1	1.100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
01	9.80	0.02	0.1	1.110	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
01	9.70	0.02	0.1	1.120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
01	9.60	0.02	0.1	1.130	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
01	9.50	0.02	0.1	1.140	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
01	9.40	0.02	0.1	1.150	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
01	9.30	0.02	0.1	1.160	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
01	9.20	0.02	0.1	1.170	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
01	9.10	0.02	0.1	1.180	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
01	9.00	0.02	0.1	1.190	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1

01	8.90	0.02	0.1	1.200	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.80	0.02	0.1	1.210	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.70	0.02	0.1	1.220	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.60	0.02	0.1	1.230	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.50	0.02	0.1	1.240	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.40	0.02	0.1	1.250	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.30	0.02	0.1	1.260	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.20	0.02	0.1	1.270	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.10	0.02	0.1	1.280	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	8.00	0.02	0.1	1.290	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	7.90	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
01	7.90	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.90	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.80	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.70	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.60	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.50	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.40	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.30	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.20	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.10	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	7.00	0.02	0.1	1.300	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	6.90	0.02	0.1	1.300	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
02	6.80	0.02	0.1	1.300	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
02	6.70	0.02	0.1	1.300	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
02	6.60	0.02	0.1	1.300	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
02	6.50	0.02	0.1	1.300	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
02	6.40	0.02	0.1	1.300	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2
02	6.30	0.02	40.1	1.001	0.2	11.3	4.2	5.1	8.3	9.1
02	6.20	0.02	80.1	1.001	0.2	22.7	8.2	10.1	16.4	18.1
02	6.10	0.02	120.1	1.000	0.2	34.0	12.3	15.0	24.6	27.0
02	6.00	0.02	160.1	1.000	0.2	45.3	16.3	20.0	32.7	36.0
02	5.90	0.02	200.1	1.000	0.2	56.6	20.4	25.0	40.8	44.9
02	5.80	0.02	240.1	1.000	0.2	67.9	24.5	29.9	49.0	53.9
02	5.70	0.02	280.1	1.000	0.2	79.2	28.5	34.9	57.1	62.8
02	5.60	0.02	320.1	1.000	0.2	90.5	32.6	39.9	65.2	71.8
02	5.50	0.02	360.1	1.000	0.2	101.8	36.7	44.8	73.4	80.7
02	5.40	0.02	400.0	1.000	0.2	113.1	40.7	49.8	81.5	89.6
02	5.30	0.02	440.0	1.000	0.2	124.4	44.8	54.8	89.6	98.6
02	5.20	0.02	480.0	1.000	0.2	135.7	48.8	59.7	97.8	107.5
02	5.10	0.02	520.0	1.000	0.2	147.1	52.9	64.7	105.9	116.5
02	5.00	0.02	560.0	1.000	0.2	158.4	57.0	69.7	114.0	125.4
02	4.90	0.02	600.0	1.000	0.2	169.7	61.0	74.6	122.2	134.4
02	4.90	0.02	600.0	1.000	0.2	169.7	61.0	74.6	122.2	134.4
03	4.90	59.73	800.0	1.000	0.2	226.2	81.3	99.4	162.8	179.1
03	4.80	59.73	800.0	1.010	11.5	228.5	87.8	107.4	172.5	189.8
03	4.70	59.73	800.0	1.020	22.7	230.7	94.3	115.3	182.3	200.5
03	4.60	59.73	800.0	1.030	34.0	233.0	100.7	123.2	192.0	211.2
03	4.50	59.73	800.0	1.040	45.3	235.3	107.2	131.1	201.7	221.9
03	4.40	59.73	800.0	1.050	56.5	237.5	113.7	139.0	211.4	232.6
03	4.30	59.73	885.0	1.054	67.8	263.8	128.8	157.5	238.4	262.3
03	4.20	59.73	970.0	1.058	79.0	290.1	143.9	176.0	265.4	292.0
03	4.10	59.73	1055.0	1.061	90.3	316.4	159.0	194.4	292.4	321.7
03	4.00	59.73	1140.0	1.063	101.6	342.7	174.1	212.9	319.4	351.4
03	3.90	59.73	1225.0	1.065	112.8	369.0	189.2	231.4	346.4	381.1
03	3.80	59.73	1310.0	1.067	124.1	395.3	204.3	249.8	373.4	410.8
03	3.70	59.73	1395.0	1.069	135.3	421.6	219.4	268.3	400.4	440.5
03	3.60	59.73	1480.0	1.070	146.6	447.9	234.5	286.8	427.4	470.2
03	3.50	59.73	1565.0	1.072	157.8	474.2	249.6	305.2	454.4	499.9
03	3.40	59.73	1650.0	1.073	169.1	500.5	264.7	323.7	481.4	529.6
03	3.30	59.73	1735.0	1.074	180.4	526.8	279.8	342.2	508.4	559.3
03	3.20	59.73	1820.0	1.075	191.6	553.1	294.9	360.6	535.4	589.0
03	3.10	59.73	1905.0	1.076	202.9	579.4	310.0	379.1	562.4	618.8
03	3.00	59.73	1990.0	1.076	214.1	605.6	325.1	397.6	589.4	648.5
03	2.90	59.73	2075.0	1.077	225.4	631.9	340.2	416.0	616.4	678.2
03	2.90	59.73	2075.0	1.077	225.4	631.9	340.2	416.0	616.4	678.2
04	2.90	167.91	2500.0	1.213	225.4	857.7	421.3	515.1	778.7	856.7
04	2.80	167.91	2500.0	1.247	257.1	881.3	445.7	545.0	818.4	900.4
04	2.70	167.91	2500.0	1.280	288.7	904.8	470.0	574.8	858.1	944.1
04	2.60	167.91	2500.0	1.313	320.4	928.4	494.4	604.6	897.8	987.7
04	2.50	167.91	2500.0	1.347	352.0	951.9	518.8	634.4	937.5	1031.4
04	2.40	167.91	2500.0	1.380	383.7	975.5	543.2	664.2	977.2	1075.1
04	2.30	167.91	2500.0	1.413	415.3	999.1	567.6	694.0	1016.9	1118.8
04	2.20	167.91	2500.0	1.447	447.0	1022.6	591.9	723.8	1056.6	1162.4
04	2.10	167.91	2500.0	1.480	478.6	1046.2	616.3	753.6	1096.3	1206.1
04	2.00	167.91	2500.0	1.513	510.3	1069.7	640.7	783.4	1136.0	1249.8
04	1.90	167.91	2500.0	1.547	541.9	1093.3	665.1	813.2	1175.7	1293.4
04	1.80	167.91	2500.0	1.580	573.6	1116.9	689.5	843.0	1215.4	1337.1
04	1.70	167.91	2500.0	1.613	605.2	1140.4	713.8	872.8	1255.1	1380.8
04	1.60	167.91	2500.0	1.647	636.9	1164.0	738.2	902.7	1294.8	1424.5
04	1.50	167.91	2500.0	1.680	668.5	1187.5	762.6	932.5	1334.5	1468.1
04	1.40	167.91	2500.0	1.713	700.2	1211.1	787.0	962.3	1374.2	1511.8
04	1.30	167.91	2500.0	1.747	731.8	1234.7	811.3	992.1	1413.9	1555.5
04	1.20	167.91	2500.0	1.780	763.5	1258.2	835.7	1021.9	1453.6	1599.2
04	1.10	167.91	2500.0	1.813	795.1	1281.8	860.1	1051.7	1493.3	1642.8
04	1.00	167.91	2500.0	1.847	826.8	1305.4	884.5	1081.5	1533.0	1686.5

04	0.90	167.91	2500.0	1.880	858.4	1328.9	908.9	1111.3	1572.7	1730.2
04	0.80	167.91	2500.0	1.913	890.1	1352.5	933.2	1141.1	1612.4	1773.8
04	0.70	167.91	2500.0	1.947	921.7	1376.0	957.6	1170.9	1652.1	1817.5
04	0.60	167.91	2500.0	1.980	953.4	1399.6	982.0	1200.7	1691.8	1861.2
04	0.50	167.91	2500.0	2.000	985.0	1413.7	1003.0	1226.4	1724.7	1897.4
04	0.40	167.91	2500.0	2.000	1016.7	1413.7	1018.9	1245.9	1747.4	1922.4
04	0.30	167.91	2625.0	2.000	1048.3	1484.4	1060.2	1296.4	1821.0	2003.4
04	0.20	167.91	2750.0	2.000	1080.0	1555.1	1101.5	1346.9	1894.6	2084.3
04	0.10	167.91	2875.0	1.997	1111.6	1623.4	1142.0	1396.3	1966.5	2163.4
04	0.00	167.91	3000.0	1.983	1143.3	1682.3	1179.0	1441.7	2031.6	2235.0
04	-0.10	167.91	3125.0	1.971	1174.9	1741.2	1216.1	1487.0	2096.7	2306.7
04	-0.20	167.91	3250.0	1.959	1206.6	1800.1	1253.2	1532.3	2161.8	2378.3
04	-0.30	167.91	3375.0	1.948	1238.2	1859.0	1290.2	1577.6	2226.9	2449.9
04	-0.40	167.91	3500.0	1.938	1269.9	1917.9	1327.3	1622.9	2292.0	2521.6
04	-0.50	167.91	3625.0	1.929	1301.5	1976.9	1364.4	1668.3	2357.1	2593.2
04	-0.60	167.91	3750.0	1.920	1333.2	2035.8	1401.4	1713.6	2422.3	2664.8
04	-0.70	167.91	3875.0	1.912	1364.8	2094.7	1438.5	1758.9	2487.4	2736.4
04	-0.80	167.91	4000.0	1.904	1396.5	2153.6	1475.6	1804.2	2552.5	2808.1
04	-0.90	167.91	4125.0	1.897	1428.1	2212.5	1512.6	1849.6	2617.6	2879.7
04	-1.00	167.91	4250.0	1.890	1459.8	2271.4	1549.7	1894.9	2682.7	2951.3
04	-1.10	167.91	4375.0	1.884	1491.4	2330.3	1586.8	1940.2	2747.8	3023.0
04	-1.10	167.91	4375.0	1.884	1491.4	2330.3	1586.8	1940.2	2747.8	3023.0
05	-1.10	200.00	5000.0	1.773	1491.4	2507.0	1650.2	2017.8	2874.9	3162.7
05	-1.20	200.00	5000.0	1.801	1529.1	2546.6	1683.4	2058.4	2930.4	3223.9
05	-1.30	200.00	5000.0	1.829	1566.8	2586.2	1716.5	2098.9	2986.0	3285.0
05	-1.40	200.00	5000.0	1.857	1604.5	2625.7	1749.7	2139.5	3041.6	3346.1
05	-1.50	200.00	5000.0	1.885	1642.2	2665.3	1782.9	2180.0	3097.1	3407.3
05	-1.60	200.00	5000.0	1.913	1679.9	2704.9	1816.1	2220.6	3152.7	3468.4
05	-1.70	200.00	5000.0	1.941	1717.6	2744.5	1849.2	2261.2	3208.3	3529.5
05	-1.80	200.00	5000.0	1.969	1755.3	2784.1	1882.4	2301.7	3263.8	3590.7
05	-1.90	200.00	5000.0	1.997	1793.0	2823.7	1915.6	2342.3	3319.4	3651.8
05	-2.00	200.00	5000.0	2.000	1830.7	2827.4	1935.9	2367.1	3349.2	3684.6
05	-2.10	200.00	5000.0	2.000	1868.4	2827.4	1954.9	2390.3	3376.3	3714.4

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



Données

Titre du projet : Pôle aéronautique - Lycée Aristide Briand - SAINT NAZAIRE (44)

Numéro d'affaire : ONA2.G.0090

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Titre du calcul (pieu n°2)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
à partir des données pressiométriques (élastoplastique)
cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête du pieu

Cote de référence (m) : 10,90

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'incréments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Définition des couches de sol

No	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblais		7,90	5,00E03	0,50	0,60	200,00	500,00
2	Alluvions		4,90	2,00E03	0,67	0,60	100,00	200,00
3	Gneiss décomposé		2,90	8,00E03	0,67	0,60	300,00	800,00
4	Gneiss altéré		-1,10	4,00E04	0,50	0,60	1300,00	2500,00
5	Gneiss fragmenté		-11,00	1,00E05	0,50	0,60	5000,00	5000,00

Discretisation

Nom	h	EI	n
Remblais	3,00	1,91E05	15
Alluvions	3,00	1,91E05	10
Gneiss décomposé	2,00	1,91E05	15
Gneiss altéré	4,00	1,91E05	15
Gneiss fragmenté	9,90	1,91E05	25

Charges ponctuelles

No	Z	T	M	K	C
0	10,90	-250,00	0,00	0,00E00	0,00E00
1	7,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	4,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	2,90	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,10	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
5	-11,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Définition de g(z) (1/2)

Couche	z	g(z)
Remblais	10,90	0,0330
Remblais	10,80	0,0330
Remblais	10,70	0,0330
Remblais	10,60	0,0329
Remblais	10,50	0,0329
Remblais	10,40	0,0328
Remblais	10,30	0,0328
Remblais	10,20	0,0327
Remblais	10,10	0,0326
Remblais	10,00	0,0325
Remblais	9,90	0,0324
Remblais	9,80	0,0322
Remblais	9,70	0,0321
Remblais	9,60	0,0319
Remblais	9,50	0,0318
Remblais	9,40	0,0316
Remblais	9,30	0,0314
Remblais	9,20	0,0312
Remblais	9,10	0,0310
Remblais	9,00	0,0307
Remblais	8,90	0,0305
Remblais	8,80	0,0302
Remblais	8,70	0,0300
Remblais	8,60	0,0297
Remblais	8,50	0,0294
Remblais	8,40	0,0291
Remblais	8,30	0,0288
Remblais	8,20	0,0285
Remblais	8,10	0,0281
Remblais	8,00	0,0278
Remblais	7,90	0,0274
Alluvions	7,80	0,0271
Alluvions	7,70	0,0267
Alluvions	7,60	0,0263
Alluvions	7,50	0,0259
Alluvions	7,40	0,0255
Alluvions	7,30	0,0251
Alluvions	7,20	0,0247
Alluvions	7,10	0,0242
Alluvions	7,00	0,0238
Alluvions	6,90	0,0233
Alluvions	6,80	0,0229
Alluvions	6,70	0,0224
Alluvions	6,60	0,0219
Alluvions	6,50	0,0214
Alluvions	6,40	0,0209
Alluvions	6,30	0,0204
Alluvions	6,20	0,0199
Alluvions	6,10	0,0194
Alluvions	6,00	0,0189
Alluvions	5,90	0,0183
Alluvions	5,80	0,0178
Alluvions	5,70	0,0172
Alluvions	5,60	0,0167
Alluvions	5,50	0,0161
Alluvions	5,40	0,0156
Alluvions	5,30	0,0150

Données

Définition de $g(z)$ (2/2)

Couche	z	$g(z)$
Alluvions	5,20	0,0144
Alluvions	5,10	0,0138
Alluvions	5,00	0,0132
Alluvions	4,90	0,0126
Gneiss décomposé	4,80	0,0120
Gneiss décomposé	4,70	0,0114
Gneiss décomposé	4,60	0,0108
Gneiss décomposé	4,50	0,0102
Gneiss décomposé	4,40	0,0096
Gneiss décomposé	4,30	0,0090
Gneiss décomposé	4,20	0,0083
Gneiss décomposé	4,10	0,0077
Gneiss décomposé	4,00	0,0071
Gneiss décomposé	3,90	0,0064
Gneiss décomposé	3,80	0,0058
Gneiss décomposé	3,70	0,0052
Gneiss décomposé	3,60	0,0045
Gneiss décomposé	3,50	0,0039
Gneiss décomposé	3,40	0,0032
Gneiss décomposé	3,30	0,0026
Gneiss décomposé	3,20	0,0019
Gneiss décomposé	3,10	0,0013
Gneiss décomposé	3,00	0,0006
Gneiss décomposé	2,90	0,0000

File : T:\GC\Service Géotechnique\2016 Géotechnique\Géotechnique\Nantes\Rapport\De 051 à 100\ONA2.G.0090 Saint nazaire A. B

Calcul réalisé le : 28/07/2016 à 17h08
par : GINGER CEBTP

Titre du calcul : Titre du calcul

nb d'incrémentations : 020
itération : 002Cote de référence : 10.900
Inclinaison(°) : 0.000

Type de calcul : Calcul de Pieu sous sollicitations latérales

Loi élastoplastique de mobilisation de la réaction latérale du sol définie à partir des caractéristiques pressiométriques

Type de sollicitations : 4. Cas où les sollicitations accidentelles très brèves en tête dominant

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	EI	EM	alpha	B	pf	pl
01	7.90	0.191E+06	5000.00	0.50	0.600	200.00	500.00
02	4.90	0.191E+06	2000.00	0.67	0.600	100.00	200.00
03	2.90	0.191E+06	8000.00	0.67	0.600	300.00	800.00
04	-1.10	0.191E+06	40000.00	0.50	0.600	1300.00	2500.00
05	-11.00	0.191E+06	100000.00	0.50	0.600	5000.00	5000.00

Discrétisation du pieu (Paramètres du calcul)

Elément	XL	EI	ks1*B	p1*B	ks2*B	p2*B
001	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
002	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
003	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
004	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
005	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
006	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
007	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
008	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
009	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
010	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
011	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
012	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
013	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
014	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
015	0.200	0.1910E+06	0.2247E+05	0.1200E+03	0.1123E+05	0.3000E+03
016	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
017	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
018	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
019	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
020	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
021	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
022	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
023	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
024	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
025	0.300	0.1910E+06	0.7427E+04	0.6000E+02	0.3713E+04	0.1200E+03
026	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
027	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
028	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
029	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
030	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
031	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
032	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
033	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
034	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
035	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
036	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03

037	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
038	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
039	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
040	0.133	0.1910E+06	0.2971E+05	0.1800E+03	0.1485E+05	0.4800E+03
041	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
042	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
043	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
044	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
045	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
046	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
047	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
048	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
049	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
050	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
051	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
052	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
053	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
054	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
055	0.267	0.1910E+06	0.1797E+06	0.7800E+03	0.8987E+05	0.1500E+04
056	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
057	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
058	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
059	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
060	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
061	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
062	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
063	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
064	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
065	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
066	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
067	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
068	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
069	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
070	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
071	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
072	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
073	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
074	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
075	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
076	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
077	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
078	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
079	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04
080	0.396	0.1910E+06	0.4494E+06	0.3000E+04	0.2247E+06	0.3000E+04

Nombre total d'éléments : 080

Points de calcul (repère local)

Noeud	Xn	cote
001	0.000	10.900
002	0.200	10.700
003	0.400	10.500
004	0.600	10.300
005	0.800	10.100
006	1.000	9.900
007	1.200	9.700
008	1.400	9.500
009	1.600	9.300
010	1.800	9.100
011	2.000	8.900
012	2.200	8.700
013	2.400	8.500
014	2.600	8.300
015	2.800	8.100
016	3.000	7.900
017	3.300	7.600
018	3.600	7.300
019	3.900	7.000
020	4.200	6.700
021	4.500	6.400
022	4.800	6.100
023	5.100	5.800
024	5.400	5.500
025	5.700	5.200
026	6.000	4.900
027	6.133	4.767
028	6.267	4.633
029	6.400	4.500
030	6.533	4.367
031	6.667	4.233

032	6.800	4.100
033	6.933	3.967
034	7.067	3.833
035	7.200	3.700
036	7.333	3.567
037	7.467	3.433
038	7.600	3.300
039	7.733	3.167
040	7.867	3.033
041	8.000	2.900
042	8.267	2.633
043	8.533	2.367
044	8.800	2.100
045	9.067	1.833
046	9.333	1.567
047	9.600	1.300
048	9.867	1.033
049	10.133	0.767
050	10.400	0.500
051	10.667	0.233
052	10.933	-0.033
053	11.200	-0.300
054	11.467	-0.567
055	11.733	-0.833
056	12.000	-1.100
057	12.396	-1.496
058	12.792	-1.892
059	13.188	-2.288
060	13.584	-2.684
061	13.980	-3.080
062	14.376	-3.476
063	14.772	-3.872
064	15.168	-4.268
065	15.564	-4.664
066	15.960	-5.060
067	16.356	-5.456
068	16.752	-5.852
069	17.148	-6.248
070	17.544	-6.644
071	17.940	-7.040
072	18.336	-7.436
073	18.732	-7.832
074	19.128	-8.228
075	19.524	-8.624
076	19.920	-9.020
077	20.316	-9.416
078	20.712	-9.812
079	21.108	-10.208
080	21.504	-10.604
081	21.900	-11.000

Nombre total de noeuds : 081

Charges ponctuelles (repère local)

Noeud	T	Mx
001	-250.000	0.000

Déformée libre du sol

Noeud	cote	abscisse	g(z)	g(z)-projetée
001	10.900	0.000	0.0330	0.0330
002	10.700	0.200	0.0330	0.0330
002	10.700	0.200	0.0330	0.0330
003	10.500	0.400	0.0329	0.0329
003	10.500	0.400	0.0329	0.0329
004	10.300	0.600	0.0328	0.0328
004	10.300	0.600	0.0328	0.0328
005	10.100	0.800	0.0326	0.0326
005	10.100	0.800	0.0326	0.0326
006	9.900	1.000	0.0324	0.0324
006	9.900	1.000	0.0324	0.0324
007	9.700	1.200	0.0321	0.0321
007	9.700	1.200	0.0321	0.0321
008	9.500	1.400	0.0318	0.0318
008	9.500	1.400	0.0318	0.0318
009	9.300	1.600	0.0314	0.0314

009	9.300	1.600	0.0314	0.0314
010	9.100	1.800	0.0310	0.0310
010	9.100	1.800	0.0310	0.0310
011	8.900	2.000	0.0305	0.0305
011	8.900	2.000	0.0305	0.0305
012	8.700	2.200	0.0300	0.0300
012	8.700	2.200	0.0300	0.0300
013	8.500	2.400	0.0294	0.0294
013	8.500	2.400	0.0294	0.0294
014	8.300	2.600	0.0288	0.0288
014	8.300	2.600	0.0288	0.0288
015	8.100	2.800	0.0281	0.0281
015	8.100	2.800	0.0281	0.0281
016	7.900	3.000	0.0274	0.0274
016	7.900	3.000	0.0274	0.0274
017	7.600	3.300	0.0263	0.0263
017	7.600	3.300	0.0263	0.0263
018	7.300	3.600	0.0251	0.0251
018	7.300	3.600	0.0251	0.0251
019	7.000	3.900	0.0238	0.0238
019	7.000	3.900	0.0238	0.0238
020	6.700	4.200	0.0224	0.0224
020	6.700	4.200	0.0224	0.0224
021	6.400	4.500	0.0209	0.0209
021	6.400	4.500	0.0209	0.0209
022	6.100	4.800	0.0194	0.0194
022	6.100	4.800	0.0194	0.0194
023	5.800	5.100	0.0178	0.0178
023	5.800	5.100	0.0178	0.0178
024	5.500	5.400	0.0161	0.0161
024	5.500	5.400	0.0161	0.0161
025	5.200	5.700	0.0144	0.0144
025	5.200	5.700	0.0144	0.0144
026	4.900	6.000	0.0126	0.0126
026	4.900	6.000	0.0126	0.0126
027	4.767	6.133	0.0118	0.0118
027	4.767	6.133	0.0118	0.0118
028	4.633	6.267	0.0110	0.0110
028	4.633	6.267	0.0110	0.0110
029	4.500	6.400	0.0102	0.0102
029	4.500	6.400	0.0102	0.0102
030	4.367	6.533	0.0094	0.0094
030	4.367	6.533	0.0094	0.0094
031	4.233	6.667	0.0085	0.0085
031	4.233	6.667	0.0085	0.0085
032	4.100	6.800	0.0077	0.0077
032	4.100	6.800	0.0077	0.0077
033	3.967	6.933	0.0069	0.0069
033	3.967	6.933	0.0069	0.0069
034	3.833	7.067	0.0060	0.0060
034	3.833	7.067	0.0060	0.0060
035	3.700	7.200	0.0052	0.0052
035	3.700	7.200	0.0052	0.0052
036	3.567	7.333	0.0043	0.0043
036	3.567	7.333	0.0043	0.0043
037	3.433	7.467	0.0034	0.0034
037	3.433	7.467	0.0034	0.0034
038	3.300	7.600	0.0026	0.0026
038	3.300	7.600	0.0026	0.0026
039	3.167	7.733	0.0017	0.0017
039	3.167	7.733	0.0017	0.0017
040	3.033	7.867	0.0008	0.0008
040	3.033	7.867	0.0008	0.0008
041	2.900	8.000	0.0000	0.0000

=====
 =====SOLUTION=====

Matrice de raideur en tête du pieu

$$\begin{vmatrix} T \\ M \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} r1 & r2 \\ r2 & r3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} y \\ w \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} T0 \\ M0 \end{vmatrix}$$

r1 = 0.4616E+05 T0 = -0.1520E+04
 r2 = -0.5992E+05 M0 = 0.1658E+04
 r3 = 0.1478E+06

Déplacements et sollicitations en tout point du pieu

Notations

Z : cote (longueur)
 X : abscisse - repère local du pieu (longueur)
 y : flèche absolue latérale du pieu (longueur)
 w : rotation (=dy/dX)
 g : déformée libre du sol projetée (longueur)
 M : moment fléchissant (force x longueur)
 T : effort tranchant (force)
 r : réaction latérale du sol (force / unité de surface)

Elément	Z	X	y	g	w	T	M	r	palier
001	10.900	0.000	0.273E-01	0.330E-01	0.128E-03	-0.250E+03	-0.433E-07	-0.206E+03	2
001	10.800	0.100	0.274E-01	0.330E-01	0.122E-03	-0.238E+03	-0.244E+02	-0.206E+03	2
001	10.700	0.200	0.274E-01	0.330E-01	0.103E-03	-0.225E+03	-0.475E+02	-0.205E+03	2
002	10.700	0.200	0.274E-01	0.330E-01	0.103E-03	-0.225E+03	-0.475E+02	-0.205E+03	2
002	10.600	0.300	0.274E-01	0.330E-01	0.721E-04	-0.213E+03	-0.695E+02	-0.204E+03	2
002	10.500	0.400	0.274E-01	0.329E-01	0.303E-04	-0.201E+03	-0.901E+02	-0.203E+03	2
003	10.500	0.400	0.274E-01	0.329E-01	0.303E-04	-0.201E+03	-0.901E+02	-0.203E+03	2
003	10.400	0.500	0.274E-01	0.329E-01	-0.220E-04	-0.189E+03	-0.110E+03	-0.202E+03	2
003	10.300	0.600	0.274E-01	0.328E-01	-0.843E-04	-0.177E+03	-0.128E+03	-0.201E+03	2
004	10.300	0.600	0.274E-01	0.328E-01	-0.843E-04	-0.177E+03	-0.128E+03	-0.203E+03	1
004	10.200	0.700	0.274E-01	0.327E-01	-0.156E-03	-0.164E+03	-0.145E+03	-0.200E+03	1
004	10.100	0.800	0.274E-01	0.326E-01	-0.236E-03	-0.153E+03	-0.161E+03	-0.197E+03	1
005	10.100	0.800	0.274E-01	0.326E-01	-0.236E-03	-0.153E+03	-0.161E+03	-0.197E+03	1
005	10.000	0.900	0.273E-01	0.325E-01	-0.324E-03	-0.141E+03	-0.175E+03	-0.194E+03	1
005	9.900	1.000	0.273E-01	0.324E-01	-0.419E-03	-0.129E+03	-0.189E+03	-0.192E+03	1
006	9.900	1.000	0.273E-01	0.324E-01	-0.419E-03	-0.129E+03	-0.189E+03	-0.192E+03	1
006	9.800	1.100	0.272E-01	0.323E-01	-0.522E-03	-0.118E+03	-0.201E+03	-0.188E+03	1
006	9.700	1.200	0.272E-01	0.321E-01	-0.630E-03	-0.107E+03	-0.213E+03	-0.184E+03	1
007	9.700	1.200	0.272E-01	0.321E-01	-0.630E-03	-0.107E+03	-0.213E+03	-0.184E+03	1
007	9.600	1.300	0.271E-01	0.319E-01	-0.744E-03	-0.958E+02	-0.223E+03	-0.181E+03	1
007	9.500	1.400	0.270E-01	0.318E-01	-0.863E-03	-0.851E+02	-0.232E+03	-0.179E+03	1
008	9.500	1.400	0.270E-01	0.318E-01	-0.863E-03	-0.851E+02	-0.232E+03	-0.179E+03	1
008	9.400	1.500	0.269E-01	0.316E-01	-0.986E-03	-0.745E+02	-0.240E+03	-0.174E+03	1
008	9.300	1.600	0.268E-01	0.314E-01	-0.111E-02	-0.641E+02	-0.247E+03	-0.171E+03	1
009	9.300	1.600	0.268E-01	0.314E-01	-0.111E-02	-0.641E+02	-0.247E+03	-0.171E+03	1
009	9.200	1.700	0.267E-01	0.312E-01	-0.124E-02	-0.539E+02	-0.253E+03	-0.168E+03	1
009	9.100	1.800	0.266E-01	0.310E-01	-0.138E-02	-0.439E+02	-0.257E+03	-0.165E+03	1
010	9.100	1.800	0.266E-01	0.310E-01	-0.138E-02	-0.439E+02	-0.257E+03	-0.165E+03	1
010	9.000	1.900	0.264E-01	0.307E-01	-0.151E-02	-0.342E+02	-0.261E+03	-0.161E+03	1
010	8.900	2.000	0.263E-01	0.305E-01	-0.165E-02	-0.246E+02	-0.264E+03	-0.158E+03	1
011	8.900	2.000	0.263E-01	0.305E-01	-0.165E-02	-0.246E+02	-0.264E+03	-0.158E+03	1
011	8.800	2.100	0.261E-01	0.302E-01	-0.179E-02	-0.152E+02	-0.266E+03	-0.155E+03	1
011	8.700	2.200	0.259E-01	0.300E-01	-0.193E-02	-0.597E+01	-0.267E+03	-0.153E+03	1
012	8.700	2.200	0.259E-01	0.300E-01	-0.193E-02	-0.597E+01	-0.267E+03	-0.153E+03	1
012	8.600	2.300	0.257E-01	0.297E-01	-0.207E-02	0.307E+01	-0.267E+03	-0.149E+03	1
012	8.500	2.400	0.255E-01	0.294E-01	-0.221E-02	0.119E+02	-0.267E+03	-0.146E+03	1
013	8.500	2.400	0.255E-01	0.294E-01	-0.221E-02	0.119E+02	-0.267E+03	-0.146E+03	1
013	8.400	2.500	0.253E-01	0.291E-01	-0.235E-02	0.206E+02	-0.265E+03	-0.143E+03	1
013	8.300	2.600	0.250E-01	0.288E-01	-0.249E-02	0.291E+02	-0.263E+03	-0.141E+03	1
014	8.300	2.600	0.250E-01	0.288E-01	-0.249E-02	0.291E+02	-0.263E+03	-0.141E+03	1
014	8.200	2.700	0.248E-01	0.285E-01	-0.262E-02	0.374E+02	-0.259E+03	-0.137E+03	1
014	8.100	2.800	0.245E-01	0.281E-01	-0.276E-02	0.455E+02	-0.255E+03	-0.134E+03	1
015	8.100	2.800	0.245E-01	0.281E-01	-0.276E-02	0.455E+02	-0.255E+03	-0.134E+03	1
015	8.000	2.900	0.242E-01	0.278E-01	-0.289E-02	0.535E+02	-0.250E+03	-0.132E+03	1
015	7.900	3.000	0.239E-01	0.274E-01	-0.302E-02	0.613E+02	-0.244E+03	-0.130E+03	1
016	7.900	3.000	0.239E-01	0.274E-01	-0.302E-02	0.613E+02	-0.244E+03	-0.428E+02	1
016	7.750	3.150	0.235E-01	0.269E-01	-0.321E-02	0.652E+02	-0.235E+03	-0.418E+02	1
016	7.600	3.300	0.230E-01	0.263E-01	-0.339E-02	0.689E+02	-0.225E+03	-0.411E+02	1
017	7.600	3.300	0.230E-01	0.263E-01	-0.339E-02	0.689E+02	-0.225E+03	-0.411E+02	1
017	7.450	3.450	0.225E-01	0.257E-01	-0.356E-02	0.725E+02	-0.214E+03	-0.402E+02	1
017	7.300	3.600	0.219E-01	0.251E-01	-0.373E-02	0.761E+02	-0.203E+03	-0.395E+02	1
018	7.300	3.600	0.219E-01	0.251E-01	-0.373E-02	0.761E+02	-0.203E+03	-0.395E+02	1
018	7.150	3.750	0.213E-01	0.245E-01	-0.388E-02	0.796E+02	-0.191E+03	-0.385E+02	1
018	7.000	3.900	0.207E-01	0.238E-01	-0.403E-02	0.831E+02	-0.179E+03	-0.378E+02	1
019	7.000	3.900	0.207E-01	0.238E-01	-0.403E-02	0.831E+02	-0.179E+03	-0.378E+02	1
019	6.850	4.050	0.201E-01	0.231E-01	-0.416E-02	0.864E+02	-0.167E+03	-0.368E+02	1
019	6.700	4.200	0.195E-01	0.224E-01	-0.429E-02	0.897E+02	-0.153E+03	-0.359E+02	1
020	6.700	4.200	0.195E-01	0.224E-01	-0.429E-02	0.897E+02	-0.153E+03	-0.359E+02	1
020	6.550	4.350	0.188E-01	0.216E-01	-0.440E-02	0.929E+02	-0.140E+03	-0.347E+02	1
020	6.400	4.500	0.182E-01	0.209E-01	-0.451E-02	0.960E+02	-0.125E+03	-0.337E+02	1
021	6.400	4.500	0.182E-01	0.209E-01	-0.451E-02	0.960E+02	-0.125E+03	-0.337E+02	1
021	6.250	4.650	0.175E-01	0.202E-01	-0.460E-02	0.989E+02	-0.111E+03	-0.329E+02	1
021	6.100	4.800	0.168E-01	0.194E-01	-0.468E-02	0.102E+03	-0.958E+02	-0.322E+02	1
022	6.100	4.800	0.168E-01	0.194E-01	-0.468E-02	0.102E+03	-0.958E+02	-0.322E+02	1
022	5.950	4.950	0.161E-01	0.186E-01	-0.475E-02	0.105E+03	-0.803E+02	-0.311E+02	1
022	5.800	5.100	0.154E-01	0.178E-01	-0.481E-02	0.107E+03	-0.644E+02	-0.301E+02	1
023	5.800	5.100	0.154E-01	0.178E-01	-0.481E-02	0.107E+03	-0.644E+02	-0.301E+02	1

080	-11.000	21.900	0.716E-07	0.000E+00	0.422E-07	-0.296E-12	-0.116E-12	0.537E-01	1
		max+	0.274E-01	0.330E-01	0.183E-03	0.150E+03	0.333E+03	0.780E+03	
		max-	-0.358E-03	0.000E+00	-0.490E-02	-0.250E+03	-0.267E+03	-0.206E+03	

 RESULTATS COMPLEMENTAIRES

Charges de flambement pour chaque mode

Mode	Charge
001	0.519E+05
002	0.169E+06
003	0.240E+06
004	0.293E+06
005	0.377E+06
006	0.443E+06
007	0.512E+06
008	0.591E+06
009	0.657E+06
010	0.666E+06
011	0.742E+06
012	0.837E+06
013	0.937E+06
014	0.990E+06
015	0.106E+07
016	0.118E+07
017	0.131E+07
018	0.145E+07
019	0.160E+07
020	0.176E+07
021	0.193E+07
022	0.194E+07
023	0.211E+07
024	0.229E+07
025	0.248E+07
026	0.268E+07
027	0.289E+07
028	0.311E+07
029	0.334E+07
030	0.357E+07
031	0.381E+07
032	0.406E+07
033	0.433E+07
034	0.459E+07
035	0.487E+07
036	0.516E+07
037	0.545E+07
038	0.576E+07
039	0.607E+07
040	0.640E+07
041	0.667E+07
042	0.673E+07
043	0.707E+07
044	0.742E+07
045	0.779E+07
046	0.815E+07
047	0.854E+07
048	0.893E+07
049	0.932E+07
050	0.974E+07
051	0.101E+08
052	0.106E+08
053	0.110E+08
054	0.115E+08
055	0.118E+08
056	0.123E+08
057	0.130E+08
058	0.138E+08
059	0.146E+08
060	0.148E+08
061	0.154E+08
062	0.158E+08
063	0.165E+08
064	0.170E+08
065	0.176E+08
066	0.183E+08
067	0.188E+08
068	0.195E+08
069	0.201E+08

070	0.208E+08
071	0.218E+08
072	0.224E+08
073	0.228E+08
074	0.238E+08
075	0.246E+08
076	0.259E+08
077	0.262E+08
078	0.269E+08
079	0.280E+08
080	0.292E+08
081	0.302E+08

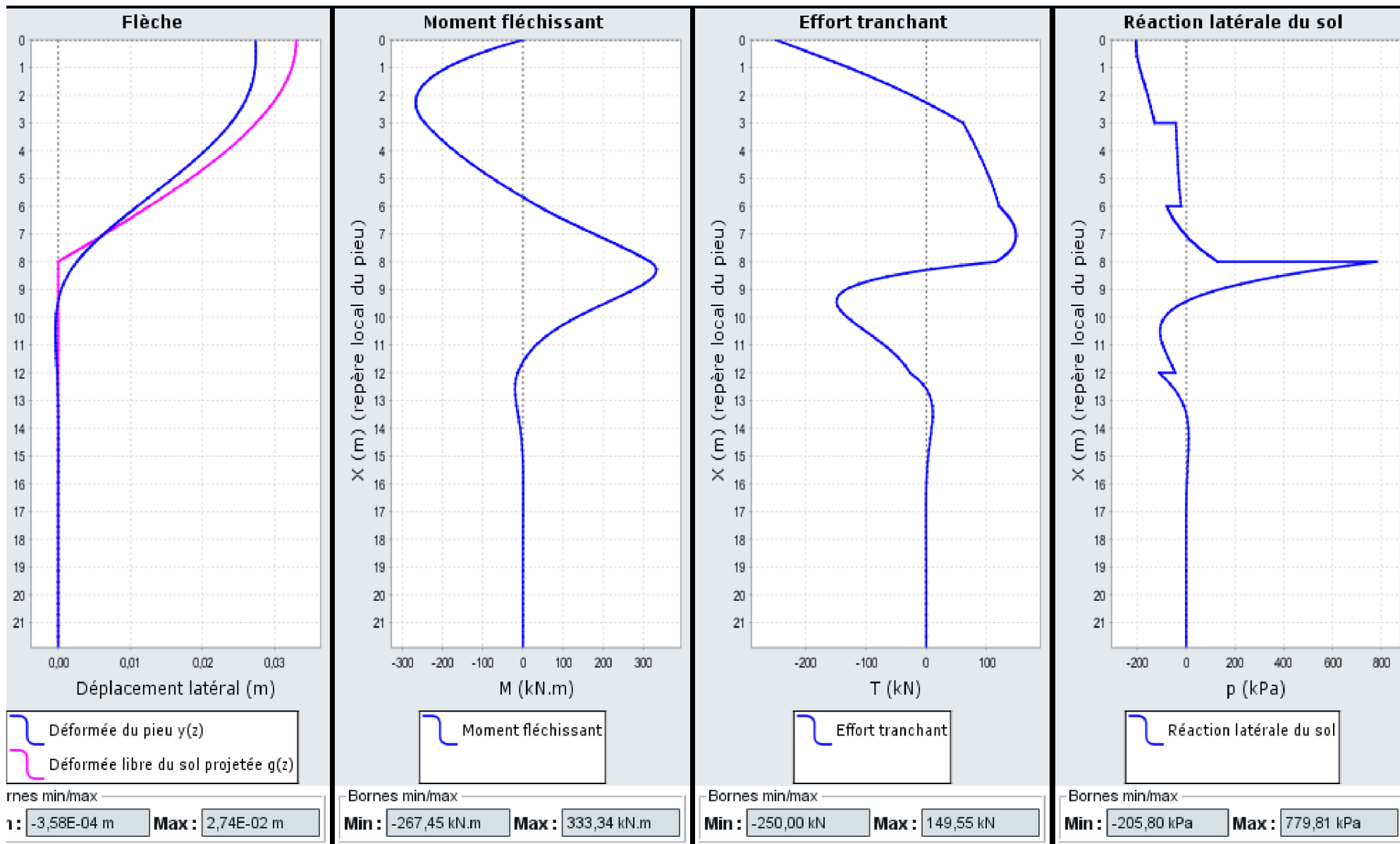
Mode de flambement critique

Xn	Yn
0.000	0.100E+01
0.200	0.886E+00
0.400	0.774E+00
0.600	0.664E+00
0.800	0.557E+00
1.000	0.454E+00
1.200	0.356E+00
1.400	0.263E+00
1.600	0.177E+00
1.800	0.961E-01
2.000	0.222E-01
2.200	-0.451E-01
2.400	-0.106E+00
2.600	-0.159E+00
2.800	-0.207E+00
3.000	-0.247E+00
3.300	-0.296E+00
3.600	-0.331E+00
3.900	-0.352E+00
4.200	-0.362E+00
4.500	-0.361E+00
4.800	-0.350E+00
5.100	-0.331E+00
5.400	-0.306E+00
5.700	-0.276E+00
6.000	-0.243E+00
6.133	-0.227E+00
6.267	-0.212E+00
6.400	-0.196E+00
6.533	-0.181E+00
6.667	-0.166E+00
6.800	-0.151E+00
6.933	-0.136E+00
7.067	-0.122E+00
7.200	-0.109E+00
7.333	-0.959E-01
7.467	-0.836E-01
7.600	-0.721E-01
7.733	-0.612E-01
7.867	-0.512E-01
8.000	-0.419E-01
8.267	-0.258E-01
8.533	-0.129E-01
8.800	-0.298E-02
9.067	0.420E-02
9.333	0.902E-02
9.600	0.119E-01
9.867	0.132E-01
10.133	0.134E-01
10.400	0.126E-01
10.667	0.114E-01
10.933	0.977E-02
11.200	0.802E-02
11.467	0.628E-02
11.733	0.466E-02
12.000	0.322E-02
12.396	0.153E-02
12.792	0.395E-03
13.188	-0.259E-03
13.584	-0.551E-03
13.980	-0.607E-03
14.376	-0.531E-03
14.772	-0.400E-03
15.168	-0.264E-03
15.564	-0.148E-03
15.960	-0.628E-04
16.356	-0.795E-05

16.752	0.217E-04
17.148	0.333E-04
17.544	0.335E-04
17.940	0.278E-04
18.336	0.201E-04
18.732	0.127E-04
19.128	0.667E-05
19.524	0.241E-05
19.920	-0.223E-06
20.316	-0.158E-05
20.712	-0.207E-05
21.108	-0.206E-05
21.504	-0.182E-05
21.900	-0.152E-05

>HTG

Résultats principaux





ANNEXE 7 : QUANTITES

ESTIMATION DES QUANTITES			
	Quantités	ml	Total
<u>Installation de chantier</u>			
Installations de chantier,	1		
Etudes d'exécution,	1		
Amenée, l'installation du matériel,	1		
Etablissement des plans de récolement.	1		
<u>Ouvrages géotechniques - Fondations profondes</u>			
Pieux en béton armé XA2 XS1 C35/45 - Ø 600 mm			
<u>Zone nord</u>			
pieux Ø 600 mm à 6.8 m	16.0	6.8	109
pieux Ø 600 mm à 9.0 m	20.0	9.0	180
<u>Zone sud</u>			
pieux Ø 600 mm à 9.8 m	22.0	9.8	216
pieux Ø 600 mm à 11.2 m	19.0	11.2	213
pieux Ø 600 mm à 12.5 m	2.0	12.5	25
TOTAL			742



CEBTP

LE RESEAU



La Réunion



Guyane



Martinique



Guadeloupe



Nouvelle
Calédonie



Polynésie



Maghreb

CONTACT

Agence de Nantes

ZAC des Hauts de Couëron 3

23 rue Jan Palach

44220 COUERON

Tél. : +33 (0)2 40 92 18 71

Fax. : +33 (0)2 40 92 06 10

Email : cebtp.nantes@groupe-cebtp.com

www.groupe-cebtp.com