GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

RAPPORT

Étude Géotechnique de conception

Phase Projet (G2 PRO)

EUROMEDITERRANNEE – AMENAGEMENT RUE ZOCCOLA ET RAMPE D'ACCES AU PEM

MARSEILLE

Place du Capitaine Gèze

Référence : 2021/13438/MARSE/17 IndA				Mission G2 Phase PRO		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages Texte + annexes	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
0	24/09/24	Indice initial – M11 à M14 non étudiés	61 + 169	J-Y.MUGNIER	G.FLORIS	F. KEIFLIN
A	30/10/24	Avec ouvrage M14	68 + 233	J-Y.MUGNIER *A. BOUKELIA*	G.FLORIS	F. KEIFLIN
B						
C						

Nb : l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents

AGENCE PACA
ZI Les Bagnols
9, rue de la Glacière
13127 VITROLLES
Tél : 04.42.4608.09
Mail : agence.paca@geotec.fr

Siège social :
9 bld de l'Europe 21800 QUETIGNY
Tél. : 03.80.48.93.20
SAS au capital de 952 200 € - Siret 778 196501 00028
Code NAF 7112B – Qualité OPQIBI
Membre SYNTEC, USG et UPDS - www.geotec.fr

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

SOMMAIRE

1. CADRE D'INTERVENTION 4
   1.1 INTERVENANTS 4
   1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES 4
   1.3 DESCENTES DE CHARGE DES OUVRAGES 9
   1.4 DOCUMENTS DE REFERENCE – CATEGORIE GÉOTECHNIQUE 9
   1.5 MISSION 11
   1.6 REMARQUES 12
2. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE 13
   2.1 LE SITE 13
   2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE 13
   2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES 14
3. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE 15
   3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS 15
   3.2 ESSAIS EN LABORATOIRE – ANALYSES CHMIQUES 16
   3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES – CLASSE SISMIQUE DU SOL 16
   3.4 HYDROGEOLOGIE 17
   3.5 POLLUTION 18
   3.6 MODELE GEOTECHNIQUE 18
4. TERRASSEMENTS 21
   4.1 CONTRAINTES DU SITE 21
   4.2 EXTRACTION 22
   4.3 STABILITE DES TALUS ET DES AVOISINANTS – TERRASSEMENT EN PLEINE MASSE 22
   4.4 REMBLAIS DE REHAUSSE 22
   4.5 REEMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAI 23
   4.6 MISE EN ŒUVRE DES REMBLAIS A L'ARRIERE DES SOUTENEMENTS 24
   4.7 TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER 24
   4.8 SUJETIONS D'EXECUTION 24
   4.9 MISE HORS D'EAU 25
5. ETUDE DU MUR DE SOUTENEMENT M1 SUR PIEUX 26
   5.1 INTRODUCTION 26
   5.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT 26
   5.3 DIMENSIONNEMENT DES PIEUX 27
   5.4 SUJETIONS D'EXECUTION - CONTROLE 34

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

6. ETUDE DU MUR DE SOUTENEMENT M2 ET M3 SUR SEMELLES 36
6.1 FONDATION PAR SEMELLES – METHODE DE DIMENSIONNEMENT 36
6.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT 38
6.3 DIMENSIONNEMENT 38
6.4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES – SUJETIONS D'EXECUTION 41
7. RAMPE D'ACCES AU PEM SUR MICROPIEUX 43
7.1 INTRODUCTION 43
7.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT 43
7.3 DIMENSIONNEMENT DES MICROPIEUX 43
7.4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES – SUJETIONS – CONTROLES 47
8. FONDATION DE LA PASSERELLE SUR SEMELLE 52
8.1 FONDATION PAR SEMELLES – METHODE DE DIMENSIONNEMENT 52
8.2 DIMENSIONNEMENT 53
8.3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES – SUJETIONS D'EXECUTION 53
9. ETUDE DU MUR DE SOUTENEMENT M14 SUR PIEUX ET PAROI EN PIEUX SECANTS 54
9.1 INTRODUCTION 54
9.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT 54
9.3 METHODE DE DIMENSIONNEMENT 55
9.4 DIMENSIONNEMENT - RESULTATS 56
9.5 SUJETIONS D'EXECUTION - CONTROLE 61
10. PRECAUTIONS COMMUNES A L'ENSEMBLE DES OUVRAGES VIS-A-VIS DES EXISTANTS 61
11. RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET 62
CONDITIONS GENERALES 63
ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE 66
TABLEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE 67
ANNEXES .....
ANNEXE 1 – PLAN DE SITUATION .....
ANNEXE 2 – PLANS D'IMPLANTATION .....
ANNEXE 3 – SONDAGES ET ESSAIS .....
ANNEXE 4 – CALCULS .....

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

CADRE D'INTERVENTION

1.1 INTERVENANTS

A la demande pour le compte de EUROMEDITERRANEE, Géotec a réalisé la présente étude sur le site suivant : Place du Capitaine Gèze, commune de MARSEILLE (13).

1.2 PROJET, DOCUMENTS REÇUS ET HYPOTHESES

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GÉOTEC :

Document	Émetteur	Référence	Date	Échelle	Cote altimétrique	Remarques
MS9 Elévation et coupes des murs Zoccola – Secteur 3	INGEROP/MDP/STOA/GAGENCE	MED INF PRD AVP OA 00017 Indice A	19/06/24	1/50	Oui	-
MS9 Elévation et coupes des murs Zoccola – Secteur 3	INGEROP/MDP/STOA/GAGENCE	MED INF AVP OA VPG 00017 Indice A	19/06/24	1/100	Oui	-
MS9 Plan de génie civil de traitement de la rampe d'accès PEM – Secteur 3	INGEROP/MDP/STOA/GAGENCE	MED INF AVP OA VPG 00017 Indice A	19/06/24	1/50 – 1/100	Oui	-
MS9 Plan de l'existant – Secteur 3	INGEROP/MDP/STOA/GAGENCE	MED INF AVP OA VPG 00017 Indice A	19/06/24	1/100	Oui	-
MS9 Plan de démolition – Secteur 3	INGEROP/MDP/STOA/GAGENCE	MED INF AVP OA VPG 00017 Indice A	19/06/24	1/100	Oui	-
MS9 Plan passerelle – Secteur 3	INGEROP/MDP/STOA/GAGENCE	MED INF AVP OA VPG 00017 Indice A	19/06/24	1/100	Oui	-

L'aménagement de la Place Gèze nécessitera un remblaiement de la zone d'environ 3 à 4.5 m de hauteur selon les endroits, pour atteindre une cote finie de l'ordre de 20 mNGF.

La rue Zoccola qui jouxte le PEM, à l'Est, à son raccordement avec ladite place Gèze, fera donc l'objet d'un remblaiement progressif du Sud vers le Nord. Cette réhausse nécessitera la réalisation d'ouvrages de soutènement côté Est de cette voirie pour confiner ces remblais.

Soit les ouvrages de soutènement suivants du Sud (aval) vers le Nord (amont – Place Gèze) :

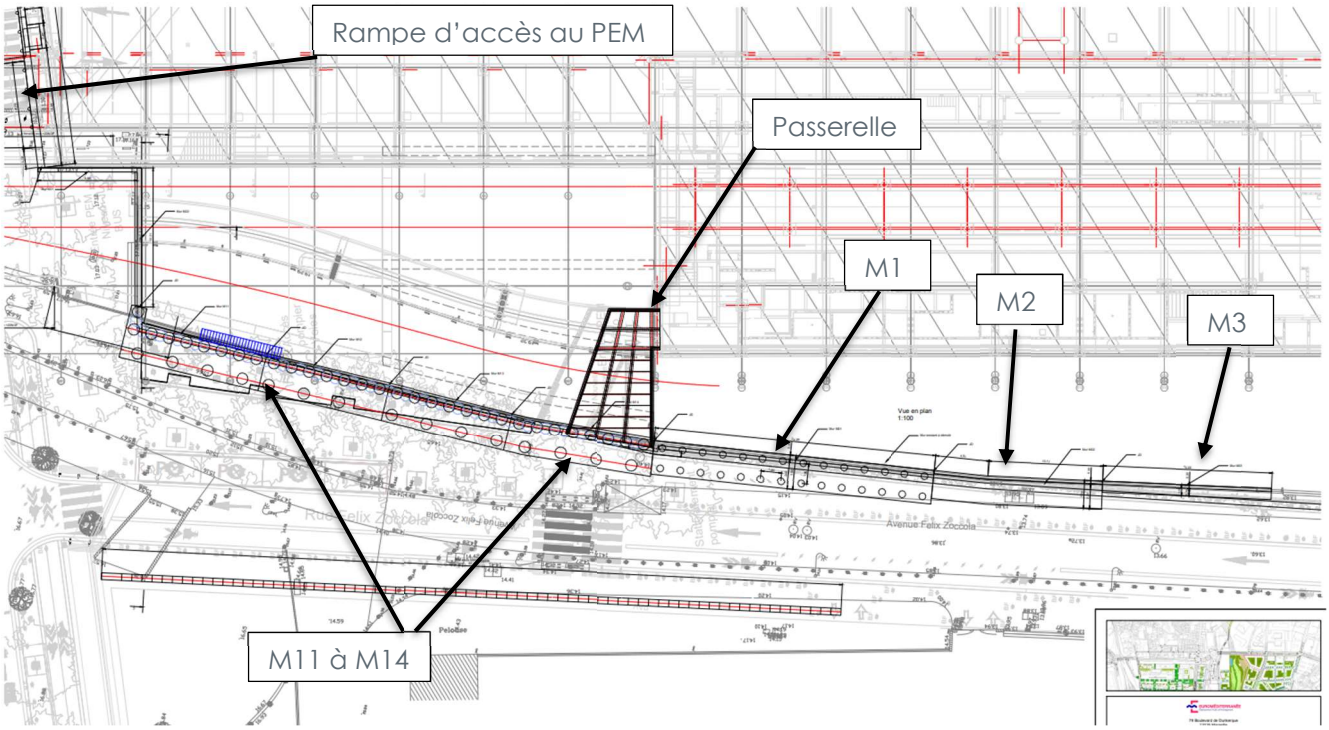
- Mur de soutènement BA cantilever M1 L= 25 m - Hauteur progressive, variant de 3.5 à 5.09 maximum de 2.99 m - cote base de semelle = 12.22 mNGF – Ouvrage prévu sur 2 files pieux,
- Mur de soutènement BA cantilever M2 L=15 m - Hauteur progressive, maximum de 2.99 m - cote base de semelle = 12.72 mNGF -- Ouvrage prévu sur semelle filante,
- Mur de soutènement BA cantilever M3 L=15 m - Hauteur progressive, maximum de 1.78 m – cote base de semelle = 12.92 mNGF – Ouvrage prévu sur semelle filante,

- Ouvrages de soutènement (M11 à M14, du Sud vers le Nord), d'une longueur totale de 47.91 m. Ces ouvrages sont prévus en zone mitoyenne à la paroi moulée du métro. Il s'agira d'un mur de soutènement fondé sur une paroi en pieux sécants D1000 mm côté métro et sur une rangée de pieux D1000 mm côté rue Zoccola. Il s'agira d'un ouvrage de forte rigidité de manière à ce qu'il y ait le moins d'incidence possible sur la paroi moulée existante du métro Gèze. Pour ces ouvrages, le dimensionnement est mené selon la géométrie du mur M14 dans sa plus grande hauteur de soutènement qui correspond à la configuration la plus conservatrice.

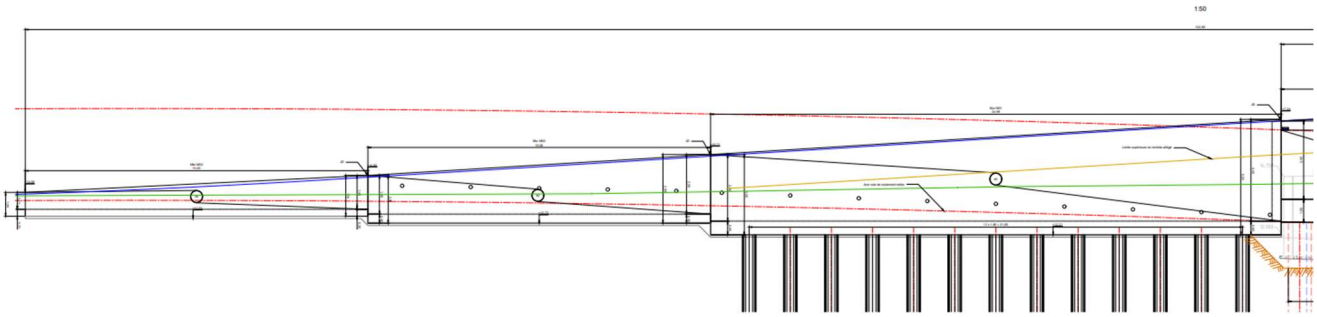
Deux autres ouvrages sont prévus dans cette zone, à savoir :

- Une rampe d'accès au PEM, d'environ 30 m de longueur, en limite Nord de cette structure. Elle permettra de soutenir au Nord les futurs remblais de la place Gèze. Cette structure, établie à 13.53 mNGF, pour un terrain remblayé à la cote 19.4 mNGF, sera fondée sur 2 rangées de micropieux. Un déplacement maximum de 5 cm est autorisé entre cet ouvrage et la structure du PEM,
- Une passerelle métallique qui permettra d'accéder au PEM depuis la rue Zoccola, à la hauteur du mur M14.

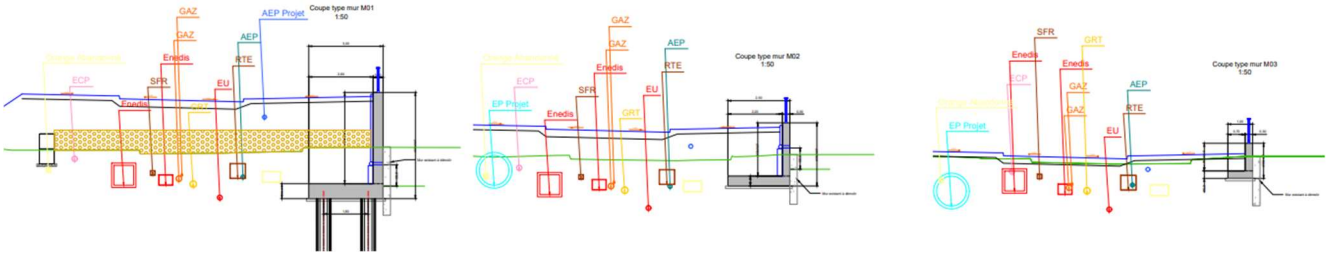
Nota : Les murs M11 à M14 (mur fondé sur une paroi en pieux sécants d'un côté et sur pieux de l'autre côté) ne sont pas étudiés dans le présent rapport Indice 0).



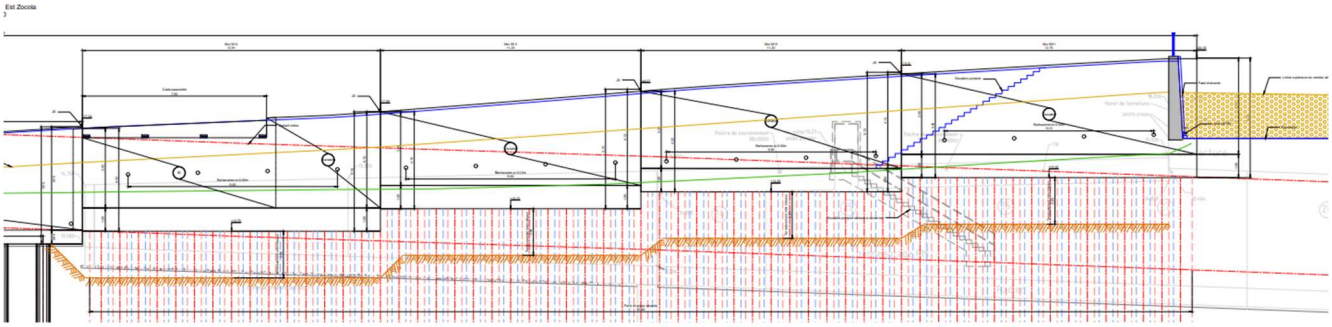
Vue générale de ouvrages



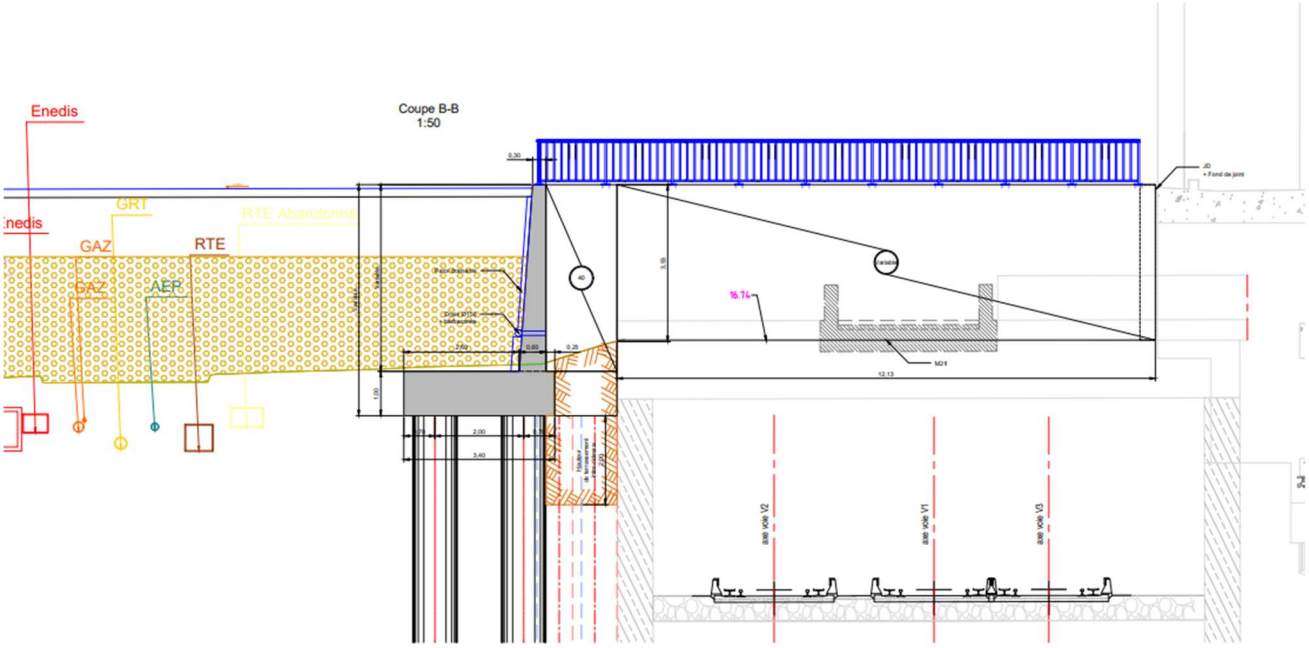
De gauche à droite : Murs M3 à M1 – Vue en élévation



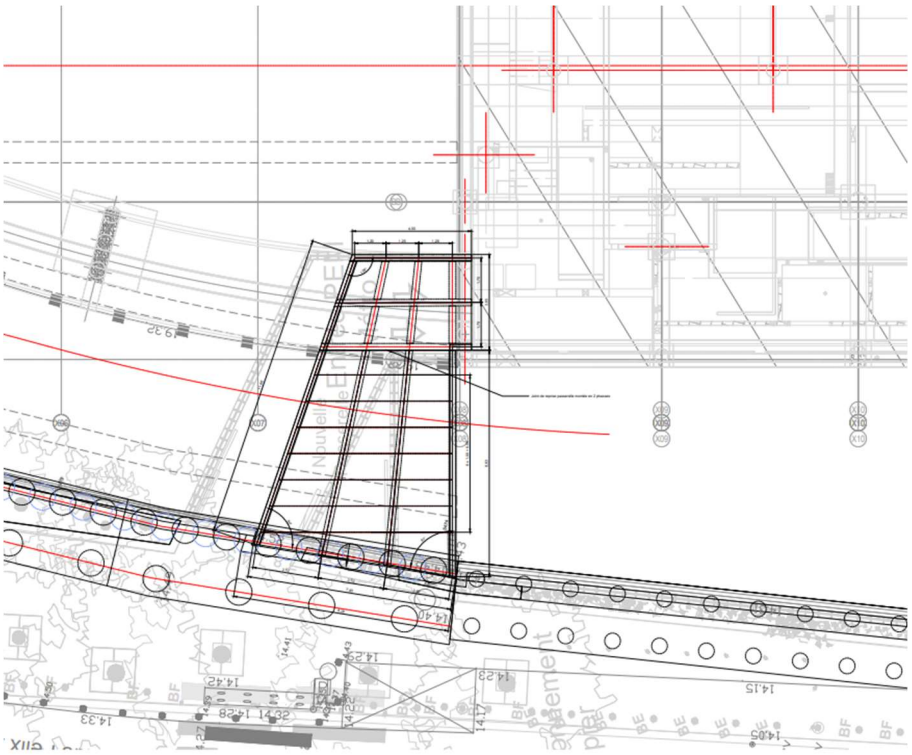
De gauche à droite : Murs M1 à M3 – Coupes



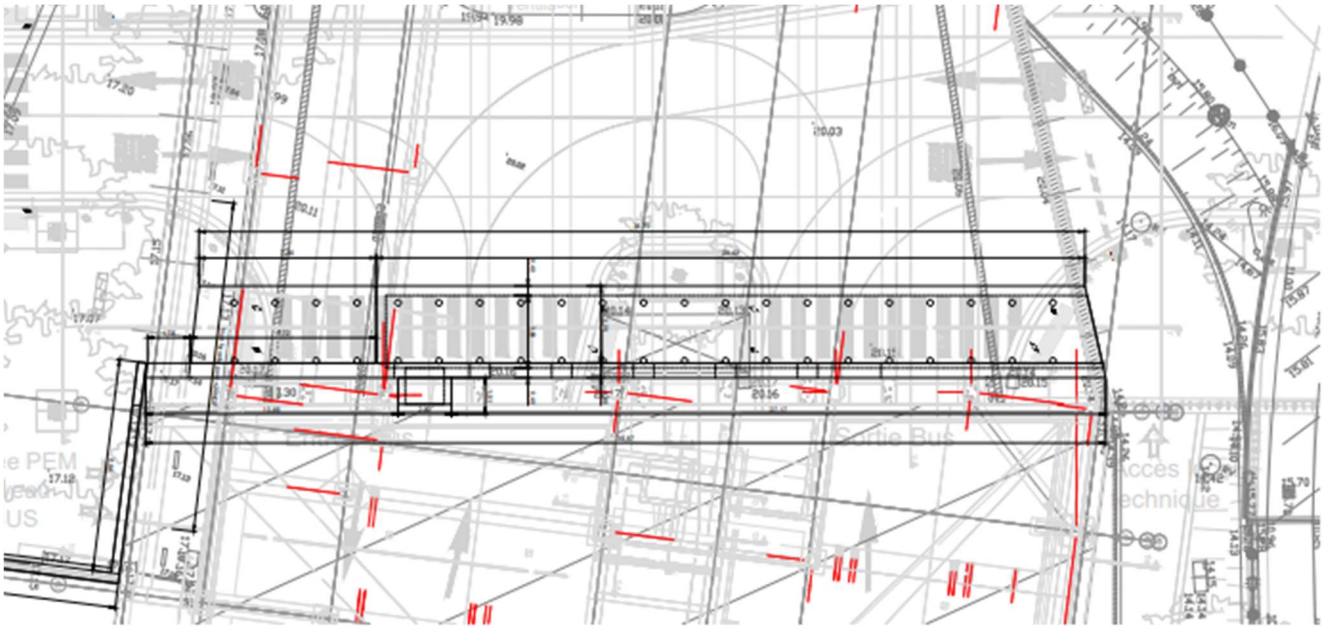
De gauche à droite : Murs M14 à M11 (non étudié dans le présent rapport indice 0)



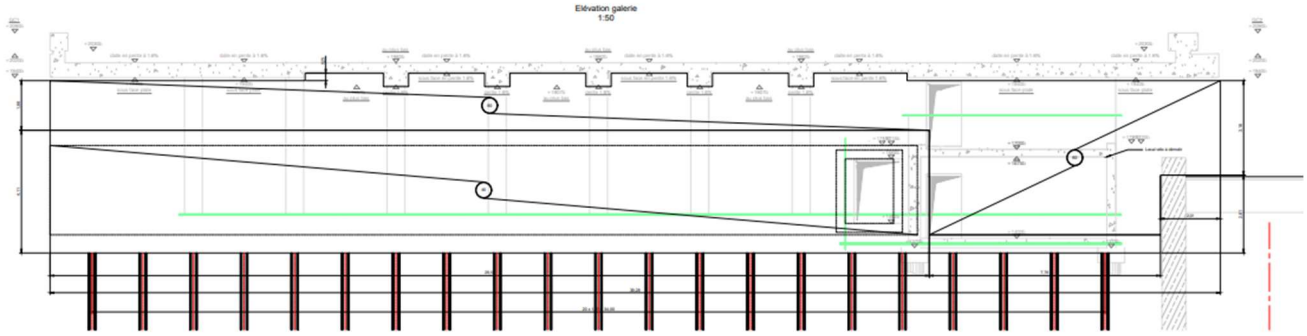
Coupe BB au droit des M11 à M14 avec la paroi moulée et les voies du métro côté opposé aux remblais de la rue Zoccola



Passerelle métallique (qui s'appuie d'un côté sur le mur M14 et à fonder de l'autre côté de façon superficielle)

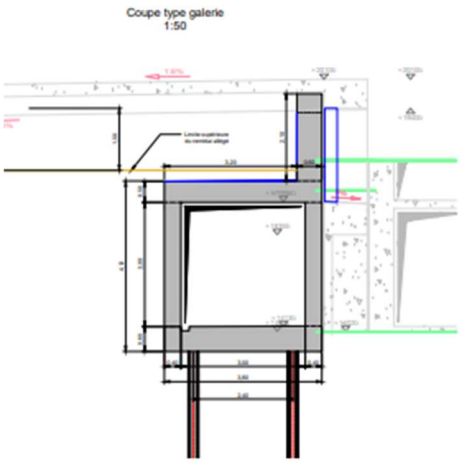


Vue en plan de la rampe d'accès au PEM



Vue en élévation de la rampe d'accès au PEM

Ci-contre : coupe type de rampe d'accès au PEM



GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

1.3 DESCENTES DE CHARGE DES OUVRAGES

Les charges transmises par la maitrise d'œuvre sont les suivantes :

Passerelle – ouvrage prévu sur une semelle isolée côté PEM : DDC verticales ELSqp = 400 kN. (autres combinaisons d'action non communiqués). Les efforts horizontaux et moments de renversement non communiqués également devraient être peu significatifs (à affiner lors des études d'exécution).

Rampe d'accès au PEM – ouvrage prévu sur 2 rangées de micropieux :

Place Gèze - Marseille - Galerie d'accès au PEM

		QP N	QP Vt	QP Vl	QP Fh quad	QP MN/S	QP ME/O	QP Mquad	cara N	cara Vt	cara Vl	cara Fh quad	cara MN/S	cara ME/O	cara Mquad
Nord	Nmax Cas 1	260,60	-62,57	4,62	62,74	-5,91	-66,31	66,57	260,60	-62,57	4,62	62,74	-5,91	-66,31	66,57
Nord	Nmin Cas 2	-62,72	-113,20	8,22	113,50	-9,12	-120,50	120,84	-199,64	-175,90	10,46	176,21	-11,59	-186,64	187,00
Nord	Vtmax Cas 3	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32
Nord	Vtmin Cas 4	117,63	-124,62	8,50	124,91	-10,09	-133,06	133,44	19,10	-184,46	10,76	184,77	-12,54	-196,94	197,34
Nord	Vlmax Cas 5	-25,88	-120,35	8,50	120,65	-9,93	-127,80	128,19	-166,14	-177,59	11,13	177,94	-13,16	-188,42	188,88
Nord	Vlmin Cas 6	137,87	-55,29	3,96	55,43	-4,34	-58,31	58,47	137,87	-55,29	3,96	55,43	-4,34	-58,31	58,47
Nord	MN/Smax Cas 7	-12,06	-87,69	3,87	87,78	-4,32	-92,91	93,01	-12,06	-87,69	3,87	87,78	-4,32	-92,91	93,01
Nord	MN/Smin Cas 8	529,19	-85,40	9,04	85,88	-10,09	-90,70	91,26	-166,14	-177,59	11,13	177,94	-13,16	-188,42	188,88
Nord	ME/Omax Cas 9	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32
Nord	ME/Omin Cas 10	117,63	-124,62	8,50	124,91	-10,09	-133,06	133,44	19,10	-184,46	10,76	184,77	-12,54	-196,94	197,34
MAX		529,19			124,91			133,44	260,60			184,77			197,34
MIN		-62,72			55,13			58,32	-199,64			55,13			58,32

		ELUf N	ELUf Vt	ELUf Vl	ELUf Fh quad	ELUf MN/S	ELUf ME/O	ELUf Mquad	ELUs N	ELUs Vt	ELUs Vl	ELUs Fh quad	ELUs MN/S	ELUs ME/O	ELUs Mquad
		282,63	-62,56	4,64	62,73	-5,97	-65,84	66,11	358,15	-29,35	5,03	29,78	-6,48	-30,85	31,52
		-233,59	-204,19	11,62	204,52	-12,84	-216,28	216,66	-166,10	-150,81	7,82	151,01	-8,68	-160,09	160,33
		483,63	-55,02	4,32	55,19	-4,75	-57,72	57,92	177,27	-27,96	4,22	28,28	-4,68	-29,76	30,13
		-8,14	-214,36	11,91	214,69	-13,83	-228,40	228,82	20,08	-157,85	8,09	158,06	-9,52	-168,52	168,79
		-199,33	-206,22	12,36	206,59	-14,58	-218,41	218,90	215,19	-91,39	8,91	91,82	-10,66	-97,61	98,19
		144,56	-55,02	3,93	55,16	-4,28	-57,96	58,12	-0,42	-81,96	3,81	82,05	-4,17	-86,52	86,62
		-1,92	-90,41	3,82	90,49	-4,28	-95,73	95,83	-0,42	-81,96	3,81	82,05	-4,17	-86,52	86,62
		-199,33	-206,22	12,36	206,59	-14,58	-218,41	218,90	215,19	-91,39	8,91	91,82	-10,66	-97,61	98,19
		144,56	-55,02	3,93	55,16	-4,28	-57,96	58,12	250,73	-28,24	4,39	28,58	-5,00	-29,54	29,96
		-8,14	-214,36	11,91	214,69	-13,83	-228,40	228,82	20,08	-157,85	8,09	158,06	-9,52	-168,52	168,79
		483,63			214,69			228,82	358,15			158,06			168,79
		-233,59			55,16			57,92	-166,10			28,28			29,96

		QP N	QP Vt	QP Vl	QP Fh quad	QP MN/S	QP ME/O	QP Mquad	cara N	cara Vt	cara Vl	cara Fh quad	cara MN/S	cara ME/O	cara Mquad
Sud	Nmax Cas 1	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1092,59	-183,31	13,64	183,82	-15,63	-194,37	195,00
Sud	Nmin Cas 2	473,56	-56,25	4,43	56,42	-4,92	-59,09	59,29	473,56	-56,25	4,43	56,42	-4,92	-59,09	59,29
Sud	Vtmax Cas 3	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49
Sud	Vtmin Cas 4	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1090,07	-183,34	13,65	183,85	-15,65	-194,41	195,04
Sud	Vlmax Cas 5	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1090,07	-183,34	13,65	183,85	-15,65	-194,41	195,04
Sud	Vlmin Cas 6	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
Sud	MN/Smax Cas 7	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49
Sud	MN/Smin Cas 8	-169,85	-161,02	10,75	161,38	-11,9	-170,86	171,27	930,1	-175,94	13,64	176,47	-15,94	-186,75	187,43
Sud	ME/Omax Cas 9	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49
Sud	ME/Omin Cas 10	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1090,07	-183,34	13,65	183,85	-15,65	-194,41	195,04
MAX		828,94			161,00			171,27	1 092,59			183,85			195,04
MIN		-169,85			27,81			29,06	375,61			27,81			29,06

		ELUf N	ELUf Vt	ELUf Vl	ELUf Fh quad	ELUf MN/S	ELUf ME/O	ELUf Mquad	ELUs N	ELUs Vt	ELUs Vl	ELUs Fh quad	ELUs MN/S	ELUs ME/O	ELUs Mquad
		1306,99	-212,93	15,43	213,49	-17,66	-225,2	225,89	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		549,54	-56,21	4,43	56,38	-4,91	-58,73	58,93	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
		576,46	-54,57	4,22	54,73	-4,55	-56,96	57,14	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
		1303,21	-212,96	15,45	213,52	-17,7	-225,27	225,96	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		1126,87	-204,24	15,46	204,82	-18,09	-216,42	217,17	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		177,27	-27,96	4,22	28,28	-4,68	-29,76	30,13	81,81	-57,25	4,07	57,39	-4,53	-60,71	60,88
		84,03	-57,55	4,08	57,69	-4,55	-61,04	61,21	123,43	-56,23	4	56,37	-4,42	-59,36	59,52
		1126,87	-204,24	15,46	204,82	-18,09	-216,42	217,17	791,77	-150,85	10,45	151,21	-12,3	-160,21	160,68
		576,46	-54,57	4,22	54,73	-4,55	-56,96	57,14	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
		1303,21	-212,96	15,45	213,52	-17,7	-225,27	225,96	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		1 306,99			213,52			225,96	935,90			157,29			166,90
		84,03			28,28			30,13	81,81			27,81			29,06

Murs de soutènement M1 à M3 et M14 : DDC non communiquées car déduite de nos calculs,

1.4 DOCUMENTS DE REFERENCE – CATEGORIE GÉOTECHNIQUE

Les principaux textes de référence utilisés pour la rédaction de ce rapport sont les suivants :

- NF EN 1997-1 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 1 : Règles générales ;
- NF EN 1997-2 : EUROCODE 7 – Calcul géotechnique – Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais ;
- NF P 94-261 : Norme d'application Nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles ;

- NF P 94-262 : Norme d'application Nationale de l'Eurocode 7 – Fondations profondes ,
- NF P 94-281 : Norme d'application Nationale de l'Eurocode 7 – Ouvrages de soutènement – Murs,
- NF EN 1998-5 : EUROCODE 8 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme – Partie 5 :Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.

La classe de conséquence de la ruine ou de l'endommagement des ouvrages à construire peut être considérée « faible ou moyenne ou élevée » en termes de perte de vie humaine, ou conséquences sociales considérables (classe CC1 à CC3 du tableau B.1 de la norme NF EN 1990 ci-après). [Donnée d'entrée à valider par le maitre d'ouvrage].

Compte-tenu des conditions de site et des fondations prévisibles, le projet est en catégorie géotechnique 1 ou 2 ou 3 (cf. tableau B1 à B 3.1. ci-après).

Tableau B.1 – Définition des classes de conséquences

CLASSE DE CONSEQUENCE	Description	Exemples de bâtiments et de travaux de génie civil
CC3	Conséquence élevée en termes de perte de vie humaine, ou conséquences économiques sociales ou d'environnement très importantes	Tribunes, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient élevées (par exemple salle de concert)
CC2	Conséquence moyenne en termes de perte de vie humaine, conséquences économiques sociales ou d'environnement considérables	Bâtiments résidentiels et de bureaux, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient moyennes (par exemple bâtiment de bureaux
CC1	Conséquence faible en termes de perte de vie humaine et conséquences économiques sociales ou d'environnement faibles ou négligeables	Bâtiments agricoles normalement inoccupés (par exemple, bâtiments de stockage, serres)

Tableau n°1 : selon le § B.3.1. de la norme NF EN 1990 (EC-0)

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Tableau P.3.1. **Catégories géotechniques en fonction des classes de conséquences et des conditions de site et bases des justifications**

CLASSE DE CONSEQUENCE	CONDITIONS DE SITE	CATEGORIE GÉOTECHNIQUE [a]	BASE DES JUSTIFICATIONS
CC1	Simples et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simples	2	
	Complexes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
CC3	Simples ou complexes	3	
Il n'y a pas de règles établies pour le choix de la catégorie géotechnique. En pratique toutefois, on considère qu'un ouvrage fondé sur pieux relève au moins de la catégorie 2, et on classe en catégorie géotechnique 3 les ouvrages établis dans un site instable, ou dans des conditions de risques sismiques importantes, ou dans des sols évolutifs ou sensibles, les ouvrages nucléaires, stockage GNL, etc.			

Tableau n°2 : selon annexe P de la norme NF P 94-262

1.5 MISSION

Conformément à son offre Réf. 2021/13438/MARSE/17 IndA IndA du 29/02/24, GÉOTEC a reçu une mission de conception géotechnique, phase Projet (G2 PRO) selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques.

Cette étude repose sur des investigations géotechniques réalisées par nos soins dans le cadre de la présente mission d'étude géotechnique.

Il est rappelé que la phase projet de la mission d'étude géotechnique de conception G2 PRO doit être complétée par les phases DCE/ACT puis par des missions G3 (étude et suivi de conception réalisée par le géotechnicien de l'entreprise) et G4 (supervision géotechnique et suivi d'exécution) afin de limiter les aléas géotechniques qui peuvent apparaître en cours ou après réception des ouvrages. GÉOTEC reste à la disposition des intervenants, et notamment de l'équipe de maîtrise d'œuvre, pour l'exécution des missions complémentaires de conception G2 et G4, la mission G3 étant réalisée par les entreprises de travaux.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « Conditions générales » données en fin de rapport.

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

1.6 REMARQUES

Toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- TA : terrain actuel
- EE : eaux exceptionnelles
- EH : eaux hautes
- EB : eaux basses
- EC : eaux de chantier
- NGF : nivellement général de la France.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

2.1 LE SITE

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'aménagement général de la place Gèze située à MARSEILLE (13015) dans un contexte urbanisé, à environ 600 m à l'Est à proximité du littoral méditerranéen.

Cette zone correspond au début du boulevard Capitaine Gèze, à l'Est qui fait la liaison avec l'avenue du Cap Pinède.

L'aménagement de la place Gèze occasionnera un remblaiement du site sur une hauteur de l'ordre de 3 m, à localement 4.5 m, le long du ruisseau des Aygalades.

Vue aérienne de la zone d'étude

Les ouvrages du présent rapport G2PRO sont prévues dans les zones encerclées en noir.

2.2 CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

Pour mener à bien notre mission, nous avons réalisé les investigations complémentaires suivantes :

- **2 sondages pressiométriques (SP1-2024 et SP2-2024)** de 20 m de profondeur permettant de déterminer la nature lithologique des sols et de réaliser de profils pressiométriques par

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

essais répartis selon un espacement de 1.5 m. Ces sondages ont fait l'objet de l'enregistrement des paramètres de forage. Ils ont été réalisés le long de la rue Zoccola.

Les investigations et analyse en laboratoire réalisées précédemment et utilisées pour la présente étude sont les suivantes :

Année 2022 – Investigations GEOTEC :

- **2 sondages carottés** de 18.5 et 20 m de profondeur (SC1 et SC2) permettant de visualiser précisément la nature des terrains ou des maçonneries en surface,
- **2 sondages pressiométriques (SP1 et SP2)** de 20 m de profondeur permettant de déterminer la nature lithologique des sols et de réaliser de profils pressiométriques.

Année 2020/2021 – Investigations FONDASOL :

- **3 sondages pressiométriques (SP11BIS 2020, SP10-2020 et SP16)** de 15 à 20 m de profondeur permettant de déterminer la nature lithologique des sols et de réaliser de profils pressiométriques.

Année 2013 – Investigations FONDASOL :

- **3 sondages pressiométriques (SP302 et SP303)** de 30 m de profondeur permettant de déterminer la nature lithologique des sols et de réaliser de profils pressiométriques.

Année 2012 – Investigations ERG :

- **4 sondages pressiométriques (SP2-10, SP2-11, SP2-14 et SP2-23)** de 21 à 23 m de profondeur permettant de déterminer la nature lithologique des sols et de réaliser de profils pressiométriques.

Analyse chimique réalisée par GEOTEC en 2022 pour classification du milieu vis-à-vis de l'agressivité des bétons.

2.3 IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe (dont le fond de plan correspond au plan topographique du site).

Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA). Les cotes des sondages ont été déterminées sur la base du relevé topographique du site qui nous a été transmis.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique d'AUBAGNE - MARSEILLE au 1/50 000 et les études précédemment réalisées sur secteur, la géologie attendue est la suivante :

- Remblais d'aménagement du site,
- Alluvions récentes éventuelles,
- Conglomérats, grès et marnes du Stampien.

Extrait de la carte géologique

3.1 NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

Les diverses campagnes de reconnaissances ont mis en évidence les formations suivantes :

- Des **remblais** (R) majoritairement sablo-graveleux, pouvant présenter des passages limoneux ou argileux ainsi que des débris anthropiques ou végétaux de toutes sortes. L'épaisseur de ces remblais est très variable, comprise entre 0 et 5.75 m.

  Leurs caractéristiques mécaniques sont hétérogènes, de très lâches à localement très denses.

  0.33 MPa < pl < 4.9 MPa

  2.6 MPa < Em < 84.2 MPa

- Des **alluvions** (ALL) composées principalement de limons à quelques passages sableux ou argileux, avec une fraction graveleuse. Cet horizon a été rencontré jusqu'à une profondeur de l'ordre de 3.5 à 13.7 m/TA.

  Ses caractéristiques mécaniques sont faibles à moyennes en général :

  0.13 MPa < pl < 0.7 MPa

  1.3 MPa < Em < 6.0 MPa

- Le **Stampien altéré** (ALT) composé d'argiles plus ou marneuses à grès déstructurés. Cette couche d'altération s'établie jusqu'à une profondeur de l'ordre de 6.0 à 16.8 m/TA.

  Ses caractéristiques mécaniques sont bonnes à très bonnes.

  0.98 MPa < pl < 3.7 MPa

  11.9 MPa < Em < 54.0 MPa

- Le substratum **Stampien compact** (SUB) composé de marno-calcaire et poudingues, rencontré jusqu'à la base des sondages arrêtés entre 15 et 30 m de profondeur/TA.

  Ses caractéristiques mécaniques sont très bonnes :

  3.5 MPa < pl à > 5.0 MPa

  56 MPa < Em à > 300 MPa

3.2 ESSAIS EN LABORATOIRE – ANALYSES CHMIQUES

Quatre analyses chimiques avaient été réalisées en 2022, par nos soins, dans le cadre du réemploi des déblais du bassin de rétention de la place Gèze situé à proximité du site (bassin actuellement en cours de construction).

Ces analyses, dont les résultats figurent en annexes, amènent aux conclusions suivantes :

En page 4/10 du document, une analyse met en évidence 1900 mg/kg de MS de sulfate avec une incertitude sur la mesure de 18%, soit 1900 +/- 342 de MS de sulfate, ce qui classe le sol en XA1, en limite avec un sol XA2, selon la NF EN 206 relative aux bétons.

En l'état actuel des études et dans l'attente d'analyses complémentaires, nous pouvons considérer un sol XA2.

3.3 RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES – CLASSE SISMIQUE DU SOL

La consultation du site de prévention des risques majeurs (Prim.net) a permis d'identifier un certain nombre de risques que peut présenter le site étudié.

Compte tenu de l'environnement construit du site, la présence de remblais a été constatée. Ces derniers pourront également contenir des vestiges de construction (fondation, blocs, dalle béton, anciens réseaux…).

Les alluvions, du fait de leur mode de dépôt lenticulaire, peuvent présenter des variations latérales de faciès. Ainsi, il sera possible de rencontrer des lentilles argileuses au sein des horizons sableux ou graveleux.

D'après la base de données du BRGM, des mouvements de terrain liés à des affaissements et effondrements (cavités souterraines hors mines), éboulement ou chutes de pierres et de blocs, glissement de terrain, recul du trait de côte et de falaises et tassements différentiels ont été recensés sur

la commune. Toutefois, aucun évènement n'est recensé dans un rayon de 200m autour de la zone d'étude.

D'après la base de données du BRGM, le terrain est classé entre aléa faible vis-à-vis du risque d'inondation . Le site est de plus hors des zones de préconisations lies au TRI.

La commune de MARSEILLE a fait l'objet de 48 arrêtés de catastrophe naturelle, dont :

- 27 - Inondations et/ou Coulées de Boue
- 14 - Sécheresse
- 6 - Mouvement de Terrain
- 1 - Tempête

Le terrain se situe en zone d'aléa faible (2) selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention des risques sismiques **(Agr = 0.7 m/s²).**

Le terrain est situé en zone d'aléa moyen vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des argiles.

Le toit du substratum correspond à une surface d'érosion. Par conséquent, il sera toujours possible de rencontrer des surprofondeurs ou des remontées du toit du substratum plus importantes que celles observées dans nos sondages.

Compte tenu de la présence d'un substratum compact à très compact situé entre 6.0 et 16.8 m de profondeur/TA, nous proposons de retenir une classe sismique de sol E (S=1.8).

3.4 HYDROGEOLOGIE

Mesures ponctuelles

Lors de la campagne de reconnaissance (Juin 2024), les niveaux d'eau suivants avaient été mesurés au sein des sondages :

Sondage (cote NGF)	**SP1-2024 (14.1)**	**SP2-2024 (14.4)**
Prof niveau d'eau en fin de forage en m (cote NGF)	3.6 m(10.5 mNGF)	4.6 m(9.8 mNGF)

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

Le contexte hydrogéologique est celui de ruissellements et d'infiltrations dont l'existence et l'intensité sont fonction des saisons et de la pluviométrie.

Une enquête hydrogéologique approfondie pourrait être nécessaire afin de connaître les fluctuations de la nappe, le risque d'inondabilité et les niveaux d'eaux caractéristiques définis dans l'Eurocode.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

3.5 POLLUTION

Lors de nos interventions, il n'a été détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.

Lors des travaux de démolition des ouvrages existants et de terrassement, dès lors que les terres sont excavées, ces dernières peuvent prendre le statut de déchet. Leur valorisation sur site et/ou leur élimination en dehors du site doit donc répondre aux réglementations « déchets », conformément à la loi AGEC et son décret d'application du 1er avril 2021 relatif à la sortie du statut de déchet ainsi qu'à l'arrêté du 4 juin 2021 fixant les critères du statut de déchet pour les terres excavées et sédiment.

Suite à cette évolution réglementaire, les terres excavées doivent faire l'objet d'une caractérisation selon une procédure normée et d'un enregistrement au sein d'un registre national assurant une traçabilité de l'opération de gestion de terres terrassées.

En cas d'évacuation en centre de stockage celui-ci doit valider l'acception des terres après réception d'une Demande d'Acception Préalable (DAP) généralement portée par le terrassier ou l'entreprise générale (au nom du Maître d'Ouvrage). La DAP doit intégrer des analyses chimiques en laboratoire sur les terres à excaver.

GEOTEC reste à la disposition des intervenants pour les accompagner dans la gestion de leurs terres dans leur projet d'aménagement depuis les études préliminaires afin d'anticiper des surcoûts éventuels, de proposer des solutions de gestion d'optimisation jusqu'à l'élaboration du plan de terrassement pour la phase opérationnelle.

3.6 MODELE GEOTECHNIQUE

Sur la base des investigations réalisées, nous proposons de considérer, par ouvrage, les modèles géomécaniques suivants :

Mur M1 sur pieux (sondages : SP10-2020 / SP1-2024 / SP11-2020) – cote tête des pieux = 12.21 mNGF) – TA ~14 à 16 mNGF :

Nature des terrains	Cote base de couche (mNGF)	Em (MPa)	Pl* (MPa)	Pf* (MPa)	a	C' (kPa)	Φ' (°)	qs (kPa
Remblais argilo-graveleux	11.1	4.0	0.4	0.27	0.5	0	30	/
Alluvions (ALL)	6.6	3.0	0.25	0.17	0.67	0	27	26
Argile marneuse (SUB ALT)	3.3	17.0	1.8	1.2	0.67	5	27	140
Substratum Stampien (SUB)	< 3.3	60.0	3.8	2.5	0.5	20	35	165

Mur M2 et mur M3 sur semelles (sondages : SP11-2020 / SP1-2024) – cote tête base de semelle = 12.72 mNGF pour M2 et 12.92 mNGF pour M3) – TA ~ 14 à 15 mNGF :

Nature des terrains	Cote base de couche (mNGF)	Em (MPa)	Pl* (MPa)	Pf* (MPa)	a	C' (kPa)	Φ' (°)
Remblais argilo-graveleux	11.1	2.6	0.4	0.27	0.5	0	30
Alluvions (ALL)	6.6	2.0	0.25	0.17	0.67	0	27
Argile marneuse (SUB ALT)	3.3	17.0	1.8	1.2	0.67	5	27
Substratum Stampien (SUB)	< 3.3	70.0	4.8	2.5	0.5	20	35

Galerie d'accès au PEM sur micropieux (sondages : SP2-14 / SP16 / SP2-23) – cote tête des micropieux = 13.53 mNGF) – TA ~114 à 16 m NGF :

Nature des terrains	Cote base de couche (mNGF)	Em (MPa)	Pl* (MPa)	Pf* (MPa)	a	C' (kPa)	Φ' (°)	qs (kPa) MP type III
Remblais argilo-graveleux	13.0	5.5	0.45	0.3	0.5	0	30	/
Alluvions (ALL)	2.4	3.5	0.25	0.17	0.67	0	27	64
Argile marneuse (SUB ALT)	-0.7	13.0	0.95	0.65	0.67	5	27	198
Substratum Stampien (SUB)	< -0.7	90.0	4.8	3.2	0.5	20	35	284

Passerelle sur semelle (sondages : SP1 / SP302 / SP2-2024) – cote base de semelle = 11.4 mNGF) – TA ~ 14.4 mNGF :

Pour cet ouvrage, aucune investigation n'a pas se faire à l'emplacement de la fondations, faute d'accessibilité. Les calculs de portance et de tassement de la semelle sont donc menés en considérant les profils pressiométriques des 3 sondages les plus proches (la fondation se situant au centre de ces 3 sondages).

Soit le modèle géotechnique enveloppe suivant :

Nature des terrains	Cote base de couche (mNGF)	Em (MPa)	Pl* (MPa)	Pf* (MPa)	a	C' (kPa)	Φ' (°)
Remblais argilo-graveleux	109 à 13.2	8.1 à 64.1	0.8 à 4.0	0.5 à 1.0	0.5	0	30
Alluvions (ALL)	2.2 à 3.6	1.3 à 6.0	0.27 à 0.43	0.17 à 0.28	0.67	0	27
Argile marneuse (SUB ALT)	1.2 à 2.9*	10.8 à 32.0	1.4 à 2.3	0.9 à 1.0	0.67	5	27
Substratum Stampien (SUB)	< 1.2 à 2.9	50 à > 300	3 à > 4.5	2 à > 4.5	0.5	20	35

Mur M14 sur une paroi de pieux sécant côté aval (métro Gèze et sa paroi moulée) et sur une rangée pieux côté amont (côté rue Zoccola) (sondages : SP2-2024 / SP1 / SP2 / SP2-10) – cote tête des pieux = 12.76 mNGF) – TA ~13.5 à 14.5 mNGF :

Nature des terrains	Cote base de couche (mNGF)	Em (MPa)	Pl* (MPa)	Pf* (MPa)	a	C' (kPa)	Φ' (°)	qs (kPa) (1)
Remblais argilo-graveleux	12.0	10.0	0.9	0.55	0.5	1	30	/
Alluvions (ALL)	2.2	3.5	0.3	0.18	0.67	3	27	33
Argile marneuse (SUB ALT)	1.2	20.0	1.8	1.2	0.67	5	27	140
Substratum Stampien (SUB)	< 1.2	80.0	5.0	2.9	0.5	20	35	170

(1) : qs sur la base d'une technique de pieux forés simples.

4.1 CONTRAINTES DU SITE

La réalisation des ouvrages nécessitera des terrassements en déblai de l'ordre de l'ordre de 1 à 4 m de hauteur selon les endroits.

Le remblaiement se fera ensuite sur des hauteurs comprises entre 3 et 5.0 m pour caler les voiries aux cotes projet, soit les ordres de grandeur de cote suivantes :

Ouvrage	Cotes approximatives du TA (mNGF)	Cote base de semelle ou de chevêtre des fondations profondes (mNGF)	Cote terrain fini ((mNGF)
M1	14.0 à 16.0	12.21	Max : 17.3
M2	14.0 à 15.0	12.72	Max : 15.7
M3	14.0 à 15.0	12.92	Max : 14.7
Rampe d'accès au PEM	14.0 à 16.0	13.53	19.4
Semelle passerelle côté Métro	14.4	11.4	14.4

Le mode d'exécution des terrassements dépendra étroitement des conditions environnementales, en particulier :

- du niveau d'assise et de la sensibilité des mitoyens pouvant nécessiter la réalisation de fouilles blindées ou de soutènement provisoires ;
- de la présence de voirie circulée à plus ou moins grande distance de la fouille et des possibilités de neutralisation partielle ou totale de celles-ci ;
- de l'espace libre disponible pour envisager éventuellement une solution par talutage.

Mais de nombreux autres facteurs peuvent être déterminants pour le choix du mode d'exécution des terrassements (présence de réseaux sous chaussée, d'anciens ouvrages enterrés, etc.).

Dans le cas de mitoyens, il est recommandé :

- avant tout démarrage des travaux, de faire réaliser **un diagnostic de la (des) structure(s) de l'existant et des avoisinants** par un bureau d'études structures ; il définira le cas échéant les confortements ou précautions à prendre, nécessaires à la réalisation des travaux (reprise en sous-œuvre, chaînage, contreventement etc.) ainsi que les déformations à ne pas dépasser ;
- un référé préventif sera établi avant le début des travaux. Il permettra de relever tous les désordres éventuels des constructions existantes ;

L'adaptation du projet par rapport au site nécessitera des terrassements en déblai de hauteur variable, comprise approximativement entre 2.0 m en partie Nord et 4.0 m en extrémité Sud.

4.2 EXTRACTION

Dans les sols meubles (structure de voirie, remblai et argile d'altération du substratum), les travaux de terrassement ne poseront pas de problèmes particuliers d'exécution. Les déblais pourront être extraits par des engins à lame ou à godet.

Dans le substratum compact, blocs, anciennes maçonneries, les couches traitées, etc., les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance (BRH par exemple).

Dans tous les cas, la méthodologie mise en œuvre devra tenir compte des avoisinants (PEM, voies du métro, etc.). Si nécessaire, une étude de vibrations sera menée.

4.3 STABILITE DES TALUS ET DES AVOISINANTS – TERRASSEMENT EN PLEINE MASSE

Des **talus en déblai provisoires secs et non surchargés en tête**, d'une hauteur maximale de l'ordre de 4.00 m, pourront être terrassés selon une pente de 2H/1H à 3H/2V (3 horizontalement pour 2 verticalement) dans les terrains de surface (remblai et altération du substratum). La pente pourra être ramenée à 1H/1V sous réserve de terrasser par passes alternées.

Dans le substratum compact, la pente des talus en déblai pourra être ramenée à 1H/3V.

Si l'environnement du site ne permet pas ce talutage au large, ou si des ouvrages se situent dans la zone d'influence du talus, **on prévoira un ouvrage de soutènement provisoire**, de type berlinois par exemple.

4.4 REMBLAIS DE REHAUSSE

4.4.1 Mise en œuvre des remblais classiques

Dans les zones qui nécessiteront des terrassements en remblai, ce dernier sera constitué d'un matériau noble insensible à l'eau, non gélif, de type D21, D31, B11, B31 ou concassé issu de roche massive type R21, R41 ou R61 ou équivalent (type 0/50 à 0/80) selon le GTR par exemple et comportant 4 à 8 % de fines. Les qualités de ce matériau devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien) afin d'en valider les caractéristiques. Le matériau sera mis en place par couches soigneusement compactées d'épaisseur inférieure à 0.50 m selon le GTR. Des redents d'accrochage seront aménagés sur les zones non horizontales ou sur les talus (redans à prévoir si pente > 15%).

Les remblais seront mis en place sur une plateforme où l'on aura procédé au décapage préalable de la terre végétale et de tous terrains médiocres (sols mous, évolutifs ou détériorés par les engins ou les intempéries) sur une épaisseur de 50 cm maximum.

Des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité du compactage. Ils seront réalisés tous les 0,5 m à 0,8 m d'élévation, à raison d'au moins 1 essai tous les 500 m². Les valeurs minimales à obtenir seront :

Au niveau de la plateforme livrée : $EV_2 / EV_1 < 2,2$ et $EV_2 > 50$ MPa

Sur toute la hauteur du remblai : $EV_2 / EV_1 < 2,2$ et $EV_2 > 30$ à 40 MPa

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GÉOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GÉOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur cette solution (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto-contrôle au titre de sa mission G3).

Remarque : l'utilisation de remblais allégés pourra être envisagée sous condition de pouvoir prétendre aux mêmes conditions de mise en œuvre et de résistance. Un matériau granulaire est alors recommandé pour un comportement semblable à des remblais standards et pour éviter les problématiques aux interfaces éventuelles entre ces deux types de remblais.

Les remblais seront mis en œuvre sur un fond de forme sain suivant la méthodologie suivante :

- Décapage de la couche de terre végétale et remblais douteux superficiels (présentant des traces de végétaux ou des débris divers).
- Vérification visuelle du fond de forme et compactage léger.
- Mise en œuvre des remblais et compactage par couche unitaire selon les règles de l'art avec un objectif de densification de q3 sur toute hauteur.

Il faudra adapter les modes de mise en œuvre et de compactage aux caractéristiques du site, au matériau retenu et au matériel utilisé, afin d'obtenir les critères de réception demandés. Le compactage devra être suivi et correctement réalisé (contrôles réguliers à l'aide d'essais à la plaque, essais au pénétrodensitographe, essais de pénétration dynamique…).

4.4.2 Mise en œuvre des remblais allégés

Les matériaux allégés sont prévus pour constituer la partie inférieure des remblais généraux du site. Il s'agira d'une pouzzolane qui a l'avantage de présenter un poids volumique faible de l'ordre de 8 kN/m^3 et qui permettra de limiter :

- la poussée des terres à l'arrière des soutènements,
- les tassements à des valeurs admissibles.

Ce matériau étant autoplaçant mais relativement friable, il sera nécessaire :

- de le mettre en œuvre par couche et selon un compactage adapté,
- de le protéger en partie supérieure par une couche en matériaux granulaires D31, 0/50 à 0/80 mm, selon le GTR sur une épaisseur minimum de l'ordre de 1.5 m (avec pose d'un géotextile en interface).

4.5 REEMPLOI DES MATERIAUX DU SITE EN REMBLAI

Dans le principe, les matériaux du site pourront être réutilisés en remblais généraux classiques sous réserve de procéder à des analyses en laboratoire et de les mettre en œuvre selon les règles de l'art de manière à vérifier leur classification GTR (+ analyse chimique) et sous réserve de les mettre en œuvre selon par couches unitaires en respectant un teneur en eau à l'OPN.

Ils ne pourront néanmoins pas être réutilisés en structures de voiries, ni en couches de forme et en couches de fondation. Pour cela, il conviendra d'avoir recours à des matériaux d'apport.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

4.6 MISE EN ŒUVRE DES REMBLAIS A L'ARRIERE DES SOUTENEMENTS

A l'arrière des écrans de soutènement, il faudra avoir recours à des matériaux d'apport granulaires et insensibles à l'eau qui auront les caractéristiques suivantes :

- granularité : 0/80 à 0/150 mm,
- granulométrie continue,
- classification GTR : D3 ou CB3.

En base et sous réserve de respecter une épaisseur minimum de 1.5 m de remblai classique, il est envisageable de mettre en place des remblai allégés tels présentés ci-avant au chapitre 4.5.

Notons que les notes de calcul ont, toutes, pris en compte un matériau granulaire nobles pour réduire au maximum la poussée des terres et pour bien bloquer les terrains amont (route, trottoir, etc.).

Les qualités de ce matériau devront être contrôlées au démarrage du chantier (identification GTR, planche d'essai, examen par un ingénieur géotechnicien) afin d'en valider les caractéristiques. Le matériau sera mis en place par couches soigneusement compactées selon le GTR. Des redans d'accrochage seront aménagés dans les talus amont.

Une couche de finition constituée par un matériau propre de classe D21 selon le GTR et de granulométrie 0/20mm à 0/315 mm sur une épaisseur minimale de 0,1 m soigneusement compactée sera ensuite mise en place.

Des essais de contrôle à la plaque devront être prévus pour s'assurer de la qualité du compactage. Ils seront réalisés tous les 0,5 m à 0,8 m d'élévation d'au moins 1 essai tous les 500 m². Les valeurs minimales à obtenir seront :

$$EV2 > 50 \text{ MPa}$$

$$EV2 / EV1 < 2,2$$

$$Kw > 50 \text{ MPa / m}$$

Sans ces essais et contrôles réalisés et/ou suivis par GEOTEC ou son mandataire dans le cadre d'une mission G4 de supervision géotechnique d'exécution, GEOTEC ne saurait engager sa responsabilité sur cette solution (ce qui n'exonère pas l'entreprise de son auto contrôle au titre de sa mission G3).

4.7 TRAFICABILITE EN PHASE CHANTIER

Compte tenu de la nature argilo-sableuse des terrains superficiel (terrains sensibles à l'eau) un traitement du fond de forme pourra s'avérer nécessaire pour assurer la traficabilité sur le site et ce plus particulièrement en période pluvieuse (cloutage du fond de forme et mise en place d'une couche de forme épaisse à l'avancement, drainage, etc.). Cela pourra engendrer un surcoût non négligeable.

4.8 SUJETIONS D'EXECUTION

Les règles de l'art seront respectées et notamment :

- drainage permanent de la plate-forme *(gravitaire, tranchées, pompage …)* ;
- si malgré ces précautions, le drainage n'est pas suffisant, on devra prendre les dispositions suivantes : cloutage, géotextile, traitement au liant hydraulique etc.

- protection des talus en phase provisoire *(fossés de tête et de pied, polyane …)* ; dans certains cas, tranchées drainantes, masques drainants, éperons drainants, drains subhorizontaux à prévoir ;
- protection de talus en phase définitive (engazonnement, plantations, système pérenne de récupération des eaux, etc.).

4.9 MISE HORS D'EAU

- Phase provisoire

Lors de la campagne de reconnaissance (Juin 2024), les niveaux d'eau suivants ont été mesurés au sein des sondages :

Sondage (cote NGF)	**SP1-2024 (14.1)**	**SP2-2024 (14.4)**
Prof niveau d'eau en fin de forage en m (cote NGF)	3.6 m(10.5 mNGF)	4.6 m(9.8 mNGF)

Bien que ces niveaux d'eau ne devraient pas interférer avec les terrassements, il s'agit de relevés ayant un caractère ponctuel et instantané qui ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau. Ces niveaux d'eau peuvent donc remonter fortement en période pluvieuse.

Ainsi, en fonction de la date de réalisation des terrassements, des arrivées d'eau sont possibles. Un pompage provisoire associé à une dérivation des eaux de l'affluent pourra alors être nécessaire afin d'épuiser ces venues d'eau et d'assécher les fouilles.

Assainissement du site en présence d'eau : Du fait de la nature argileuse des terrains, un drainage du terrain sera réalisé en présence d'eau pour assainir le site en phase travaux et/ou provisoire. Il pourra s'agir soit de tranchées drainantes soit de fossés. La pente sera au minimum de 5 mm/m. Ces ouvrages tiendront compte de la topographie du site et seront raccordés à un exutoire dimensionné de manière suffisante et implanté de manière non dangereuse pour le projet et les avoisinants.

- Phase définitive

Le mur enterré sera soigneusement drainé conformément au DTU 20.1 : drain périphérique avec exutoire gravitaire.

5.1 INTRODUCTION

Le mur de soutènement devra permettre de bloquer les terrains en périphérie amont (voiries, etc.), tout en favorisant un bon drainage.

La solution consiste à réaliser un mur en béton armé, de type « cantilever en L » qui permettra de soutenir des terrains sur des hauteurs de l'ordre de 2.9 et 4.5 m dans le cadre de la surélévation de la re Zoccola.

En raison des terrains rencontrés et des hauteurs à soutenir, l'ouvrage sera fondé sur 2 rangées de pieux 600 mm ancrés au substratum (tel que prévu selon les plans AVP ci-avant).

5.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

a) Modèle géotechnique

Le modèle géotechnique est présenté ci-avant au § 3.6.

b) Sollicitations sismiques

Selon la règlementation sismique en vigueur (décret et arrêtés du 22 octobre 2010 et selon l'Eurocode 8, les coefficients sismiques kh et kv (termes adimensionnels) à prendre en compte dans les calculs sont déterminés ci-après.

Coefficient sismique horizontal - Kh = a.S.ST/r avec :

- a = ag/g (g = 9.81 m/²) : ag = agr (agr = 0.7 m/s² en Zone 2) x (γi = 1.0 car ouvrage considéré comme un bâtiment de catégorie II – ***à confirmer par le maitre d'ouvrage***),

- S : paramètre caractéristique de la classe de sol et de la zone sismique : S = 1.8 pour une classe de sol E.

- ST : coefficient d'amplification topographique : ST = 1, la hauteur des talus de la route étant très nettement inférieure à 30 m,

- r : coefficient de dissipation de l'énergie sismique qui est fonction du déplacement autorisé de l'ouvrage lors du séisme. Pour les murs de soutènement non ancrés **r = 2** (possibilité d'accepter un certain déplacement de l'ouvrage lors du séisme).

Le Coefficient sismique vertical Kv est donné par Kv = +/- 0.5 Kh.

Soit les coefficients sismiques suivants :

Kh = 0.064 et Kv = +/- 0.032

c) Surcharges

Pour le dimensionnement géotechnique des murs de soutènement, les surcharges non pondérées à prendre en compte à l'arrière des ouvrages sont les suivantes :

- Voirie : 20 kPa.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

d) Drainage et remblaiement à l'arrière de l'ouvrage

Le mur sera soutenant les terres et sera équipé d'un massif drainant amont toute hauteur, sur une épaisseur de l'ordre de 0.5 m, ou d'un drain géo-composite drainant avec un drain de pied et un système d'évacuation fiable vers l'aval. Des barbacanes seront disposées en base de mur selon un espacement de l'ordre de 3 m.

Le remblaiement à l'arrière du massif drainant, se fera avec des matériaux bloquants dont la mise en œuvre sera soignée (après pose d'un géotextile anticontaminant).

Les matériaux répondront aux caractéristiques suivantes :

- Pour le massif drainant (si géo-composite drainant non prévu) :
  - Granularité : 40/80 mm,
  - Classification GTR : D31.
- Pour le remblai bloquant et frottant à l'arrière du massif drainant :
  - Granularité : 0/80 à 0/150 mm,
  - Granulométrie continue,
  - Classification GTR : D3 ou CB3.

Les calculs sont menés en considérant un poids volumique moyen de sol à 13.0 kN/m3 pour tenir compte des remblais allégés (8 kN/m3) en partie inférieure et des remblais granulaires classique (20 kN/m3)en partie supérieure sur une épaisseur de 1.5 m.

5.3 DIMENSIONNEMENT DES PIEUX

a) Détermination du torseur des efforts en base de semelle

La détermination des efforts en base de la semelle du mur (ou chevêtre de liaison des pieux) est menée selon la norme d'application EC7 NFP91-281 relative aux murs de soutènement.

Les calculs, dont le détail est présenté en annexe, amènent à retenir le torseur des efforts suivant en base de semelle :

		b (m)	h (m)	ep m)	γ (kN/m3)	e (m)	V (kN/ml)	H (kN/ml)	M (kN.m/ml)
W_{voile}	Voile :	1,00	4,43	0,40	25,0	1,30	44,3	0,0	57,6
$W_{semelle}$	Semelle :	1,00	0,60	3,00	25,0	0,00	45,0	0,0	0,0
$W_{sol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	1,00	4,43	2,60	13,0	-0,20	149,7	0,0	-29,9
$W_{sol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	1,00	0,00	0,00	13,0	1,50	0,0	0,0	0,0
P_{ay}	Poussée des terres :	1,00	5,03	Kay : 0,271	13,0		0,0	44,6	0,0
$P_{ayh\ sol}$	Poussée des terres (horizontale) :	1,00	5,03	Kay : 0,271	13,0	1,68	0,0	44,6	74,7
$P_{ayv\ sol}$	Poussée des terres (verticale) :	1,00	5,03		13,0	-1,50	0,0	0,0	0,0
P_{aq}	Poussée des surcharges :	1,00	5,03	Kaq : 0,251	20 kPa		0,0	25,0	0,0
$P_{aqh\ surcharge}$	Poussée des surcharges (horizontale):	1,00	5,03	Kaq : 0,251	20 kPa	2,52	0,0	25,0	62,6
$P_{aqv\ surcharge}$	Poussée des surcharges (verticale):	1,00	5,03		20 kPa	-0,20	0,0	0,0	0,0
$Q_{surcharge}$	Poids des surcharges sur patin arrière (talon) :	1,00	2,59		20 kPa	-0,21	51,8	0,0	-10,6
							V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
Total ELS : (Cara, Freq et QP)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$						**239,0**	**69,5**	**164,9**
Total ELU 1 : (max. + surcharge défavorable)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$						**322,7**	**97,6**	**232,0**
Total ELU 2 : (max + surchage fav.)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$						**322,7**	**97,6**	**232,0**
Total ELU 3 : (poids fav. + poussée et surch. déf.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin+(1,0/0,0)*Q})+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$						**239,0**	**97,6**	**222,4**
Total ELU 4 : (poids fav. + poussée et surch. fav.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin+(1,0/0,0)*Q})+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,00/0,00*(P_{aqh}+P_{aqv})$						**239,0**	**97,6**	**222,4**
Total ELU 5 : (min. + surch. défavorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$						**239,0**	**82,0**	**196,2**
Total ELU 6 : (min. + surch. favorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ah}+P_{av})+1,0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$						**239,0**	**82,0**	**196,2**

Total ELU Sismique : (seisme pesant)	$1,00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1,00*(P_{ah}+P_{av})+1,00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1,00*A_{ED}$	**304,7**	**108,0**	**265,7**
Total ELU Sismique : (seisme allègeant)	$1,00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1,00*(P_{ah}+P_{av})+1,00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1,00*A_{ED}$	**234,3**	**103,9**	**254,6**

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

b) Distribution des efforts en en tête des pieux

La distribution en tête et le long des pieux des efforts en tête est menée avec le module Groupie du logiciel Foxta, en considérant :

- Deux rangées de pieux disposés selon un espacement longitudinal de 1.8 m et un espacement transversal de 1.8 m pour les 2 passages du mur sur réseaux :
- Le torseur de efforts en partie centrale de semelle ramené à 1.8 m de longueur de mur.
- Des pieux D600 mm de longueur 11 m ancrés de 2 m dans le substratum.

Soit les efforts en tête des pieux :

Combinaison max	Nmin (kN)	Nmax (kN)	Hd (kN)	Md (m.kN)	Ux (m)
ELS	137.3	292.9	62.55	78.4	3.2e-3
ELU Fond	121.4	429.5	87.9	113.0	-
ELU sis	90.3	400.3	97.2	125.6	1.6e-3

c) Capacité portante des pieux (GEO) - Choix de la méthode de calcul

Nous utiliserons ci-après la procédure « modèle de terrain » qui consiste à déduire d'un modèle géotechnique du site les valeurs caractéristiques de la résistance de pointe et du frottement axial unitaire dans les différentes couches de sol.

Selon la norme NFP 94-262 (Eurocodes 7 – Fondations profondes), il convient de vérifier que :

- La valeur de calcul à l'ELS de la charge axiale F_d transmise par un pieu est inférieure ou égale à la valeur de calcul de la charge de fluage de compression R tel que :

$$\mathbf{F_d \leq R_{c;cr;d}}$$

- La valeur de calcul à l'ELU de la charge de compression axiale $F_{c;d}$ est inférieure ou égale à la valeur de calcul de la portance $R_{c;d}$ tel que :

$$\mathbf{F_{c;d} \leq R_{c;d}}$$

Selon les termes de la NFP94-262, les charges admissibles en compression sont données par les formules :

$$\mathbf{R = \Gamma_1.R_s + \Gamma_2.R_b}$$

Avec

- $R = R_{c;cr;d}$ à l'ELS ou $R = R_{c;d}$ à l'ELU
- R_b : résistance limite de pointe, avec R_b = A. kp. ple*
- R_s : résistance limite en frottement latéral, avec $Rs = \pi\, D \sum h_i.q_{si}$

Où :

- A est la section du pieu et D son diamètre
- k_p le facteur de portance, p_{le} la pression limite nette équivalente
- q_{si} le frottement latéral limite dans la couche i d'épaisseur h_i

Les coefficients de sécurité globaux (Γ1 et Γ2) retenus en compression sont les suivants pour la méthode pressiométrique.

Tarière creuse/Foré Boue/Foré béton/Foré tubé

	ELS qp	ELS caract.	ELU fond /sis.	ELU accid.
Latéral (Γ1)	0,503	0,615	0,719	0,791
Pointe (Γ2)	0,359	0,439	0,719	0,791

Les coefficients de sécurité globaux retenus en traction sont les suivants pour la méthode pressiométrique.

Tarière creuse/Foré Boue/Foré béton/Foré tubé

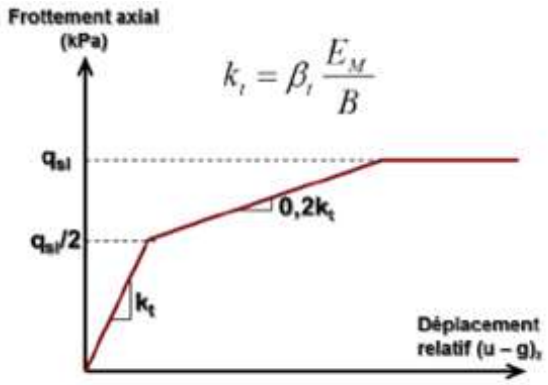
	ELS qp	ELS caract.	ELU fond /sis.	ELU accid.
Latéral (Γ1)	0,339	0,416	0,486	0,534
Pointe (Γ2)	-	-	-	-

- **Effet de groupe**

Les micropieux sont espacés d'au minimum 3 fois le diamètre. Aucun effet de groupe n'est pris en compte dans les calculs.

- **Modélisation du comportement axial des micropieux « t-z »**

La détermination des lois de mobilisation du frottement axial est définie selon l'annexe L de la norme NF P 94-262, et à partir des données pressiométriques retenues en hypothèse. Au sens cette norme, la loi de mobilisation du frottement axial peut être définie selon les figures ci-après :



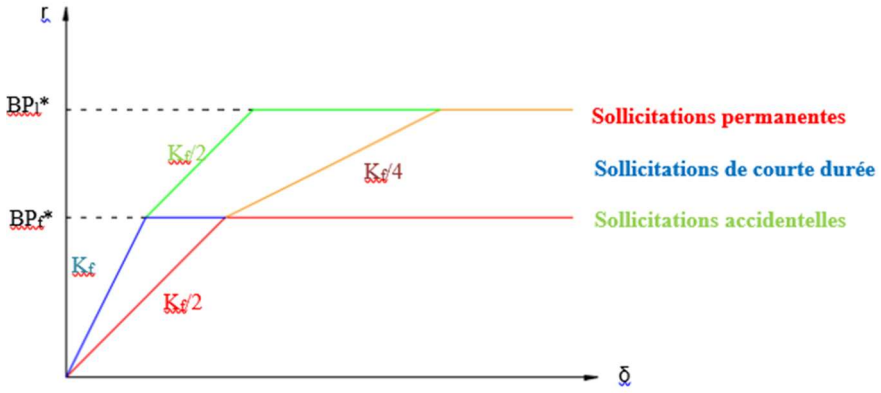
On note que la loi de contrainte en pointe est négligée dans notre cas (pieux).

Où q_{sl} le frottement axial limite E_M le module pressiométrique et B le diamètre du pieu. La valeur de β_t varie en fonction du type de sol selon les valeurs suivantes :

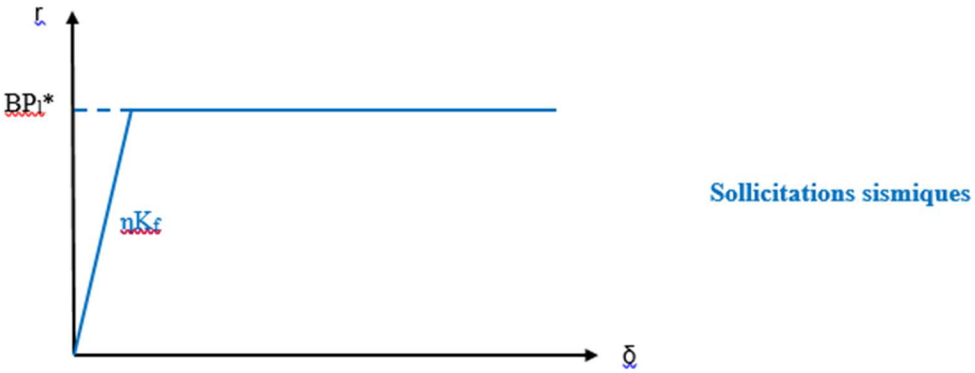
Type de sols	βt
Sols fins	2
Sols granulaires	0.8

- **Modélisation de la réaction frontale des pieux « p-y »**

Les efforts horizontaux sont repris par la réaction frontale du sol qui peut être caractérisée selon une loi de mobilisation élastoplastique définie dans la Norme P 94-262 Annexe I. La loi de la mobilisation de la réaction frontale r = p.B en fonction du déplacement δ du pieu dépend également des sollicitations des charges appliquées, ce qui donnent différents états de travail du sol.



Pour les charges sismiques, il est nécessaire d'utiliser une loi de mobilisation selon la recommandation du cahier technique 38.



L'évaluation de K_f à partir des résultats d'essais pressiométriques Ménard doit être effectuée suivant les indications ci-après (Norme NF 94-262) :

$$K_f = \frac{12E_M}{\frac{4}{3}\frac{B_0}{B}\left[2{,}65\frac{B}{B_0}\right]^{\alpha}+\alpha} \quad \text{lorsque } B \geq B_0$$

$$K_f = \frac{12E_M}{\frac{4}{3}[2{,}65]^{\alpha}+\alpha} \quad \text{lorsque } B \leq B_0$$

Dans le cas sismique, il est nécessaire d'utiliser un coefficient multiplicateur η sur la valeur du module de réaction linéique à court terme Kf.

Selon la règlementation parasismique, le paramètre « η » est lié à trois phénomènes : $\eta = Min\ (3 ; \eta_1 ; \eta_2 ; \eta_3)$, avec :

- η_1 : lié à la brièveté de l'action ;
- η_2 : lié à la zone de sismicité ;
- η_3 : lié à la déformation (distorsion) = 1 ;

Tableau n° 13 : Valeurs de η en fonction de la zone de sismicité avec $\eta_3 = 1$

	Zone de sismicité 2	Zone de sismicité 3	Zone de sismicité 4	Zone de sismicité 5
η_2	3	2	1,5	1
η_1	1,5	1,5	1	1
η avec $\eta_3 = 1$	4,5 limité à 3	3	1,5	1

Pour une zone de sismicité 2, nous obtenons η = 3.

Variation de Kf en surface :

Sous sollicitations statiques, d'après la norme NF P94-262, le module linéique du sol et la valeur de palier doivent être minorés pour les zones proches de la surface. Il est nécessaire d'appliquer un coefficient γ sur les paliers selon l'axe δ et la direction r :

$$\gamma = 0{,}5 \times [1 + Z/Z\_C\ ]$$

Avec : z_c : profondeur sur laquelle s'applique la minoration ;

Dans notre cas, l'abattement est effectué sur le premier mètre d'épaisseur.

Sous séisme, selon le guide CT38 de dimensionnement de fondations profondes sous séisme, aucun abattement sur le palier n'est appliqué.

Un abattement 0,7 est appliqué sur le module linéique sur une hauteur de 2 Φ pour les sols cohérents et 4 Φ pour les sols frottants. On retient les mêmes règles d'abattement sur le cumul des actions statiques et sismiques.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

d) Dimensionnement des pieux : Vérification GEO à la compression (capacité portante)

Les calculs, dont les détails sont présentés en annexes, permettent de valider la portance des pieux du mur M1 avec les résultats suivants :

Ouvrage	D pieu	L du pieu/base semelle (ancrage dans le substratum	Charge appliquée maximum (kN)				Capacité portante (kN)		
	(mm)	(m)	ELS qp	ELS Cara	ELU Fond	ELU sis	ELS QP	ELS Cara	ELU Fond et sis
M1	600	11.0 (2.0)	293	293	429.5	400.3	1264	1546	2117

e) Tassement des pieux et raideur associée

Le tassement des pieux est estimé à l'ELS qp avec le module groupie de FOXTA. Il permet ensuite d'estimer la valeur du ressort Kv à considérer en tête de pieux par l'expression suivante :

Kv ELSQP = Q ELS QP / W tête de pieux

Soit les résultats suivants :

- W = 9 mm pour DDC = 293 kN
- Kv ELS = 32 500 kN/ml

f) Déplacements horizontaux des pieux et raideurs associées

Les déplacements horizontaux calculés sont les suivants :

ELS : Fh = 62.55 kN Ux = 3.2 mm, soit Kh ELS = 19 500 kN/ml,

ELU sismique : Fh = 97.2 kN Ux = 1.6 mm, soit Kh ELU sismique= 60 750 kN/ml.

5.3.1 Justification des pieux vis-à-vis des efforts transversaux (STR)

La modélisation des pieux sous sollicitations latérales avec Foxta a pour but d'estimer les déplacements latéraux des fondations (pieux) et de vérifier leur intégrité vis-à-vis des contraintes apportées par les moments de flexion et par les charges verticales.

La déformée latérale des pieux pour les combinaisons énoncées ci-avant est calculée en considérant :

- Aux ELS et à l'ELU fondamental, un comportement à long terme avec :
  - Un module d'Young du béton considéré à 10 GPa,
  - Une loi d'interaction à un seul palier r1 (pf) et une pente correspondant au module de réaction linéique à LT (kflt = Kfct/2).
- Aux ELU sismiques, un comportement sismique, avec :
  - La combinaison sismique la plus défavorable,

- Un module d'Young du béton considéré à 30 GPa,
- Une loi d'interaction à un seul palier r2 (pl) et une pente correspondant au module de réaction linéique sismique tel que Ksis = 3 fois Kfct/2 (coefficient de 3 utilisé pour les zones de sismicité 2 et 3).

Sous séisme, dans les calculs Foxta, nous considérons un comportement à CT et des modules pressiométriques multipliés par 3 pour tenir d'une réaction linéique sismique (conformément aux recommandations du cahier technique n°38, relatif au dimensionnement des pieux sous séisme en zone de sismicité 3).

Les calculs sont ainsi menés en considérant :

- Les efforts horizontaux et les moments de flexion en tête issus des DDC ci-avant,
- Le fluage latéral des terrains de surface lié à leur tassement, par la prise en compte d'une courbe g(z) conformément selon la courbe 1 de l'EC7, avec gmax = 0.5 cm.

Le tableau ci-après indique les raideurs à la flexion EI des pieux selon le type de sollicitation (long terme ou court terme) et largeur de contact à considérer dans les calculs en fonction des diamètres :

Diamètre du pieu (mm)	Largeur de contact B (m)	Raideur à la flexion EI (kN.m²) à long terme : ELS et ELU fond	Raideur à la flexion EI (kN.m²) à court terme : ELU sismique
600 mm	0.6	63 600	190 800

5.3.2 Vérification vis-à-vis de la contrainte intrinsèque du béton et du ratio des aciers longitudinaux

La contrainte moyenne de compression à l'ELS du béton est limitée à 0.3.k3.fck*

Avec : fck*= inf (fck(t) ; Cmax ; fck)/ (k1.k2).

En considérant :

- Cmax 30 MPa pour des pieux forés tarière creuse et fck = 30 MPa ;
- k1 = 1.35 (pieu foré tarière creuse) ;
- k2 = 1.0 ;
- k3 = 1.0 (sans contrôle renforcé).

On obtient :

- fck* = 22.2 MPa,
- Une contrainte de calcul de compression ELU fondamental : Fcd = 14.8 MPa,
- Une contrainte de calcul de compression ELU sismique : Fcd = 17.0 MPa,
- Avec : γc = 1.5 à l'ELU fondamental et 1.3 à l'ELU sismique,
- Aux ELS σcmoy = 6.6 MPa et σcmax = 13.3 MPa.

Nota : Il est possible d'augmenter les caractéristiques du béton de 20%, en procédant à des contrôles renforcés, avec k3 = 1.2.

Vérification du ratio des aciers longitudinaux :

Une vérification du ratio des aciers longitudinaux est ensuite menée à l'ELU Fondamental sur la base des efforts maximum calculés (N et M). Au stade de la présente mission de conception géotechnique de projet (G2PRO), les calculs sont uniquement menés pour s' assurer que la géométrie des pieux permet de valider ratio d'aciers longitudinaux inférieur à 1 % (pour la bonne mise en œuvre des armatures).

5.4 SUJETIONS D'EXECUTION - CONTROLE

5.4.1 Sujétions d'exécution

Les pieux seront réalisés selon les Règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en fondations profondes, conformément aux normes européennes d'exécution des pieux.

Pour traverser tous les terrains de forte consistance altération et substratum marno-calcaire compact, et atteindre l'ancrage nécessaire, l'entreprise devra mettre en œuvre le matériel adapté, ce qui pourra conduire à l'utilisation du trépan, de carottage ou à modifier le choix du type de pieu et / ou sa mise en œuvre. Ces moyens seront tels qu'ils ne provoquent pas de désordres aux avoisinants (voiries, réseaux, bâtiments …).

Le type de pieux et la mise en œuvre devront prendre en compte :

- La compacité du substratum,
- La présence de passages de blocs dans les remblais,
- La présence d'une nappe à faible profondeur,
- La présence de remblais,
- Les variations du toit du sol d'ancrage (remontée ou approfondissement),
- La perméabilité des terrains.

Des surconsommations de béton sont à prévoir dans les formations de surface (remblais, alluvions). En cas de surconsommation trop importante, il pourra s'avérer nécessaire de changer de technique de pieu (foré tubé par exemple).

Le béton utilisé devra être conforme à la NF EN 206 et tenir compte :

- De l'agressivité des sols présents ;
- Des polluants existants (études à mener) ;
- Une classe d'exposition XC2 minimum (forage sous eau) ;
- Des exigences relatives à la NF EN 206 et notamment une consistance de type S4 ou S5 (bétonnage en conditions immergées) et une teneur en liant de 375 kg/m3 minimum ;
- La contrainte dans le béton sera limitée conformément à l'EC7, sur la base d'un béton C25/30.

5.4.2 Contrôles

Nous recommandons de réaliser à minima les contrôles suivants :

- Pieux en contrôle renforcé : 1 essai d'impédance pour 4 pieux réalisés ou 1 essai par transparence pour 6 pieux réalisés, conformément à la norme NF P 94-262 ;

- Pieux courants : 1 essai d'impédance pour 10 pieux réalisés.
- Contrôles de la qualité du béton, …

Nota :

- la méthode par impédance (NFP 94-160-4) ne nécessite aucun tube de réservation,
- pour l'auscultation par transparence (NFP 94-160-1), les tubes de réservation pour les essais soniques sont des tubes métalliques non soudés de diamètre intérieur au moins égal à 40 mm, raccordés par des manchons qui assurent l'étanchéité. 2 Tubes sont nécessaires par pieux de diamètre ≤ 600 mm de diamètre.

6.1 FONDATION PAR SEMELLES – METHODE DE DIMENSIONNEMENT

a) Principe de fondation – niveaux d'assise

Le principe de fondation consistera à reporter les charges des murs de soutènement M2 et M3 sur **semelles** filantes descendues dans les terrains en place, en prenant de réaliser au préalable un remblai technique de substitution en grave nobles d'une épaisseur minimum de 1.5 m sous semelle.

Il conviendra :

- De purger les éventuels remblais résiduels de mauvaise qualité en fond de fouille,
- De respecter, pour le remblai technique de substitution, un débord minimum par rapport aux nus extérieurs des semelles au moins égal à son épaisseur (soit un débord minimum de 1.5 m).
- De Respecter une mise hors gel de 0.6 m/Terrain extérieur fini.

Rappelons que les fondations du mur arrêtées à des niveaux différents, y compris avec les fondations mitoyennes et les pieds des talus, seront établies en redans selon une pente de 3 H/2 V.

b) Contraintes limites de calcul (EC7)

Selon les prescriptions de la norme NF P 94-281 (norme d'application des Eurocodes pour les murs de soutènement), pour démontrer qu'une fondation superficielle supporte la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, on doit vérifier l'inégalité suivante :

$$\mathbf{Vd - R0 \leq Rv;d}$$

Où :

Vd : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise

R0 : valeur du poids du sol après travaux au niveau de la base de la fondation en faisant abstraction de celle-ci

$$R_{v;d} = A' \cdot \frac{q_{net}}{\Gamma}$$

Avec :

Pour Rv;d dans le cas des méthodes pénétrométriques et pressiométriques, un coefficient de sécurité global Γ de 1,68 (ELU fondamental) et 2,76 (ELS quasi-permanent et ELS caractéristique),

A' : Surface comprimée de la semelle,

qnet : kp x pl* = 0.8 MPa pour tenir compte d'une épaisseur minimum de remblai technique sous les semelles de 1.5 m.

Sous réserve du respect du principe de fondation précité pour M2 et M3 (c'est-à-dire en considérant une largeur maximale de semelle filante de 2.5m) et en l'absence au stade actuel de la connaissance des dimensions des semelles, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte, pour la justification vis-à-vis des Etats limite Ultime et de Service seront limitées aux valeurs suivantes :

$$\text{Aux ELU fondamentaux} \leq \frac{q_{net}}{1,68} = 0.47 \text{ MPa x i}\delta\beta$$
$$\text{Aux ELS qp et cara} \leq \frac{q_{net}}{2,76} = 0.29 \text{ MPa x i}\delta\beta$$

c) Vérification vis-à-vis de l'excentrement des descentes de charges

En fonction des combinaisons d'actions, il conviendra de vérifier que :

ELS quasi-permanents : surface du sol 100 % comprimée sous la semelle, soit e ≤ B/6,

ELS caractéristiques : surface du sol comprimée sous semelle > 75 % de la surface totale de la semelle, soit e ≤ B/4,

ELU fondamentales et sismiques : surface du sol comprimée sous semelle > 10 % de la surface totale de la semelle, soit e ≤ 14/30 B.

d) Vérification au glissement

Vis-à-vis des efforts horizontaux, il est nécessaire de vérifier la fondation vis-à-vis d'une rupture par glissement sur le terrain.

Selon l'approche de calcul 2 de la norme NF EN 1997-1, aux ELU Fondamental, l'inéquation suivante doit être satisfaite pour tous les cas de charges et combinaisons de charge

$$\mathbf{H_d \leq R_d + R_{p;d}}$$

Où :

- H_d est la valeur de calcul de la charge horizontale ;
- R_d est la valeur de calcul de la résistance au glissement de la fondation sur le terrain ; $R_{p;d}$ est la valeur de calcul de la résistance frontale ou latérale de la fondation à l'effet de H_d. La valeur de $R_{p;d}$ n'a pas été prise en compte dans le calcul compte-tenu de l'incertitude liée à la pérennité de cette épaisseur de terrain. En conditions drainées, il convient de déterminer la valeur de calcul de la résistance ultime au glissement du terrain R_d sous la base de la fondation à partir de l'expression suivante :

$$\mathbf{R_d = (Vd \tan \delta_{a;k}) / (\gamma_{R;h}\ \gamma_{R;d;h})}$$

ù :

- V_d est la valeur caractéristique de la charge effective verticale transmise par la fondation superficielle, déduite de la situation donnant la valeur de la charge Hd ;
- $\gamma_{R;h}$ est le facteur partiel pour la résistance au glissement de la fondation superficielle, sa valeur est égale à 1,1 ;
- $\gamma_{R;d;h}$ est le coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement, sa valeur est égale à 0.9 ;

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

- $\delta_{a;k}$ est la valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface entre la base de la fondation et le terrain. Dans le cas d'une fondation coulée in-situ, $\delta_{a;k}$ peut être choisie égale à la valeur de l'angle de frottement interne du sol à long terme, soit dans notre cas $\varphi' = 28°$.

6.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

a) Modèle géotechnique

Le modèle géotechnique est présenté ci-avant au § 3.6.

b) Sollicitations sismiques – Surcharges - Drainage et remblaiement à l'arrière de l'ouvrage

Voir ci-avant

6.3 DIMENSIONNEMENT

a) Profils de calculs

Les calculs ont été menés pour les murs M2 et M3 selon leurs hauteurs de maximales de terrain à soutenir.

b) Résultats des calculs

Les calculs dont le détail est présenté en annexe nécessitent d'augmenter légèrement les largeurs des semelles pour satisfaire la stabilité externe des ouvrages (stabilité au renversement, capacité portante et stabilité au glissement), à savoir les dimensions suivantes :

Profil de calcul	H mur (m) sans la semelle	Ep. de la semelle (m) (1)	Largeur totale de la semelle (m)	Epaisseur du mur en base (m) (2)	Largeur du patin (m)	Largeur du talon (m)
Mur M2	2.8	0.3	2.5	0.3	0	2.2
Mur M3	1.68	0.3	1.4	0.3	0	1.1

(1) l'épaisseur de la semelle est donnée à titre indicatif (à valider par un bureau de structure, hors du domaine de compétence de GEOTEC),

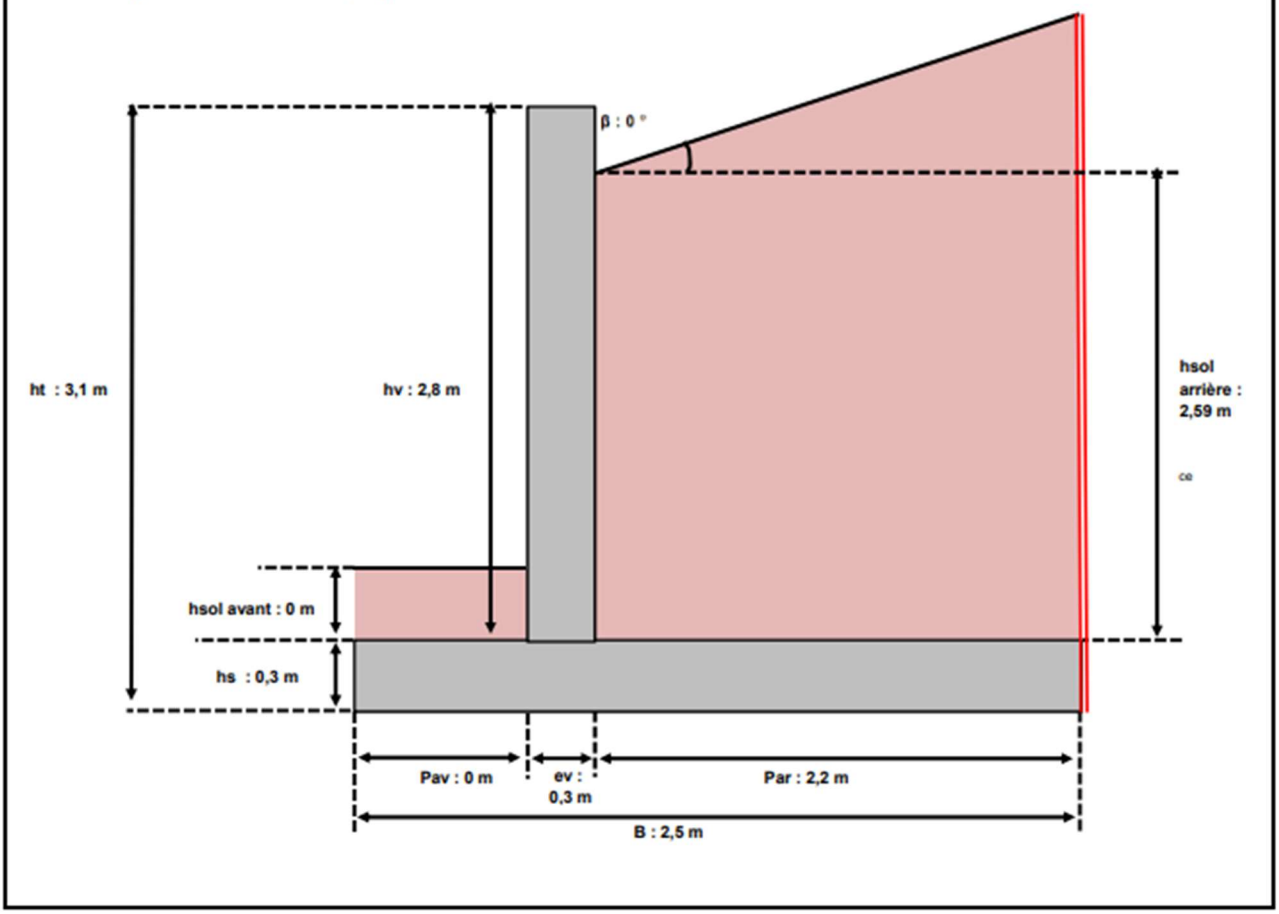
(2) : l'épaisseur du mur en base donnée à titre indicatif (à valider par un bureau de structure, hors du domaine de compétence de GEOTEC).

Les principaux résultats sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Mur M2 :

GÉOTEC FRANCE	Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8				Référence ISO:	OUING06
					Révision :	v5
					Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JR	Date du calcul :	28/01/2019	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M2 Statique



Sollicitations statiques :

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M2 Statique

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QA/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)		
Renversement	✓ 74%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 11%	✓ 11%		
Capacité portante	✓ 31%	✓ 29%	✓ 29%	✓ 32%	✓ 32%	✓ 26%	✓ 26%		
Glissement	✓ 44%	✓ 47%	✓ 47%	✓ 63%	✓ 63%	✓ 55%	✓ 55%		

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0°

Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Sollicitations sismiques :

N° affaire :	21/13438/17
Ville :	MARSEILLE
Projet :	Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage :	Mur M2 Séisme

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)	ELA (descendant / pesant)	ELA (ascendant / allégeant)
Renversement	✓ 64%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	ok	ok
Capacité portante	✓ 21%	✓ 19%	✓ 19%	✓ 17%	✓ 17%	✓ 14%	✓ 14%	ok	ok
Glissement	✓ 30%	✓ 30%	✓ 30%	✓ 41%	✓ 41%	✓ 33%	✓ 33%	✓ 57%	✓ 59%

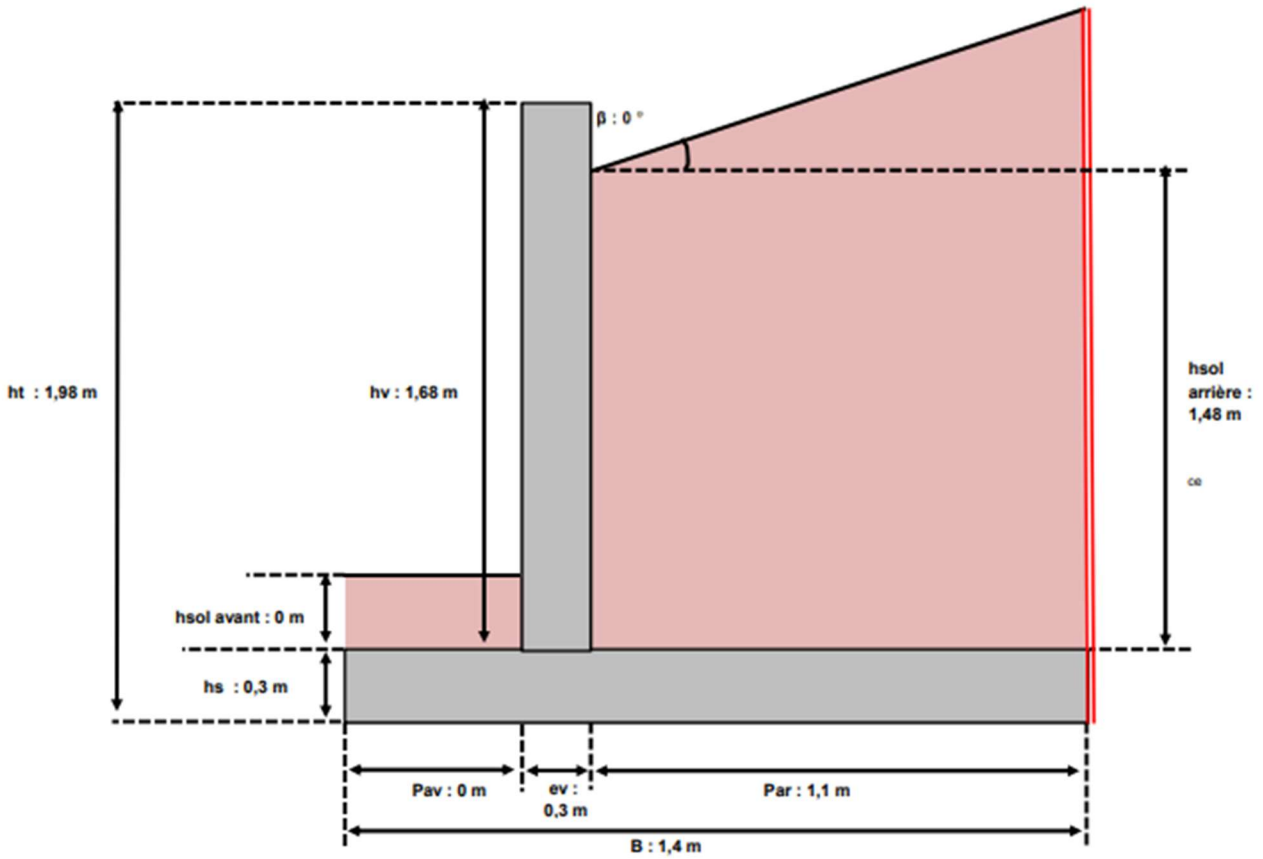
Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

Mur M3 :

GÉOTEC FRANCE

Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8				Référence ISO:	OUING06
				Révision :	v5
				Développé par :	Jonathan ROT
Auteur du calcul :	JR	Date du calcul :	28/01/2019	Vérifié par :	DTS

N° affaire :	21/13438/17
Ville :	MARSEILLE
Projet :	Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage :	Mur M3



Sollicitations statiques :

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M3

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)		
Renversement	✓ 74%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 11%	✓ 11%		
Capacité portante	✓ 15%	✓ 19%	✓ 19%	✓ 20%	✓ 20%	✓ 16%	✓ 16%		
Glissement	✓ 49%	✓ 51%	✓ 51%	✓ 69%	✓ 69%	✓ 60%	✓ 60%		

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

Sollicitations sismiques :

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M3 sis

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)	ELA (descendant / pesant)	ELA (ascendant / allégeant)
Renversement	✓ 65%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	ok	ok
Capacité portante	✓ 11%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 8%	✓ 8%	ok	ok
Glissement	✓ 33%	✓ 34%	✓ 34%	✓ 46%	✓ 46%	✓ 37%	✓ 37%	✓ 59%	✓ 60%

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

c) Estimation des tassements

Les murs M1 et M2, étant fondés de façon superficielle, une estimation des tassements est menée en considérant l'influence du remblaiement de la rue Zoccola (module Tasseldo de FOXTA).

Les calculs, dont le détail est présenté en annexes, amènent aux résultats suivants :

Mur M2 : tassement absolu maximum de l'ordre de 2 cm,

Mur M3 : tassement absolu maximum de l'ordre de 1.5 cm.

6.4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES – SUJETIONS D'EXECUTION

a) Dispositions constructives générales

En aucun cas, la largeur des semelles des murs ne sera inférieure à 1.5 m, afin d'assurer un bon contact sol / fondation et une bonne stabilité de l'ouvrage.

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

Les fondations de l'ensemble de l'ouvrage devront être protégées des risques d'affouillement et d'érosion (par la réfection du chemin de la Madrague Ville en bordure aval d'ouvrage).

b) - Sujétions d'exécution

Compte tenu du caractère sensible au remaniement et à l'eau du sol d'assise, les fonds de fouille seront finis manuellement ou au godet de curage.

On s'assurera que le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble du bâtiment.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton sur un remblai technique de 1.5 m d'épaisseur minimum ayant un débord au moins égal à son épaisseur. Le remblai technique de substitution sera continué d'une grave sableuse noble et suffisamment bien compactée de manière à respecter, par essais à la plaque, les critères suivants :

- EV2/EV1 < 2.0
- EV2 > 50 MPa à partir de 50 cm de matériaux mis en œuvre.

Le béton des semelles sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

Toute poche de remblai résiduel ou de terrain de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée (nécessité d'un contrôle du fond de fouilles G3 et G4 en phase d'exécution, le but étant de s'assurer d'une portance du FF EV2 > 20 MPa).

En cas de présence de vestiges ou autres horizons durs, les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance *(BRH, ripper, explosif par exemple)*.

Tout vestige *(souche d'arbre, ancien ouvrage enterré, …)* sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Des surprofondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

En cas d'arrivées d'eau à l'ouverture des fouilles, il conviendra de les assécher par un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains *(drainage, pompage, pointes filtrantes par exemple)*.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

RAMPE D'ACCES AU PEM SUR MICROPIEUX

7.1 INTRODUCTION

La galerie d'accès au PEM est prévue d'être fondée sur micropieux ancrés de 1.0 m minimum dans le substratum compact.
Soit, 2 rangées de micropieux disposées selon un espacement longitudinal de 1.7 m et un espacement transversal de 2.4 m.

7.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

a) Modèle géotechnique

Le modèle géotechnique est présenté ci-avant au § 3.6.

b) Descentes de charge – efforts à retenir

Les DDC maximum en tête des micropieux Nord et Sud déduites des DDC qui nous ont été transmises sont les suivantes :

MP Nord (rangée côté amont) :

	ELS qp	ELS car	ELU fond	ELU sis
N max (kN) :	529,19	260,60	483,63	358,15
N min (kN) :	-62,72	-199,64	-233,59	-166,10
Tmax (kN) :	124,91	184,77	214,69	158,06
M max (m,kN) :	133,44	197,34	228,82	168,79

MP Nord (rangée côté aval et PEM) :

	ELS qp	ELS car	ELU fond	ELU sis
N max (kN) :	828,94	1 092,59	1 306,99	935,90
N min (kN) :	169,85	375,61	84,03	81,81
Tmax (kN) :	161,00	183,85	213,52	157,29
M max (m,kN) :	171,27	195,04	225,96	166,90

c) Sollicitations sismiques – Surcharges - Drainage et remblaiement à l'arrière de l'ouvrage

Voir ci-avant

7.3 DIMENSIONNEMENT DES MICROPIEUX

a) Méthode de calcul

Vois ci-avant, avec cependant, pour les micropieux, l'absence de prise en compte de la résistance de pointe, soit les coefficients GEO partiels suivants :

Les coefficients de sécurité globaux (Γ_1 et Γ_2) retenus en compression sont les suivants pour la méthode pressiométrique, pour des **micropieux de type III (catégorie 19)**.

	ELS qp	ELS caract.	ELU fond	ELU accid
Latéral (Γ1)	0,289	0,354	0,413	0,455
Pointe (Γ2)	-	-	-	-

Les coefficients de sécurité globaux retenus en traction sont les suivants la méthode pressiométrique.

	ELS qp	ELS caract.	ELU fond	ELU accid
Latéral (Γ1)	0,212	0,289	0,395	0,433
Pointe (Γ2)	-	-	-	-

b) Dimensionnement des micropieux : Vérification GEO à la compression (capacité portante)

Pour des micropieux de type IGU de diamètre 350 mm, les calculs amènent à retenir les longueurs suivantes :

Ouvrage	D pieu	L du pieu/base semelle (ancrage dans le substratum	Charge appliquée maximum (kN)				Capacité portante (kN)		
	(mm)	(m)	ELS qp	ELS Cara	ELU Fond	ELU sis	ELS QP	ELS Cara	ELU Fond et sis
MP Nord	350	15.5 (1.0)	529	261	484	358	546	667	780
MP Sud	350	20.0 (1.0)	828	1093	1307	936	953	1164	1361

c) Justification STR des armatures

- **Choix des armatures et prise en compte de la corrosion**

Les armatures des micropieux seront des tubes en acier N80 (Fy = 560 MPa et EY = 210 000 MPa), de caractéristiques suivantes :

MP concerné	Ø extérieur non corrodé (mm)	Epaisseur non corrodée (mm)	Epaisseur sacrifiée à la corrosion (mm)	Section réduite (cm²)	Wel réduit (cm3)	Wpl réduit (cm3)	El réduit (kN.m²)
Nord et Sud	244.5	20	1.2	131.9	683.9	939.6	17384

Avec :

- Une épaisseur sacrifiée à la corrosion de 1.2 mm sur le diamètre extérieur pour l'ensemble des micropieux (approche sécuritaire pour tenir compte d'une protection partielle par le coulis),
- Section réduite : Section du tube après prise en compte de la corrosion,
- Wel réduit : Module de flexion élastique (profilé de classe 3) après prise en compte de la corrosion,
- Wpl réduit : Module de flexion plastique (profilé de classes 1 et 2) après prise en compte de la corrosion,
- El réduit : Raideur à la flexion après prise en compte de la corrosion.

- **Méthode justificative**

La justification de l'armature des micropieux est menée selon le critère de Von Mises retenue par Eurocode 3, dont l'équation générale est la suivante :

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2+\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2-\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)+3.\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2\leq 1$$

Où :

- σx,Ed est la valeur de calcul de la contrainte normale longitudinale locale au point considéré,
- σz,Ed est la valeur de calcul de la contrainte normale transversale locale au point considéré,
- τ,Ed est la valeur de calcul de la contrainte de cisaillement locale au point considéré,
- fy est la limite élastique de l'acier (contrainte normale),
- γM0 : Coefficient partiel de sécurité pour la résistance des sections transversales, quelle que soit la classe de section (γM0 = 1.0)

Concrètement la justification est menée, en deux phases :

- Phase 1 : Vérification de la résistance au cisaillement tel que Ved < Vpl ;rd. Si Ved > 50% Vpl ;rd, un abattement est effectué sur la limite élastique de l'acier pour la vérification à la flexion et à l'effort de compression/traction (contraintes normales).

- Phase 2 : Vérification des contraintes normales induites par la flexion composée (effort normal et flexion), tel que :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}+\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}+\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\leq 1$$

- **Reprise des efforts horizontaux et moment de flexion induit**

La modélisation des micropieux sous sollicitations latérales est menée avec le module Groupie du logiciel avec Foxta qui a pour but :

- D'estimer les déplacements latéraux des fondations sous combinaisons ELS Quasi-permanent (sollicitations statiques) et sous séisme (sans objet pour les sollicitations statiques car absence d'efforts horizontaux),

- De vérifier leur intégrité vis-à-vis des contraintes normales (moment de flexion induit par les efforts horizontaux et charges verticales).

La justification est menée en considérant, pour le moment de flexion, la valeur maximum entre :

- Les moments de flexion issues des DDC qui nous ont été transmises,
- Les moments issus des calculs FOXTA en bloquant la rotation (w = 0) en tête des micropieux.

MP Nord :

	ELS qp	ELS car	ELU fond	ELU sis
M max (m,kN) :	133,44	197,34	228,82	168,79
M max ω=0 (kN) (m,kN) :	122,23	235,27	310,33	120,77

MP Sud :

	ELS qp	ELS car	ELU fond	ELU sis
M max (m,kN) :	171,27	195,04	225,96	166,90
M max ω=0 (kN) (m,kN) :	185,1	233,22	307,07	119,72

Les calculs, dont les détails sont présentés en annexe, amènent aux efforts horizontaux et moments de flexion induit suivants :

MP Nord :

Sollicitations dans les armatures :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} - N_{ED} (kN)	$T1_{MAX}$ = $V_{Y,ED}$ (kN)	$M1_{MAX}$ - $M_{Y,ED}$ (kN.m)	T2 = $V_{Z,ED}$ (kN)	$M2_{MAX}$ - $M_{Z,ED}$ (kN.m)
ELU_{FOND}	-234	484	-215	0	0	310
ELUsismique	-166	358	-158	0	0	169
ELUacc	0	0	0	0	0	0

MP Sud :

Sollicitations dans les armatures :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} - N_{ED} (kN)	$T1_{MAX}$ = $V_{Y,ED}$ (kN)	$M1_{MAX}$ - $M_{Y,ED}$ (kN.m)	T2 = $V_{Z,ED}$ (kN)	$M2_{MAX}$ - $M_{Z,ED}$ (kN.m)
ELU_{FOND}	84	1 307	-214	0	0	307
ELUsismique	82	936	-157	0	0	167
ELUacc	0	0	0	0	0	0

- **Résultats**

Les calculs, dont les détails sont présentés en annexe, montrent que les armatures proposées permettent satisfaire les justifications STR des micropieux.

- **Déplacements horizontaux des pieux et raideurs associées**

Les déplacements horizontaux calculés sont les suivants :

ELS : Fh = 124.91 kN Ux = 1 à 1.2 cm (selon une rotation des têtes de MP bloquée ou non bloquée), soit Kh ELS ~ 10 500 à 12 900 kN/ml,

ELU sismique : Fh = 157.291 kN Ux = 2.5 à 6 mm (selon une rotation des têtes de MP bloquée ou non bloquée), soit Kh ELU sismique ~ 26 600 à 68 700 kN/ml.

- **- Vérification au flambement**

La vérification au flambement est justifiée (voir les feuilles de calcul en annexe).

d) Synthèse du dimensionnent

Les calculs permettent de retenir les dimensionnements suivants :

MP concerné	Type injection	Espacement long	Espacement transversal	Diam. du micropieu	Longueur MP (ancrage dans substratum)	Armature (Dext/Ep.)
MP Nord	IGU type III)	1.7	2.4	350 mm	15.0 m (0.5 m)	244.5 mm/ 20 mm Fy = 560 MPa
MP Sud	IGU (type III)	1.7	2.4	350 mm	20.0 m (5.0 m)	244.5 mm/ 20 mm Fy = 560 MPa

7.4 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES – SUJETIONS – CONTROLES

a) Dispositions constructives

La contrainte dans l'armature métallique sera limitée conformément aux Eurocodes.

Si les efforts sont plus importants que ceux qui nous ont été transmis, cette solution peut s'avérer inadaptée ou nécessiter une étude particulière.

Le coulis de scellement devra présenter un dosage de 1200 kg de ciment par m^3 et être adapté à l'agressivité éventuelle du terrain et de la nappe. Il conviendra donc de vérifier l'agressivité de l'eau vis-à-vis des bétons.

Les armatures utilisées seront de type tube pétrolier N80 avec filetage à pas carré et devront être munies de centreurs en nombre suffisant.

L'assemblage des barres sera assuré par des manchons filetés de plus gros diamètre, de manière à ce que la section du tube ne soit pas réduite au niveau des zones de raccordement.

Des massifs BA (et des longrines si nécessaire) coifferont les têtes des micropieux et la transmission des efforts de ces massifs vers les micropieux se fera par l'intermédiaire de platines en acier.

Les micropieux seront recépés sur béton mou à un niveau défini selon le mode de liaison micropieux-longrines retenu et en fonction des indications du BET.

Dans la conception de la structure, la liaison structure/micropieux sera étudiée avec précision. Le tassement des micropieux lié notamment à leur raccourcissement élastique sera pris en compte.

b) Sujétions d'exécution et contrôles

Les micropieux seront réalisés selon les Règles de l'Art par une entreprise spécialisée et qualifiée en fondations profondes, conformément à l'EC7 et à la NF EN 14199.

Il conviendra tout d'abord de tuber à l'avancement pour traverser les remblais sous le dallage (une variante avec des armatures autoforantes peut être proposée).

Pour forer ensuite dans le substratum et atteindre l'ancrage nécessaire selon les efforts à reprendre, l'entreprise devra mettre en œuvre le matériel adapté, ce qui pourra conduire à l'utilisation du trépan, de carottage ou à modifier le choix du type de pieu et / ou sa mise en œuvre. Ces moyens seront tels qu'ils ne provoquent pas de désordres aux avoisinants *(voiries, réseaux, bâtiments …)*.

Le type de micropieux et la mise en œuvre devront prendre en compte :

- La présence de remblais pouvant contenir d'éventuels blocs ou vestiges de construction,
- La compacité du substratum,
- La boulance des terrains,
- La présence d'argiles de faible consistance,
- La présence d'une nappe,
- Les possibles variations du toit du sol d'ancrage (remontée ou approfondissement) pour vérifier l'ancrage minimum requis selon les DDC à reprendre,
- La présence des structures existantes mitoyens (réseaux enterrés, débord des fondations actuelles, …),
- La perméabilité des terrains.

Les variations d'épaisseur des formations de surface masquant les terrains d'ancrage conduiront à des variations de longueur de fiches (à vérifier au droit de chaque micropieu par l'entreprise).

Les bases des micropieux seront arrêtées en tenant compte :

- Des niveaux déterminés par les études géotechniques ;
- Des particularités géotechniques rencontrées pendant les travaux ;
- Des essais et des contrôles.

Selon la présence d'une nappe phréatique des précautions spéciales pourront être prises dans la conduite du forage pour éviter tout écoulement et entraînement du terrain : boue de densité suffisante remplissant tout le forage, tubage provisoire, …

Le coulis de gaine est mis en place par un procédé convenable au tube plongeur, tube d'injection, etc., immédiatement après la fin du forage. L'opération sera menée jusqu'au retour en surface d'un coulis non pollué par les terrains ou par l'eau.

L'enregistrement des paramètres de forage des micropieux devra être réalisé de manière à respecter l'ancrage minimum demandé et pour vérifier également la pression d'injection du coulis. Le dimensionnement définitif devra être réalisé par l'entreprise de fondation spéciale dans le cadre d'une mission G3 en réalisant notamment des essais de chargement.

Les volumes injectés seront contrôlés et consignés dans le cadre de la mission G3. Ils permettront, entre-autre, de vérifier l'absence d'éboulement du forage. Des surconsommations de béton pourront être à prévoir dans les formations. En cas de surconsommation trop importante, il pourra s'avérer nécessaire de changer de technique de pieu (foré tubé par exemple).

Le forage et les injections des micropieux feront l'objet d'un enregistrement continu papier et informatique.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

c) Essais sur micropieux

Des essais préalables et des essais de contrôle seront à prévoir conformément aux tableaux 8.91.1 et 8.9.2 de la NFP94-262/A1 de juillet 2018 rappelés ci-dessous :

Tableau 8.9.1 — Essais à réaliser pour des fondations profondes sollicitées en compression ou faiblement en traction à l'ELS quasi-permanent ($F_{t;d} < 0{,}15R_s$)

Classe de conséquence	Catégorie géotechnique	Pieux de classe 1 à 7 hormis les pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)	Micropieux de classe 1bis et 8, pieux de classe 8 et pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)
1	1	—	Essai de contrôle
	2	—	Essai de contrôle
2	2		
	3	—	Essai préalable dans les sols
3	2 ou 3		argileux (Ip > 20) Essai de conformité **et** Essai de contrôle

NOTE 1– Pour les fondations supportant des ponts, les principes de l'annexe Q sont à appliquer. En particulier, pour les cas de charge à l'ELS quasi-permanent, la résultante des efforts axiaux s'exerçant sur les fondations profondes ne doit pas rendre compte d'un état de traction.

NOTE 2 – Les essais de conformité peuvent être considérés comme des essais de contrôle.

NOTE 3 – L'essai de conformité est mené en phase exécution sur une fondation profonde hors ouvrage à une charge d'essai égale à la valeur estimée de la résistance limite géotechnique lors de la conception.

Tableau 8.9.2 — Essais à réaliser pour des fondations profondes sollicitées en traction à l'ELS quasi-permanent ($F_{t;d} > 0{,}15R_s$)

Classe de conséquence	Catégorie géotechnique	Pieux de classe 1 à 7 hormis les pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)	Micropieux de classe 1bis et 8, pieux de classe 8 et pieux de catégorie 10 et 15 (Annexe A)
1	1	—	Essai de contrôle
	2	Essai de contrôle	
2	2	Essai de conformité **et** Essai de contrôle	
	3	Essai préalable dans les sols argileux (Ip > 20) Essai de conformité **et** Essai de contrôle	
3	2 ou 3		

NOTE 1– Pour les fondations supportant des ponts, les principes de l'annexe Q sont à appliquer. En particulier, pour les cas de charge à l'ELS quasi-permanent, la résultante des efforts axiaux s'exerçant sur les fondations profondes ne doit pas rendre compte d'un état de traction.

NOTE 2 – Les essais de conformité peuvent être considérés comme des essais de contrôle.

NOTE 3 – L'essai de conformité est mené en phase exécution sur une fondation profonde hors ouvrage à une charge d'essai égale à la valeur estimée de la résistance limite géotechnique lors de la conception.

Les essais de contrôle seront conformes aux normes NFP-94-262, NFP94-262/A1 de juillet 2018 et NF EN 14199, à savoir au minimum, par zone d'obstacle :

- Micropieux soumis à la traction : 2 essais de chargement statique pour les 50 premiers micropieux puis un essai par groupe de 50 micropieux supplémentaires ;
- Micropieux soumis à la compression : 2 essais de chargement statique pour les 100 premiers micropieux puis un essai par groupe de 100 micropieux supplémentaires ;

Les essais de chargement statique de contrôle seront menés sur un micropieu d'ouvrage à une charge d'essai égale à la plus grande des 2 valeurs suivantes : 1.3 fois la résistance ELS quasi-permanent requise et 1.1 fois la résistance ELS caractéristique requise. Dans tous les cas, l'essai ne doit pas être mené au-delà de la résistance de fluage Rc ;cr en compression ou Rt ;cr en traction.

Rappelons que, conformément à la norme NFP94-262/A1 de juillet 2018, il est permis de remplacer l'essai de contrôle d'exécution par une majoration forfaitaire des sollicitations amenées par l'ouvrage de 50% lorsque les fondations ne travaillent qu'en compression(à l'ELS sous toutes combinaisons et à l'ELU Fondamental) et que les conditions suivantes sont simultanément réunies:

- Ouvrage de classe de conséquence 1 ou 2,
- Ouvrage appartenant à une catégorie géotechnique 1 ou 2,
- Ouvrage ne relevant pas de l'annexe Q de la NFP94-262 (ponts),
- Ouvrage nécessitant moins de 25 micropieux de c1bis et 8 ou pieux de catégorie 10 et 15 (annexe A).

8.1 FONDATION PAR SEMELLES – METHODE DE DIMENSIONNEMENT

a) Principe de fondation – niveaux d'assise

Le principe de fondation consiste à reporter les charges de la passerelle par l'intermédiaire d'une semelle isolée descendue dans les alluvions en place à la cote prévue de 11.4 mNGF en prenant soin de traverser les remblais de surface.

Le niveau d'assise respectera le plus restrictif des critères suivants :

- ancrage de 0,30 m dans les alluvions ;
- profondeur minimale de 1,50 m/sol extérieur fini.

Le sol d'assise des fondations devra être homogène sous l'ensemble du projet.

b) Contraintes limites de calcul (EC7)

Selon les prescriptions de la norme NF P 94-261, pour démontrer qu'une fondation superficielle supporte la charge de calcul avec une sécurité adéquate vis-à-vis d'une rupture par défaut de portance du terrain, on doit vérifier l'inégalité suivante :

$$\mathbf{Vd - R0 \leq Rv;d}$$

Avec :

- Vd : valeur de calcul de la composante verticale de la charge transmise
- R0 : valeur du poids du sol après travaux au niveau de la base de la fondation en faisant abstraction de celle-ci

$$R_{v;d} = A' \cdot \frac{q_{net}}{\Gamma}$$

Avec, pour Rv;d dans le cas des méthodes pénétrométriques et pressiométriques, un coefficient de sécurité global Γ de 1,68 (ELU fondamental) et 2,76 (ELS quasi-permanent et ELS caractéristique).

Sous réserve du respect du principe de fondation précité, les contraintes verticales centrées de calcul à prendre en compte pour les justifications vis-à-vis des Etats Limites Ultimes et de Services seront limitées à :

$$\mathbf{qELS \leq 0{,}08\ MPa}$$

$$\mathbf{qELU \leq 0{,}13\ MPa}$$

c) Vérification vis-à-vis de l'excentrement des descentes de charges et vérification au glissement

Sans objet au stade actuel des études avec une DDC purement verticale.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

8.2 DIMENSIONNEMENT

Les dimensions de la semelle isolée proposées par la maitrise d'œuvre sont les suivantes : 2.0 m x 2.7 m dans le sens des voies du métro.

Les dimensions proposées permettent de justifier la portance géotechnique de la semelle isolée avec des tassements induits inférieurs au centimètre pour une DDC ELS qp = 400 kN, au droit des 3 sondages pressiométriques réalisés à proximité de l'ouvrage :

Sondage	Rv ;d ELS (kN)	Tassement (cm)
SP2-2024	831	0.8
SP1	995	1.0
SP302	1008	0.7

8.3 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES – SUJETIONS D'EXECUTION

a) Dispositions constructives générales

En aucun cas, la largeur de la semelle ne sera inférieure à 0.8 m, afin d'assurer un bon contact sol / fondation et une bonne stabilité de l'ouvrage.

Le plan de fondation sera conçu de manière à éviter les affouillements sous les existants et les tassements par influence.

b) Sujétions d'exécution

Compte tenu du caractère sensible au remaniement et à l'eau du sol d'assise, le fond de fouille sera fini manuellement ou au godet de curage.

On s'assurera que le sol d'assise des fondations est homogène sous l'ensemble de la semelle.

Il convient de couler le béton de propreté ou le gros béton dès l'ouverture des fouilles afin d'éviter l'altération ou la décompression du sol d'assise. Le béton de la semelle sera ensuite coulé à pleine fouille sur toute la hauteur.

Toute poche de remblai résiduel ou de terrain de moindre consistance détectée à l'ouverture des fouilles sera purgée et remplacée par un gros béton coulé pleine fouille.

En cas de présence de vestiges ou autres horizons durs, les travaux de terrassement nécessiteront l'emploi d'engins de forte puissance *(BRH, ripper, explosif par exemple)*.

Tout vestige *(souche d'arbre, ancien ouvrage enterré, …)* sera purgé et remplacé par un gros béton coulé pleine fouille.

Des surprofondeurs de l'horizon d'ancrage ne sont pas à exclure, ce qui nécessitera un gros béton de rattrapage.

En cas d'arrivées d'eau à l'ouverture des fouilles, il conviendra de les assécher par un dispositif adapté à leur importance et à la nature des terrains *(drainage, pompage, pointes filtrantes par exemple)*.

Tous les travaux devront être réalisés selon les règles de l'Art.

9.1 INTRODUCTION

Le mur de soutènement devra permettre de bloquer les terrains en périphérie amont lié à la surélévation de la rue Zoccola, tout en favorisant un bon drainage.

La solution consiste à réaliser un mur en béton armé, de type « cantilever en L » qui permettra de soutenir des terrains sur des hauteurs de l'ordre de 3.42 à 4.13 m. L'ouvrage est prévu d'être fondé sur des fondations de forte inertie pour impacter le moins possible la paroi moulée du métro Gèze située à 1.5 m en aval de l'ouvrage, soit :

- Côté amont (rue Zoccola) : Une rangée de pieux forés D1000 mm disposés selon un entraxe de 3.0 m (3 diamètres),
- Côté aval (côté voies du métro et paroi moulée) : Une paroi en pieux sécants D1000 mm avec des pieux secondaires (pieux armés) disposés selon un entraxe de 1.7 m,
- Un entraxe transversal de 2.0 m entre pieux amont et paroi en pieux sécants aval et un ancrage de l'ensemble des pieux de 3 m (3 diamètres) dans le substratum, soit une base de pieux établie à – 1.8 m NGF.

9.2 HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

a) Géométrie de l'ouvrage M14

- Semelle (chevêtre) de 3.4 m de largeur x 1.0 m d'épaisseur,
- Hauteur du mur : 4.13 m,
- Cote base semelle : 12.76 mNGF,
  Cote remblaiement amont final : 17.89 mNGF (pour une cote de voirie actuelle vers 13.5 mNGF).

b) Avoisinants directs : Métro et paroi moulée (selon les données transmises)

Paroi moulée : Epaisseur 0.82 m - Cote en tête : 14.5 mNGF – Cote de base d'écran : +0.2 mNGF (ancrage de 1.0m dans le substratum) – Paroi moulée située à 1.5 m de la paroi en pieux sécants.

Voie métro : Radier sous le ballast des voies du métro ép 0.8 m établi à +9.6 mNGF (niveau supérieur à + 10.4 mNGF) – Raideur axiale à LT du béton du radier = 600 000 kN/m/ml.

c) Modèle géotechnique

Le modèle géotechnique est présenté ci-avant au § 3.6.

e) Surcharges

Pour le dimensionnement géotechnique des murs de soutènement, les surcharges non pondérées à prendre en compte à l'arrière des ouvrages sont les suivantes :

- Voirie : 20 kPa.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

f) Drainage et remblaiement à l'arrière de l'ouvrage

Le mur soutenant les terres et sera équipé d'un massif drainant amont toute hauteur, sur une épaisseur de l'ordre de 0.5 m, ou d'un drain géo-composite drainant avec un drain de pied et un système d'évacuation fiable vers l'aval. Des barbacanes seront disposées en base de mur selon un espacement de l'ordre de 3 m.

Le remblaiement à l'arrière du massif drainant, se fera avec des matériaux bloquants dont la mise en œuvre sera soignée (après pose d'un géotextile anticontaminant).

Les matériaux répondront aux caractéristiques suivantes :

- Pour le massif drainant (si géo-composite drainant non prévu) :
  - Granularité : 40/80 mm,
  - Classification GTR : D31.
- Pour le remblai bloquant et frottant à l'arrière du massif drainant :
  - Granularité : 0/80 à 0/150 mm,
  - Granulométrie continue,
  - Classification GTR : D3 ou CB3.

Les calculs sont menés en considérant des remblais allégés (8 kN/m3) en partie inférieure et des remblais granulaires classique (20 kN/m3)en partie supérieure sur une épaisseur de 1.5 m.

9.3 METHODE DE DIMENSIONNEMENT

a) Introduction

Au stade actuel des études, il convient avant tout de dimensionner un ouvrage suffisamment rigide de manière à ce que les déformations dans le terrain impactent le moins possible la paroi moulée du métro Gèze située à proximité aval. Le but est de s'assurer que les efforts supplémentaires et globaux sur cette paroi moulée restent admissibles à sa structure.

Ainsi les calculs sont menés avec le logiciel PLAXIS (calculs aux éléments finis) qui permet de connaitre les efforts et les déformations des éléments constituant le mur M14 (pieux et paroi en pieux sécants) et les champs de contrainte et de déformation autour de l'ouvrage et notamment au droit de la paroi moulée.

b) Méthode de calcul

La déformée impactant directement la paroi moulée, les calculs sont menés à l'ELS quasi-permanent en considérant ψ2 = 0.3 pour les surcharges routières, soit 6 kPa.

La vérification structurelle des éléments pourra être menée à l'ELU en pondérant les efforts ELS obtenus par 1.35.

Les calculs sont menés selon :

- la loi de comportement Mohr-Coulomb pour les terrains de surface,
- la loi de comportement Hardening Soil pour le substratum et sa frange d'altération.

Ils sont menés, par phases, en considérant l'état initial du site avant la réalisation des voies du métro Gèze et ses parois moulées, soit le phasage suivant :

- Phase 0 état initial : Etat du site avant la réalisation des voies du métro Gèze et ses parois moulées.

- Phase 1 : Configuration de l'état actuel, avec la paroi moulée et le radier sous les voies du métro (réinitialisation de la déformée de la paroi moulée),
- Phase 2 : Réalisation du mur M14 sans les terrassements (pieux, paroi en pieux sécant et ouvrage BA cantilever),
- Phase 3 : Excavation des terrains entre la paroi en pieux sécants et la paroi moulée sur une profondeur de 2 m (pour limiter l'impact du remblaiement de la voie sur la paroi moulée),
- Phase 4 : Rembaiement à l'arrière du soutènement M14 à la cote projet,
- Phase 5 : Remblaiement des 2 m de terrain excavés entre la paroi en pieux sécants et la paroi moulée une fois les déplacements effectués.

9.4 DIMENSIONNEMENT - RESULTATS

a) Caractéristiques des éléments structuraux du mur M14

Les tableaux ci-après indiquent les caractéristiques des éléments de fondation du mur M14 pris en compte dans les calculs :

Pieux D1000 mm (rangée amont) :

Cote tête : 12.76 mNGF – Cote base : - 1.8 m NGF – L = 14.56 m- Entraxe : 3 m

Diamètre du pieu (mm)	Largeur de contact B (m)	Raideur à la flexion EI (kN.m²) à LT	Raideur axiale ES (kN)à LT	Qs limite (kN)	Qp limite (kN)
1 000	1.0	4.9.e5	7.85.e6	Remblai : 0 Alluvions : 103.6 Altération : 439.6 Substratum : 533.8	5 100

Parois en pieux sécants D1000 (rangée aval) :

Cote tête : 12.76 mNGF – Cote base : - 1.8 m NGF – L = 14.56 m – Entraxe des pieux secondaires : 1.7 m

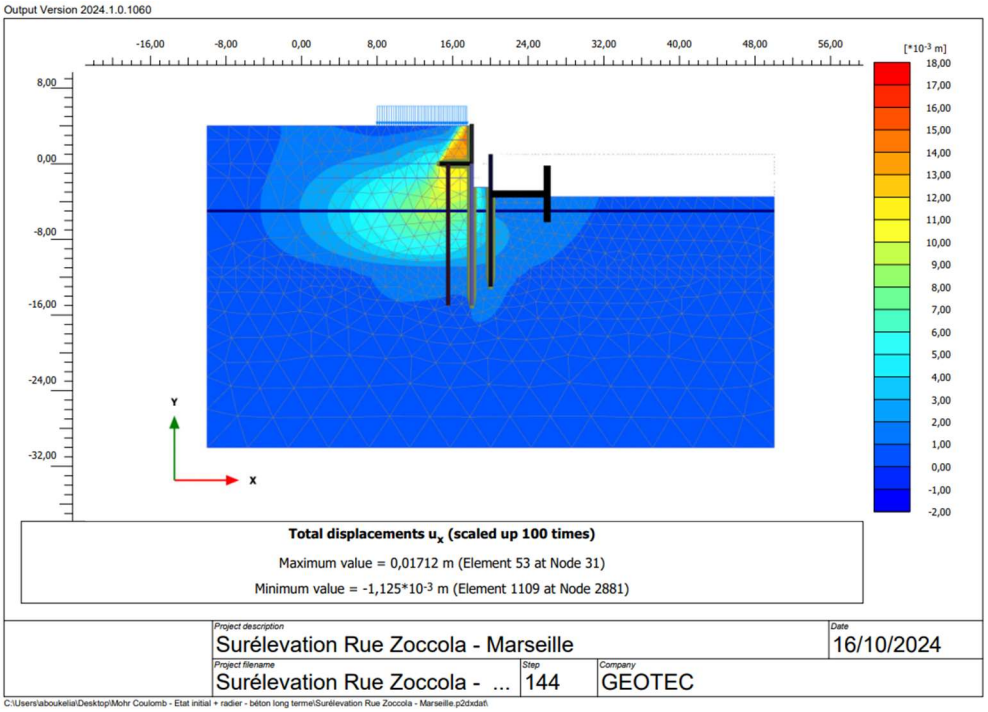
Diamètre du pieu (mm)	Largeur de contact B (m/ml)	Raideur à la flexion EI (kN.m²/ml) à LT	Raideur axiale ES (kN/ml)à LT	Qs limite (kN/ml)	Qp limite (kN/ml)
1 000	1.0	2.88 e5	4.617.e6	Remblai : 0 Alluvions : 66 Altération : 280 Substratum : 340	3 001

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

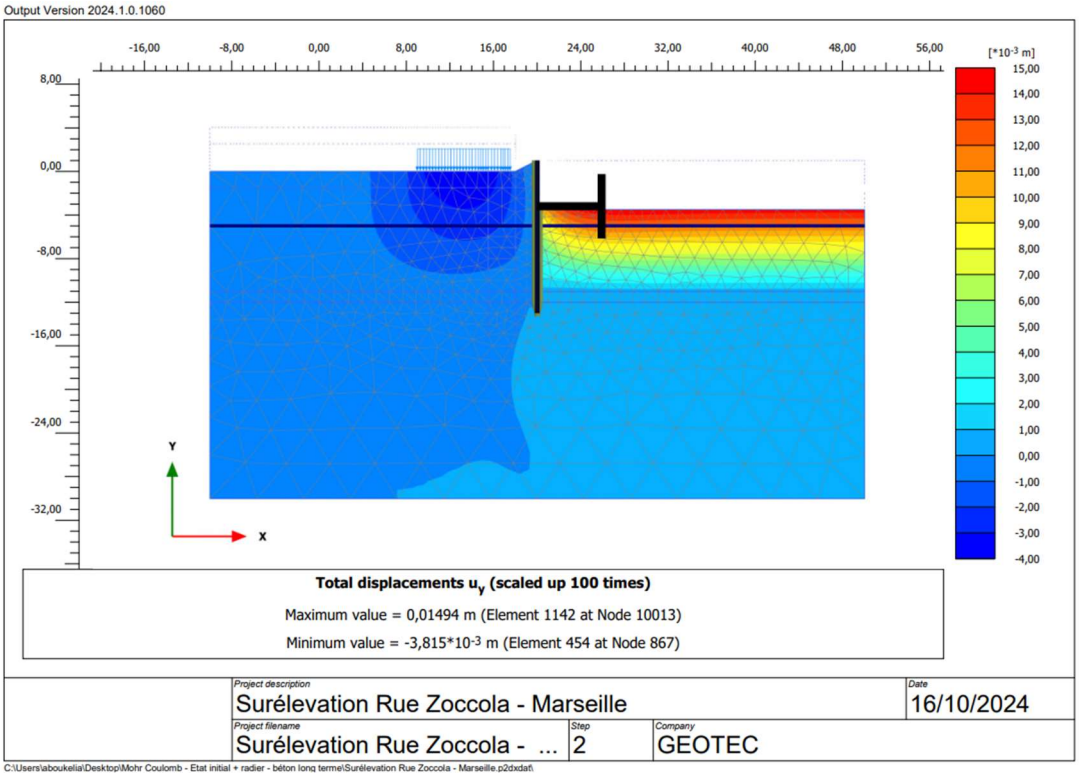
b) Résultats

Les déformées maximales ont été observée en phase 4,avant le remblaiement des terres excavées entre la paroi en pieux sécants et la paroi moulée, avec :

- Un déplacement maximum en tête de mur d'un peu moins de 2 cm (voir dessous)



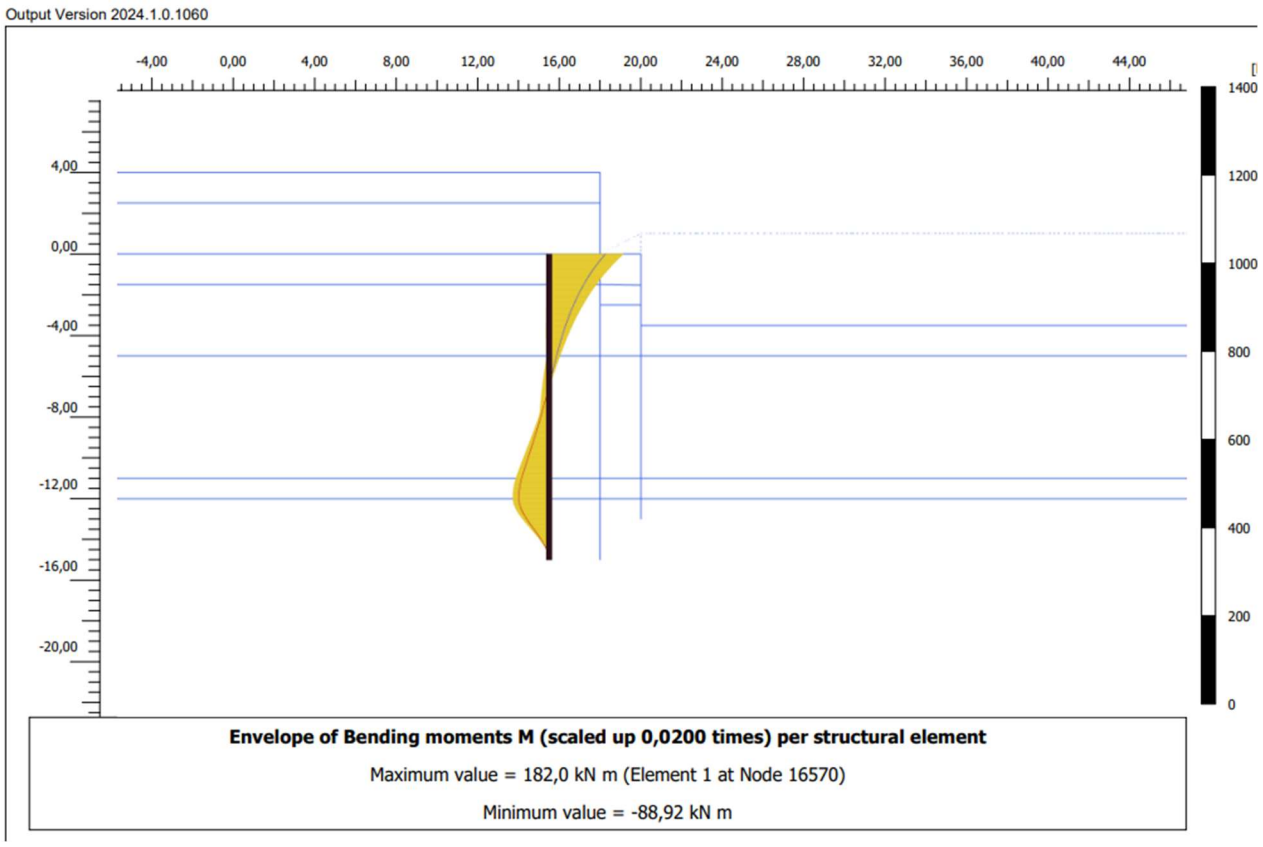
- Un affaissement d'un peu moins de 0.5 cm de la future voirie à l'arrière du mur et un léger soulèvement des voies du métro de l'ordre de 1.5 cm (voir ci-dessous)



Eléments structuraux du mur M14 :

- Pieux D1000 (rangée amont) :

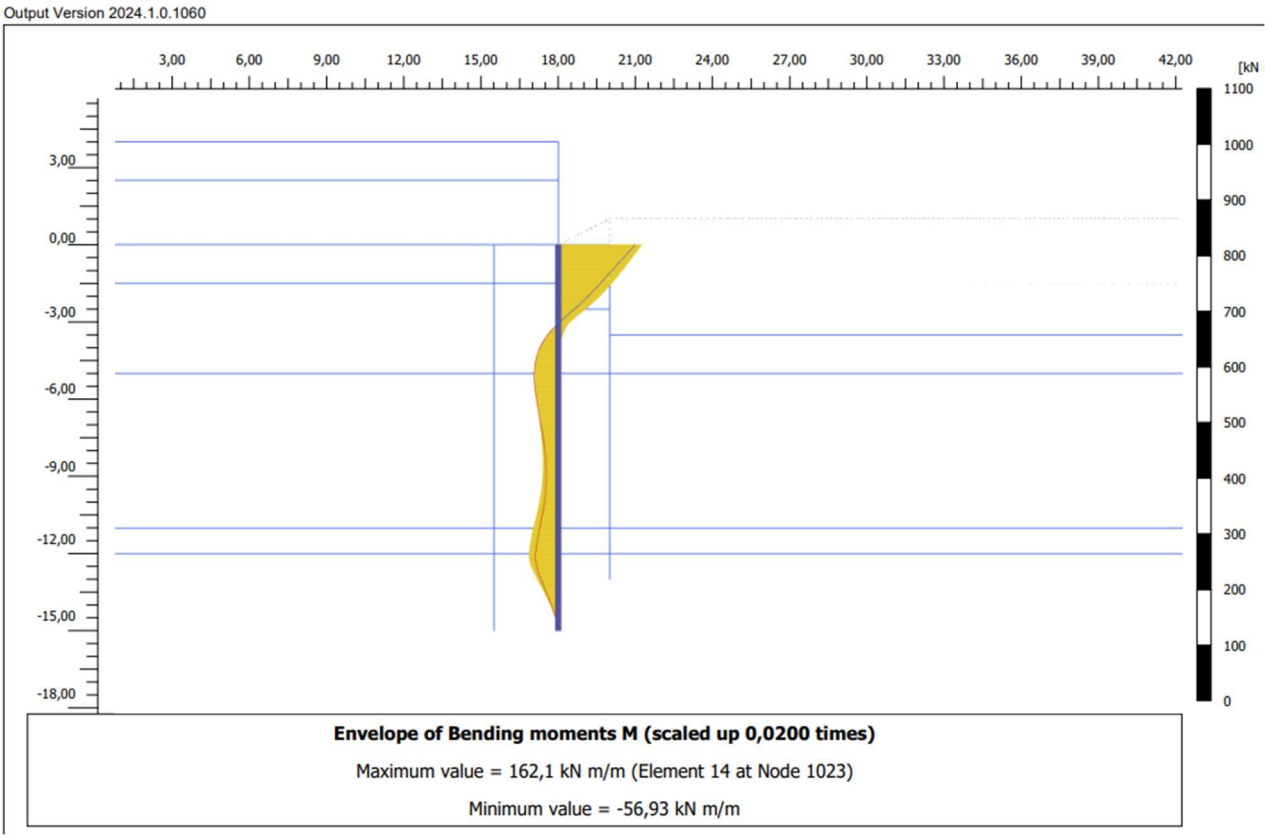
Elément	Dmax (cm)	Md max ELS qp (m.kN)	Effort tranchant max Vd ELS qp (kN)	Effort normal max Nd ELS qp (kN)	Effort en pointe max Qp ELS qp (kN)
Pieux D1000	1.2	182.0	53.76	119.1	183.5



Enveloppe des courbes des moments fléchissant ELS qp

- Pieux sécants D1000 (rangée aval) :

Elément	Dmax (cm)	Md max ELS qp (m.kN/ml)	Effort tranchant max Vd ELS qp (kN/ml)	Effort normal max Nd ELS qp (kN)	Effort en pointe max Qp ELS qp (kN)
Paroi pieux sécants D1000	1.2	162.1	62.28	175.6	0



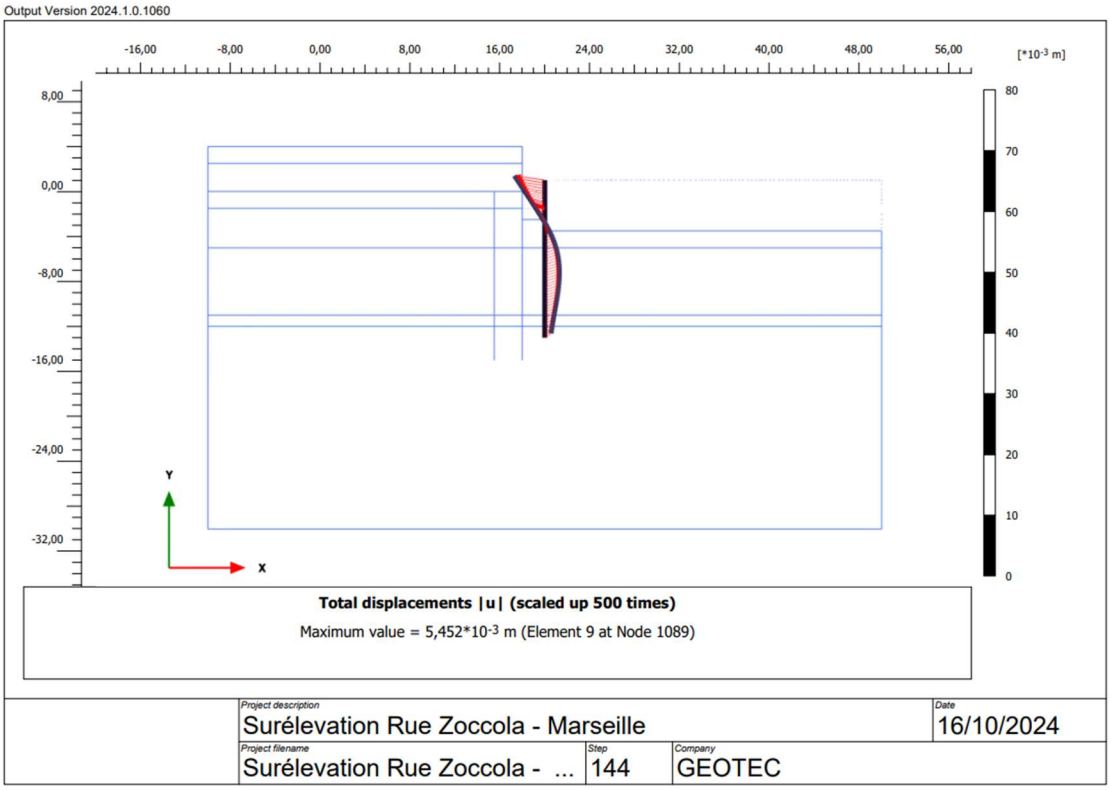
Enveloppe des courbes des moments fléchissant ELS qp

Les efforts calculés restent pour éléments structuraux aussi bien en termes de résistance structurelle STR qu'en résistance géotechnique GEO.

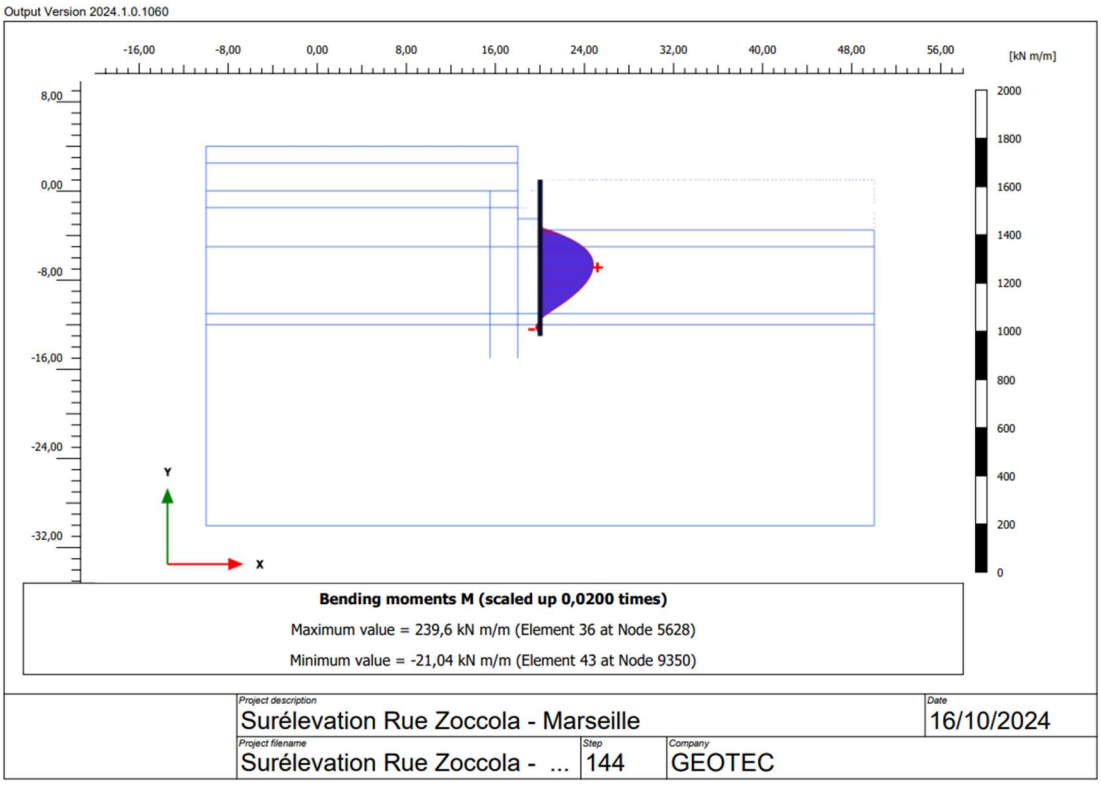
Effet sur la paroi moulée du métro :

Les déformées et les efforts maximums induits sur la paroi moulée correspondent également à la phase 4 (avant le remblaiement des terres excavées entre la paroi en pieux sécants et la paroi moulée), avec les valeurs suivantes :

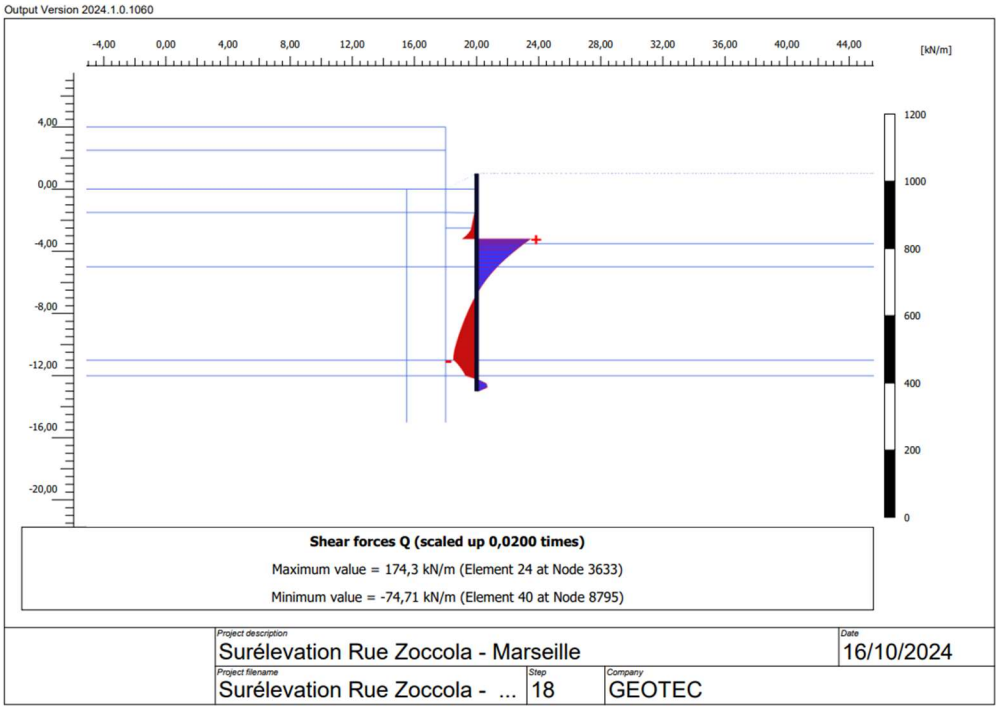
Elément	Dmax (cm)	Md max ELS qp (m.kN/ml)	Effort tranchant max Vd ELS qp (kN/ml)
Paroi moulée ép. 82 cm	< 0.6	239.6	174.3



Courbe de la déformée en phase 4 ELS qp



Courbe du moment de flexion en phase 4 ELS qp



Courbe des efforts tranchants en phase 4 ELS qp

Il appartient à l'équipe de maitrise de vérifier que les efforts donnés puissent être repris par le génie civil.

9.5 SUJETIONS D'EXECUTION - CONTROLE

Voir en chapitre 5.4, les sujétions d'exécution et les contrôles préconises pour les pieux du mur M1.

PRECAUTIONS COMMUNES A L'ENSEMBLE DES OUVRAGES VIS-A-VIS DES EXISTANTS

Toute précaution sera mise en œuvre pour ne pas déstabiliser ou endommager les existants.

- un **référé préventif** devra être établi avant le début des travaux. Il permettra de relever tous les désordres sur les avoisinants ;
- **les travaux de terrassement** en bordure des constructions existantes devront être **limités au maximum** et être exécutés avec toutes les précautions nécessaires et suffisantes afin de ne pas risquer de déstabiliser le bâtiment. On évitera par exemple les vibrations importantes ;
- **les nouvelles fondations seront suffisamment en retrait pour ne pas être perturbées par le débord de l'existant** (semelles isolées déportées, recentrage des charges par longrines de redressement et semelles filantes perpendiculaires, blindage,) ;

- une **pente maximale de 3 horizontal pour 2 vertical entre l'assise des nouvelles fondations et celle des fondations existantes** devra être respectée. Dans le cas où cette pente ne pourrait être respectée, on prévoira des ouvrages de soutènement provisoires.

RECOMMANDATIONS POUR LA MISE AU POINT DU PROJET

Le présent rapport constitue le compte rendu et fixe la fin de la phase Projet de la mission d'étude géotechnique de conception.

Cette phase G2PRO confiée à GÉOTEC a permis de dimensionner les fondations des ouvrages à réaliser côté Est de la rue Zoccola pour de sa surélévation au niveau du PEM dans la cadre de l'aménagement général de la place Gèze.

Le présent rapport Inde A traite des ouvrages suivants :

- Murs de soutènementM1 à M3,
- Rampe d'accès au PEM,
- Passerelle métallique permettant d'accéder au PEM depuis la rue Zoccola, à la hauteur du mur M14,
- Mur de soutènement M14

Les principales incertitudes qui subsistent concernent le contexte géotechnique du site *(stratigraphie, caractéristiques mécaniques du sol, hydrogéologie, etc…)* et le projet (implantation, calage altimétrique, descentes de charge, situation / avoisinants) sont notamment :

- La présence de remblais anthropiques et de fondations existantes pouvant nécessiter l'emploi d'un matériel spécifique ;
- Les variations (remontée ou approfondissement) du substratum et des couches superficielles ;
- Les circulations d'eau superficielle en période pluvieuse, difficilement quantifiables,
- Les problèmes liés aux terrassements ;

Ces incertitudes peuvent avoir une incidence importante sur le coût final des ouvrages géotechniques : il conviendra d'en tenir compte lors de la mise au point du projet. A cet effet, la mise en œuvre de l'ensemble des missions géotechniques (G3 / G4) devra suivre la présente étude.

Nous restons à l'entière disposition des Responsables du Projet pour tout renseignement complémentaire.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

CONDITIONS GENERALES

1. **Avertissement, préambule**
Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.
Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite.
Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. **Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)**
Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.
Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaitre l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.
Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout forage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. **Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission**
Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.
La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.
Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.
Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.
Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. **Plans et documents contractuels**
Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. **Limites d'engagement sur les délais**
Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dégagée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.
Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. **Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures**
Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.
Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.
Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnisations correspondantes sont à la charge du Client.

7. **Implantation, nivellement des sondages**
Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

8. **Hydrogéologie**
Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. **Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux**
Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.
L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.
L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. **Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client**
A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

11. **Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes**
Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. **Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation**
La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission. Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. **Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport**
Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.
Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. **Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie**
Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.
Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.
Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.
Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.
En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.
Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non-paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

15. **Résiliation anticipée**

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. **Répartition des risques, responsabilités et assurances**

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance et de la réassurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maitre d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle sur cotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au-delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. **Cessibilité de contrat**

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. **Litiges**

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.
L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Enchainement 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 : **Etude géotechnique préalable (G1)**		Etude géotechnique préalable (G1) **Phase Etude de Site (ES)**		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes 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	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : **Etude géotechnique de conception (G2)**	APD/AVP	Etude 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	Etudes géotechniques de conception (G2) **Phase Projet (PRO)**		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (*choix constructifs*)
	DCE/ACT	Etude 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 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechnique d'exécution (G3) Phase Etude (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*)	Etude 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	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude	**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
A 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

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

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.

ETAPE 1 : ETUDE GÉOTECHNIQUE PREALABLE (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).

ETAPE 2 : ETUDE 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, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GÉOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)
ETUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechnique seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3)

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

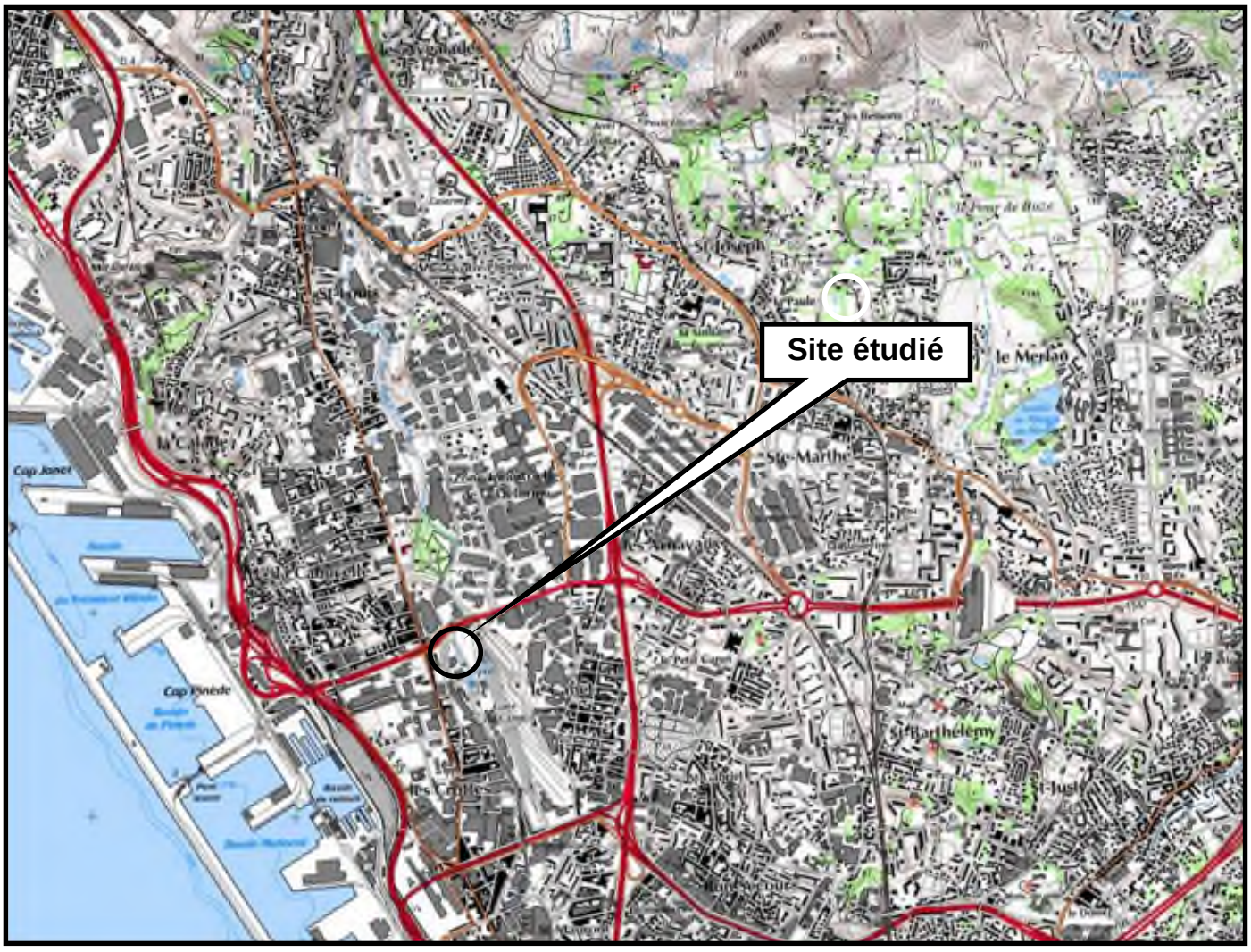
ANNEXES

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Annexe 1 – Plan de situation

GROUPE GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

GEOTEC **21/13438/MARSE/17**
MARSEILLE
Aménagement place Gèze
PEM / Rue Zoccola
Plan de situation



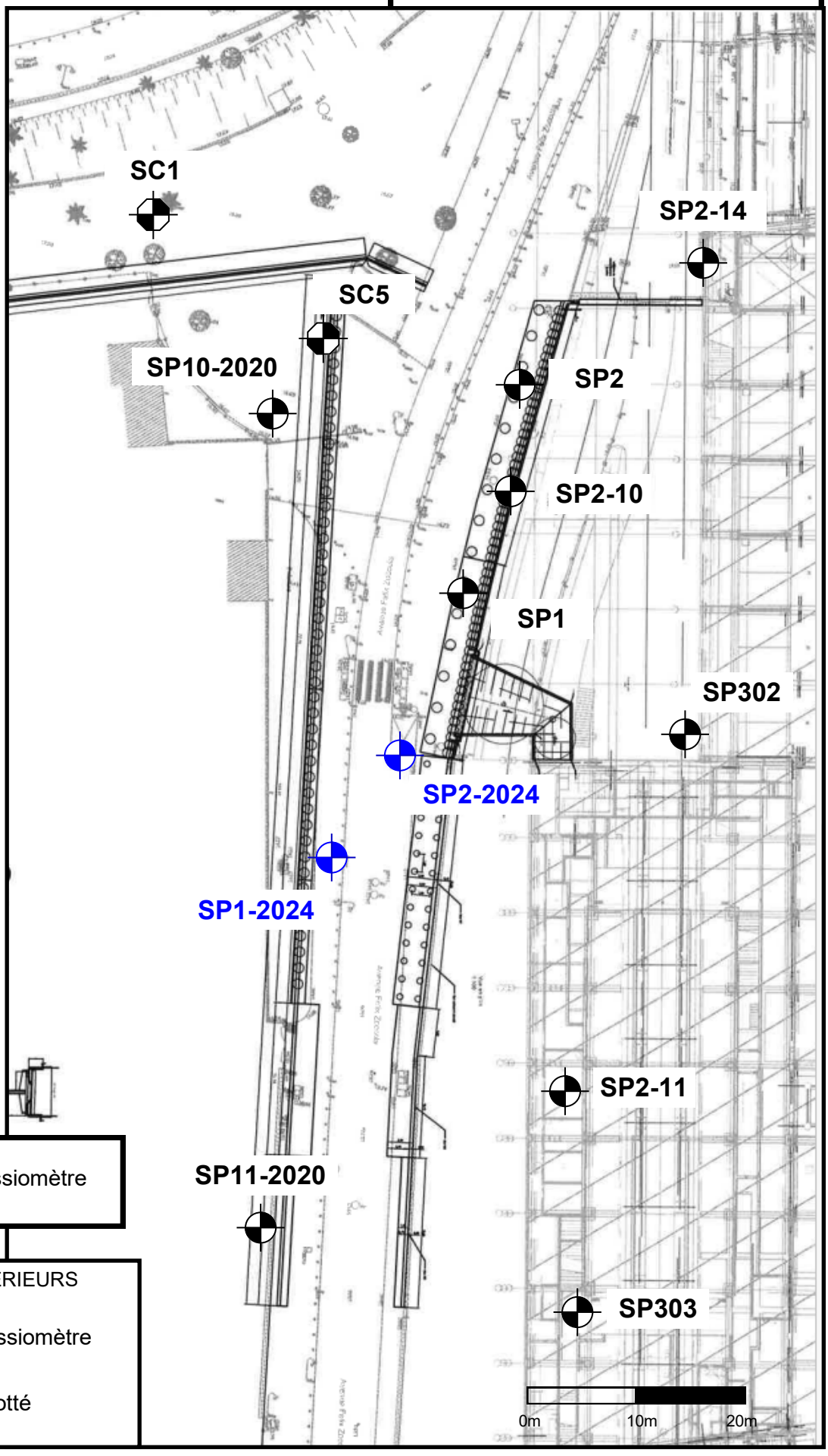
Echelle : 1/25 000e
0 500m

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Annexe 2 – Plans d'implantation

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

GEOTEC 21/13438/MARSE/17
MARSEILLE
Aménagement place Géze
Plan d'implantation des sondages



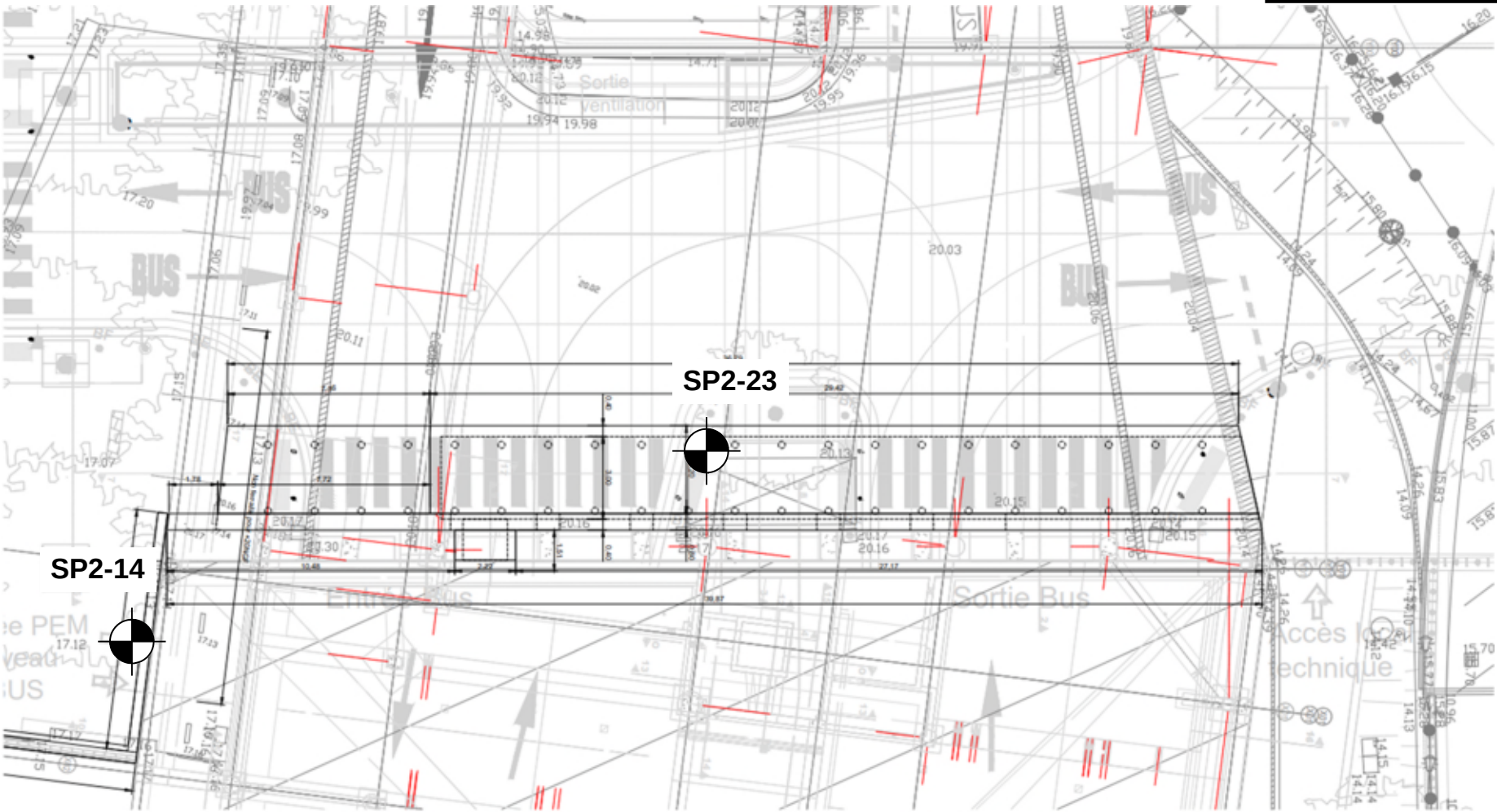
Sondage pressiomètre

SONDAGES ANTERIEURS

Sondage pressiomètre

Sondage carotté

GEOTEC 21/13438/MARSE/17
MARSEILLE
Aménagement place Gèze
Rampe d'accès au PEM
Plan d'implantation des sondages



Sondage pressiométrique

Annexe 3 – Sondages et essais

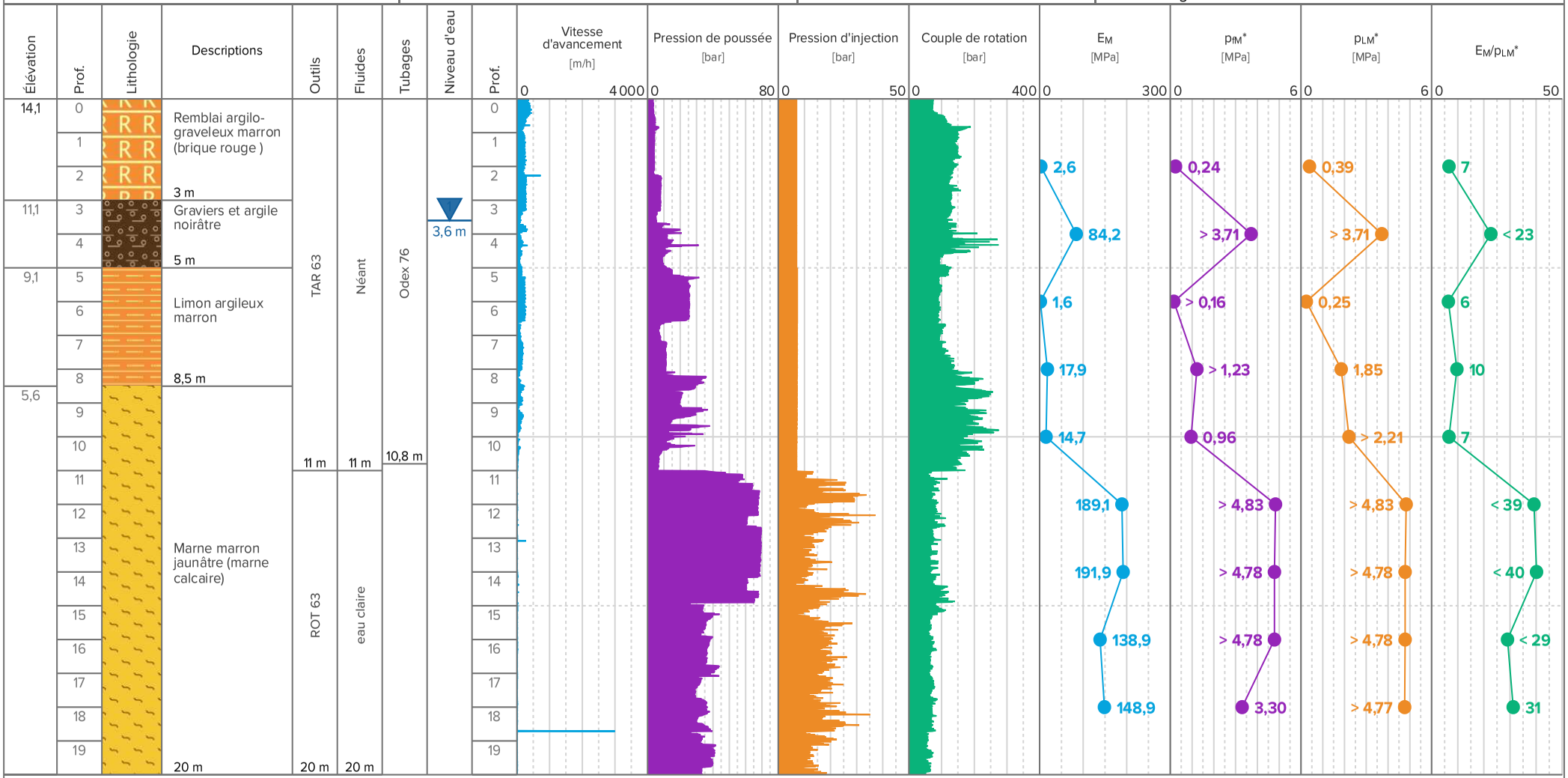
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site MARSEILLE - AMÉNAGEMENT PLACE GÈZE
Affaire 211343817

Sondage SP1-2024

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
5,3669174	43,3282377	WGS 84		Non renseigné
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+14,1 m	20,0 m	-	NGF	Non renseigné

Début	Fin	Machine	Opérateur
06/06/2024	06/06/2024	175	Non renseigné



1 06/06/2024 - Eau en fin de sondage 3,6m

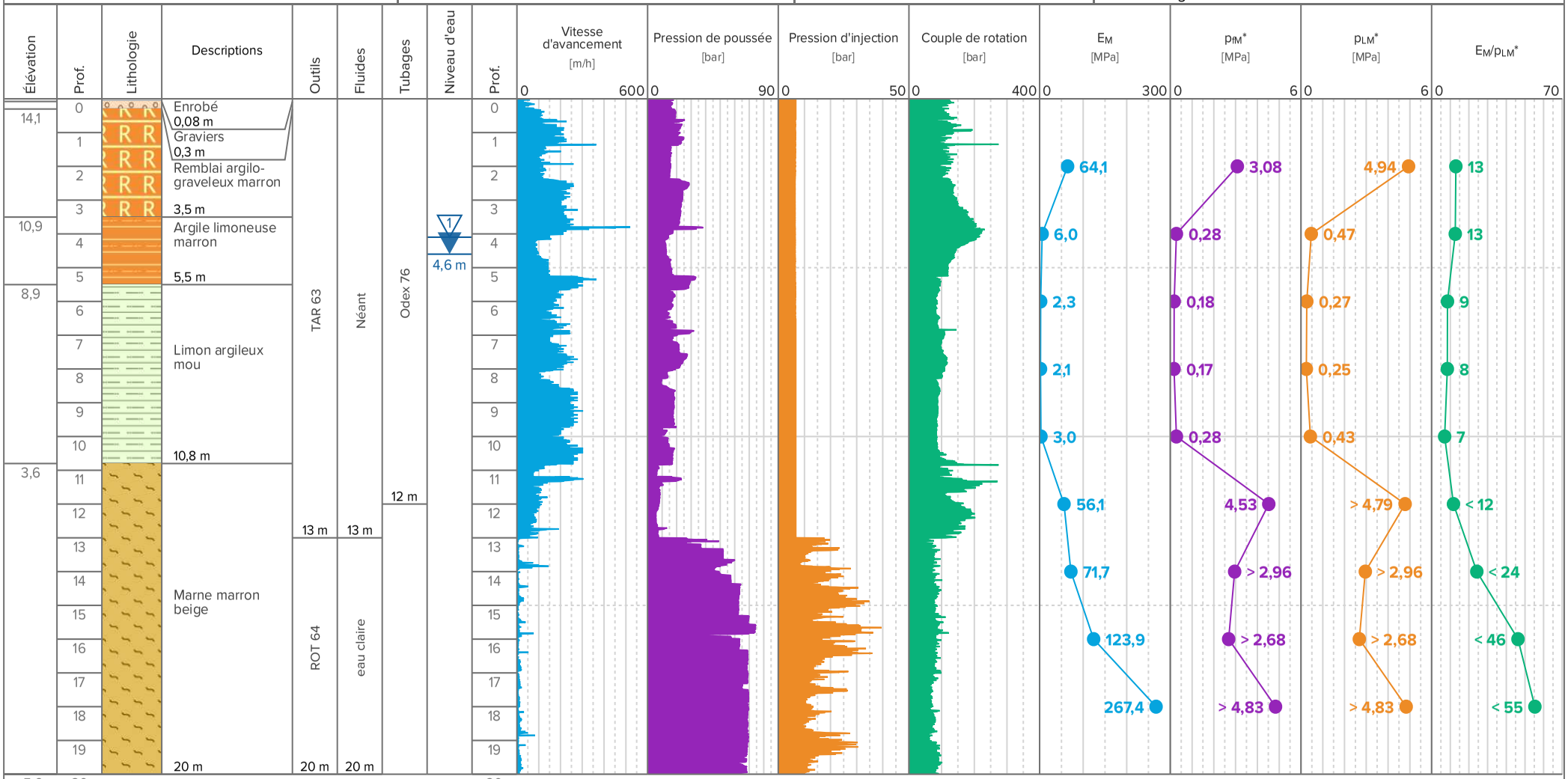
GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Site MARSEILLE - AMÉNAGEMENT PLACE GÈZE
Affaire 211343817

Sondage SP2-2024

Longitude	Latitude	Système de coordonnées		Précision des relevés
5,3668152	43,32832	WGS 84		Non renseigné
Élévation	**Prof. atteinte**	**Angle**	**Nivellement**	**Précision des nivellements**
+14,4 m	20,0 m	-	NGF	Non renseigné

Début	Fin	Machine	Opérateur
04/06/2024	04/06/2024	175	Non renseigné



1 05/06/2024 - Eau en fin de sondage 4,1m

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Sondage : SP1

Inclinaison/Verticale :

Site : MARSEILLE

X :

Y :

Z :

Date : 03/08/2022

Echelle : 1/100

Affaire : 211343808

Page : 1/1

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil
0,00	0,00			
-1,20	1,20	Remblai blanc		
-13,50	13,50	Limon argileux marron	8,00 m Eau en fin de sondage	ROT 64
-20,00	20,00	Marno-calcaire gris		

Prof	Module pressiométrique EM (MPa) 0,1 1 10 100 1000	Pression de fluage pf* (MPa) 0,1 1 10	Pression limite pl* (MPa) 0,1 1 10	EM/pl*
0				
1	11,6	0,73	1,38	8
2	3,84	0,26	0,33	12
3	2,91	0,26	0,36	8
4	3,76	0,40	0,49	8
5	4,18	0,36	0,54	8
6	3,13	0,36	0,45	7
7	3,02	0,32	0,48	6
8	3,76	0,37	0,47	8
9	3,64	0,40	0,57	6
10	6,53	0,37	0,50	13
11	3,70	0,32	0,48	8
12	4,07	0,36	0,49	8
13	32,1	1,52	2,31	14
14	487	> 5,00	> 5,00	< 97
15	> 500	> 5,00	> 5,00	> 100
16	491	> 5,00	> 5,00	< 98
17	267	> 5,00	> 5,00	< 54
18	362	> 5,00	> 5,00	< 72
19	149	> 5,00	> 5,00	< 30
20				

Observations :

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Sondage : SP2

Inclinaison/Verticale :

Site : MARSEILLE

X :

Y :

Z :

Date : 01/08/2022

Echelle : 1/100

Affaire : 211343808

Page : 1/1

Cote	Prof.	Coupe indicative des terrains	Eau	Outil
0,00	0,00			
-1,20	1,20	Remblai blanc — 1,20 m		
-13,50	13,50	Limon argileux marron — 13,50 m	8,00 m Eau en fin de sondage	ROT 64
-20,00	20,00	Marno-calcaire — 20,00 m		20,00 m

Prof	Module pressiométrique EM (MPa) 0,1 1 10 100 1000	Pression de fluage pf* (MPa) 0,1 1 10	Pression limite pl* (MPa) 0,1 1 10	EM/pl*
1	8,22	0,50	0,91	9
2	3,27	0,20	0,38	9
3	3,76	0,17	0,30	13
4	4,17	0,26	0,37	11
5	3,87	0,21	0,33	12
6	4,44	0,21	0,32	14
7	3,66	0,22	0,29	13
8	3,75	0,22	0,37	10
9	3,85	0,26	0,39	10
10	4,43	0,22	0,36	12
11	3,12	0,26	0,51	6
12	4,45	0,32	0,50	9
13	11,9	0,53	0,98	12
14	274	> 5,00	> 5,00	< 55
15	347	> 5,00	> 5,00	< 69
16	320	> 5,00	> 5,00	< 64
17	487	> 5,00	> 5,00	< 97
18	190	> 5,00	> 5,00	< 38
19	226	> 5,00	> 5,00	< 45
20				

Observations :

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Sondage : SC1

Inclinaison/Verticale :

Site : MARSEILLE

Affaire : 22/1343/MARSE/08

X :
Y :
Z :

Date : 26/08/2022
Echelle : 1/100
Page : 1/1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Echantillons	Eau	Outil	Tubage	Equipement	% Carottage (%)	RQD (%)	Perméabilité (m/s)	Date
0,00	0,00							0 50 100	0 50 100		
					ECH 114	TUBE 119/1 28					
-7,50	7,50										
		Marne altérée blanche/marron	1 9,00 m					100			
			10,50 m								
-11,70	11,70		2 12,00 m								
-12,00	12,00	Sable marneux altéré plus ou moins raide									
-13,00	13,00	Marne bariolée marron/vert plus ou moins altérée	3 13,00 m								
-13,45	13,45	Marne sableuse marron									
-13,70	13,70	Grave sableuse à galets	4 14,00 m		CAR 116						
-14,10	14,10	Sable marneux marron gris									
		Marne marron/verte plus ou moins indurée	5 15,50 m								
			6 17,00 m								
-17,80	17,80		7 18,50 m								
-18,50	18,50	Blocs de marno-calcaire									

Observations :

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Sondage : SC5

Inclinaison/Verticale :

Site : MARSEILLE

X :
Y :
Z :

Date : 13/07/2022
Echelle : 1/100
Page : 1/1

Affaire : 211343808

Cote	Prof.	Nature du terrain	Echantillons	Eau	Outil	Tubage	Equipement	% Carottage (%)	RQD (%)	Perméabilité (m/s)	Date
0,00	0,00							0 50 100	0 50 100		
-0,40	0,40	Sable limoneux marron beige à quelques graviers et débris de briques									
-1,65	1,65	Limon sableux marron à graviers									
-3,00	3,00	Sable limoneux marron beige à graviers, débris de briques et traces noirâtres									
-3,20	3,20	Sable limoneux marron beige à graviers									
-4,50	4,50	Limon sableux marron à quelques graviers									
-5,00	5,00	Argile sableuse marron à graviers									
-5,75	5,75	Sable limoneux marron gris à quelques graviers et débris de briques									
-7,15	7,15	Sable limoneux marron à graviers									
-7,25	7,25	Argile limoneuse marron									
-7,90	7,90	Sable limoneux marron									
-8,75	8,75	Argile sableuse marron									
-11,50	11,50	Sable limoneux marron à galets et graviers									
-12,45	12,45	Sable limoneux marron à galets et graviers									
-13,00	13,00	Grès									
-14,50	14,50	Limon sableux induré marron à galets et graviers Marne limoneuse marron rougeâtre									
-20,00	20,00	Marne marron compacte									

Observations :

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

fondasol

EUROMEDITERRANEE
AMENAGEMENT DU SECTEUR CAP PINEDE
ZONE 5
MARSEILLE

Projet n° : PR.13GT.20.0194 zone 5 pressios

Date : **05/01/2021** Machine : **AC9** Profondeur : **0.00 - 20.00 m**

1/100

Forage : SP16

EXGTE ß3.22.7/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Tubage
0	Enrobé hydrocarboné noir — 0.10 m	05/01/2021 Niveau d'eau en fin de forage - 8.70 m	Taillant Ø 64 mm	Air	Ø 68-83 mm
1	Remblai de graviers (calcaire) à matrice sableuse beige — 0.40 m	05/01/2021 Niveau d'eau en cours de forage - 8.80 m			
2	Remblai de graviers (calcaire) plus ou moins argileux marron clair à ocre — 3.50 m				
3					
4	Remblai de sable argileux légèrement graveleux marron à grisâtre — 5.50 m				
5					
6	Sables légèrement graveleux beige — 8.50 m				
7					
8					
9	Limons à limons argileux plus ou moins tourbeux odorant, brun à quelques graves éparses — 13.70 m				
10					
11					
12					
13					
14	Sables à sables légèrement graveleux beige — 15.30 m				
15	Graviers (calcaire) sableux — 15.80 m				15.90 m
16	Sables gréseux beige — 16.30 m				
17	Marnes argileuses beige — 16.80 m				
18	Sables indurés avec passage de poudingue beige — 19.30 m				
19					
20	Marnes argileuses grises — 20.00 m		20.00 m	20.00 m	

Profondeur (m)	EM (MPa)	pl-p0 (MPa)	pf-p0 (MPa)	EM / (pl-p0)
	0 50 100	0 5 10		
1	13.8	1.42	1.02	9.7
2	76.5	3.31	1.74	23.1
3	36.4	3.70	1.99	9.8
4	26.8	2.43	1.24	11.0
5	5.6	0.44	0.28	12.7
6	5.2	0.70	0.46	7.4
7	3.2	0.55	0.55	5.7
8	20.1	1.25	0.61	16.1
9	4.2	0.28	0.18	15.0
10	8.8	0.36	0.23	24.4
11	6.1	0.38	0.25	16.0
12	9.4	0.58	0.44	16.2
13	8.2	0.41	0.27	20.0
14	22.5	1.30	0.93	17.3
15	4.6	0.49	0.21	9.3
16				
17	33.3	3.68	1.79	9.0
18	288.4	> 4.81	> 4.81	< 60.0
19	175.4	> 4.77	> 4.77	< 36.8
20	314.0	> 4.81	> 4.81	< 65.3

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

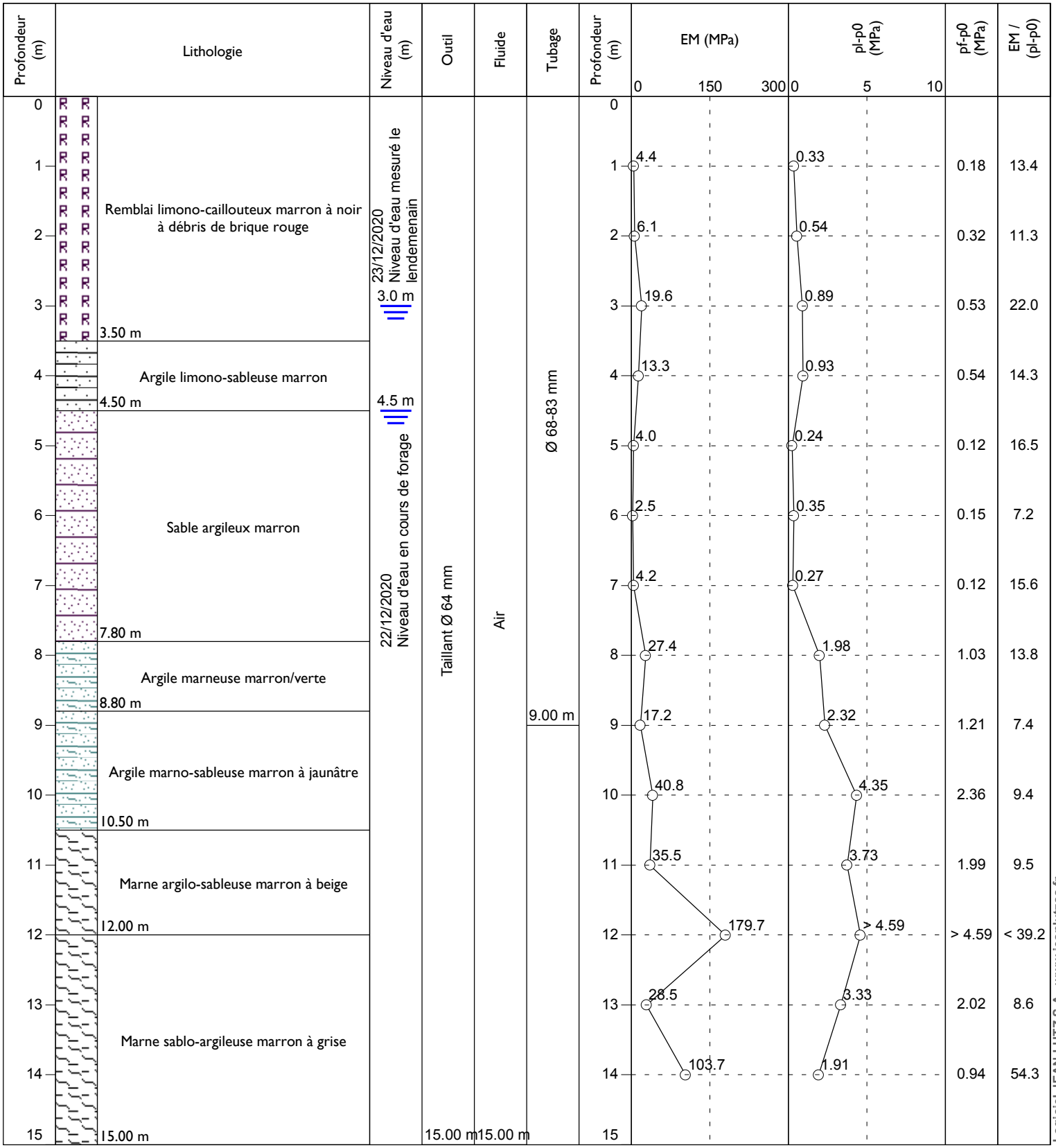
fondasol

EUROMEDITERRANEE
AMENAGEMENT DU SECTEUR CAP PINEDE
ZONE 3
MARSEILLE

Projet n° : PR.13GT.20.0194

Date : **22/12/2020** Machine : **AC9** Profondeur : **0.00 - 15.00 m**

Forage : SP10 2020



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EUROMEDITERRANEE
AMENAGEMENT DU SECTEUR CAP PINEDE
ZONE 3
MARSEILLE

Projet n° : PR.13GT.20.0194

Date : **14/12/2020** Machine : **AC9** Profondeur : **0.00 - 15.00 m**

Forage : SP11 BIS 2020

EXGTE ß3.22.7/GTE

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Tubage
0	Remblai gravelo-sableux marron				
0.70 m					
1	Remblai sablo-argileux graveleux beige	14/12/2020 Niveau d'eau en fin de chantier			Ø 68-83 mm
2.80 m		3.2 m			
3	Limon graveleux marron	3.5 m			
3.50 m					3.70 m
4	Sable légèrement argileux jaunâtre				
4.50 m					
5	Argile marneuse beige	14/12/2020 Niveau d'eau en cours de forage			
6.00 m					
6	Marne argileuse beige à blanchâtre				
7.60 m					
8	Marne argileuse grise				
8.80 m					
9	Marne argileuse beige à argilo-sableuse beige				
9.30 m					
10	Marne argileuse grise à bancs beige				
11.50 m					
11		14/12/2020 Niveau d'eau en cours de forage (faible arrivée)	Taillant Ø 64mm	Air	
12	Marne argileuse beige à marron clair	12.5 m			
13					
14					
15	15.00 m		15.00 m	15.00 m	

Profondeur (m)	EM (MPa) 0 50 100	pl-p0 (MPa) 0 5 10	pf-p0 (MPa)	EM / (pl-p0)
0				
1	7.6	0.85	0.47	8.9
2	10.8	0.78	0.44	13.8
3	10.9	0.69	0.35	15.8
4	8.4	0.86	0.59	9.7
5	38.1	2.51	1.28	15.2
6	33.6	3.74	2.24	9.0
7	61.9	5.23	2.75	11.8
8	68.9	> 4.40	2.75	< 15.7
9	124.5	> 4.73	> 4.73	< 26.3
10	68.3	> 4.38	2.75	< 15.6
11	111.7	> 4.71	> 4.71	< 23.7
12	94.4	> 4.72	> 4.72	< 20.0
13	65.2	> 4.83	3.21	< 13.5
14	67.0	> 4.82	3.73	< 13.9
15				

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

(Contrat EMA.13.0222)

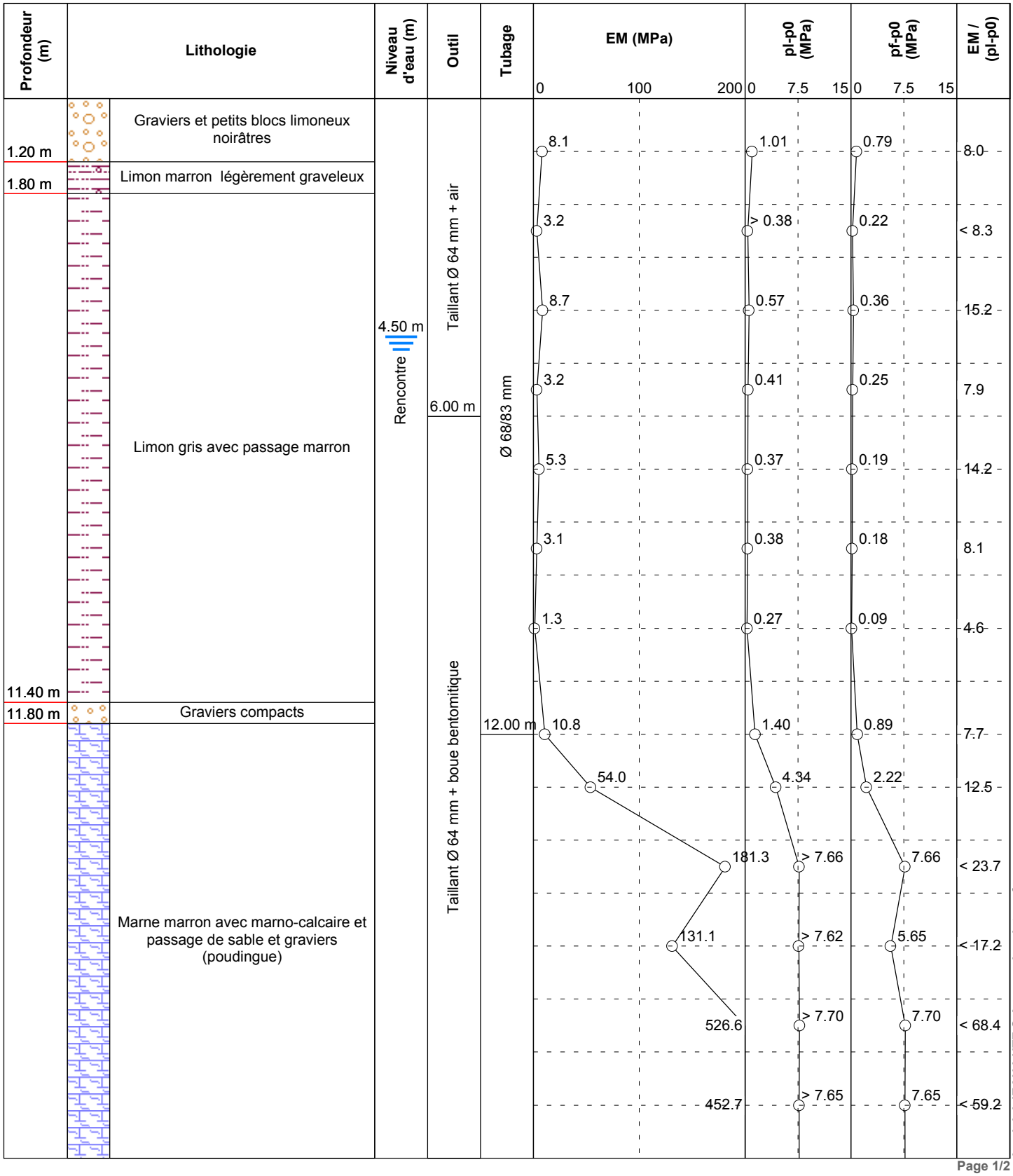
PEM Cap.Gèze
MARSEILLE

Date : **20/09/2013**

Profondeur : **0.00 - 30.00 m**

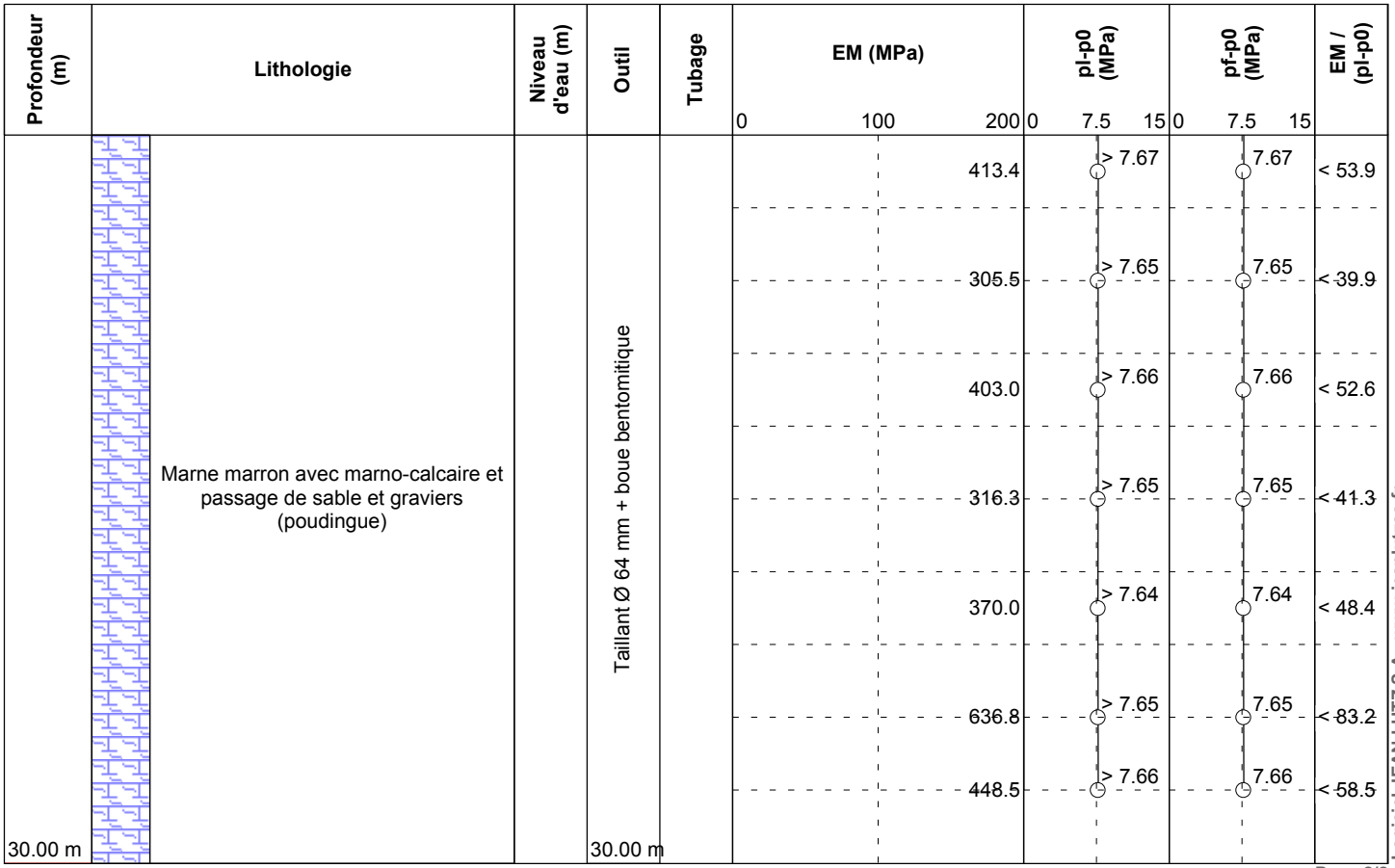
Forage : SP302

EXGTE 2.30/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

SP302



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

n° affaire EMA.13.0222

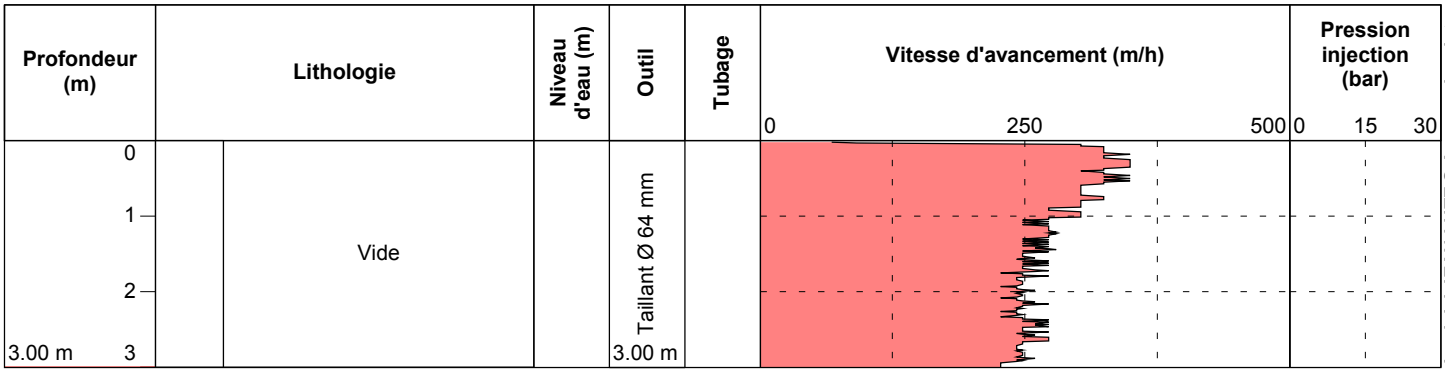
PEM Cap.Gèze
MARSEILLE

Date : **20/09/2013**

Profondeur : **0.00 - 3.00 m**

Sondage : SD302 à vide

EXGTE 2.30/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

fondasol
GÉOTECHNIQUE

n° affaire EMA.13.0222

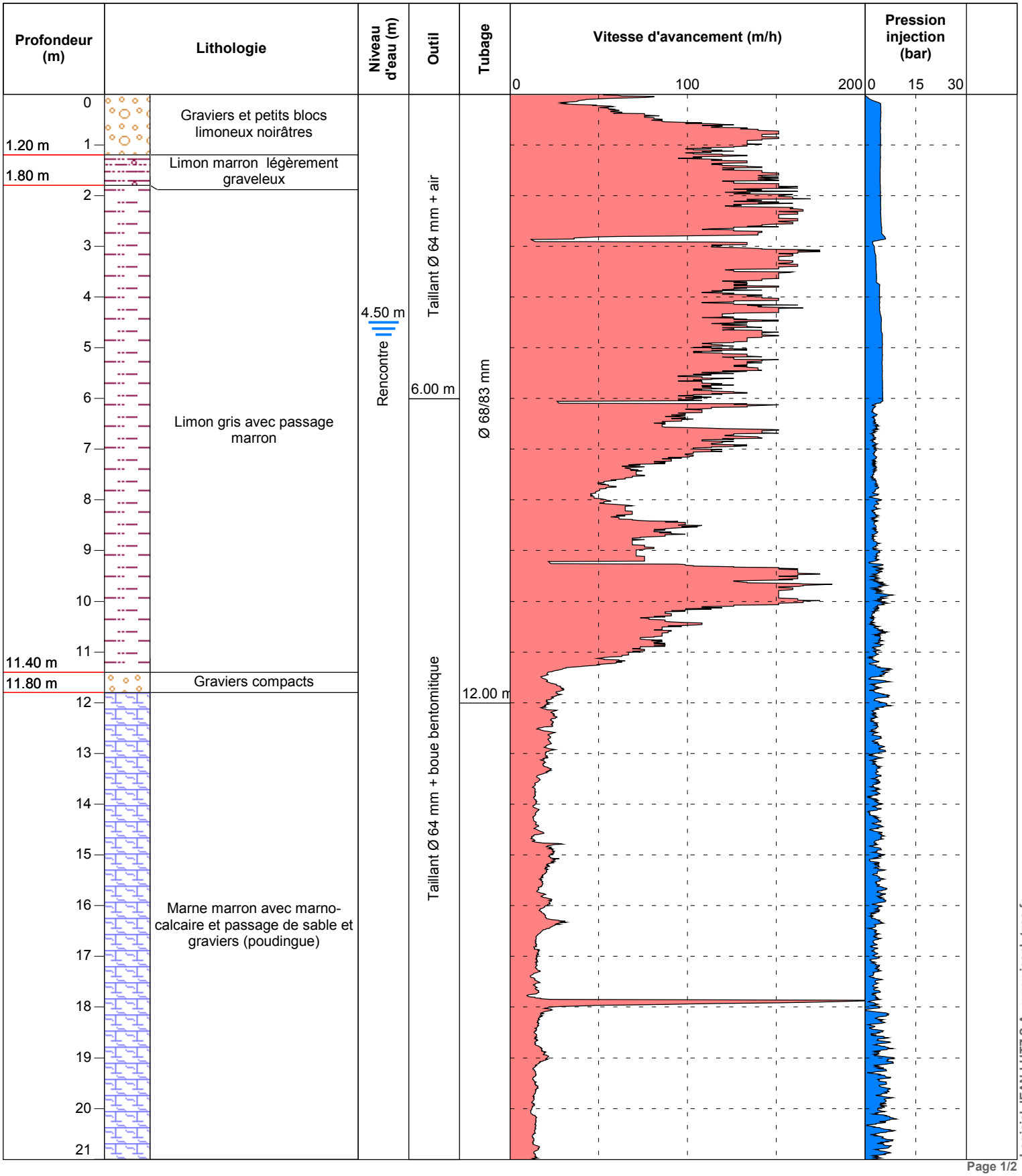
PEM Cap.Gèze
MARSEILLE

Date : **20/09/2013**

Profondeur : **0.00 - 30.00 m**

Sondage : SD302

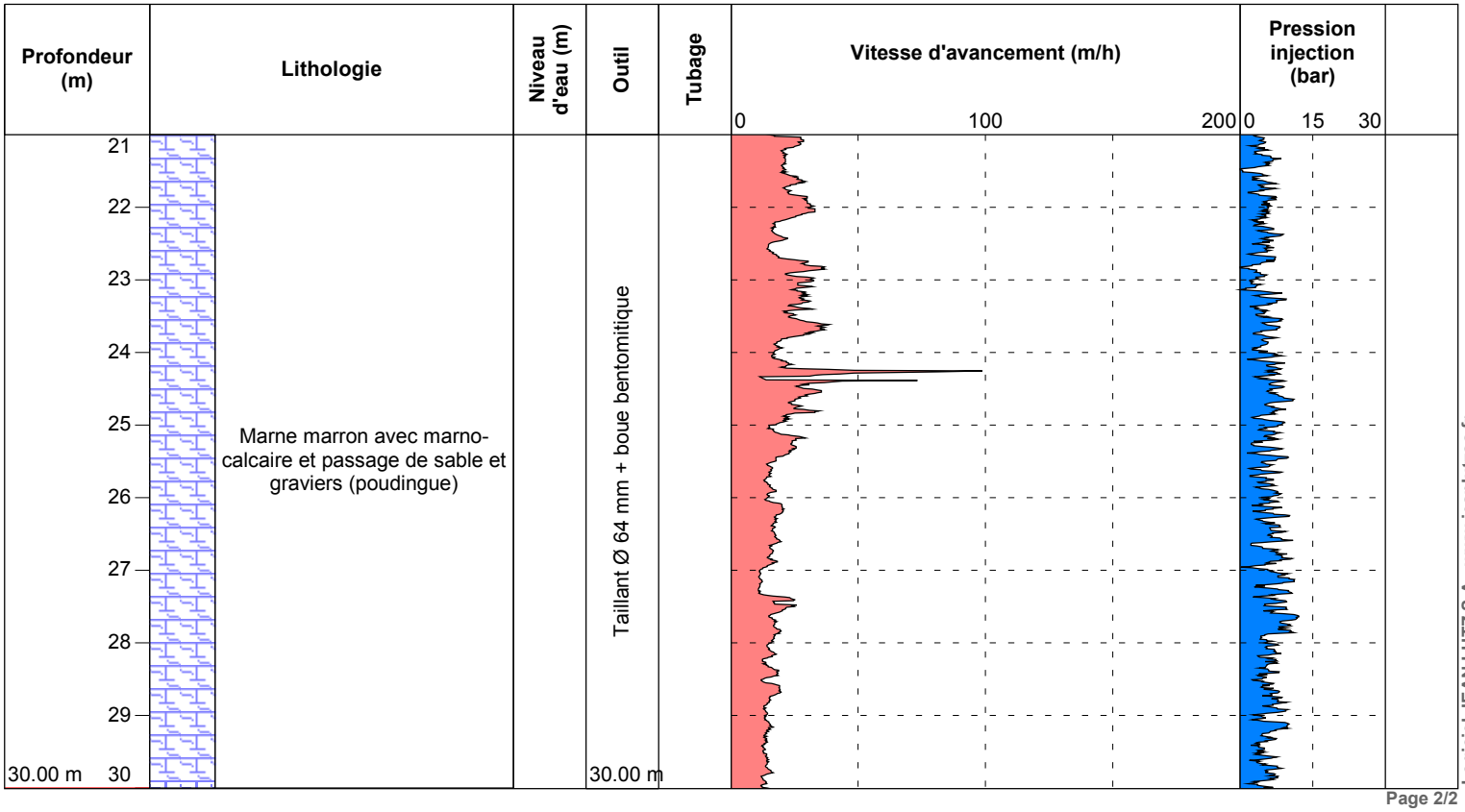
EXGTE 2.30/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

PEM Cap.Gèze MARSEILLE

SD302



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

fondasol
GÉOTECHNIQUE

(Contrat EMA.13.0222)

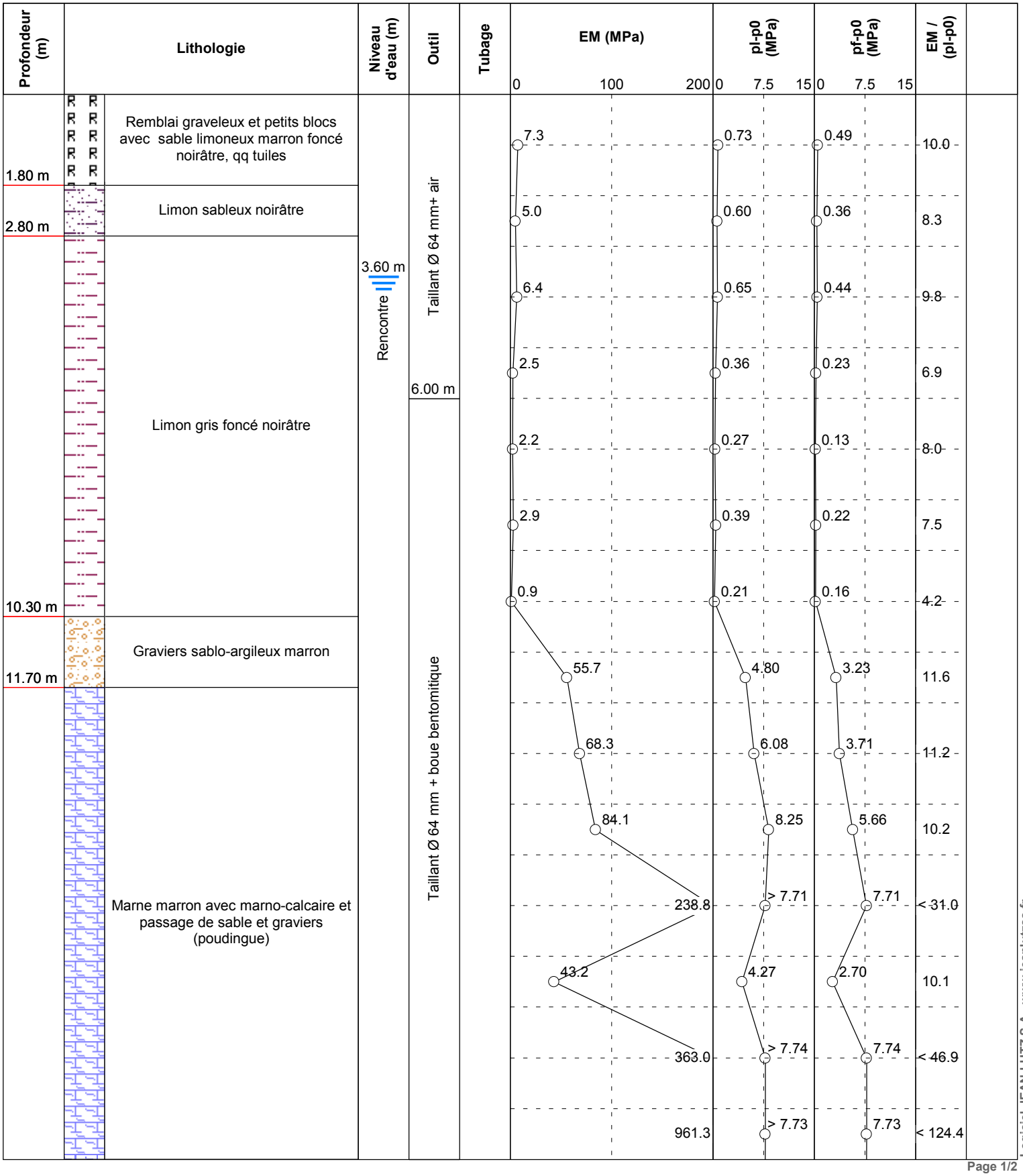
PEM Cap.Gèze
MARSEILLE

Date : **24/09/2013**

Profondeur : **0.00 - 30.00 m**

Forage : SP303

EXGTE 2.30/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

PEM Cap.Gèze MARSEILLE

SP303

Profondeur (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Tubage	EM (MPa) 0 100 200	pl-p0 (MPa) 0 7.5 15	pf-p0 (MPa) 0 7.5 15	EM / (pl-p0)
	Marne marron avec marno-calcaire et passage de sable et graviers (poudingue)		Taillant Ø 64 mm + boue bentomitique		230.4	> 7.67	7.67	< 30.0
					168.7	> 7.63	7.63	< 22.1
					283.5	> 7.68	7.68	< 36.9
					366.1	> 7.67	7.67	< 47.7
					281.0	> 7.66	7.66	< 36.7
					353.6	> 7.64	7.64	< 46.3
30.00 m			30.00 m					

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

n° affaire EMA.13.0222

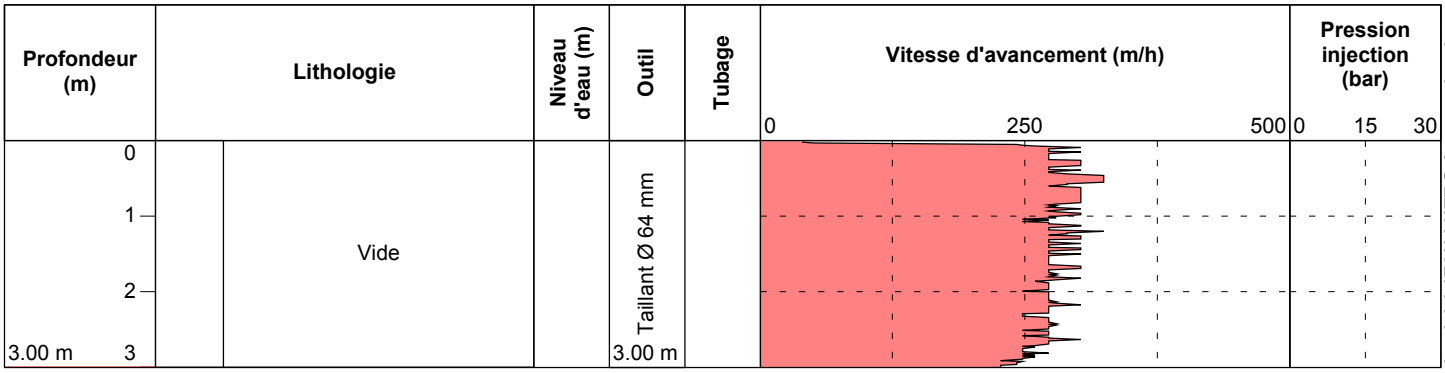
PEM Cap.Gèze
MARSEILLE

Date : **16/09/2013**

Profondeur : **0.00 - 3.00 m**

Sondage : SD303 à vide

EXGTE 2.30/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

n° affaire EMA.13.0222

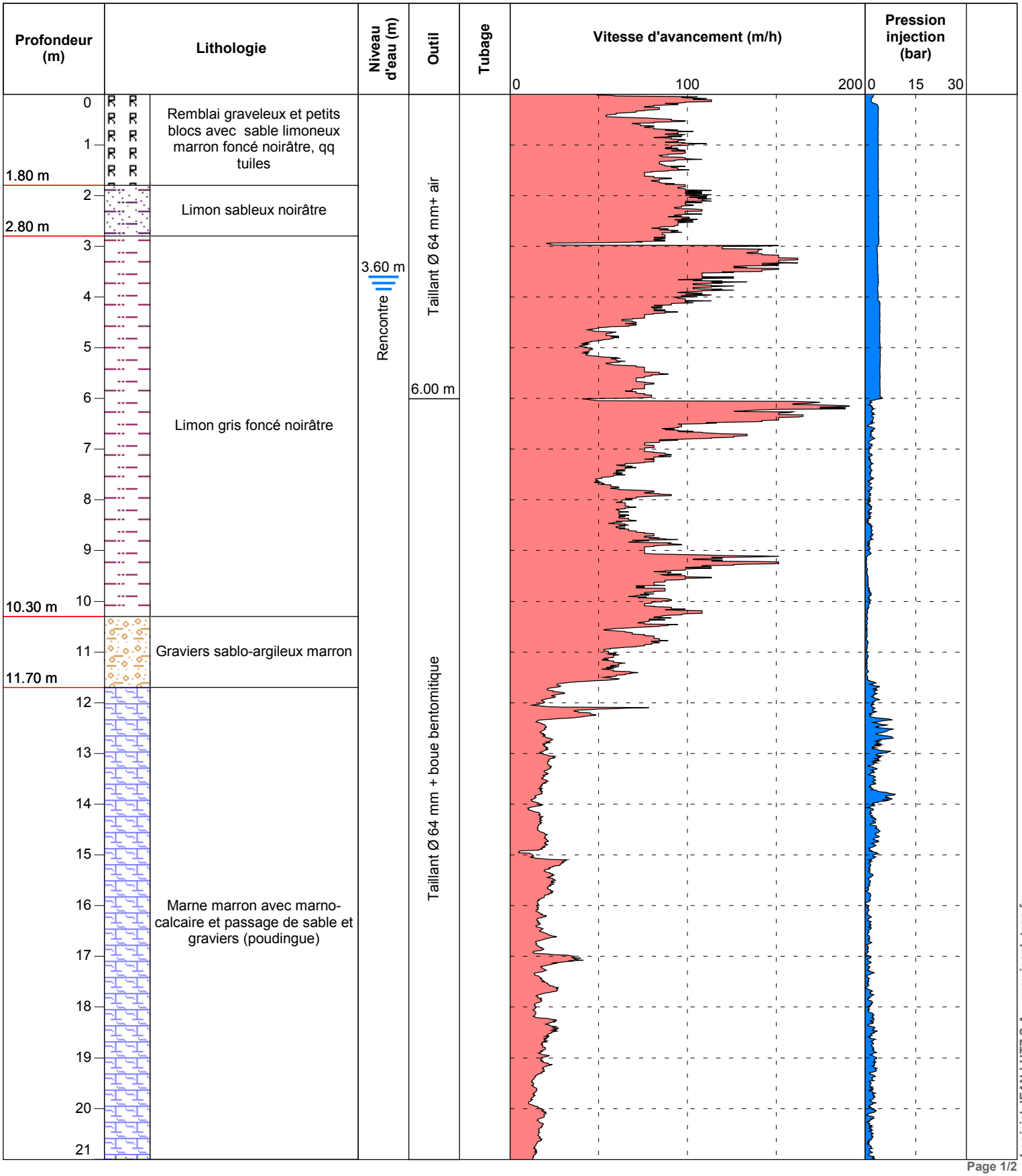
PEM Cap.Gèze
MARSEILLE

Date : **24/09/2013**

Profondeur : **0.00 - 30.00 m**

Sondage : SD303

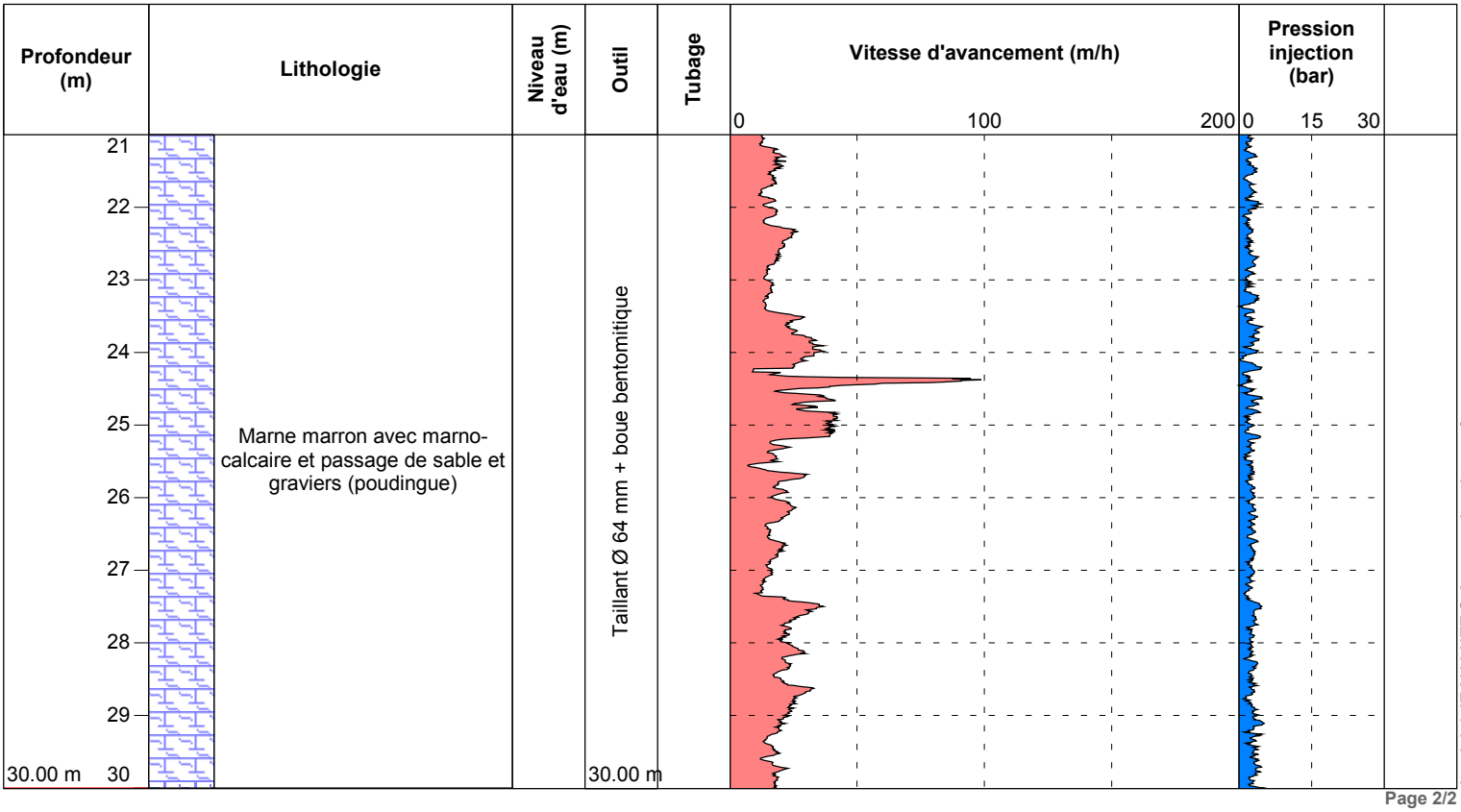
EXGTE 2.30/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

PEM Cap.Gèze MARSEILLE

SD303



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

SONDAGE : SP2-10

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

X : 1891944,2

Y : 3128146,20

Z : 14,85 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : 23/02/2012

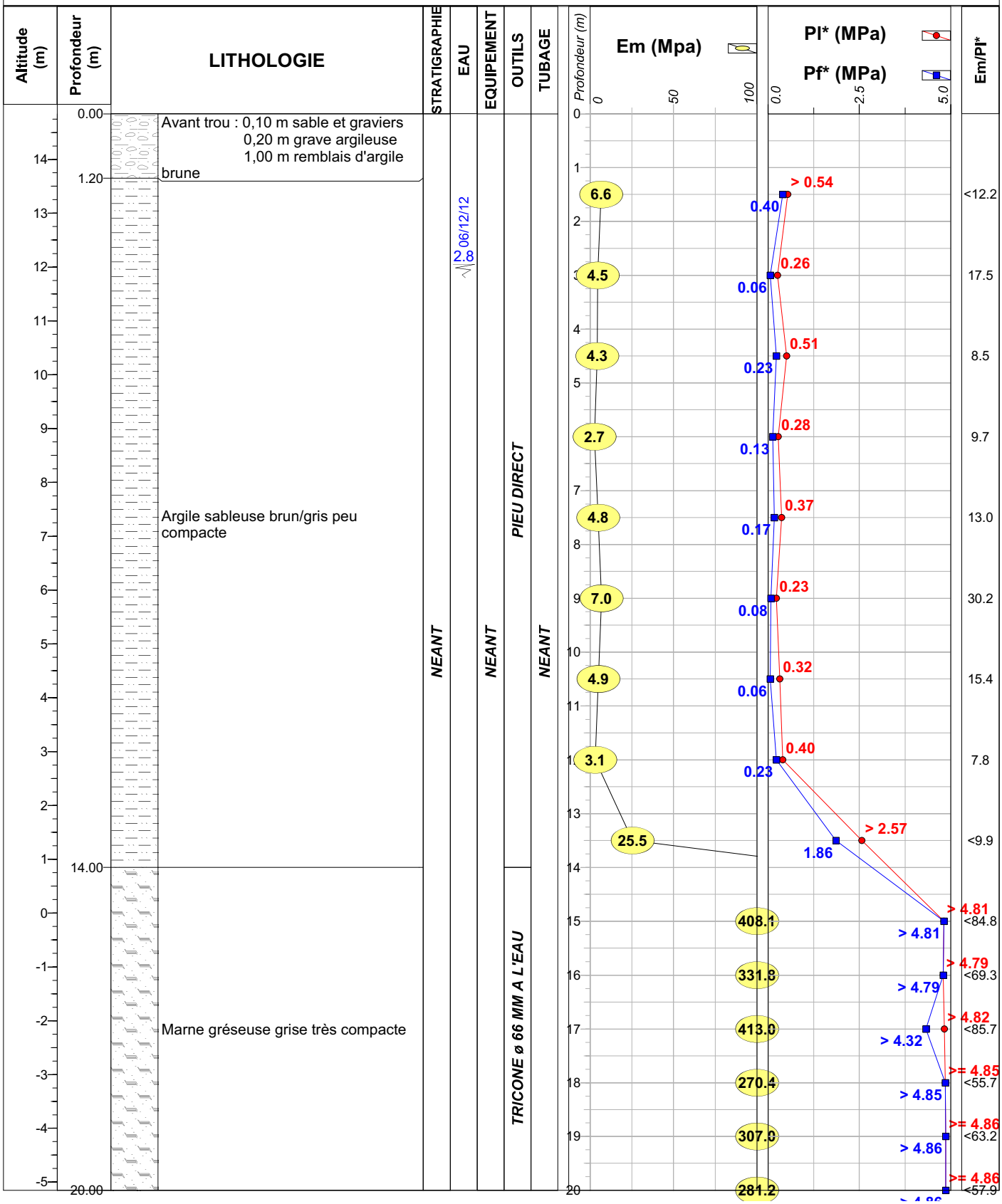
Au : 24/02/2012

Fin : 22,00 m

Echelle : 1 / 100

Machine : BE35RP

Remarque :



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

SONDAGE : SP2-10

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

X : 1891944,2

Y : 3128146,20

Z : 14,85 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : 23/02/2012

Au : 24/02/2012

Fin : 22,00 m

Echelle : 1 / 100

Machine : BE35RP

Remarque :

Altitude (m)	Profondeur (m)	LITHOLOGIE	STRATIGRAPHIE	EAU	EQUIPEMENT	OUTILS	TUBAGE
-5	20.00						
-6		Marne gréseuse grise très compacte	NEANT		NEANT	TRICONE ø 66	NEANT
-7	22.00						

Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

ABO ERG GEOTECHNIQUE

SONDAGE : SP2-10

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE 13 - MARSEILLE

X : **1891944,2**

Y : **3128146,20**

Z : **14,85 m**

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : **23/02/2012**

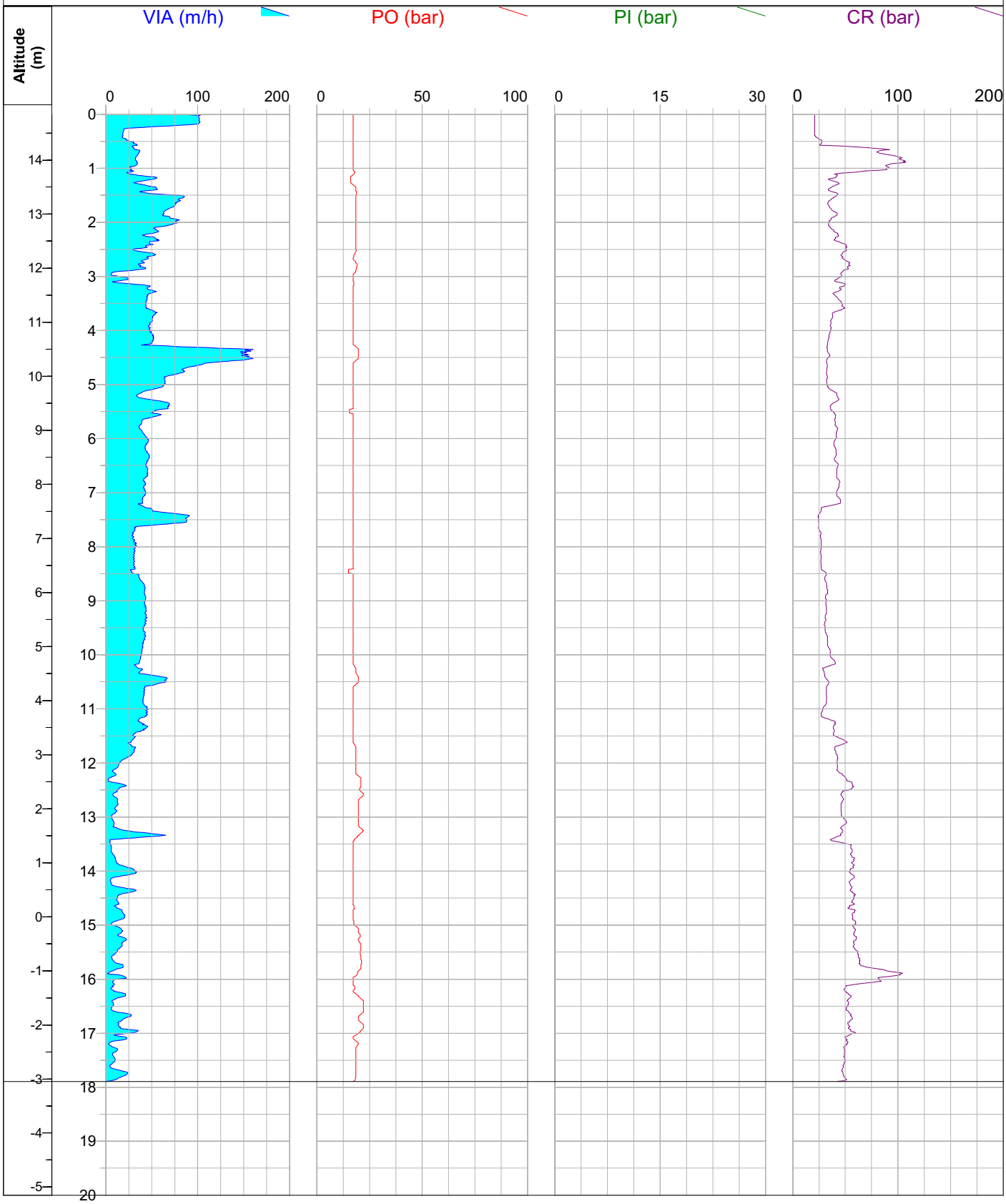
Au : **24/02/2012**

Fin : **17,89 m**

Echelle : **1 / 100**

Machine : BE35RP

Remarque :



SONDAGE : SP2-11

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

X : 1891965,3

Y : 3128087,00

Z : 13,35 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : 13/02/2012

Au : 14/02/2012

Fin : 22,00 m

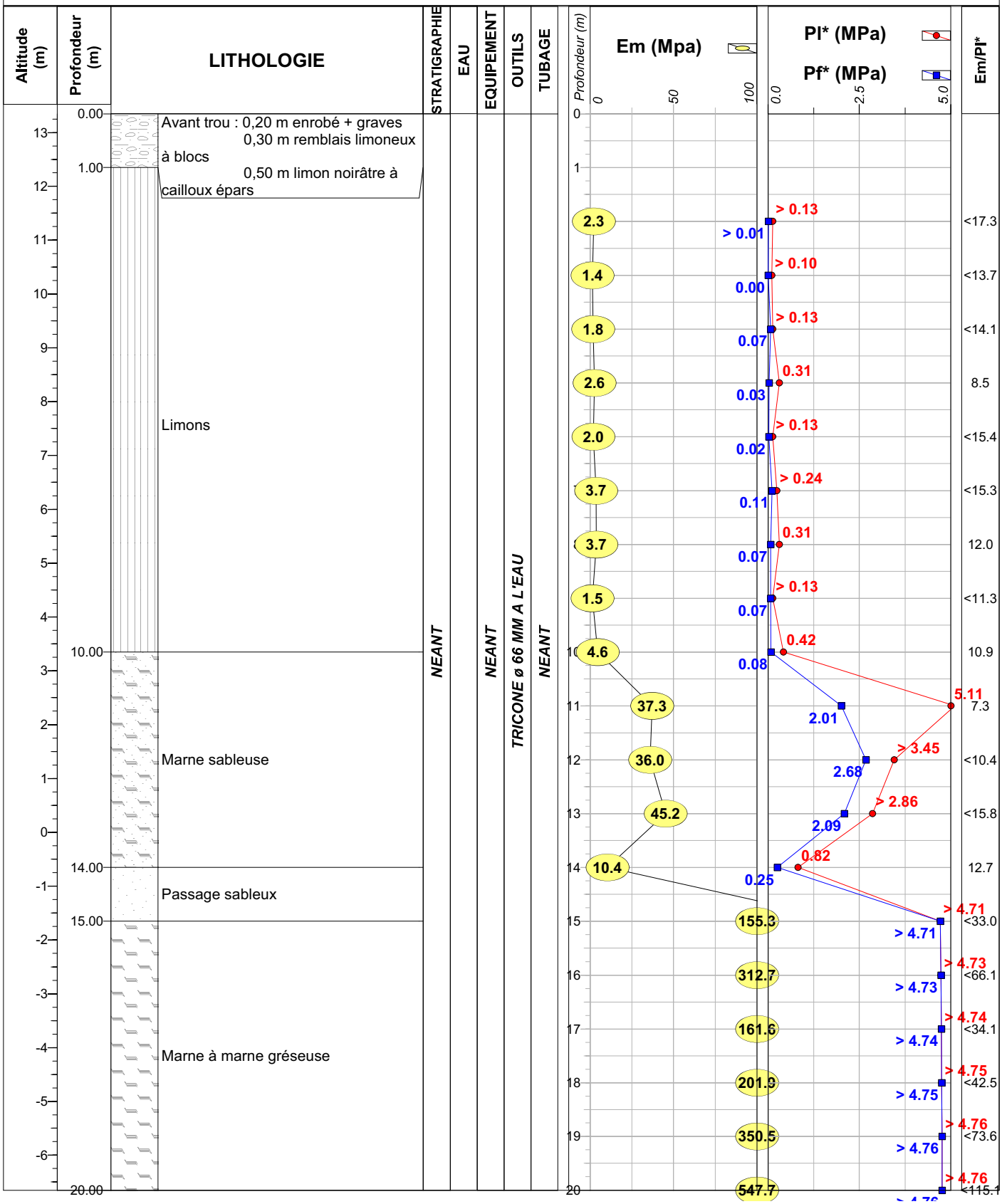
Echelle : 1 / 100

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

Machine : BE35RP

Remarque :



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

SONDAGE : SP2-11

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

X : 1891965,3

Y : 3128087,00

Z : 13,35 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : 13/02/2012

Au : 14/02/2012

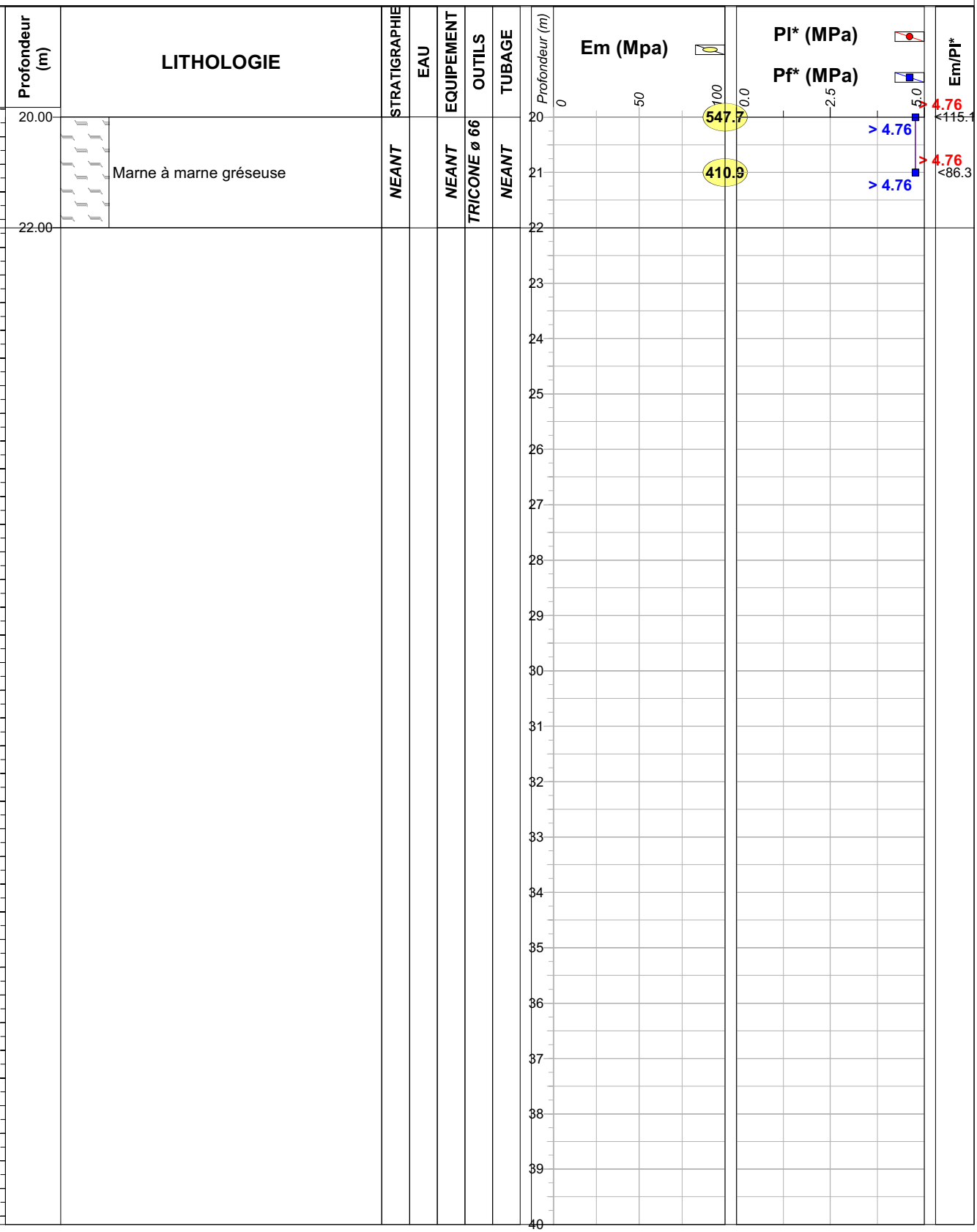
Fin : 22,00 m

Echelle : 1 / 100

Machine : BE35RP

Remarque :

Altitude (m)	Profondeur (m)	LITHOLOGIE	STRATIGRAPHIE	EAU	EQUIPEMENT	OUTILS	TUBAGE
-7	20.00	Marne à marne gréseuse	NEANT		NEANT	TRICONE ø 66	NEANT
-8	22.00						



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

SONDAGE : SP2-11

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : **Pressiométrique**

X : **1891965,3**

Y : **3128087,00**

Z : **13,35 m**

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : **13/02/2012**

Au : **14/02/2012**

Fin : **22,00 m**

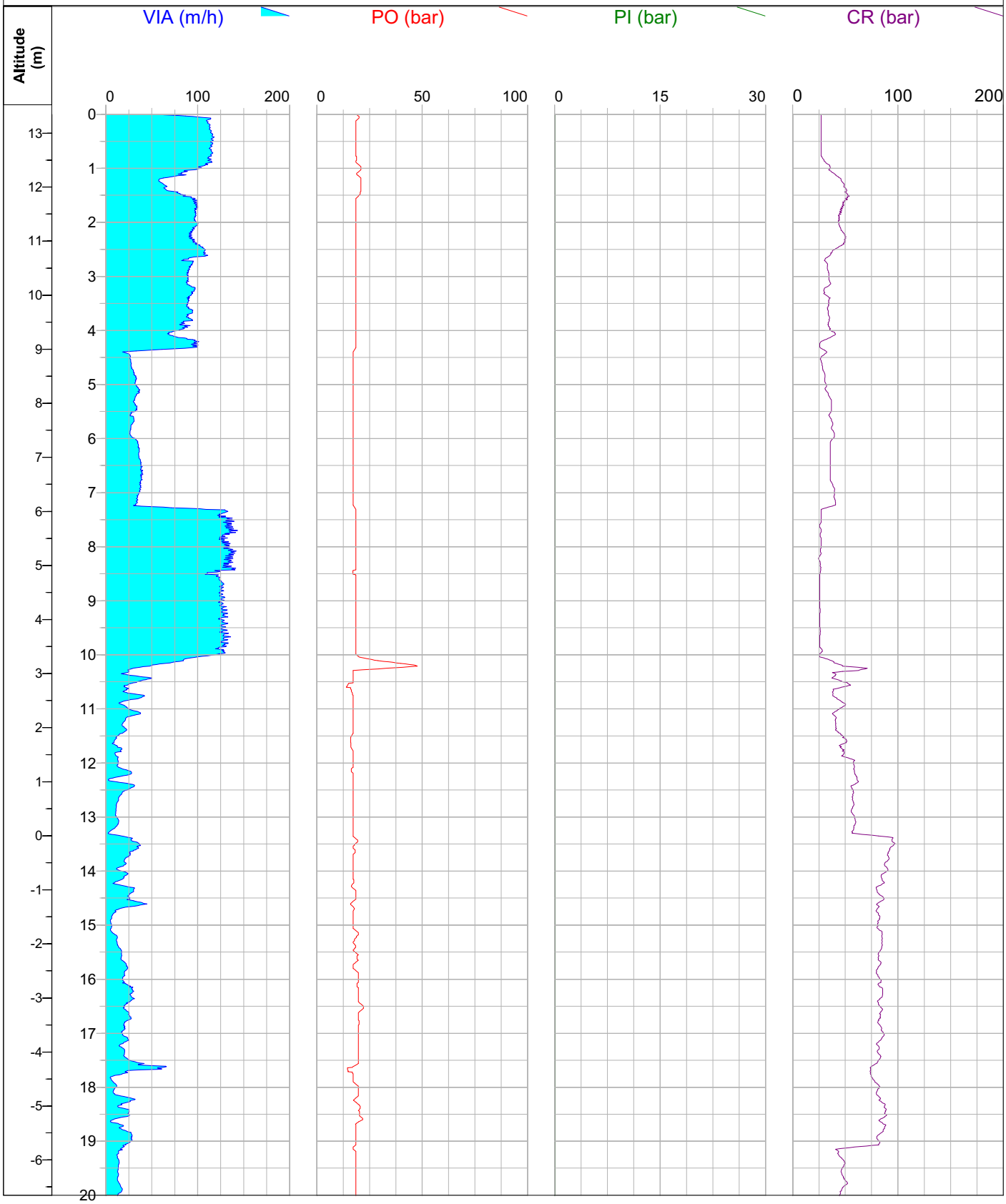
Echelle : **1 / 100**

Client : **CUMPM**

Etude : **METRO CAPITAINE GEZE 13 - MARSEILLE**

Machine : BE35RP

Remarque :



SONDAGE : SP2-11

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : **Pressiométrique**

Client : **CUMPM**

Etude : **METRO CAPITAINE GEZE**
13 - MARSEILLE

X : **1891965,3**

Y : **3128087,00**

Z : **13,35 m**

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : **13/02/2012**

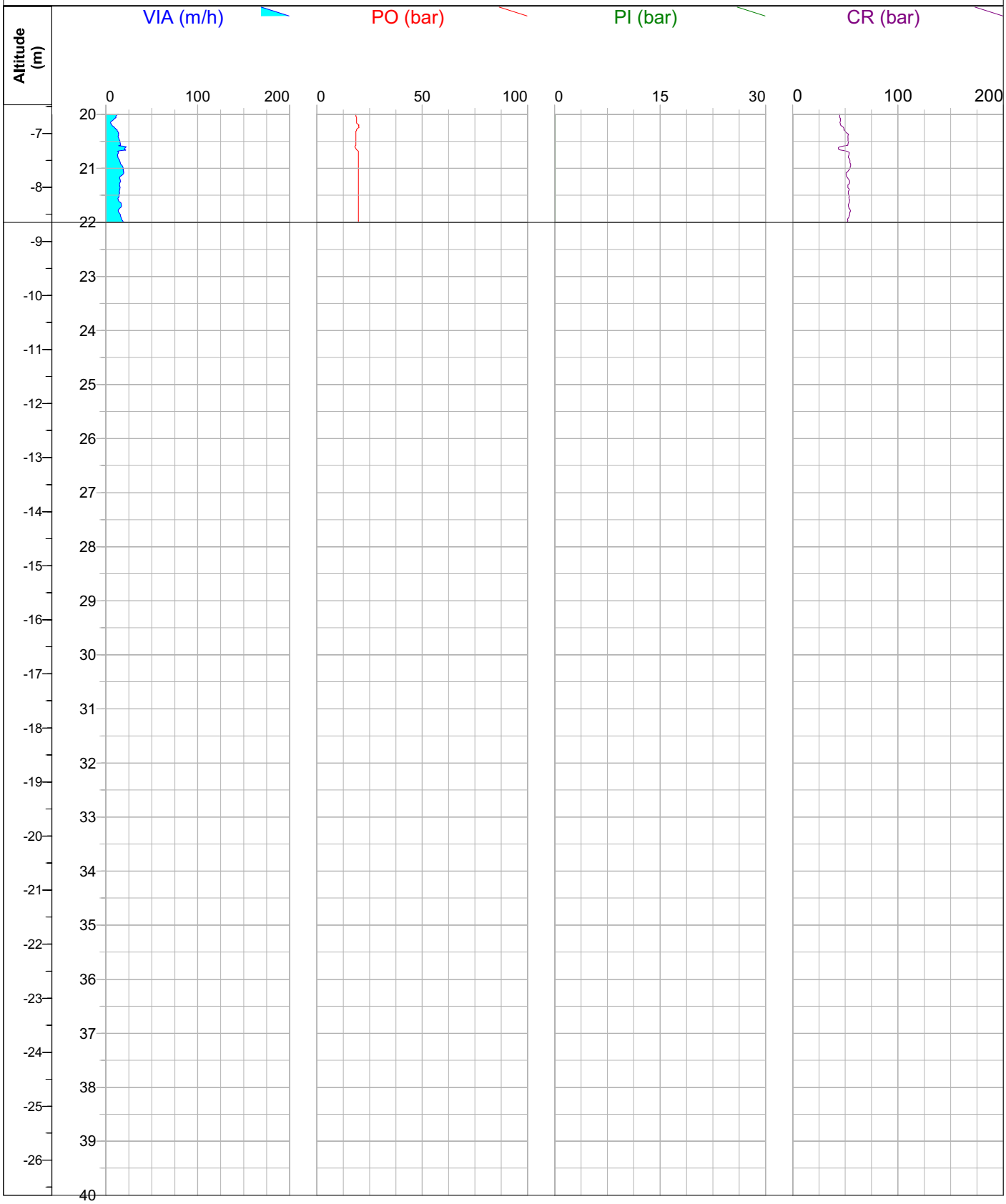
Au : **14/02/2012**

Fin : **22,00 m**

Echelle : **1 / 100**

Machine : BE35RP

Remarque :



SONDAGE : SP2-14

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

X : 1891959,8

Y : 3128170,90

Z : 14,35 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : 10/02/2012

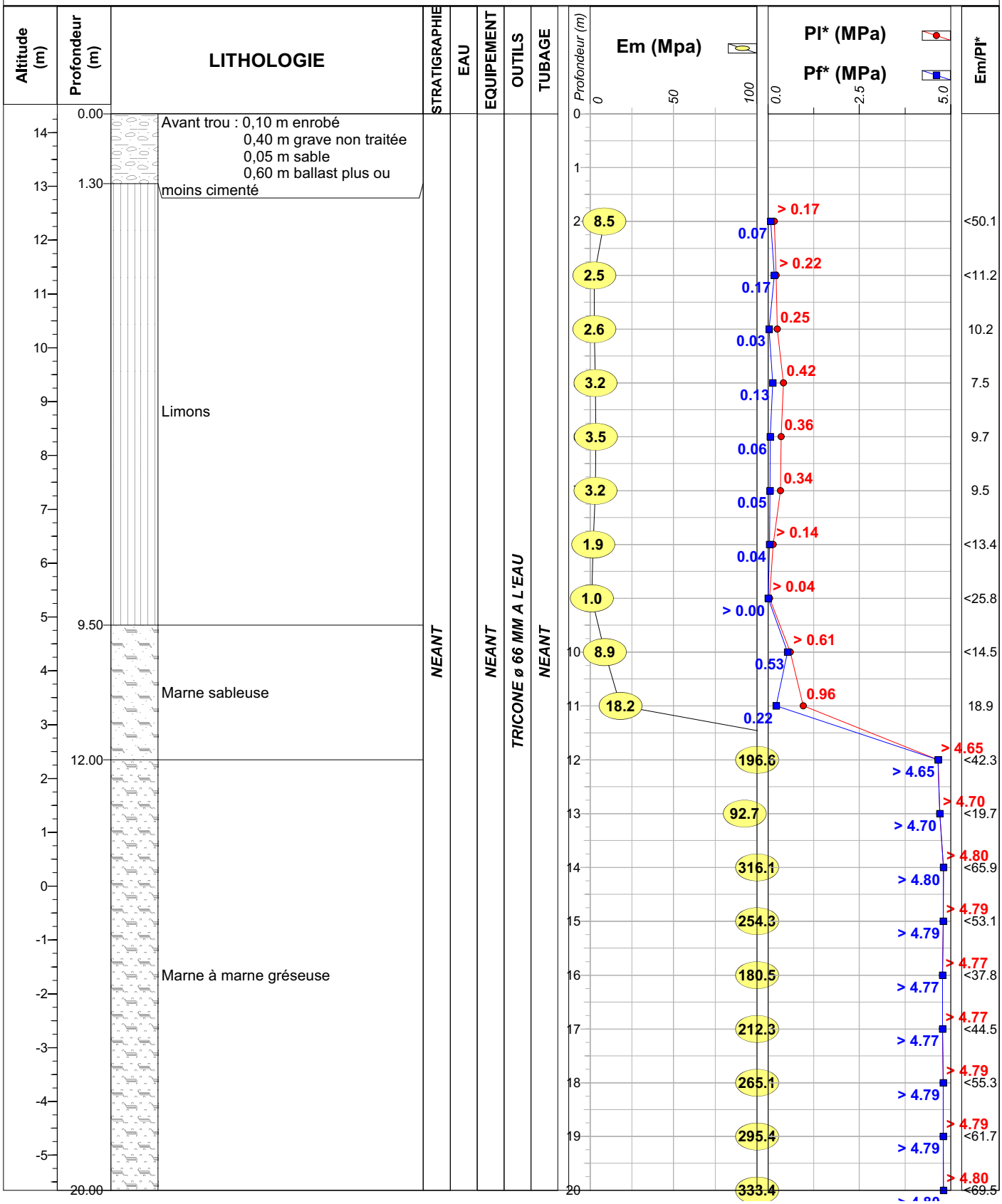
Au : 10/02/2012

Fin : 23,00 m

Echelle : 1 / 100

Machine : BE35RP

Remarque :



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

SONDAGE : SP2-14

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

X : 1891959,8

Y : 3128170,90

Z : 14,35 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : 10/02/2012

Au : 10/02/2012

Fin : 23,00 m

Echelle : 1 / 100

Machine : BE35RP

Remarque :

Altitude (m)	Profondeur (m)	LITHOLOGIE	STRATIGRAPHIE	EAU	EQUIPEMENT	OUTILS	TUBAGE
-6 / -7 / -8	20.00 – 23.00	Marne à marne gréseuse	NEANT		NEANT	TRICONE ø 66 MM A	NEANT

Em (Mpa) : 333.4 ; 257.6 ; 411.4

Pl* (MPa) / Pf* (MPa) : > 4.80 ; > 4.80 ; > 4.79 ; > 4.79 ; > 4.78 ; > 4.78

Em/Pl* : <69.5 ; <53.8 ; <86.1

Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

SONDAGE : SP2-14

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : **Pressiométrique**

X : **1891959,8**

Y : **3128170,90**

Z : **14,35 m**

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : **10/02/2012**

Au : **10/02/2012**

Fin : **23,01 m**

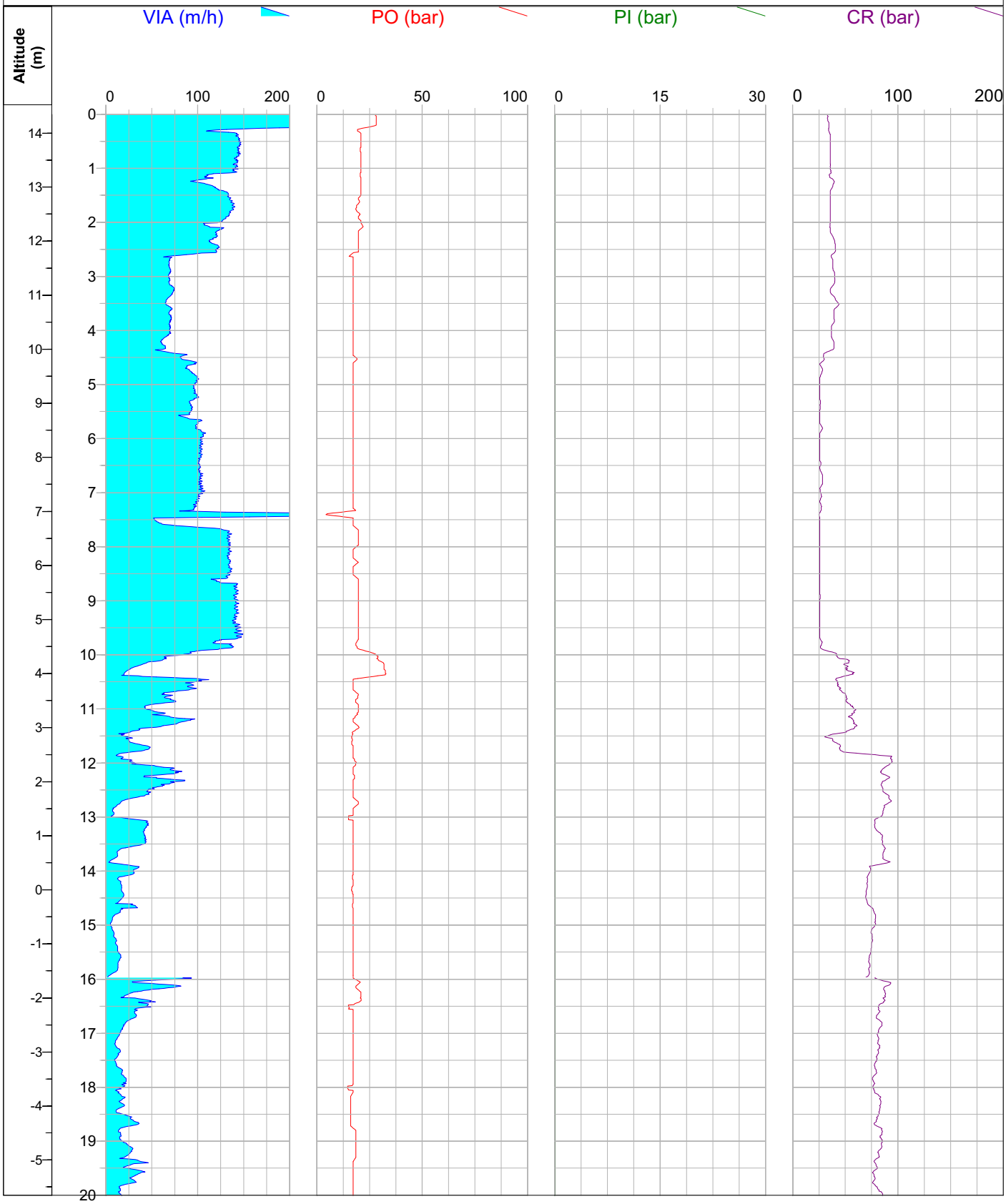
Echelle : **1 / 100**

Client : **CUMPM**

Etude : **METRO CAPITAINE GEZE 13 - MARSEILLE**

Machine : BE35RP

Remarque :



SONDAGE : SP2-14

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : **Pressiométrique**

Client : **CUMPM**

Etude : **METRO CAPITAINE GEZE 13 - MARSEILLE**

X : **1891959,8**

Y : **3128170,90**

Z : **14,35 m**

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : **10/02/2012**

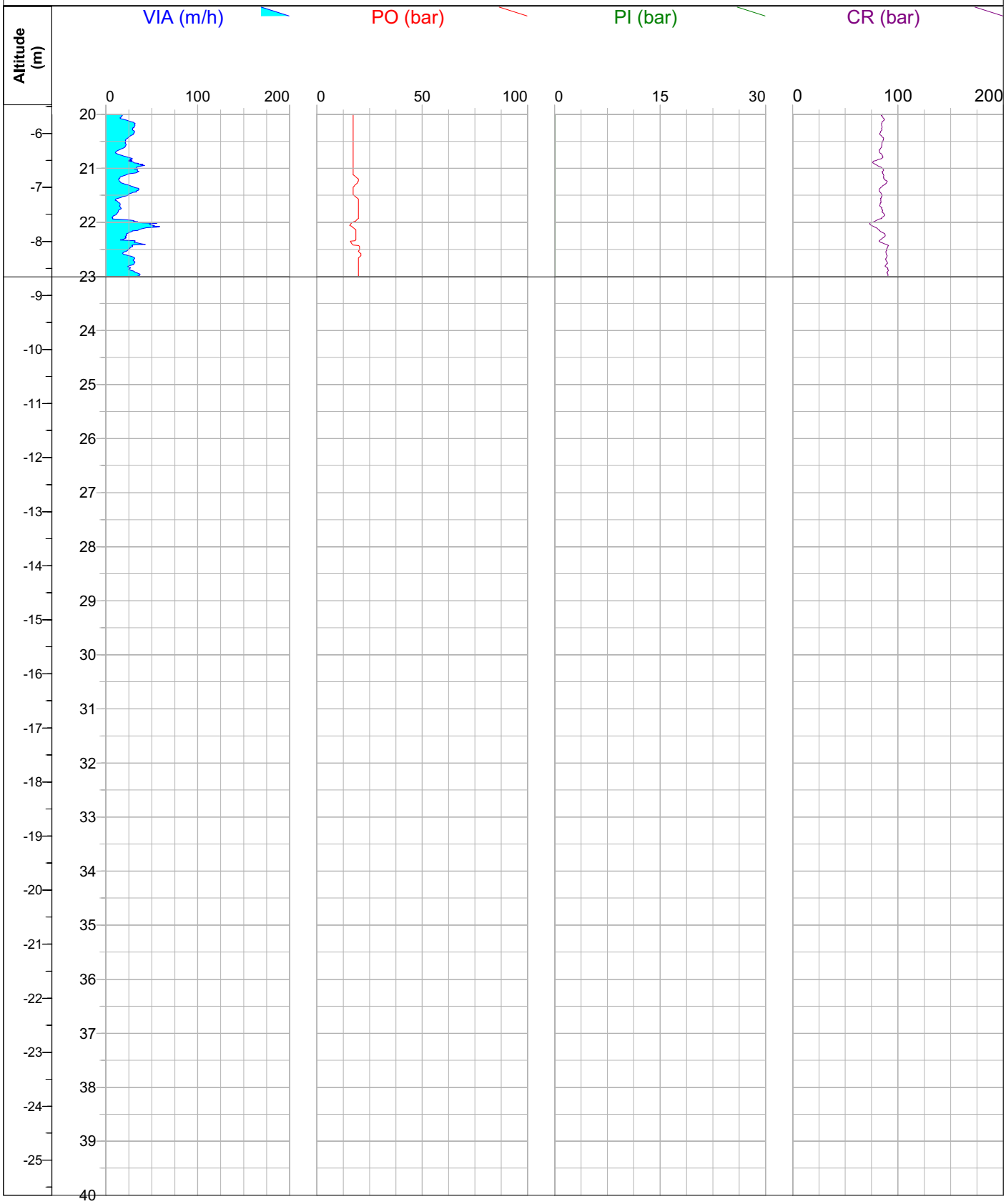
Au : **10/02/2012**

Fin : **23,01 m**

Echelle : **1 / 100**

Machine : BE35RP

Remarque :



SONDAGE : SP2-23

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

X : 1891975,4

Y : 3128186,20

Z : 13,50 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : 18/01/2012

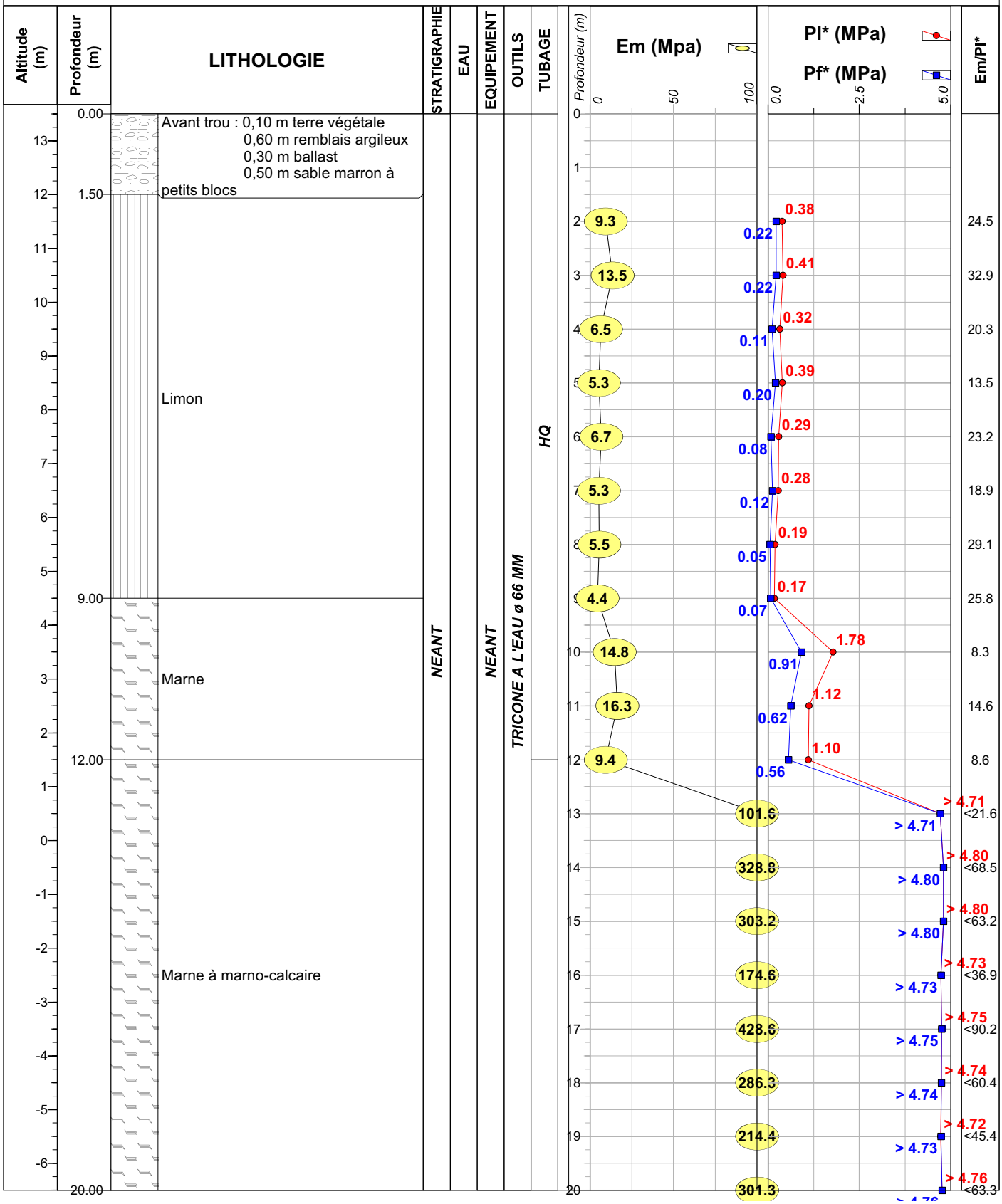
Au : 17/11/2011

Fin : 29,00 m

Echelle : 1 / 100

Machine : 3070

Remarque :



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

SONDAGE : SP2-23

Affaire N°: ***10MG492Bb***

Type : Pressiométrique

Client : CUMPM

Etude : METRO CAPITAINE GEZE
13 - MARSEILLE

X : **1891975,4**

Y : **3128186,20**

Z : **13,50 m**

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Date du : **18/01/2012**

Au : **17/11/2011**

Fin : **29,00 m**

Echelle : **1 / 100**

Machine : 3070

Remarque :

Page: **2 / 2**

Altitude (m)	Profondeur (m)	LITHOLOGIE	STRATIGRAPHIE	EAU	EQUIPEMENT	OUTILS	TUBAGE	Profondeur (m)	Em (Mpa)	Pl* (MPa) / Pf* (MPa)	Em/Pl*
	20.00	Marne à marno-calcaire	*NEANT*		*NEANT*	*TRICONE A L'EAU ø 66 MM*		20	301.3	> 4.76 / > 4.76	<63.3
	21.00										

Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

SGS Environmental Analytics France
Adresse de correspondance
99-101 avenue Louis Roche · F-92230 Gennevilliers
Tel.: +33 (0)155 90 52 50 · Fax: +33 (0)155 90 52 51
www.sgs.com/analytics-fr

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET
19 Rue de la Gravette
33320 EYSINES

Votre nom de Projet : MARSEILLE GEZE
Votre référence de Projet : 211343808
Référence du rapport SGS : 13761156, version: 1.

Rotterdam, 07-11-2022

Cher(e) Madame/ Monsieur,

Ce rapport contient les résultats des analyses effectuées pour votre projet 211343808.
Les analyses ont été réalisées en accord avec votre commande. Les résultats ne se rapportent qu' aux échantillons analysés et tels qu' ils ont été reçus par SGS. Le rapport reprend les descriptions des échantillons, la date de prélèvement (si fournie), le nom de projet et les analyses que vous avez indiqués sur le bon de commande. SGS n'est pas responsable des données fournies par le client.

Ce rapport est constitué de 10 pages dont chromatogrammes si prévus, références normatives, informations sur les échantillons. Dans le cas d'une version 2 ou plus élevée, toute version antérieure n'est pas valable. Toutes les pages font partie intégrante de ce rapport, et seule une reproduction de l'ensemble du rapport est autorisée.

En cas de questions et/ou remarques concernant ce rapport, nous vous prions de contacter notre Service Client.

Toutes les analyses sont réalisées par SGS Environmental Analytics, Steenhouwerstraat 15, Rotterdam, Pays Bas. Les analyses sous-traitées sont indiquées sur le rapport.

A partir du 1er septembre 2022, SGS Environmental Analytics B.V. a fusionné avec SGS Nederland B.V. et opère sous le nom de SGS Environmental Analytics. Nos agréments de SGS Environmental Analytics B.V. restent en vigueur et seront mis à jour avec notre dénomination SGS Nederland B.V.

Veuillez recevoir, Madame/ Monsieur, l'expression de nos cordiales salutations.

Jaap-Willem Hutter
Technical Director

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Code	Matrice	Réf. échantillon
001	Sol	M1 ISDI
002	Sol	M1 MO
003	Sol	M2 ISDI
004	Sol	M2 MO

Analyse	Unité	Q	001	002	003	004
broyage	-		Oui		Oui	
prétraitement de l'échantillon		Q	Oui	Oui	Oui	Oui
Matière sèche	% massique	Q	89.0	87.3	92.1	89.3
matières organiques	% MS	Q		2.8		2.1
COT	mg/kg MS	Q	17000		2900	
pH (KCl)	-	Q	8.2		8.2	
température pour mes. pH	°C		21.1		21.1	
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS						
benzène	mg/kg MS	Q	<0.02		<0.02	
toluène	mg/kg MS	Q	<0.02		<0.02	
éthylbenzène	mg/kg MS	Q	<0.02		<0.02	
orthoxylène	mg/kg MS	Q	<0.02		<0.02	
para- et métaxylène	mg/kg MS	Q	<0.02		<0.02	
xylènes	mg/kg MS	Q	<0.04		<0.04	
BTEX totaux	mg/kg MS	Q	<0.10		<0.10	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES						
naphtalène	mg/kg MS	Q	0.06		<0.01	
acénaphtylène	mg/kg MS	Q	0.05		<0.01	
acénaphtène	mg/kg MS	Q	0.02		<0.01	
fluorène	mg/kg MS	Q	0.02		<0.01	
phénanthrène	mg/kg MS	Q	0.41		0.01 [1)]	
anthracène	mg/kg MS	Q	0.11		0.02	
fluoranthène	mg/kg MS	Q	1.0		0.03	
pyrène	mg/kg MS	Q	0.92		0.03	
benzo(a)anthracène	mg/kg MS	Q	0.47		<0.01	
chrysène	mg/kg MS	Q	0.45		0.01	
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	Q	0.51		0.01	
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	Q	0.25		<0.01	
benzo(a)pyrène	mg/kg MS	Q	0.59		0.01	
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	Q	0.06		<0.01	
benzo(ghi)pérylène	mg/kg MS	Q	0.52		0.01	
indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	Q	0.46		0.01	
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS	Q	5.9		0.17	
POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB)						
PCB 28	µg/kg MS	Q	<1		<1	
PCB 52	µg/kg MS	Q	<1		<1	
PCB 101	µg/kg MS	Q	<1		<1	

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Code	Matrice	Réf. échantillon
001	Sol	M1 ISDI
002	Sol	M1 MO
003	Sol	M2 ISDI
004	Sol	M2 MO

Analyse	Unité	Q	001	002	003	004
PCB 118	µg/kg MS	Q	<1		<1	
PCB 138	µg/kg MS	Q	<1		<1	
PCB 153	µg/kg MS	Q	<1		<1	
PCB 180	µg/kg MS	Q	<1		<1	
PCB totaux (7)	µg/kg MS	Q	<7		<7	
HYDROCARBURES TOTAUX						
fraction C10-C12	mg/kg MS		<5		<5	
fraction C12-C16	mg/kg MS		<10		<10	
fraction C16-C21	mg/kg MS		<15		<15	
fraction C21-C35	mg/kg MS		30		<10	
fraction C35-C40	mg/kg MS		<15		<15	
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	Q	37		<20	
LIXIVIATION						
Lixiviation 24h - NF-EN-12457-2		Q	#		#	
date de lancement			03-11-2022		02-11-2022	
L/S	ml/g	Q	10.00		9.99	
pH final ap. lix.	-	Q	8.9		9.1	
température pour mes. pH	°C		19.9		20	
conductivité (25°C) ap. lix.	µS/cm	Q	511		103	
ELUAT COT						
COD, COT sur éluat	mg/kg MS	Q	7.4		8.0	
ELUAT METAUX						
antimoine	mg/kg MS	Q	0.044		<0.02	
arsenic	mg/kg MS	Q	0.02		0.02	
baryum	mg/kg MS	Q	0.30		0.08	
cadmium	mg/kg MS	Q	<0.002		<0.002	
chrome	mg/kg MS	Q	<0.01		<0.01	
cuivre	mg/kg MS	Q	<0.02		<0.02	
mercure	mg/kg MS	Q	<0.0005		<0.0005	
plomb	mg/kg MS	Q	<0.02		<0.02	
molybdène	mg/kg MS	Q	0.14		0.02	
nickel	mg/kg MS	Q	<0.03		<0.03	
sélénium	mg/kg MS	Q	<0.02		0.072	
zinc	mg/kg MS	Q	<0.1		<0.1	
ELUAT COMPOSES INORGANIQUES						
fraction soluble	mg/kg MS	Q	3560		520	

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Code	Matrice	Réf. échantillon
001	Sol	M1 ISDI
002	Sol	M1 MO
003	Sol	M2 ISDI
004	Sol	M2 MO

Analyse	Unité	Q	001	002	003	004
ELUAT PHENOLS						
Indice phénol	mg/kg MS	Q	<0.1		<0.1	
ELUAT DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES						
fluorures	mg/kg MS	Q	3.1		4.5	
chlorures	mg/kg MS	Q	100		15	
sulfate	mg/kg MS	Q	1900		150	

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Commentaire

1	Suite à la présence de composés interférents, l'incertitude sur le résultat est augmentée.

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Analyse	Matrice	Référence normative
broyage	Sol	Méthode interne
prétraitement de l'échantillon	Sol	Sol: NF EN 16179. Sol (AS3000): AS3000 et NEN-EN 16179
Matière sèche	Sol	Sol: NEN-EN 15934. Sol (AS3000): AS3010-2 et NEN-EN 15934
COT	Sol	NEN-EN 13137:2001
pH (KCl)	Sol	NEN-ISO 10390, NF ISO 10390 et NEN-EN 15933, NF EN 15933
benzène	Sol	NEN-EN-ISO 22155, NF EN ISO 22155
toluène	Sol	Idem
éthylbenzène	Sol	Idem
orthoxylène	Sol	Idem
para- et métaxylène	Sol	Idem
xylènes	Sol	Idem
BTEX totaux	Sol	conforme à NF EN ISO 22155
naphtalène	Sol	NEN-EN 16181, NF EN 16181 et ISO 18287, NF ISO 18287 (extraction par agitation acétone/hexane, GCMS)
acénaphtylène	Sol	Idem
acénaphtène	Sol	Idem
fluorène	Sol	Idem
phénanthrène	Sol	Idem
anthracène	Sol	Idem
fluoranthène	Sol	Idem
pyrène	Sol	Idem
benzo(a)anthracène	Sol	Idem
chrysène	Sol	Idem
benzo(b)fluoranthène	Sol	Idem
benzo(k)fluoranthène	Sol	Idem
benzo(a)pyrène	Sol	Idem
dibenzo(ah)anthracène	Sol	Idem
benzo(ghi)pérylène	Sol	Idem
indéno(1,2,3-cd)pyrène	Sol	Idem
Somme des HAP (16) - EPA	Sol	Idem
PCB 28	Sol	NF EN 17322 (GCMS)
PCB 52	Sol	Idem
PCB 101	Sol	Idem
PCB 118	Sol	Idem
PCB 138	Sol	Idem
PCB 153	Sol	Idem
PCB 180	Sol	Idem
PCB totaux (7)	Sol	Idem
fraction C10-C12	Sol	Conforme à NF EN ISO 16703 (Extraction par agitation acétone/ hexane, purification avec Florisil)
fraction C12-C16	Sol	Idem
fraction C16-C21	Sol	Idem
fraction C21-C35	Sol	Idem
fraction C35-C40	Sol	Idem
hydrocarbures totaux C10-C40	Sol	NEN-EN-ISO 16703, NF EN ISO 16703
Lixiviation 24h - NF-EN-12457-2	Sol Eluat	Conforme à NF-EN 12457-2

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Analyse	Matrice	Référence normative
pH final ap. lix.	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 10523, NF EN ISO 10523
conductivité (25°C) ap. lix.	Sol Eluat	ISO 7888 et NF EN 27888
COD, COT sur éluat	Sol Eluat	NEN-EN 1484, NF EN 1484
antimoine	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 17294-2, NF EN ISO 17294-2
arsenic	Sol Eluat	Idem
baryum	Sol Eluat	Idem
cadmium	Sol Eluat	Idem
chrome	Sol Eluat	Idem
cuivre	Sol Eluat	Idem
mercure	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 17852, NF EN ISO 17852
plomb	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 17294-2, NF EN ISO 17294-2
molybdène	Sol Eluat	Idem
nickel	Sol Eluat	Idem
sélénium	Sol Eluat	Idem
zinc	Sol Eluat	Idem
fraction soluble	Sol Eluat	NEN-EN-15216
Indice phénol	Sol Eluat	NF EN ISO 14402
fluorures	Sol Eluat	NEN-EN-ISO 10304-1, NF EN ISO 10304-1
chlorures	Sol Eluat	Idem
sulfate	Sol Eluat	Idem
matières organiques	Sol	Equivalent à NEN 5754 (Matière org. corrigée pour / avec / par 5.4% de lutum)

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Analyse	Matrice	LOQ	CAS #	Erreur Systématique	Erreur Aléatoire	Incertitude de mesure
broyage	Sol	-		-	-	-
prétraitement de l'échantillon	Sol	-		-	-	-
Matière sèche	Sol	-		1 %	3.1 %	7.6 %
COT	Sol	2000 mg/kg MS		7 %	10 %	30 %
pH (KCl)	Sol	1 -		0.1 abs.	0.09 abs.	0.85 abs.
température pour mes. pH	Sol	1 °C		-	-	-
benzène	Sol	0.02 mg/kg MS	71-43-2	-0.7 %	7.8 %	16 %
toluène	Sol	0.02 mg/kg MS	108-88-3	3.5 %	6 %	14 %
éthylbenzène	Sol	0.02 mg/kg MS	100-41-4	-0.9 %	6.1 %	12 %
orthoxylène	Sol	0.02 mg/kg MS	95-47-6	4.2 %	6.4 %	15 %
para- et métaxylène	Sol	0.02 mg/kg MS	179601-23-1	3.6 %	7 %	15 %
xylènes	Sol	0.04 mg/kg MS		-	-	-
BTEX totaux	Sol	0.02 mg/kg MS		-	-	-
naphtalène	Sol	0.01 mg/kg MS	91-20-3	6 %	14 %	31 %
acénaphtylène	Sol	0.01 mg/kg MS	208-96-8	8.5 %	13 %	31 %
acénaphtène	Sol	0.01 mg/kg MS	83-32-9	19 %	13 %	46 %
fluorène	Sol	0.01 mg/kg MS	86-73-7	16 %	12 %	40 %
phénanthrène	Sol	0.01 mg/kg MS	85-01-8	11 %	11 %	32 %
anthracène	Sol	0.01 mg/kg MS	120-12-7	12 %	12 %	34 %
fluoranthène	Sol	0.01 mg/kg MS	206-44-0	7 %	8.2 %	22 %
pyrène	Sol	0.01 mg/kg MS	129-00-0	8.3 %	14 %	33 %
benzo(a)anthracène	Sol	0.01 mg/kg MS	56-55-3	13 %	15 %	39 %
chrysène	Sol	0.01 mg/kg MS	218-01-9	4.4 %	15 %	30 %
benzo(b)fluoranthène	Sol	0.01 mg/kg MS	205-99-2	2.1 %	14 %	28 %
benzo(k)fluoranthène	Sol	0.01 mg/kg MS	207-08-9	-6.8 %	18 %	39 %
benzo(a)pyrène	Sol	0.01 mg/kg MS	50-32-8	-13.6 %	16 %	41 %
dibenzo(ah)anthracène	Sol	0.01 mg/kg MS	53-70-3	12 %	13 %	36 %
benzo(ghi)pérylène	Sol	0.01 mg/kg MS	191-24-2	-4.5 %	9.9 %	22 %
indéno(1,2,3-cd)pyrène	Sol	0.01 mg/kg MS	193-39-5	4.8 %	10 %	22 %
Somme des HAP (16) - EPA	Sol	0.16 mg/kg MS		3.9 %	12 %	49 %
PCB 28	Sol	1 µg/kg MS	7012-37-5	0.4 %	13 %	27 %
PCB 52	Sol	1 µg/kg MS	35693-99-3	0.3 %	19 %	37 %
PCB 101	Sol	1 µg/kg MS	37680-73-2	-2.3 %	17 %	34 %
PCB 118	Sol	1 µg/kg MS	31508-00-6	3.4 %	20 %	40 %
PCB 138	Sol	1 µg/kg MS	35065-28-2	9.6 %	11 %	30 %
PCB 153	Sol	1 µg/kg MS	35065-27-1	-5.7 %	20 %	40 %
PCB 180	Sol	1 µg/kg MS	35065-29-3	0.4 %	18 %	35 %
PCB totaux (7)	Sol	7 µg/kg MS		0.9 %	13 %	50 %
fraction C10-C12	Sol	5 mg/kg MS		5.9 %	9.2 %	22 %
fraction C12-C16	Sol	10 mg/kg MS		2.8 %	13 %	26 %
fraction C16-C21	Sol	15 mg/kg MS		-4.8 %	13 %	28 %
fraction C21-C35	Sol	10 mg/kg MS		-2.3 %	13 %	31 %
fraction C35-C40	Sol	15 mg/kg MS		-4.8 %	13 %	28 %
hydrocarbures totaux C10-C40	Sol	20 mg/kg MS		0.1 %	12 %	26 %
Lixiviation 24h - NF-EN-12457-2	Sol Eluat	-		-	-	-
date de lancement	Sol Eluat	-		-	-	-
L/S	Sol Eluat	0.02 ml/g		-	-	-
pH final ap. lix.	Sol Eluat	0.1 -		0.04 abs.	0.19 abs.	0.4 abs.
température pour mes. pH	Sol Eluat	-		-	-	-
conductivité (25°C) ap. lix.	Sol Eluat	-		1.3 %	1.4 %	3.8 %

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Analyse	Matrice	LOQ	CAS #	Erreur Systématique	Erreur Aléatoire	Incertitude de mesure
COD, COT sur éluat	Sol Eluat	5 mg/kg MS		2.6 %	9.4 %	19 %
antimoine	Sol Eluat	0.02 mg/kg MS	7440-36-0	15 %	11 %	38 %
arsenic	Sol Eluat	0.01 mg/kg MS	7440-38-2	5.8 %	11 %	24 %
baryum	Sol Eluat	0.05 mg/kg MS	7440-39-3	11 %	11 %	30 %
cadmium	Sol Eluat	0.002 mg/kg MS	7440-43-9	11 %	12 %	32 %
chrome	Sol Eluat	0.01 mg/kg MS	7440-47-3	7.1 %	11 %	26 %
cuivre	Sol Eluat	0.02 mg/kg MS	7440-50-8	13 %	11 %	34 %
mercure	Sol Eluat	0.0005 mg/kg MS	7439-97-6	0 %	14 %	28 %
plomb	Sol Eluat	0.02 mg/kg MS	7439-92-1	13 %	11 %	33 %
molybdène	Sol Eluat	0.02 mg/kg MS	7439-98-7	7 %	11 %	25 %
nickel	Sol Eluat	0.03 mg/kg MS	7440-02-0	13 %	11 %	34 %
sélénium	Sol Eluat	0.02 mg/kg MS	7782-49-2	6.6 %	11 %	26 %
zinc	Sol Eluat	0.1 mg/kg MS	7440-66-6	12 %	11 %	33 %
fraction soluble	Sol Eluat	500 mg/kg MS		10 %	8.9 %	28 %
Indice phénol	Sol Eluat	0.1 mg/kg MS		6 %	9 %	22 %
fluorures	Sol Eluat	2 mg/kg MS	16984-48-8	8 %	12 %	28 %
chlorures	Sol Eluat	10 mg/kg MS	16887-00-6	2.2 %	12 %	24 %
sulfate	Sol Eluat	10 mg/kg MS	14808-79-8	5.5 %	9 %	18 %
Chromatogramme	Sol	-		-	-	-
matières organiques	Sol	0.5 % MS		1 %	14 %	30 %

L'incertitude étendue (U) est l'incertitude à 95% de fiabilité. Pour plus d'informations se référer au document sur la mesure d'incertitude.

Code	Code barres	Date de réception	Date prelèvement	Flaconnage
001	V2424867	31-10-2022	27-10-2022	ALC201
001	V2424870	31-10-2022	27-10-2022	ALC201
002	V2424825	31-10-2022	27-10-2022	ALC201
003	V2424788	31-10-2022	27-10-2022	ALC201
003	V2424910	31-10-2022	27-10-2022	ALC201
004	V2424900	31-10-2022	27-10-2022	ALC201

Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

Rapport d'analyse

Laboratoire GEOTEC - SUD OUEST
Madison PLET

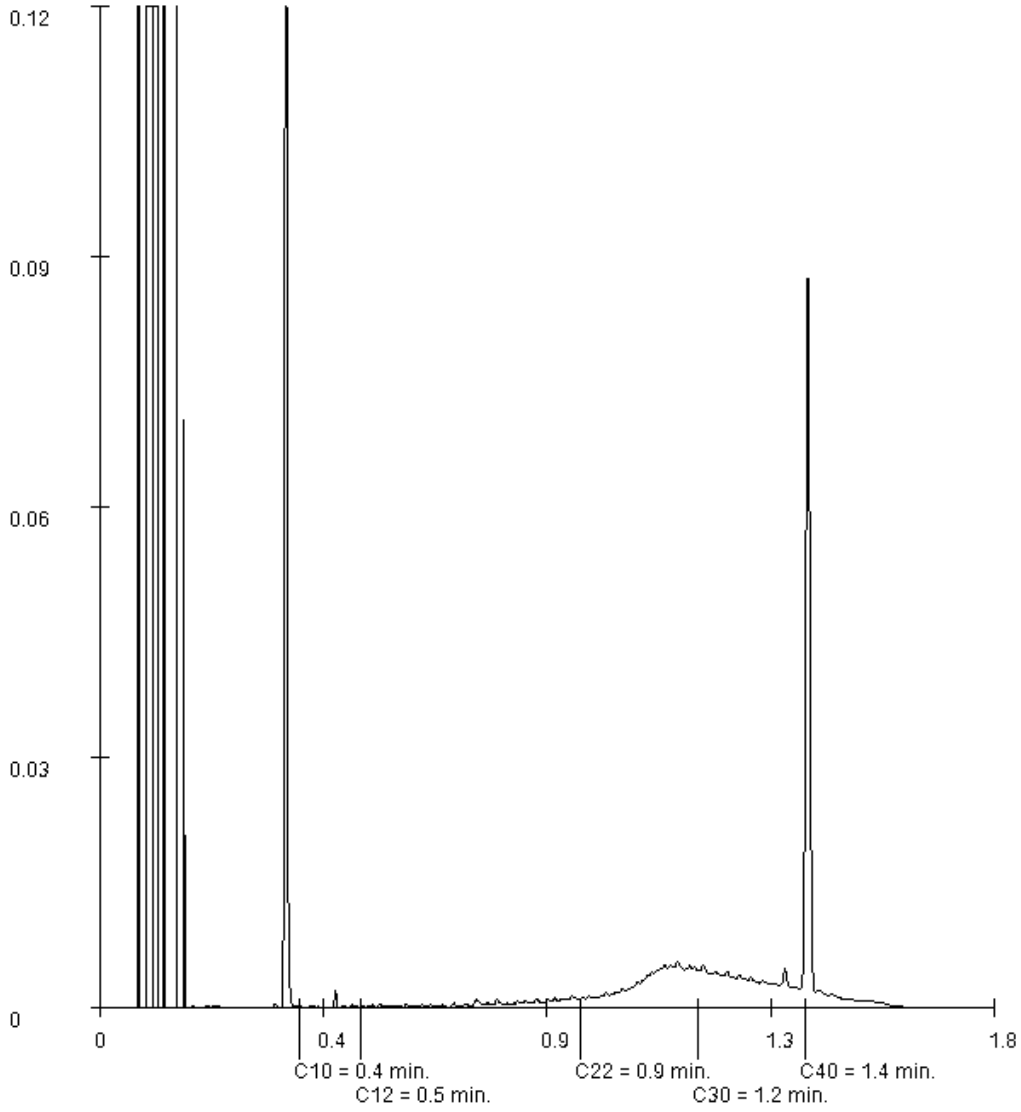
Projet	MARSEILLE GEZE	Date de commande	28-10-2022
Référence du projet	211343808	Date de début	31-10-2022
Réf. du rapport	13761156 - 1	Rapport du	07-11-2022

Référence de l'échantillon:	001
Information relative aux échantillons	M1 ISDI

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :

SGS Environmental Analytics est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse EN ISO/IEC 17025:2017.

SGS Environmental Analytics - Succursale de SGS Nederland BV, Malledijk 18 - P.O. Box 200, NL-3200 AE Spijkenisse – Pays-Bas. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24226722 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.

GROUPE GÉOTEC
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Annexe 4 – Calculs

GEOTEC FRANCE	**Justification d'un mur de soutènement :**	**Référence ISO:**	**OUING06**
		Révision :	**v5**
	Assistant pour la prise en compte des effets sismiques	**Développé par :**	**Thomas BONNET et Jonathan ROT**
		Vérifié par :	**DTS**

1. Détermination de l'accélération maxiamle de référence pour un sol de type rocheux selon la zone de sismicité (a_{gr}) :

Zone de simicité 2 (faible) → agr = *0,7 m/s²*

2. Détermination du coefficient d'importance de l'ouvrage selon la catégorie d'importance (γ_1) :

Catégorie d'importance II → γ_1 = *1,00*

On obtient alors l'accélération horizontale de calcul ag = agr * γ_1 Soit : ag = *0,7 m/s²*

3. Correction liée à la classe de sol et à la zone sismique (S) :

Classe de sol E → S = *1,80*

4. Correction liée à la topographie du site (ST) :

- Inclinaison moyenne de la pente ? < 15%

→ ST = *1,00*

5. Coefficient minorateur de dissipation lié au déplacement possible de l'ouvrage (r) :

Mur poids pouvant accepter un déplacement jusqu'à dr=38,5mm → r = 2

On obtient donc :

Coefficient sismique horizontal (Kh) = 0,064

Coefficient sismique vertical (Kv) = 0,032

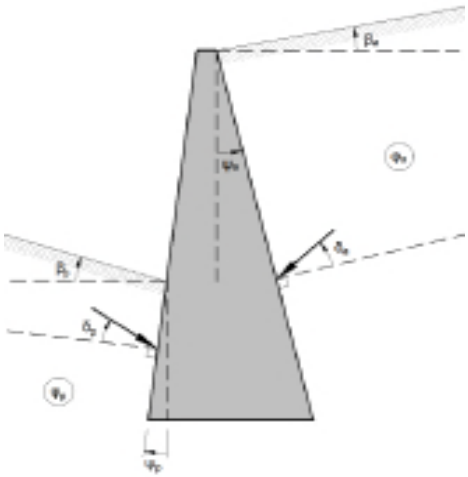
GEOTEC FRANCE	**Justification d'un mur de soutènement :**	**Référence ISO:**	**OUING06**
		Révision :	**v5**
	Assistant pour la détermination de l'inclinaison de la poussée et des coefficient de poussée et de butée	**Développé par :**	**Jonathan ROT**
		Vérifié par :	**DTS**

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M1

1. Determination des coefficients de poussée et de butée statiques (*selon la méthode de Coulomb*):

- Coefficient de poussée :

φ_a	35,0 °			
ψ_a	0,0 °	→	*Kaγ =*	0,271
β_a	0,0 °		*Kaq =*	0,251
δ_a (sol)	0,0 °	*Hv<Bt.tanϑ*		
δ_a/φ_a	0,000			
δ_q (*surcharge*)	11,6 °			



- Coefficient de butée :

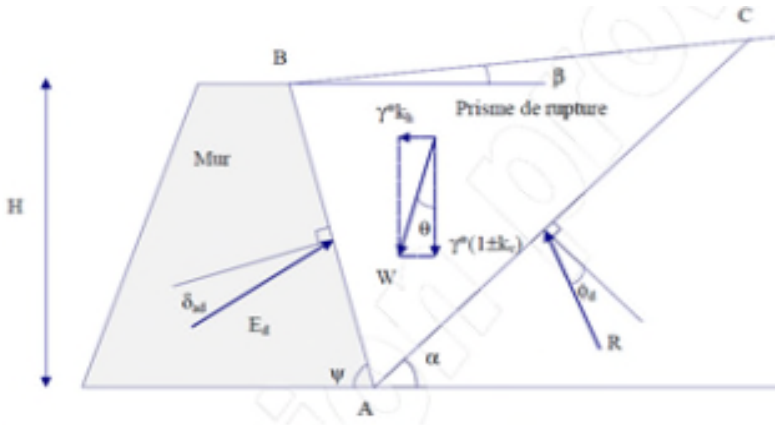
φ_p	35,0 °			
ψ_p	0,0 °	→	*Kpγ =*	3,690
β_p	0,0 °			
δ_p	0,0 °			
δ_p/φ_p	0,000			

2. Determination des coefficients de poussée et de butée dynamiques (*selon la méthode de Mononobé - Okabé)* :

- Coefficient de poussée :

φ	35,0 °
ψ	90,0 °
β	0,0 °
φ_d	29,3 °
δ_d	0,0 °

φ	35,0 °
ψ	90,0 °
β	0,0 °
φ_d	29,3 °



Coefficient sismique horizontal (Kh) = 0,064
Coefficient sismique vertical (Kv) = 0,032

		Seisme descendant (pesant)	seisme ascendant (allègeant)
		θ+ 0,062 rad 3,5 °	θ- 0,066 rad 3,8 °
Poussée	Kad	0,38 β <= φd - θ+	0,38 β <= φd - θ-
Butée	Kpd	2,804	2,797

GEOTEC FRANCE

Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8

Référence ISO:	OUING06				
Révision :	v6				
Développé par :	Jonathan ROT				
Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	22/07/2024	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M1

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)	ELA (descendant / pesant)	ELA (ascendant / allègeant)
Renversement	! 93%	✓ 13%	✓ 13%	✓ 18%	✓ 18%	✓ 15%	✓ 15%	#DIV/0!	#DIV/0!
Capacité portante	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Glissement	✓ 50%	✓ 52%	✓ 52%	✓ 70%	✓ 70%	✓ 59%	✓ 59%	✓ 75%	! 94%

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° — *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

DONNEES D'ENTREE

Semelle :

Largeur semelle	B	3,00 m
Patin arrière (talon)	P_{ar}	2,60 m
Patin avant (patin)	P_{av}	0,00 m
Hauteur semelle	h_s	0,60 m
Hauteur terre sur patin avant	$h_{sol\ avant}$	0,00 m
Hauteur terre sur patin arrière	$h_{sol\ arrière}$	4,43 m
Coulée en place		oui

Voile :

Hauteur totale	h_t	5,03 m
Epaisseur voile	e_v	0,40 m
Hauteur voile	h_v	4,43 m
Poids volumique du mur		25 kN/m3

Sol assise :

Angle de frottement du sol d'assise	30°
Type de sol (NF P 94 281)	Sables et graves
Type de sol (NF EN 1998-5)	Sable lâche sec
Comportement	Intermédiaire
Pression limite nette Pl_e^*	0,00 MPa
Cohésion à long terme, c'	0 kPa
Cohésion à court terme, c_u	0 kPa
Poids volumique du sol d'assise	20 kN/m3
Profondeur assise /TN	0,60 m
Profondeur assise /Terrain fini	0,60 m
Hauteur encastrement equivalente	0,60 m
Facteur de portance Kp	1,10

Remblai arrière :

Poids volumique du remblai arrière	13 kN/m3
Angle de frottement du remblai arrière	35,0°
Pente du remblai sur l'horizontale β	0,0°

Surcharge :

Intensité de la charge répartie à l'arrière	20 kPa/ml
Caractéristique de la charge répartie	Variable
Distance de la charge à la tête du mur	0,01 m
Largeur de la bande chargée	20,00 m

Terrain aval en pente :

Présence d'un talus ?	non

DESCENTE DE CHARGES (au centre et en base de la semelle)

		b (m)	h (m)	ep m)	γ (kN/m3)	e (m)	V (kN/ml)	H (kN/ml)	M (kN.m/ml)
W_{voile}	Voile :	1,00	4,43	0,40	25,0	1,30	44,3	0,0	57,6
$W_{semelle}$	Semelle :	1,00	0,60	3,00	25,0	0,00	45,0	0,0	0,0
$W_{sol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	1,00	4,43	2,60	13,0	-0,20	149,7	0,0	-29,9
$W_{sol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	1,00	0,00	0,00	13,0	1,50	0,0	0,0	0,0
P_{ay}	Poussée des terres :	1,00	5,03	Kaγ : 0,271	13,0		0,0	44,6	0,0
$P_{ayh\ sol}$	Poussée des terres (horizontale) :	1,00	5,03	Kaγ : 0,271	13,0	1,68	0,0	44,6	74,7
$P_{ayv\ sol}$	Poussée des terres (verticale) :	1,00	5,03		13,0	-1,50	0,0	0,0	0,0
P_{aq}	Poussée des surcharges :	1,00	5,03	Kaq : 0,251	20 kPa		0,0	25,0	0,0
$P_{aqh\ surcharge}$	Poussée des surcharges (horizontale):	1,00	5,03	Kaq : 0,251	20 kPa	2,52	0,0	25,0	62,6
$P_{aqv\ surcharge}$	Poussée des surcharges (verticale):	1,00	5,03		20 kPa	-0,20	0,0	0,0	0,0
$Q_{surcharge}$	Poids des surcharges sur patin arrière (talon) :	1,00	2,59		20 kPa	-0,21	51,8	0,0	-10,6

		V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
Total ELS : (Cara, Freq et QP)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**239,0**	**69,5**	**164,9**
Total ELU 1 : (max. + surcharge défavorable)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**322,7**	**97,6**	**232,0**
Total ELU 2 : (max + surchage fav.)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**322,7**	**97,6**	**232,0**
Total ELU 3 : (poids fav. + poussée et surch. déf.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin+(1,0/0,0)*Q})+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**239,0**	**97,6**	**222,4**
Total ELU 4 : (poids fav. + poussée et surch. fav.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin+(1,0/0,0)*Q})+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,00/0,00*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**239,0**	**97,6**	**222,4**
Total ELU 5 : (min. + surch. défavorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**239,0**	**82,0**	**196,2**
Total ELU 6 : (min. + surch. favorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ah}+P_{av})+1,0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**239,0**	**82,0**	**196,2**

VERIFICATION GEO

Sollicitations		$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1	ELU 2	ELU 3	ELU4	ELU 5	ELU 6
V_d	(kN/ml)	239,0	322,7	322,7	239,0	239,0	239,0	239,0
H_d	(kN/ml)	69,5	97,6	97,6	97,6	97,6	82,0	82,0
M_d	(kN.m/ml)	164,9	232,0	232,0	222,4	222,4	196,2	196,2
Renversement								
e = M / V	(m)	0,69	0,72	0,72	0,93	0,93	0,82	0,82
Critère :	(1 - 2e/B)	0,54	0,52	0,52	0,38	0,38	0,45	0,45
Limite	(-)	1/2	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15
Vérif?		✓ 93%	✓ 13%	✓ 13%	✓ 18%	✓ 18%	✓ 15%	✓ 15%
Capacité portante								
A'	(m^2/ml)	1,6	1,6	1,6	1,1	1,1	1,4	1,4
δ		16,2 °	16,8 °	16,8 °	22,2 °	22,2 °	18,9 °	18,9 °
iδ		0,46	0,44	0,44	0,31	0,31	0,39	0,39
iβ		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\gamma_{R;d;v}$		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$		2,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
q_{net}	(kPa)	0	0	0	0	0	0	0
q_{min}	(kPa)	-30	-47	-47	-69	-69	-51	-51
q_{max}	(kPa)	190	262	262	228	228	210	210
$R_{v,d}$	(kN/ml)	0	0	0	0	0	0	0
R_0	(kN/ml)	23	23	23	23	23	23	23
$R_{v,d} > V_d - R_0$?		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Glissement								
$R_{h,d}$	(kN/ml)	139	188	188	139	139	139	139
$\gamma_{R;d;h}$		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$\gamma_{R;h}$		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$R_{h,d} > H_d$?		✓ 50%	✓ 52%	✓ 52%	✓ 70%	✓ 70%	✓ 59%	✓ 59%

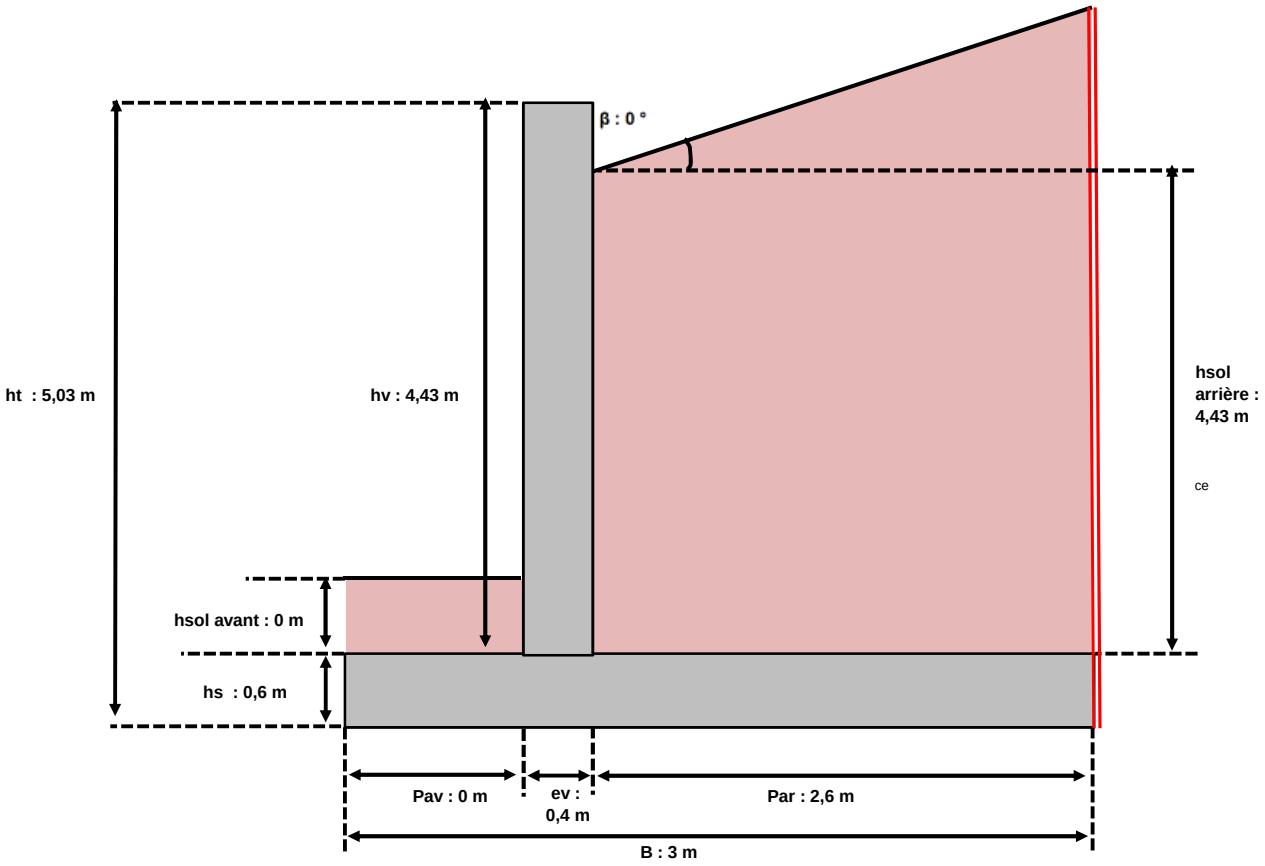
Sollicitations	ELUsis (pesant)	ELUsis (all.)
V_d	304,7	234,3
H_d	108,0	103,9
M_d	265,7	254,6
Renversement		
$\bar{N}$	#DIV/0!	#DIV/0!
$(1-m\bar{F})^{k'}$	0,950	0,950
Vérif ?	#DIV/0!	#DIV/0!
Capacité portante		
A' (m^2/ml)	3,0	3,0
$\gamma_{R;d}$	1,15	1,15
$\gamma_{R;d;v}$	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$	1,2	1,2
q_{net} (kPa)	0	0
N_{max} (kN)	0	0
$\bar{N}$	#DIV/0!	#DIV/0!
$\bar{V}$	#DIV/0!	#DIV/0!
$\bar{M}$	#DIV/0!	#DIV/0!
$\bar{F}$	0,127	0,127
Formule F.1 EC8-5	#DIV/0!	#DIV/0!
Glissement		
$F_{R,d}$ (kN/ml)	140,7	108,2
K_{pd}	2,804	2,797
E_{pd} (kN/ml)	2,3	2,34
$F_{R,d} + E_{pd} > V_{Ed}$	✓ 75%	✓ 94%

VERIFICATION SISMIQUE

Détermination de la poussée dynamique des terres (1/2.γ.(1+/-Kv).K_{ad}^{+}.H²) :				Séisme descendant (pesant)			V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
E_d^{+}	Poussée dynamique globale	1,00	5,03	Kad+ : 0,38	13,0	3,5°		64,5	
$E_{d\ h}^{+}$	Poussée dynamique globale (horizontale)							64,4	
$E_{d\ v}^{+}$	Poussée dynamique globale (verticale)						4,0		
$F_{a,dyn\ h}^{+}$	Incrément dynamique (horizontal)					2,52		19,8	49,8
$F_{a,dyn\ v}^{+}$	Incrément dynamique (vertical)					-1,50	4,0		-6,0
				Séisme ascendant (allègeant)					
E_d^{-}	Poussée dynamique globale	1,00	5,03	Kad- : 0,38	13,0	3,8°		60,5	
$E_{d\ h}^{-}$	Poussée dynamique globale (horizontale)							60,4	
$E_{d\ v}^{-}$	Poussée dynamique globale (verticale)						4,0		
	Incrément dynamique (horizontal)					2,52		15,8	39,7
$F_{a,dyn\ v}^{+}$	Incrément dynamique (vertical)					-1,50	4,0		-6,0
Détermination des efforts d'inertie sismique du sol et du mur :				**Séisme descendant (pesant)**					
$F_{v\ Wvoile}$	voile :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		1,30	1,5		2,0
$F_{h\ Wvoile}$				Kh : 0,064		2,82		2,8352	8,0
$F_{v\ Wsemelle}$	Semelle :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		0,00	1,5		0,0
$F_{h\ Wsemelle}$				Kh : 0,064		0,30		2,9	0,9
$F_{v\ Wsol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		-0,20	5,1		-1,0
$F_{h\ Wsol\ talon}$				Kh : 0,064		3,02		9,6	28,9
$F_{v\ Wsol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		1,50	0,0		0,0
$F_{h\ Wsol\ patin}$				Kh : 0,064		0,60		0,0	0,0
$F_{v\ Wsurcharge}$	Poids des surcharges :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		-0,21	1,8		-0,4
$F_{h\ Wsurcharge}$				Kh : 0,064		5,63		3,3	18,7
Détermination des efforts d'inertie sismique du sol et du mur :				**Séisme ascendant (allègeant)**					
$F_{v\ Wvoile}$	voile :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		1,30	-1,3		-1,7
$F_{h\ Wvoile}$						2,82		2,8352	8,0
$F_{v\ Wsemelle}$	Semelle :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		0,00	-1,3		0,0
$F_{h\ Wsemelle}$						0,30		2,9	0,9
$F_{v\ Wsol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		-0,20	-4,5		0,9
$F_{h\ Wsol\ talon}$						3,02		9,6	28,9
$F_{v\ Wsol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		1,50	0,0		0,0
$F_{h\ Wsol\ patin}$						0,60		0,0	0,0
$F_{v\ Wsurcharge}$	Poids des surcharges :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		-0,21	-1,5		0,3
$F_{h\ Wsurcharge}$						5,63		3,3	18,7
Total ELU Sismique : (seisme pesant)	$1{,}00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1{,}00*(P_{ah}+P_{av})+1{,}00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1{,}00*A_{ED}$						**304,7**	**108,0**	**265,7**
Total ELU Sismique : (seisme allègeant)	$1{,}00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1{,}00*(P_{ah}+P_{av})+1{,}00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1{,}00*A_{ED}$						**234,3**	**103,9**	**254,6**

GEOTEC FRANCE	**Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8**				Référence ISO:	OUING06
					Révision :	v5
					Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JR	Date du calcul :	28/01/2019	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M1



Données

Titre du projet : MUR M1

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Mur M1 sur rangées de pieux ELS (Cas1)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cotetête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	0,90	0,00	12,21	0,0	0,0	11,00	0,60	Encastré	6,36E04	6,36E04	2,83E06	1,00
2	-0,90	0,00	12,21	0,0	0,0	11,00	0,60	Encastré	6,36E04	6,36E04	2,83E06	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations permanentes en tête dominent

Cote de référence (m) : 12,21

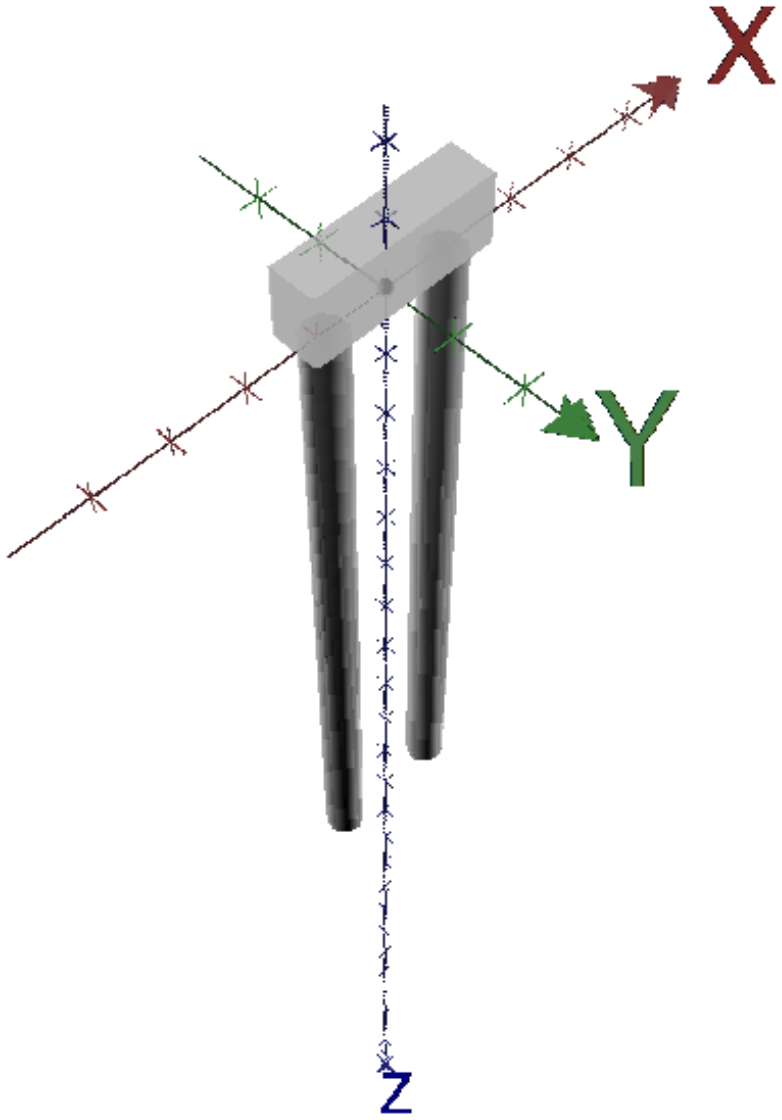
Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cotebase	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Rembblai et remanié		11,10	0,0	0,0	4,00E03	0,50	2,70E02	4,00E02	0,01	Sol fin	0,01
2	Alluvions fines		6,60	0,0	0,0	3,00E03	0,67	1,70E02	2,50E02	26,00	Sol fin	0,01
3	Sub Altéré		3,30	0,0	0,0	1,70E04	0,67	1,20E03	1,80E03	140,00	Sol fin	0,01
4	Sub Stampien		0,00	0,0	0,0	6,00E04	0,50	2,50E03	3,80E03	165,00	Sol fin	5510,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	125,10	296,82	0,00	0,00	430,20	0,00

Onglet "Paramètres généraux"



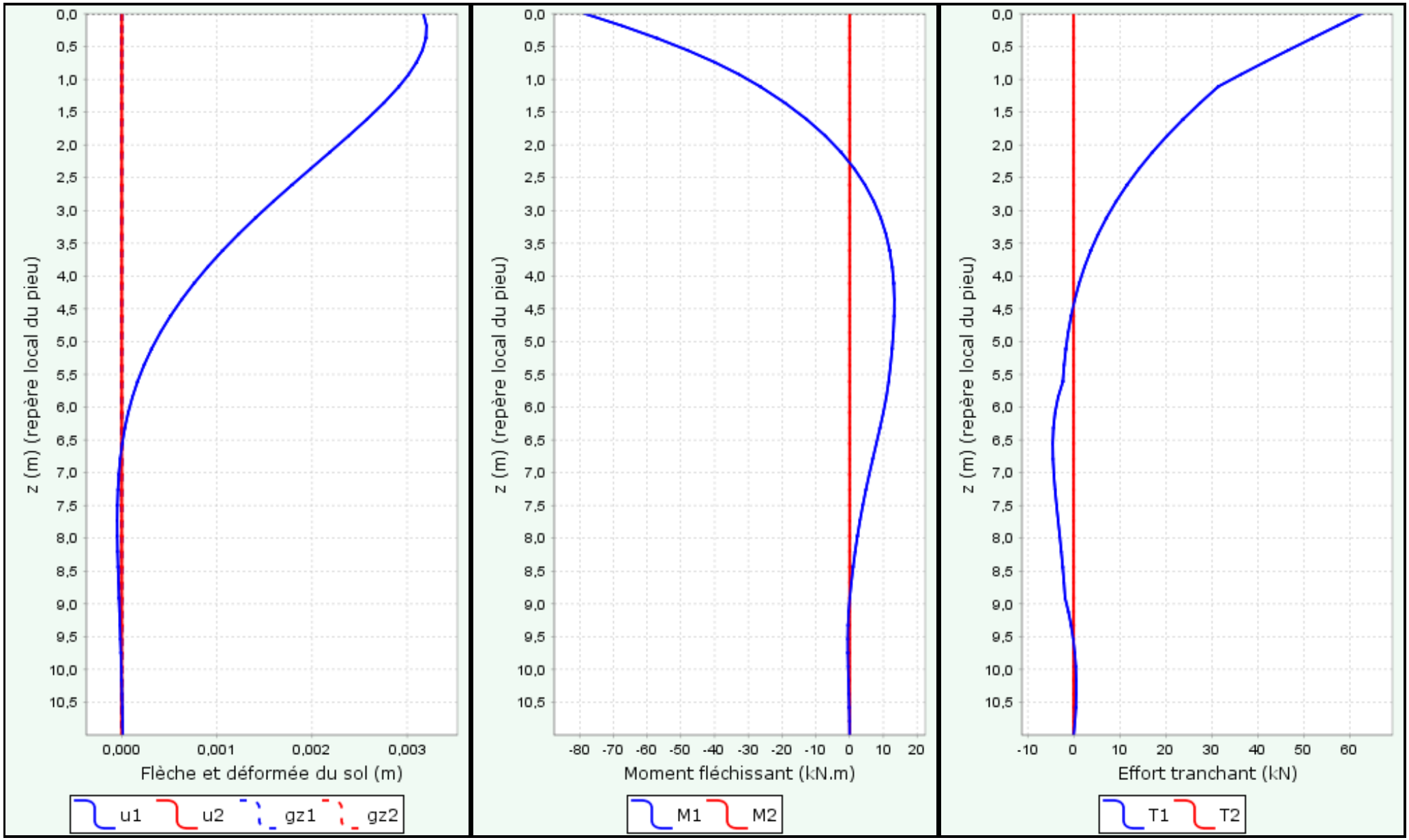
Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	125,10	296,82	0,00	0,00	430,20	0,00	3,171E-03	2,747E-04	0,000E00	0,000E00	6,832E-04	0,000E00

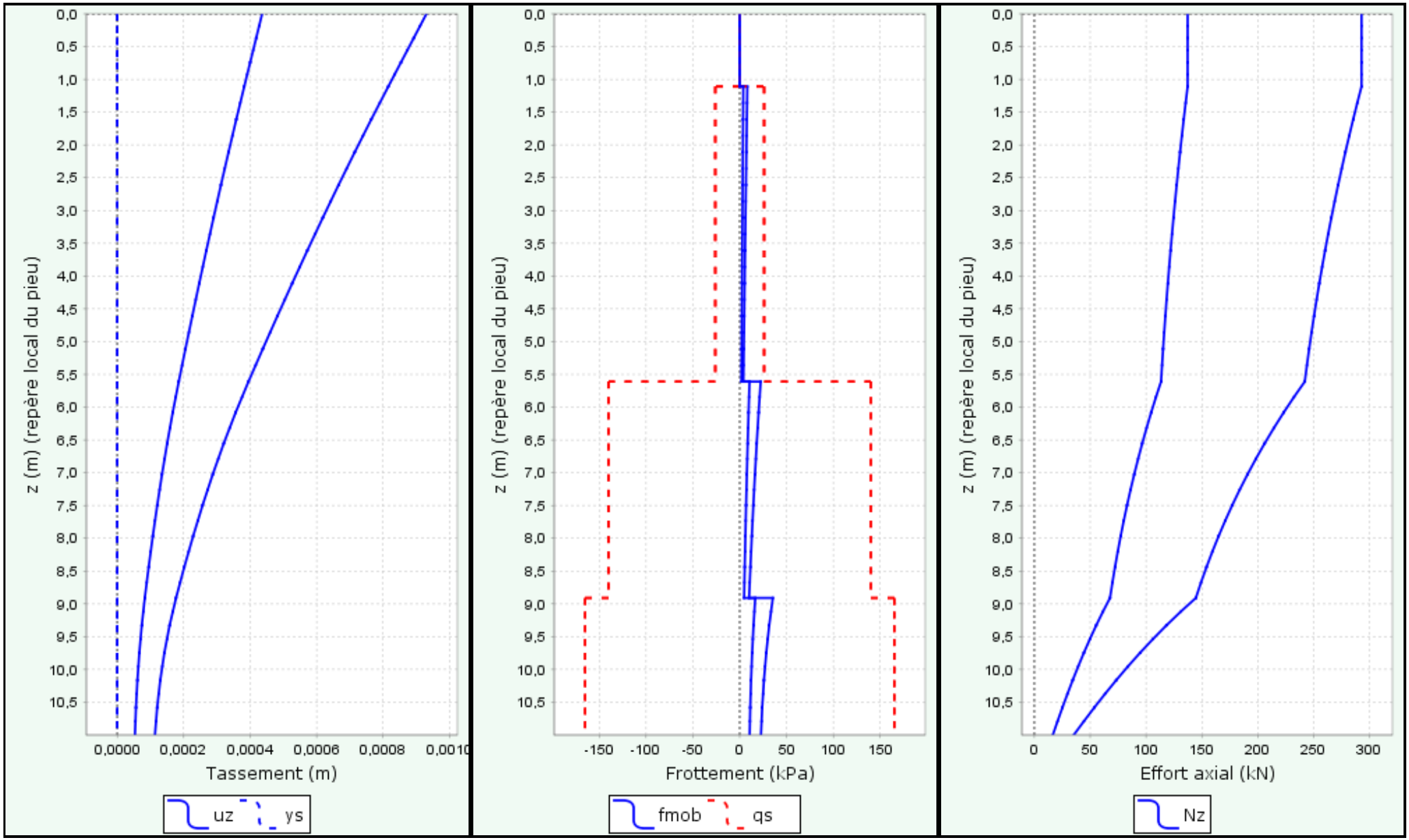
Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	62,550	-78,359	0,000	0,000	137,265	0,000
1	2	62,550	-78,359	0,000	0,000	292,935	0,000

Comportement latéral pour le cas de chargement 1



Comportement axial pour le cas de chargement 1



Données

Titre du projet : MUR M1

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Mur M1 sur rangées de pieux ELU (Cas2)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cotetête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	0,90	0,00	12,21	0,0	0,0	11,00	0,60	Encastré	6,36E04	6,36E04	2,83E06	1,00
2	-0,90	0,00	12,21	0,0	0,0	11,00	0,60	Encastré	6,36E04	6,36E04	2,83E06	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations permanentes en tête dominent

Cote de référence (m) : 12,21

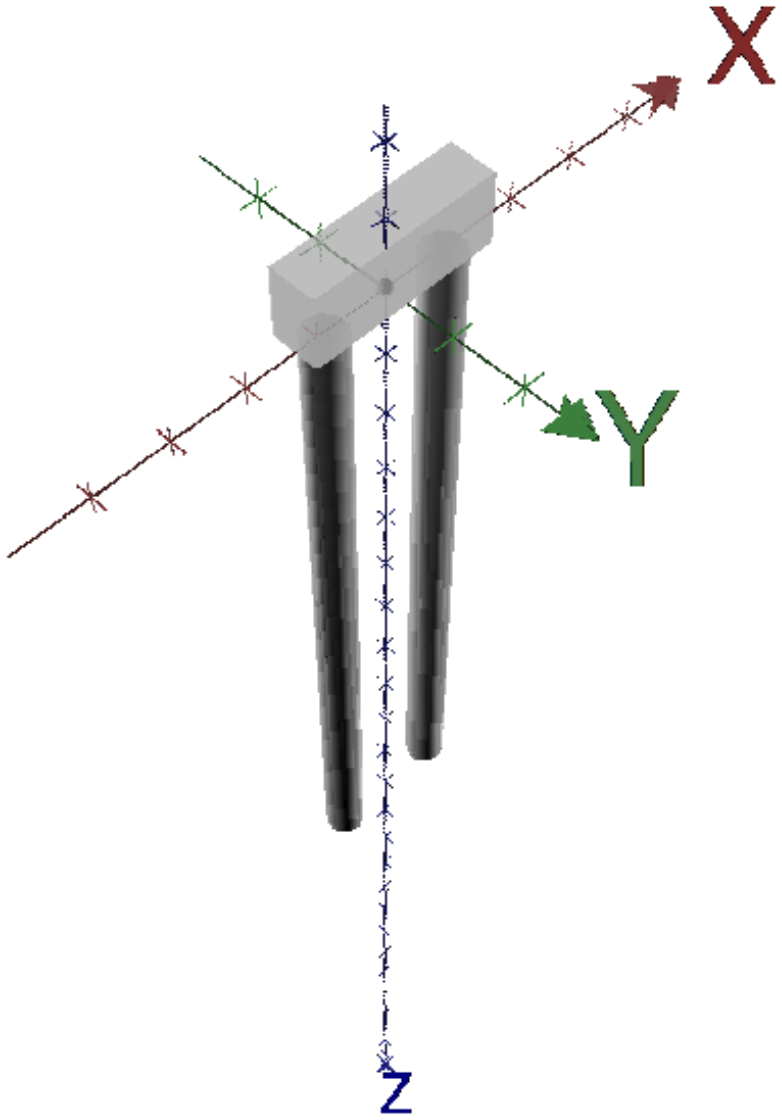
Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cotebase	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Rembblai et remanié		11,10	0,0	0,0	4,00E03	0,50	2,70E02	4,00E02	0,01	Sol fin	0,01
2	Alluvions fines		6,60	0,0	0,0	3,00E03	0,67	1,70E02	2,50E02	26,00	Sol fin	0,01
3	Sub Altéré		3,30	0,0	0,0	1,70E04	0,67	1,20E03	1,80E03	140,00	Sol fin	0,01
4	Sub Stampien		0,00	0,0	0,0	6,00E04	0,50	2,50E03	3,80E03	165,00	Sol fin	5510,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	175,80	476,28	0,00	0,00	580,86	0,00
2	175,80	476,28	0,00	0,00	580,86	0,00
3	175,80	400,32	0,00	0,00	430,20	0,00
4	175,80	400,32	0,00	0,00	430,20	0,00
5	147,60	353,16	0,00	0,00	430,20	0,00
6	147,00	353,16	0,00	0,00	430,20	0,00

Onglet "Cas de chargement"



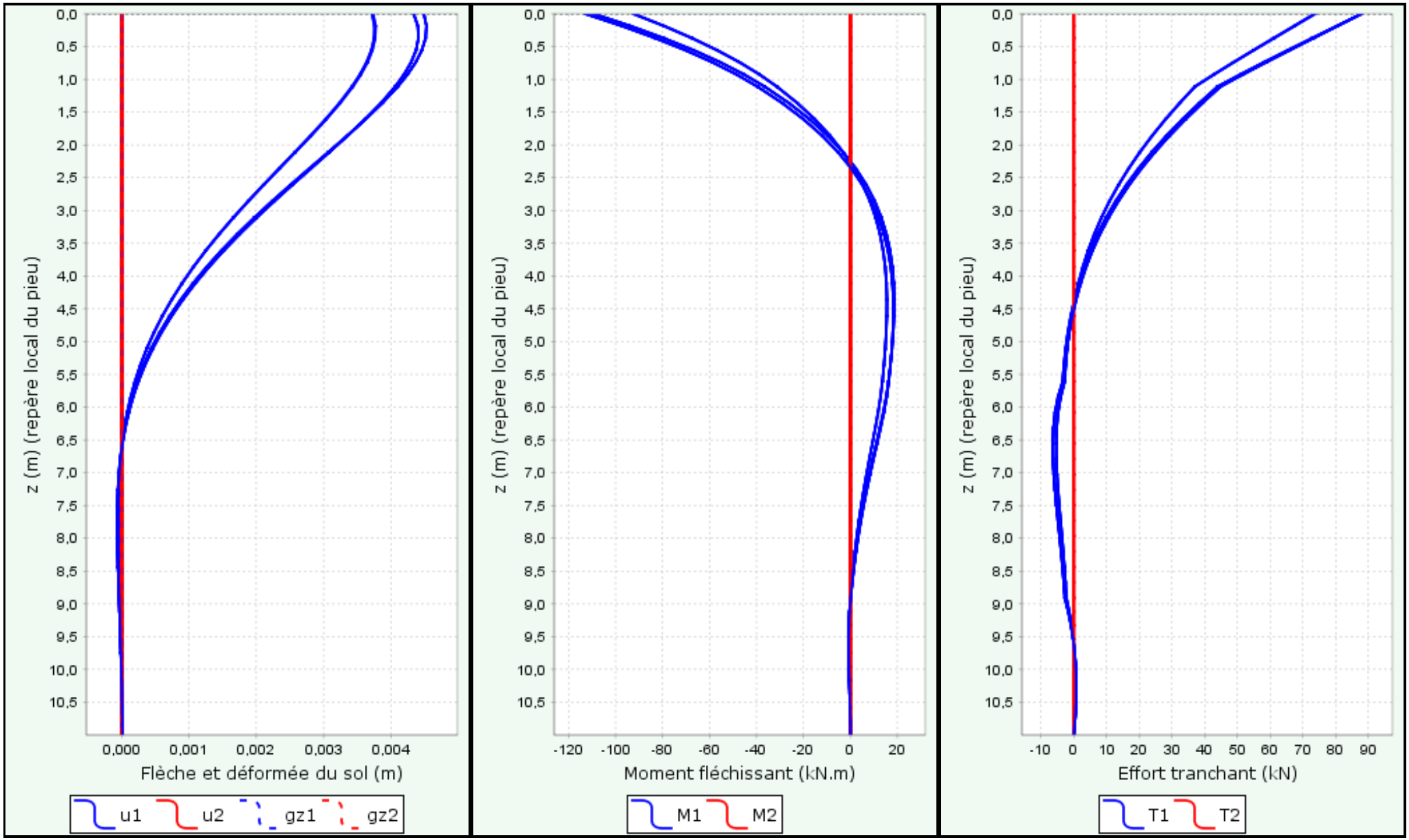
Chargement/déplacement de la semelle

N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	175,80	476,28	0,00	0,00	580,86	0,00	4,338E-03	4,909E-04	0,000E00	0,000E00	9,225E-04	0,000E00
2	175,80	476,28	0,00	0,00	580,86	0,00	4,338E-03	4,909E-04	0,000E00	0,000E00	9,225E-04	0,000E00
3	175,80	400,32	0,00	0,00	430,20	0,00	4,490E-03	3,563E-04	0,000E00	0,000E00	6,832E-04	0,000E00
4	175,80	400,32	0,00	0,00	430,20	0,00	4,490E-03	3,563E-04	0,000E00	0,000E00	6,832E-04	0,000E00
5	147,60	353,16	0,00	0,00	430,20	0,00	3,736E-03	3,294E-04	0,000E00	0,000E00	6,832E-04	0,000E00
6	147,00	353,16	0,00	0,00	430,20	0,00	3,718E-03	3,306E-04	0,000E00	0,000E00	6,832E-04	0,000E00

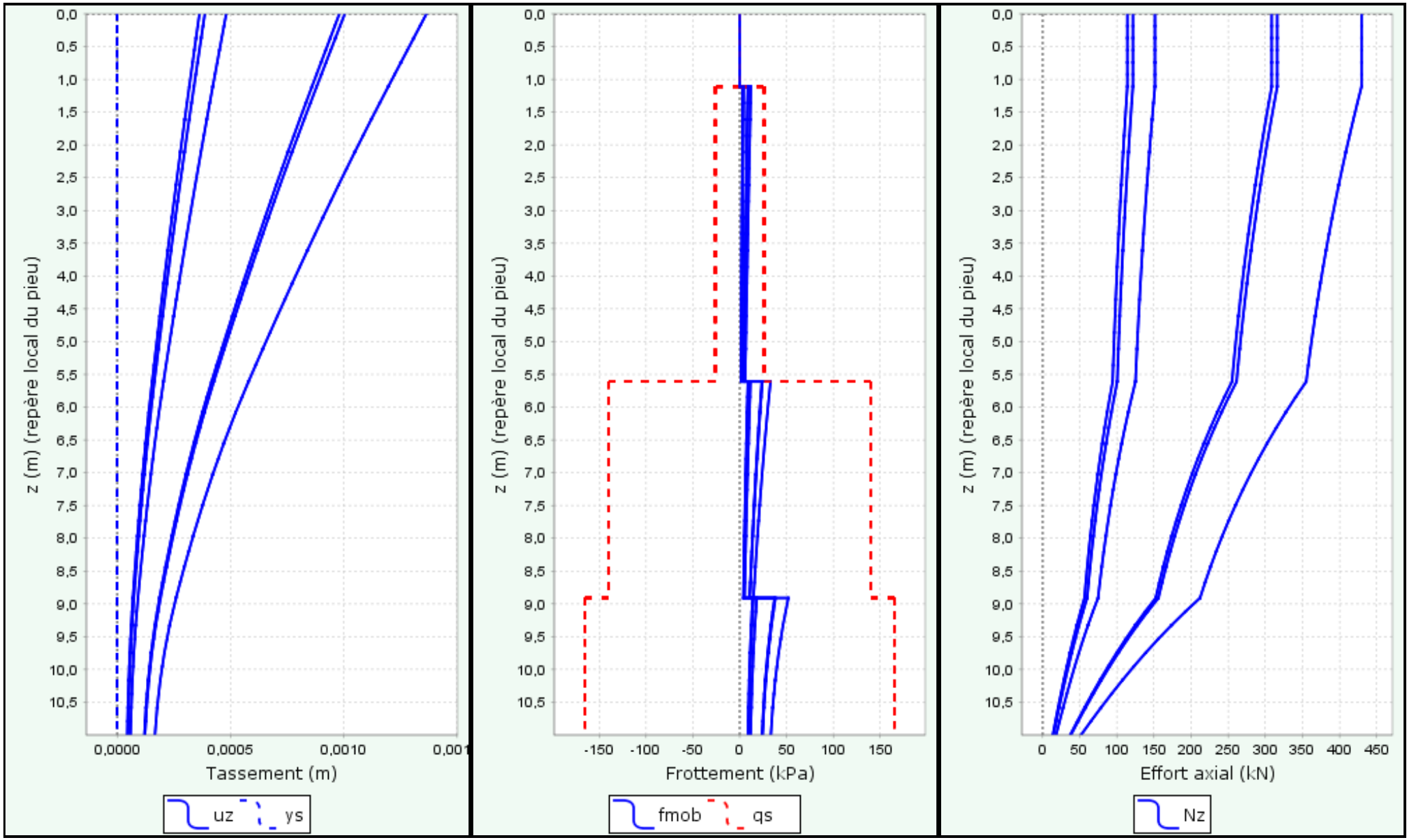
Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	87,900	-112,973	0,000	0,000	151,355	0,000
1	2	87,900	-112,973	0,000	0,000	429,505	0,000
2	1	87,900	-112,973	0,000	0,000	151,355	0,000
2	2	87,900	-112,973	0,000	0,000	429,505	0,000
3	1	87,900	-109,304	0,000	0,000	114,149	0,000
3	2	87,900	-109,304	0,000	0,000	316,051	0,000
4	1	87,900	-109,304	0,000	0,000	114,149	0,000
4	2	87,900	-109,304	0,000	0,000	316,051	0,000
5	1	73,800	-92,594	0,000	0,000	121,783	0,000
5	2	73,800	-92,594	0,000	0,000	308,417	0,000
6	1	73,500	-92,287	0,000	0,000	121,442	0,000
6	2	73,500	-92,287	0,000	0,000	308,758	0,000

Comportement latéral



Comportement axial



Données

Titre du projet : MUR M1

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Mur M1 sur rangées de pieux ELU sis (Cas3)

Mode général : Mode Groupie+

Mode Groupie+ : Mode simplifié

Pas maximal (m) : 0,50

Modifier les paramètres avancés : Non

Définition des pieux

N°	XP	YP	Cotetête	α	β	L	D	Liaison	Elx	Ely	ES	Γ
1	0,90	0,00	12,21	0,0	0,0	11,00	0,60	Encastré	1,91E05	1,91E05	8,48E06	1,00
2	-0,90	0,00	12,21	0,0	0,0	11,00	0,60	Encastré	1,91E05	1,91E05	8,48E06	1,00

Raideurs additionnelles en pointe de pieux : Non

Type de courbe de réaction : À partir des données pressiométriques

Type de sollicitation latérale : Sollicitations permanentes en tête dominent

Cote de référence (m) : 12,21

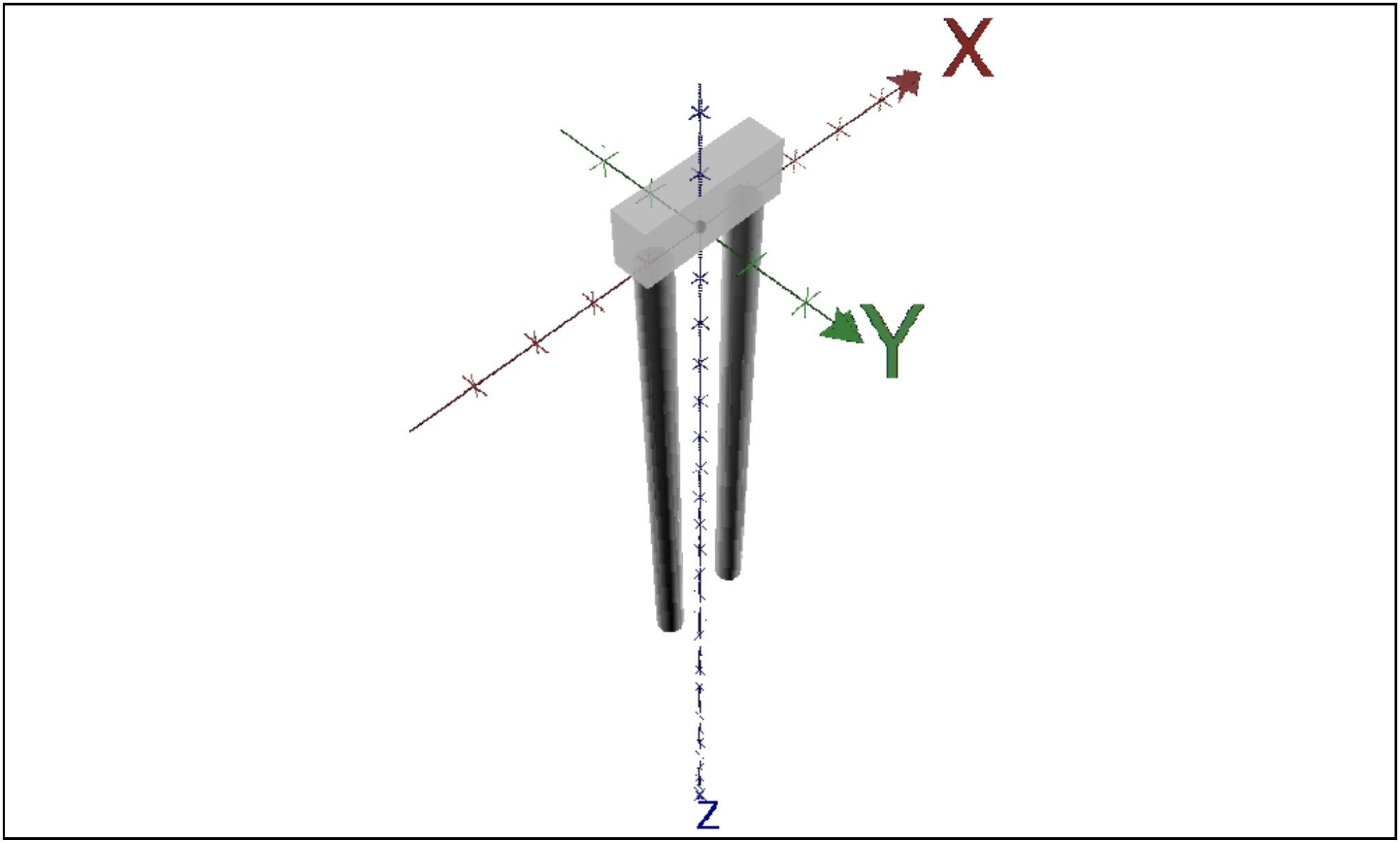
Définition du sol

N°	Nom	Couleur	Cotebase	αY	αX	EM	α	pf*	pl*	qsl	Type de sol	qpl
1	Rembblai et remanié		11,10	0,0	0,0	1,20E04	0,50	3,99E02	4,00E02	0,01	Sol fin	0,01
2	Alluvions fines		6,60	0,0	0,0	9,00E03	0,67	2,49E02	2,50E02	26,00	Sol fin	0,01
3	Sub Altéré		3,30	0,0	0,0	1,70E04	0,67	1,79E03	1,80E03	140,00	Sol fin	0,01
4	Sub Stampien		0,00	0,0	0,0	6,00E04	0,50	3,79E03	3,80E03	165,00	Sol fin	5510,00

Cas de chargement

N°	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ
1	194,40	478,26	0,00	0,00	548,28	0,00
2	187,02	458,28	0,00	0,00	421,74	0,00

Onglet "Cas de chargement"



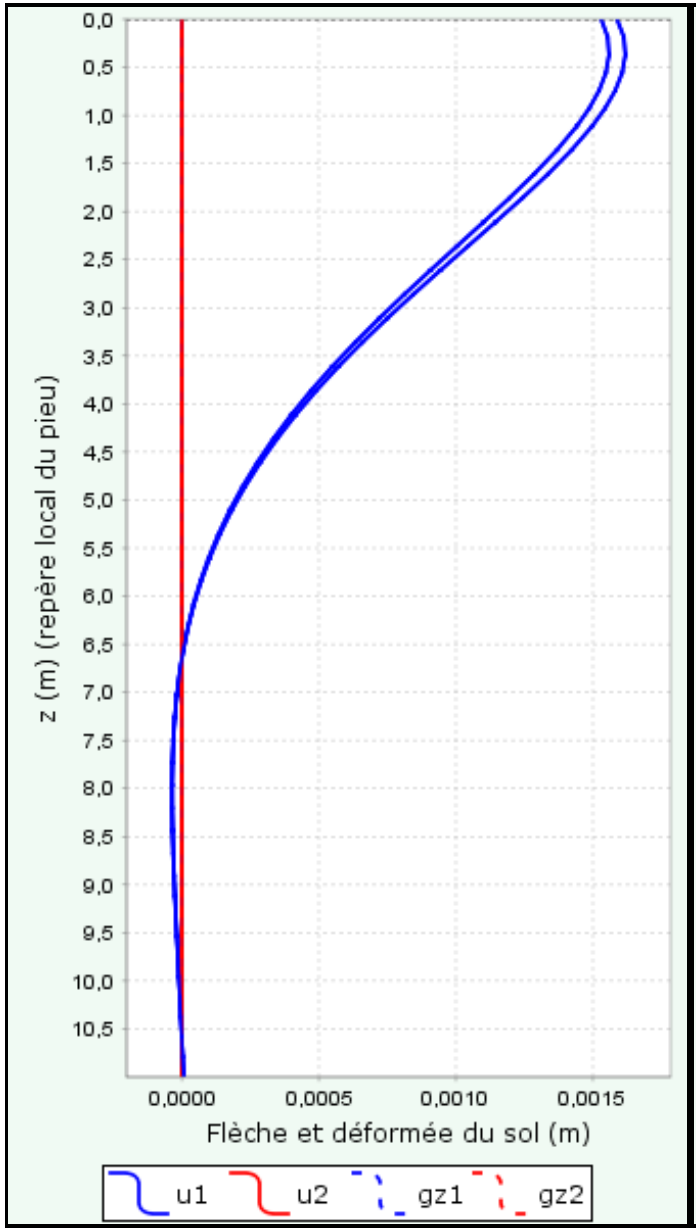
Chargement/déplacement de la semelle

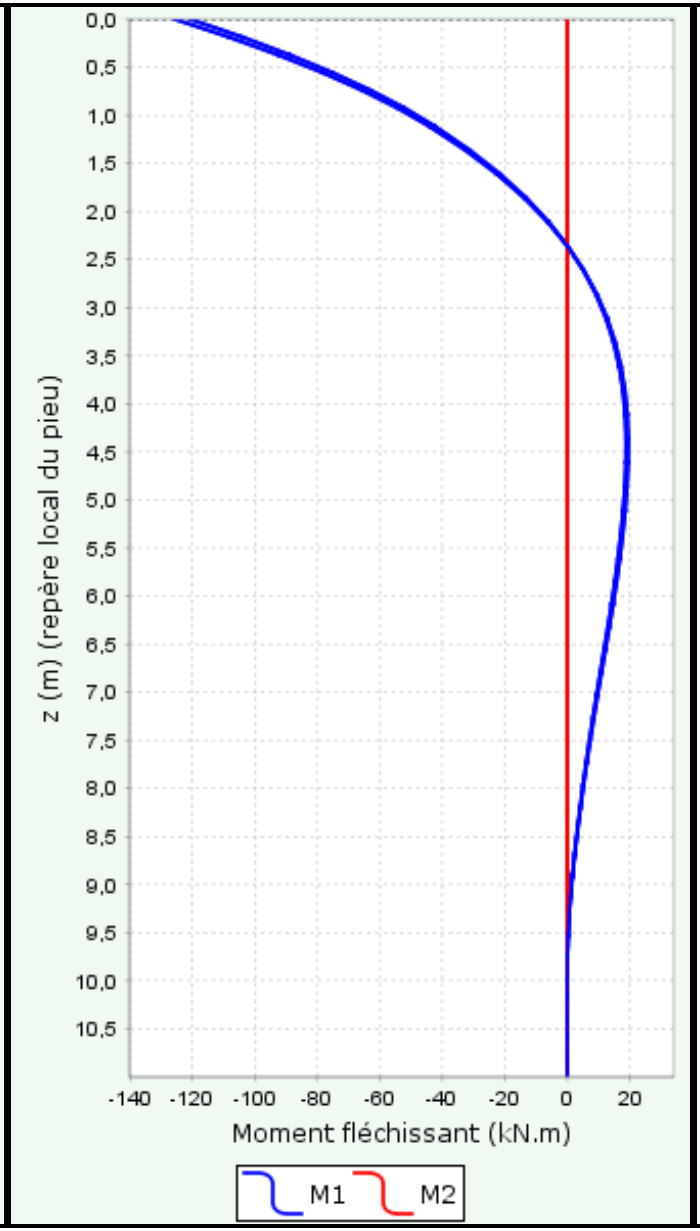
N° cas charge	TX	MY	TY	MX	TZ	MZ	UX	rot/Y	UY	rot/X	UZ	rot/Z
1	194,40	478,26	0,00	0,00	548,28	0,00	1,588E-03	1,923E-04	0,000E00	0,000E00	3,749E-04	0,000E00
2	187,02	458,28	0,00	0,00	421,74	0,00	1,531E-03	1,826E-04	0,000E00	0,000E00	2,875E-04	0,000E00

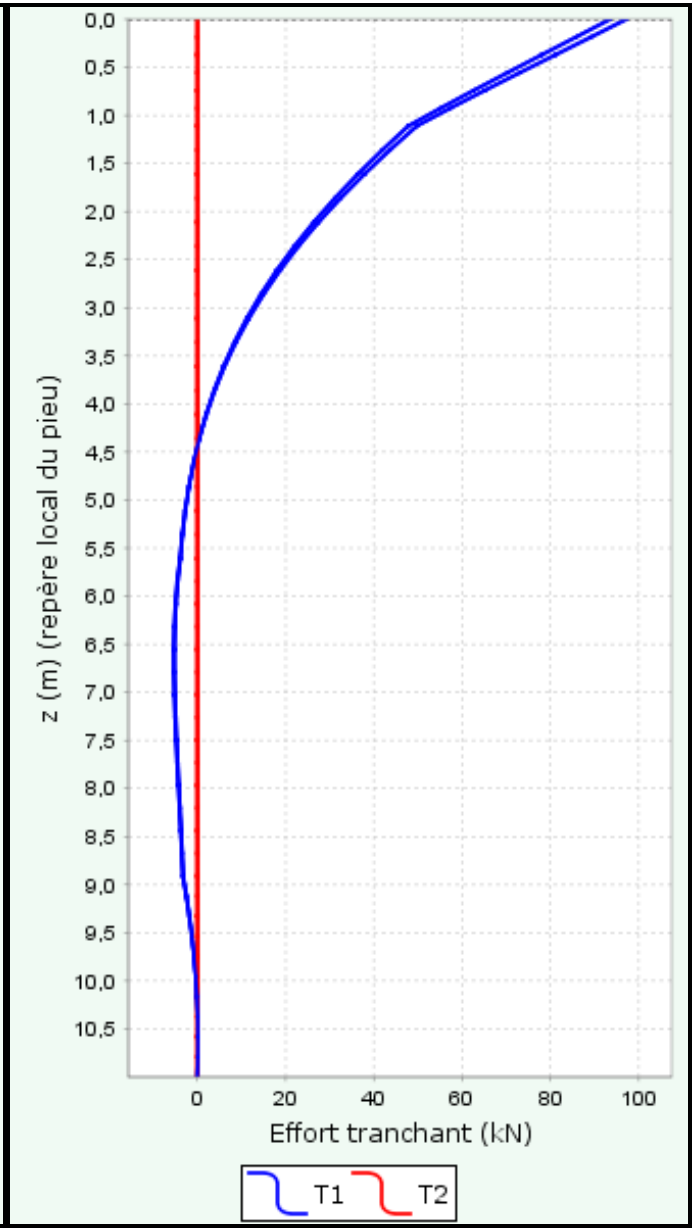
Efforts en tête des pieux

N° cas charge	N° pieu	T1	M1	T2	M2	Tz	Mz
1	1	97,200	-125,616	0,000	0,000	148,014	0,000
1	2	97,200	-125,616	0,000	0,000	400,266	0,000
2	1	93,510	-120,653	0,000	0,000	90,329	0,000
2	2	93,510	-120,653	0,000	0,000	331,411	0,000

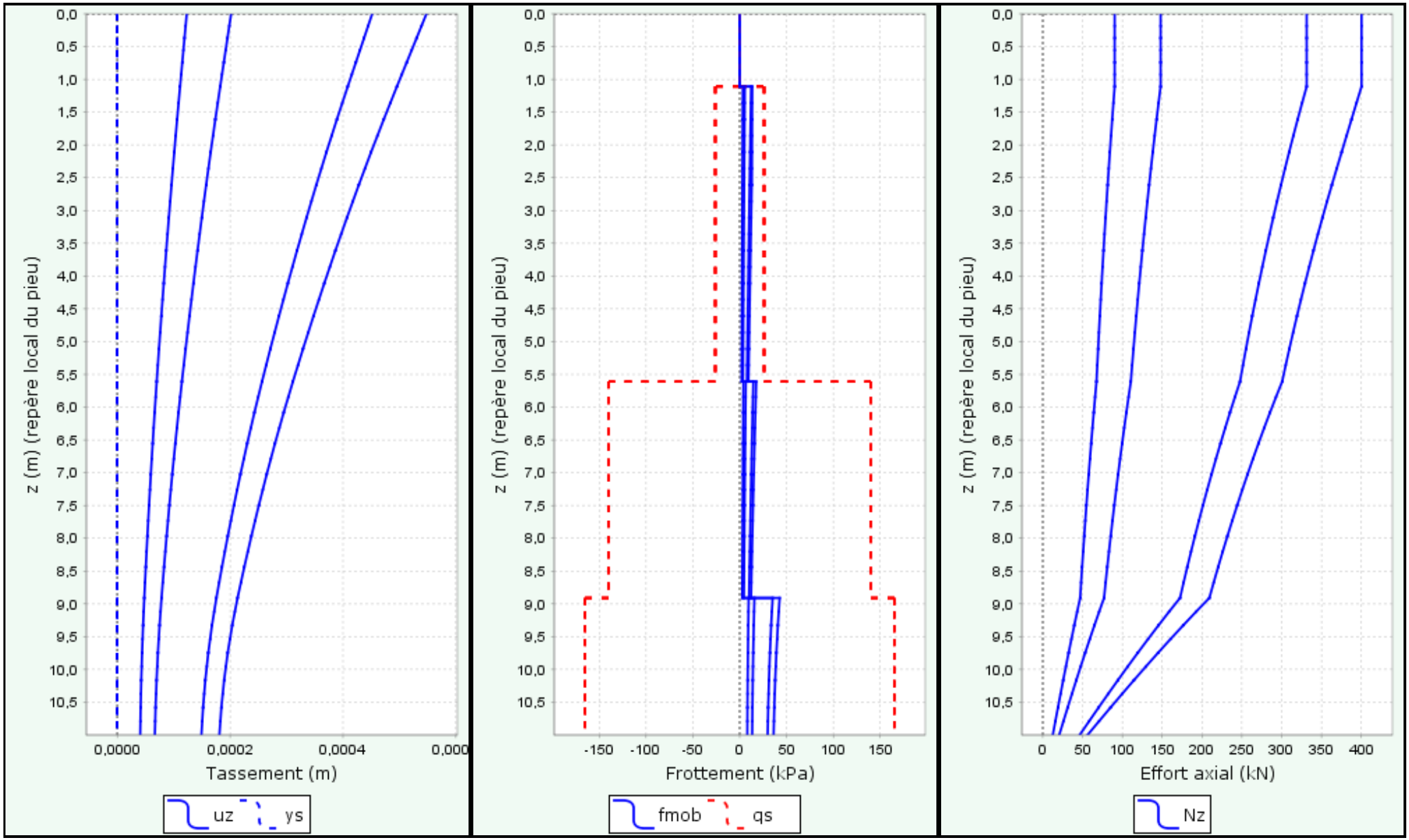
Comportement latéral







Comportement axial



Données

Titre du projet : MUR M1

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Mur 1 (Cas1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-262/A1 (juillet 2018)

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par couches

Pas du calcul (m) : 0,50

Section de calcul : Section de calcul circulaire

Diamètre de calcul (m) : 0,60

Classe du pieu : 1 - Pieu/micropieu foré

Catégorie du pieu : 1 [FS] - Foré simple (pieux et barrettes)

Pieu de grande longueur : Non

Mode de chargement : Travail en compression

Combinaisons

	ELS-QP	ELS-CARAC	ELU-FOND	ELU-ACC
Pondérations combinées sur Qs,k	0,636	0,778	0,909	1,000
Pondérations combinées sur Qp,k	0,455	0,556	0,909	1,000

Cote de référence (m) : 12,21

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Classe de sol	Zbase	pl*	qsl	kpmax	γR,d1×γR,d2
1	Remblai		Sols intermédiaires, tendance sableuse	11,10	400,00	0,01	0,01	1,265
2	Alluvionsfines		Argile, limons	6,60	250,00	26,00	0,01	1,265
3	ALT Sub		Marne et calcaire marneux	3,30	1800,00	140,00	0,10	1,265
4	Sub Stampien		Marne et calcaire marneux	0,00	3800,00	165,60	1,45	1,265

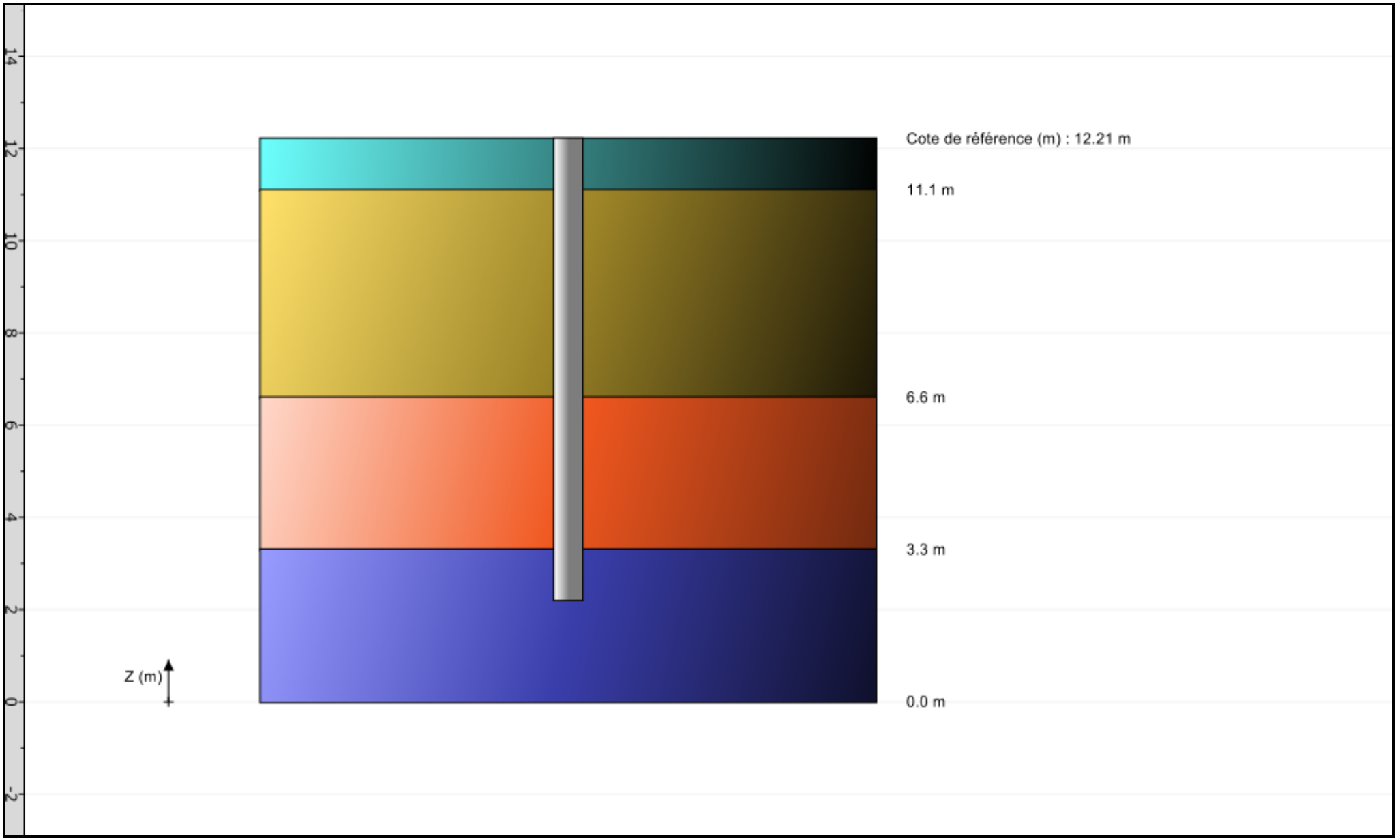
Critère de calcul : Longueur imposée

Longueur du pieu (m) : 10,00

Appliquer un facteur réducteur d'effet de groupe : Non

Contrôle de la résistance structurale de la section : Non

Onglet "Calcul"



Programme FondProf v2.7.0 (c) TERRASOL 2023

File : C:\Users\jmugnier\AppData\Local\Temp\Terrasol\FoXta v4\17164\FP.0.resu

Calcul réalisé le : 23/07/2024 à 16h56
par : GEOTEC

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 : 1
- pour pieu travaillant en compression

Combinaisons	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
Frottement	0.636	0.778	0.909	1.000
Pointe	0.455	0.556	0.909	1.000

Cote de référence : 12.210

Section du pieu : 0.283
Périmètre : 1.885

Caractéristiques des couches (données utilisateur)

couche	base	pl*	qsl	kpmin	kpmax	gamrd
01	11.10	400.0	0.01	1.00	0.01	1.26
02	6.60	250.0	26.00	1.00	0.01	1.26
03	3.30	1800.0	140.00	1.00	0.10	1.26
04	0.00	3800.0	165.60	1.00	1.45	1.26

Pas du calcul : 0.50

==========

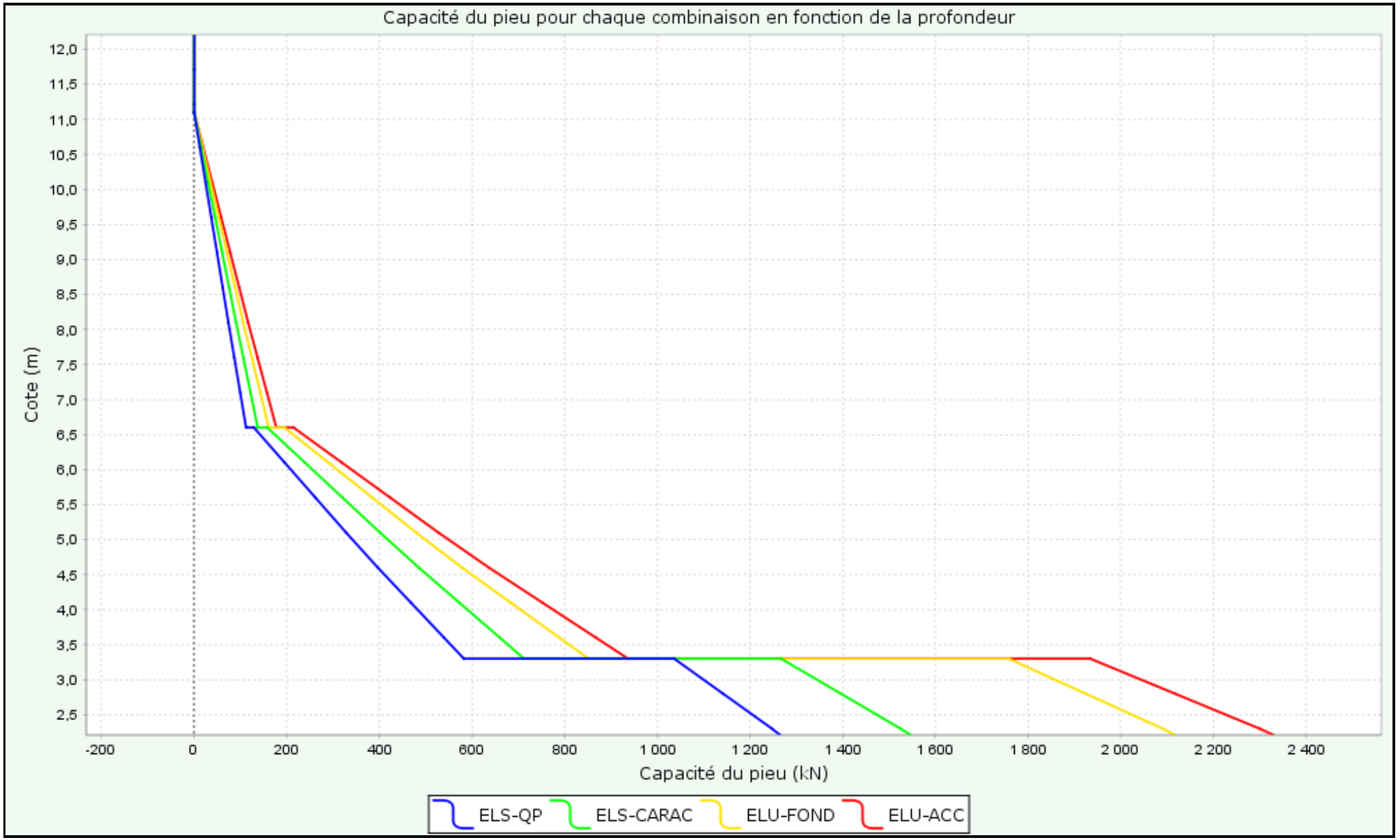
****
SOLUTION
****

Calcul à longueur imposée : L = 10.00

couche	cote	qsl	ple	kp	Qs	Qp	ELS-QP	ELS-CARA	ELU-FOND	ELU-ACC
01	12.21	0.01	361.0	0.010	0.0	1.0	0.4	0.4	0.7	0.8
01	11.71	0.01	333.3	0.010	0.0	0.9	0.3	0.4	0.7	0.8
01	11.21	0.01	295.8	0.010	0.0	0.8	0.3	0.4	0.6	0.7
01	11.10	0.01	287.5	0.010	0.0	0.8	0.3	0.4	0.6	0.7
02	11.10	26.00	250.0	0.010	0.0	0.7	0.3	0.3	0.5	0.6
02	10.60	26.00	250.0	0.010	24.5	0.7	12.6	15.4	18.1	19.9
02	10.10	26.00	250.0	0.010	49.0	0.7	24.9	30.5	35.7	39.3
02	9.60	26.00	250.0	0.010	73.5	0.7	37.2	45.5	53.3	58.7
02	9.10	26.00	250.0	0.010	98.0	0.7	49.5	60.6	71.0	78.1
02	8.60	26.00	250.0	0.010	122.5	0.7	61.9	75.7	88.6	97.4
02	8.10	26.00	250.0	0.010	147.0	0.7	74.2	90.7	106.2	116.8
02	7.60	26.00	637.5	0.010	171.6	1.8	86.9	106.3	124.6	137.0
02	7.10	26.00	1025.0	0.010	196.1	2.9	99.6	121.9	143.0	157.3
02	6.60	26.00	1412.5	0.010	220.6	4.0	112.3	137.4	161.4	177.5
02	6.60	26.00	1412.5	0.010	220.6	4.0	112.3	137.4	161.4	177.5
03	6.60	140.00	1800.0	0.100	220.6	50.9	129.2	158.0	195.1	214.6
03	6.10	140.00	1800.0	0.100	352.5	50.9	195.5	239.2	289.9	318.9
03	5.60	140.00	1800.0	0.100	484.5	50.9	261.9	320.3	384.7	423.2
03	5.10	140.00	1800.0	0.100	616.4	50.9	328.2	401.5	479.5	527.5
03	4.60	140.00	2000.0	0.100	748.3	56.5	396.6	485.1	578.4	636.3
03	4.10	140.00	2500.0	0.100	880.3	70.7	468.0	572.5	683.4	751.8

03	3.60	140.00	3000.0	0.100	1012.2	84.8	539.4	659.8	788.3	867.2
03	3.30	140.00	3300.0	0.100	1091.4	93.3	582.3	712.2	851.3	936.5
04	3.30	165.60	3800.0	1.261	1091.4	1355.0	1036.1	1266.8	1757.9	1933.9
04	2.80	165.60	3800.0	1.331	1247.5	1430.3	1141.6	1395.9	1924.2	2116.8
04	2.30	165.60	3800.0	1.401	1403.6	1505.5	1247.2	1524.9	2090.4	2299.7
04	2.21	165.60	3800.0	1.410	1431.7	1515.0	1264.7	1546.4	2117.4	2329.3

Capacité du pieu pour chaque combinaison en fonction de la profondeur



GEOTEC FRANCE	Vérification de la résistance structurale de pieux circulaires selon les règles de l'Eurocode 2	Référence ISO:	OUING13
		Révision :	v1
		Date :	25/05/2021
	Saisie des charges sur pieux	Développé par :	Jonathan ROT
		Vérifié par :	DTS

N° affaire :	21/13438/17
Ville :	Marseille
Projet :	Rue Zoccola PEM
Ouvrage :	Pieux Mur BA M1

Saisie des caractéristiques des pieux : :

Type de pieu :	Pieux tarière creuse	Classe du béton :	C30/37
Type d'ouvrage :	Bâtiment ou autre	Contrôle renforcé :	NON
Diamètre :	0,60 m	Classe d'exposition :	XC2
Enrobage :	0,070 m	Classe d'acier :	B
Longueur :	10,00 m	Limite d'élasticité caractéristique de l'acier, fyk :	500 MPa

Saisie des sollicitations :

	ELU$_{FOND}$			
N° pieu	N_{MIN}	$N_{MAX} = N_{ED}$	V_{ED}	M_{ED}
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN.m)
1	121,4	429,5	87,9	113,0
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				

GEOTEC FRANCE	**Vérification de la résistance structurale de pieux circulaires à l'ELU$_{FOND}$ selon les règles de l'EC2**	**Référence ISO:**	**OUING13**
		Révision :	**v1**
		Date :	**25/05/2021**
	Armatures longitudinales	**Développé par :**	**Jonathan ROT**
		Vérifié par :	**DTS**

N° affaire : 21/13438/17
Ville : Marseille
Projet : Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Pieux Mur BA M1

Données d'entrée :

Type de pieu :	Pieux tarière creuse	f_{ck} :	30,0 MPa	f_{ck}* :	22,2 MPa
Type d'ouvrage :	Bâtiment ou autre	C_{max} :	30,0 MPa	f_{cd} ELU$_{FOND}$:	14,8 MPa
Diamètre, B :	0,60 m	k_1 :	1,35		
Enrobage, e :	0,070 m	k_2 :	1,00		
Longueur, L :	10,00 m	k_3 :	1,00	E_{cm} : (inst.)	32,8 GPa
Classe du béton :	C30/37	α_{cc} =	1,00	E_{cm} : (tvx)	21,9 GPa
Contrôle renforcé :	NON	L/B =	17	E_{cm} : (long t.)	10,9 GPa

Modélisation du comportement du béton selon diagramme parabole rectangle :

ε_{c2} :	2 ‰
ε_{cu2} :	3,5 ‰
η :	1,0

Classe d'acier : B
Limite d'élasticité caractéristique de l'acier, fyk : 500 MPa

E_s :	200,0 GPa
α_E :	15

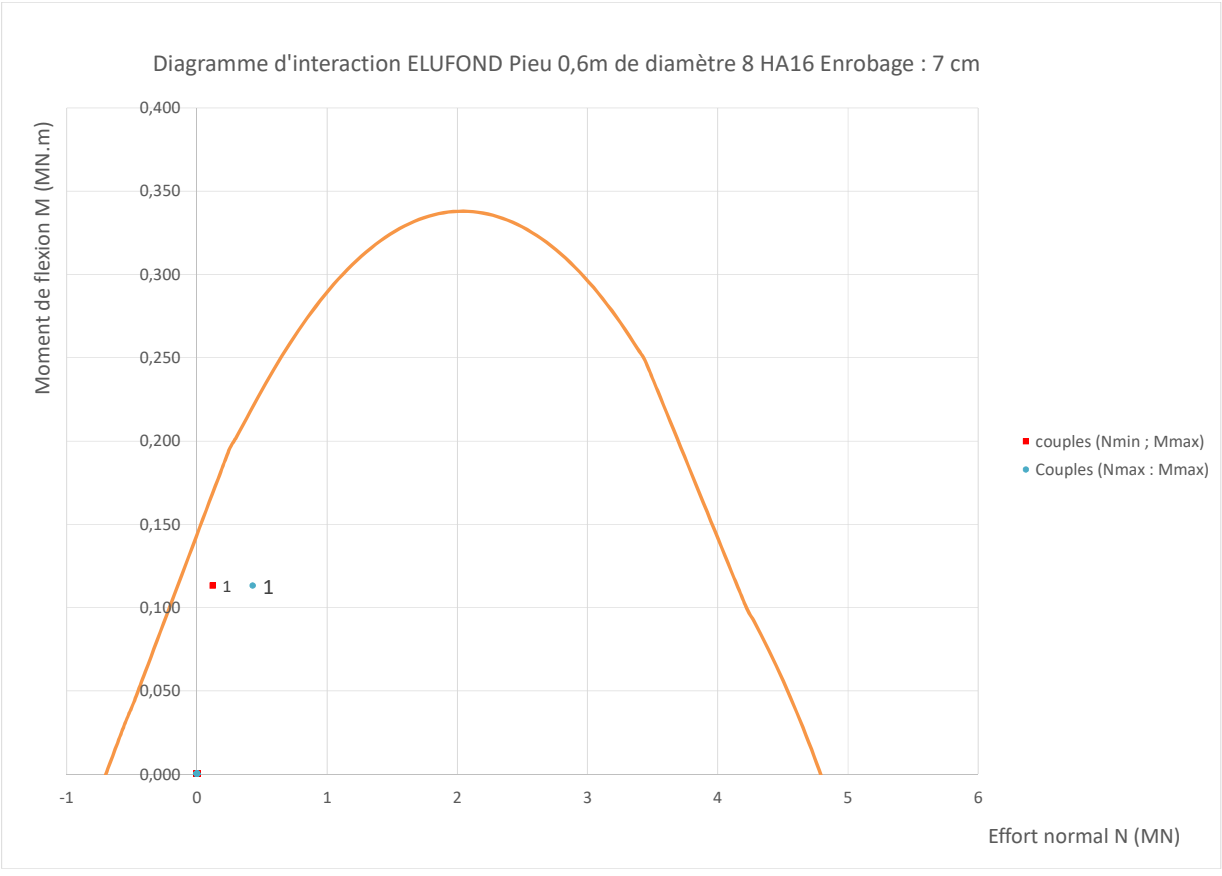
Modélisation du comportement de l'acier selon diagramme avec branche inclinée :

k :	1,08
ε_{uk} :	50 ‰
ε_{ud} :	45 ‰

Ferraillage longitudinal :

Aire minimale d'armatures longitudinales, $A_{s,bpmin}$: 14,14 cm²

Nombre de barre :	8		
Diamètre des barres :	16		
Section d'acier, As :	✓ 16,08 cm²	(Section d'acier d'une barre :	2,01 cm²)
Espacement entre nu des barre, e :	158 mm		
Pourcentage d'acier :	0,6%		



GEOTEC FRANCE	**Vérification de la résistance structurale de pieux circulaires à l'ELU_{FOND} selon les règles de l'EC2**	**Référence ISO:**	**OUING13**
		Révision :	**v1**
		Date :	**25/05/2021**
	Armatures transversales	**Développé par :**	**Jonathan ROT**
		Vérifié par :	**DTS**

N° affaire : 21/13438/17
Ville : Marseille
Projet : Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Pieux Mur BA M1

Données d'entrée :

Type de pieu :	Pieux tarière creuse	f_{ck} :	30,0 MPa	f_{ck}* :	22,2 MPa
Type d'ouvrage :	Bâtiment ou autre	Cmax :	30,0 MPa	f_{cd} ELU_{FOND} :	14,8 MPa
Diamètre :	0,60 m	k_1 :	1,35		
Enrobage :	0,070 m	k_2 :	1,00		
Longueur :	10,00 m	k_3 :	1,00	E_{cm} : (inst.)	32,8 GPa
Classe du béton :	C30/37	α_{cc} =	1,00	E_{cm} : (tvx)	21,9 GPa
Contrôle renforcé :	NON			E_{cm} : (long t.	10,9 GPa

Classe d'acier : B — E_s : 200,0 GPa
Limite d'élasticité caractéristique de l'acier, fyk : 500 MPa

Ferraillage transversal :

Les armatures d'effort tranchant sont calculées par la méthode standard en adoptant une inclinaison des cadres et étriers à 90° (α)et une inclinaison de bielle à 45° (θ).

La mise en œuvre d'acier d'effort tranchant est nécessaire si l'effort tranchant attendu V_{ED} à l'ELU est supérieur à l'effort tranchant résistant repris par le béton $V_{Rd,c}$ (fonction de l'effort normal minimal appliqué N_{min}).

L'effort tranchant résistant en l'abence d'effort tranchant est déterminé par les formules suivantes :

$V_{Rd,c}$ =	**max($V_{Rd,c\,1}$; $VR_{d,c\,2}$)**	
$V_{Rd,c\,1}$ =	**$(C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * fck)^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$**	**(formule 6.2.a)**
$V_{Rd,c\,2}$ =	**$(v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$**	**(formule 6.2.b)**

Exemple, pour Nmin = 0 (absence de charge vertical sur le pieu) :

$C_{Rd,c}$ =	0.18/γc	0,12
k =	1+V(200/d)	1,61
k1 =		0,15
A_{sl} =		0,00040
ρl =	Asl/(bw*d)	0,0017
σcp =	Nmini/S	0
vmin :	0.035*k3/2.fck1/2	0,337

$V_{Rd,c\,1}$ =	69 kN	**$V_{Rd,c}$ =**	76 kN
$V_{Rd,c\,2}$ =	76 kN		

Si la présence d'acier d'effort tranchant est nécessaire $V_{ED} > V_{Rd;c}$, le pourcentage d'acier minimum est calculé (Asw/s)min selon la formule suivante :

$(A_{sw}/s)_{min} \geq 0.08 * (fck^{1/2} / fyk) * bw * \sin\alpha$ (Asw/s)min = 3,23 cm²/ml

Le non écrasement des bielles de compression est vérifié pour chaque pieu en s'assurant que $V_{ED} < V_{Rd;max}$ par la formule suivante :

$V_{Rd,max}$=	**$\alpha_{cw} . b_w . Z . \nu_1 . f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$**	**(formule 6.9)**	800 kN

Si le ferraillage minimum déterminé ci-avant $(A_{sw/s})_{min}$ n'est pas suffisant pour reprendre l'effort tranchant attendu V_{ED}, la section d'action requise est calculée.
Il convient enfin de déterminer le ferraillage pratique selon la section calculée en tenant compte des dispositions constructives suivantes :

Diamètre recommandé NF P 94 262 :	Tableau Q.3.4.2.3	[8-10]
Diamètre minimal :	max (6mm ; 0.4 * Øal)	6
Ecartement maximal, smax :	min (35cm ; 15 * Øal)	0,24

Résultats des calculs :

N° pieu	N_{MIN}	V_{ED}	$V_{Rd;c}$	Acier d'effort tranchant ?	$(V_{Rd;s})_{min}$	Ferraillage minimum suffisant ?	Vérification bielle béton ?		%acier nécessaire	Ferraillage pratique		
	(kN)	(kN)	0	oui/non	(kN)	oui/non	$V_{Rd;max}$	oui/non		Diamètre	Ecartement	Section
1	121	88	91	NON	66		823	OUI	4,16 cm²			

GEOTEC FRANCE

Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8

Référence ISO:	OUING06				
Révision :	v6				
Développé par :	Jonathan ROT				
Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	22/07/2024	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M2 Statique

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)		
Renversement	✓ 74%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 11%	✓ 11%		
Capacité portante	✓ 31%	✓ 29%	✓ 29%	✓ 32%	✓ 32%	✓ 26%	✓ 26%		
Glissement	✓ 44%	✓ 47%	✓ 47%	✓ 63%	✓ 63%	✓ 55%	✓ 55%		

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° — *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

DONNEES D'ENTREE

Semelle :

Largeur semelle	B	2,50 m
Patin arrière (talon)	P_{ar}	2,20 m
Patin avant (patin)	P_{av}	0,00 m
Hauteur semelle	h_s	0,30 m
Hauteur terre sur patin avant	$h_{sol\ avant}$	0,00 m
Hauteur terre sur patin arrière	$h_{sol\ arrière}$	2,59 m
Coulée en place		oui

Voile :

Hauteur totale	h_t	3,10 m
Epaisseur voile	e_v	0,30 m
Hauteur voile	h_v	2,80 m
Poids volumique du mur		25 kN/m3

Sol assise :

Angle de frottement du sol d'assise	30°
Type de sol (NF P 94 281)	Sables et graves
Type de sol (NF EN 1998-5)	Sable moy. Dense à dense
Comportement	Frottant
Pression limite nette Pl_e^*	0,80 MPa
Cohésion à long terme, c'	0 kPa
Cohésion à court terme, c_u	0 kPa
Poids volumique du sol d'assise	20 kN/m3
Profondeur assise /TN	0,70 m
Profondeur assise /Terrain fini	0,70 m
Hauteur encastrement equivalente	0,40 m
Facteur de portance Kp	1,08

Remblai arrière :

Poids volumique du remblai arrière	15 kN/m3
Angle de frottement du remblai arrière	35,0°
Pente du remblai sur l'horizontale β	0,0°

Surcharge :

Intensité de la charge répartie à l'arrière	20 kPa/ml
Caractéristique de la charge répartie	Variable
Distance de la charge à la tête du mur	1,50 m
Largeur de la bande chargée	15,00 m

Terrain aval en pente :

Présence d'un talus ?	non

DESCENTE DE CHARGES (au centre et en base de la semelle)

		b (m)	h (m)	ep m)	γ (kN/m3)	e (m)	V (kN/ml)	H (kN/ml)	M (kN.m/ml)
W_{voile}	Voile :	1,00	2,80	0,30	25,0	1,10	21,0	0,0	23,1
$W_{semelle}$	Semelle :	1,00	0,30	2,50	25,0	0,00	18,8	0,0	0,0
$W_{sol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	1,00	2,59	2,20	15,0	-0,15	85,5	0,0	-12,8
$W_{sol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	1,00	0,00	0,00	15,0	1,25	0,0	0,0	0,0
P_{ay}	Poussée des terres :	1,00	2,89	Kaγ : 0,271	15,0		0,0	17,0	0,0
$P_{ayh\ sol}$	Poussée des terres (horizontale) :	1,00	2,89	Kaγ : 0,271	15,0	0,96	0,0	17,0	16,4
$P_{ayv\ sol}$	Poussée des terres (verticale) :	1,00	2,89		15,0	-1,25	0,0	0,0	0,0
P_{aq}	Poussée des surcharges :	1,00	2,89	Kaq : 0,251	20 kPa		0,0	15,4	0,0
$P_{aqh\ surcharge}$	Poussée des surcharges (horizontale):	1,00	2,89	Kaq : 0,251	20 kPa	1,45	0,0	15,4	23,5
$P_{aqv\ surcharge}$	Poussée des surcharges (verticale):	1,00	2,89		20 kPa	-0,15	0,0	0,0	0,0
$Q_{surcharge}$	Poids des surcharges sur patin arrière (talon) :	1,00	0,70		20 kPa	-0,90	14,0	0,0	-12,6

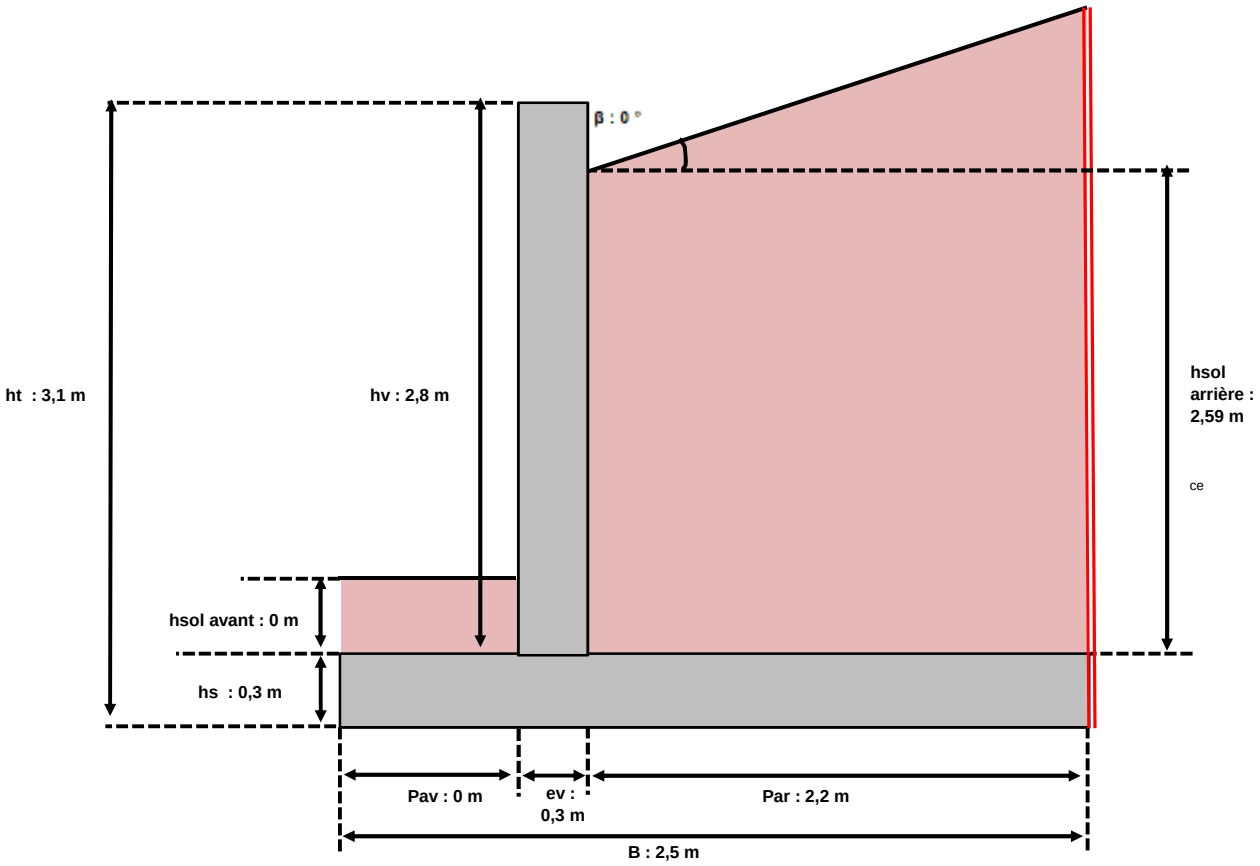
		V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
Total ELS : (Cara, Freq et QP)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**32,4**	**50,2**
Total ELU 1 : (max. + surcharge défavorable)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**169,0**	**46,1**	**71,3**
Total ELU 2 : (max + surchage fav.)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**169,0**	**46,1**	**71,3**
Total ELU 3 : (poids fav. + poussée et surch. déf.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**46,1**	**67,7**
Total ELU 4 : (poids fav. + poussée et surch. fav.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,00/0,00*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**46,1**	**67,7**
Total ELU 5 : (min. + surch. défavorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**40,1**	**61,9**
Total ELU 6 : (min. + surch. favorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ah}+P_{av})+1,0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**40,1**	**61,9**

VERIFICATION GEO

Sollicitations		$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1	ELU 2	ELU 3	ELU4	ELU 5	ELU 6
V_d	(kN/ml)	125,2	169,0	169,0	125,2	125,2	125,2	125,2
H_d	(kN/ml)	32,4	46,1	46,1	46,1	46,1	40,1	40,1
M_d	(kN.m/ml)	50,2	71,3	71,3	67,7	67,7	61,9	61,9
Renversement								
e = M / V	(m)	0,40	0,42	0,42	0,54	0,54	0,49	0,49
Critère :	(1 - 2e/B)	0,68	0,66	0,66	0,57	0,57	0,60	0,60
Limite	(-)	1/2	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15
Vérif?		✓ 74%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 11%	✓ 11%
Capacité portante								
A'	(m^2/ml)	1,7	1,7	1,7	1,4	1,4	1,5	1,5
δ		14,5 °	15,2 °	15,2 °	20,2 °	20,2 °	17,8 °	17,8 °
iδ		0,50	0,47	0,47	0,35	0,35	0,41	0,41
iβ		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\gamma_{R;d;v}$		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$		2,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
q_{net}	(kPa)	430	412	412	302	302	353	353
q_{min}	(kPa)	2	-1	-1	-15	-15	-9	-9
q_{max}	(kPa)	98	136	136	115	115	110	110
$R_{v,d}$	(kN/ml)	317	487	487	306	306	381	381
R_0	(kN/ml)	26	26	26	26	26	26	26
$R_{v,d} > V_d - R_0$?		✓ 31%	✓ 29%	✓ 29%	✓ 32%	✓ 32%	✓ 26%	✓ 26%
Glissement								
$R_{h,d}$	(kN/ml)	73	99	99	73	73	73	73
$\gamma_{R;d;h}$		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$\gamma_{R;h}$		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$R_{h,d} > H_d$?		✓ 44%	✓ 47%	✓ 47%	✓ 63%	✓ 63%	✓ 55%	✓ 55%

GEOTEC FRANCE	**Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8**				Référence ISO:	OUING06
					Révision :	v5
					Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JR	Date du calcul :	28/01/2019	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M2 Statique



GEOTEC FRANCE	**Justification d'un mur de soutènement :**	**Référence ISO:**	**OUING06**
		Révision :	**v5**
	Assistant pour la prise en compte des effets sismiques	**Développé par :**	**Thomas BONNET et Jonathan ROT**
		Vérifié par :	**DTS**

1. Détermination de l'accélération maxiamle de référence pour un sol de type rocheux selon la zone de sismicité (a_{gr}) :

Zone de simicité 2 (faible) → agr = *0,7 m/s²*

2. Détermination du coefficient d'importance de l'ouvrage selon la catégorie d'importance (γ_1) :

Catégorie d'importance II → γ_1 = *1,00*

On obtient alors l'accélération horizontale de calcul ag = agr * γ_1 Soit : ag = *0,7 m/s²*

3. Correction liée à la classe de sol et à la zone sismique (S) :

Classe de sol E → S = *1,80*

4. Correction liée à la topographie du site (ST) :

- Inclinaison moyenne de la pente ? < 15%

→ ST = *1,00*

5. Coefficient minorateur de dissipation lié au déplacement possible de l'ouvrage (r) :

Mur poids pouvant accepter un déplacement jusqu'à dr=38,5mm → r = 2

On obtient donc :

Coefficient sismique horizontal (Kh) = 0,064

Coefficient sismique vertical (Kv) = 0,032

GEOTEC FRANCE

Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8

Référence ISO:	OUING06
Révision :	v6
Développé par :	Jonathan ROT
Vérifié par :	DTS

Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	22/07/2024

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M2 Séisme

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)	ELA (descendant / pesant)	ELA (ascendant / allègeant)
Renversement	✓ 64%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	ok	ok
Capacité portante	✓ 21%	✓ 19%	✓ 19%	✓ 17%	✓ 17%	✓ 14%	✓ 14%	ok	ok
Glissement	✓ 30%	✓ 30%	✓ 30%	✓ 41%	✓ 41%	✓ 33%	✓ 33%	✓ 57%	✓ 59%

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° — *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

DONNEES D'ENTREE

Semelle :

Largeur semelle	B	2,50 m
Patin arrière (talon)	P_{ar}	2,20 m
Patin avant (patin)	P_{av}	0,00 m
Hauteur semelle	h_s	0,30 m
Hauteur terre sur patin avant	$h_{sol\ avant}$	0,00 m
Hauteur terre sur patin arrière	$h_{sol\ arrière}$	2,59 m
Coulée en place		oui

Voile :

Hauteur totale	h_t	3,10 m
Epaisseur voile	e_v	0,30 m
Hauteur voile	h_v	2,80 m
Poids volumique du mur		25 kN/m3

Sol assise :

Angle de frottement du sol d'assise	30°
Type de sol (NF P 94 281)	Sables et graves
Type de sol (NF EN 1998-5)	Sable moy. Dense à dense
Comportement	Frottant
Pression limite nette Pl_e^*	0,80 MPa
Cohésion à long terme, c'	0 kPa
Cohésion à court terme, c_u	0 kPa
Poids volumique du sol d'assise	20 kN/m3
Profondeur assise /TN	0,70 m
Profondeur assise /Terrain fini	0,70 m
Hauteur encastrement equivalente	0,40 m
Facteur de portance Kp	1,08

Remblai arrière :

Poids volumique du remblai arrière	15 kN/m3
Angle de frottement du remblai arrière	35,0°
Pente du remblai sur l'horizontale β	0,0°

Surcharge :

Intensité de la charge répartie à l'arrière	6 kPa/ml
Caractéristique de la charge répartie	Variable
Distance de la charge à la tête du mur	1,50 m
Largeur de la bande chargée	15,00 m

Terrain aval en pente :

Présence d'un talus ?	non

DESCENTE DE CHARGES (au centre et en base de la semelle)

		b (m)	h (m)	ep m)	γ (kN/m3)	e (m)	V (kN/ml)	H (kN/ml)	M (kN.m/ml)
W_{voile}	Voile :	1,00	2,80	0,30	25,0	1,10	21,0	0,0	23,1
$W_{semelle}$	Semelle :	1,00	0,30	2,50	25,0	0,00	18,8	0,0	0,0
$W_{sol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	1,00	2,59	2,20	15,0	-0,15	85,5	0,0	-12,8
$W_{sol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	1,00	0,00	0,00	15,0	1,25	0,0	0,0	0,0
P_{ay}	Poussée des terres :	1,00	2,89	Kaγ : 0,271	15,0		0,0	17,0	0,0
$P_{ayh\ sol}$	Poussée des terres (horizontale) :	1,00	2,89	Kaγ : 0,271	15,0	0,96	0,0	17,0	16,4
$P_{ayv\ sol}$	Poussée des terres (verticale) :	1,00	2,89		15,0	-1,25	0,0	0,0	0,0
P_{aq}	Poussée des surcharges :	1,00	2,89	Kaq : 0,251	6 kPa		0,0	4,6	0,0
$P_{aqh\ surcharge}$	Poussée des surcharges (horizontale):	1,00	2,89	Kaq : 0,251	6 kPa	1,45	0,0	4,6	7,1
$P_{aqv\ surcharge}$	Poussée des surcharges (verticale):	1,00	2,89		6 kPa	-0,15	0,0	0,0	0,0
$Q_{surcharge}$	Poids des surcharges sur patin arrière (talon) :	1,00	0,70		6 kPa	-0,90	4,2	0,0	-3,8

		V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
Total ELS : (Cara, Freq et QP)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**21,6**	**33,7**
Total ELU 1 : (max. + surcharge défavorable)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**169,0**	**29,9**	**46,5**
Total ELU 2 : (max + surchage fav.)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**169,0**	**29,9**	**46,5**
Total ELU 3 : (poids fav. + poussée et surch. déf.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin+(1,0/0,0)*Q})+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**29,9**	**42,9**
Total ELU 4 : (poids fav. + poussée et surch. fav.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin+(1,0/0,0)*Q})+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,00/0,00*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**29,9**	**42,9**
Total ELU 5 : (min. + surch. défavorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**23,9**	**37,2**
Total ELU 6 : (min. + surch. favorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ah}+P_{av})+1,0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**125,2**	**23,9**	**37,2**

VERIFICATION GEO

Sollicitations		$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1	ELU 2	ELU 3	ELU4	ELU 5	ELU 6
V_d	(kN/ml)	125,2	169,0	169,0	125,2	125,2	125,2	125,2
H_d	(kN/ml)	21,6	29,9	29,9	29,9	29,9	23,9	23,9
M_d	(kN.m/ml)	33,7	46,5	46,5	42,9	42,9	37,2	37,2
Renversement								
e = M / V	(m)	0,27	0,28	0,28	0,34	0,34	0,30	0,30
Critère :	(1 - 2e/B)	0,78	0,78	0,78	0,73	0,73	0,76	0,76
Limite	(-)	1/2	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15
Vérif?		✓ 64%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%
Capacité portante								
A'	(m²/ml)	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9
δ		9,8 °	10,0 °	10,0 °	13,4 °	13,4 °	10,8 °	10,8 °
iδ		0,64	0,63	0,63	0,53	0,53	0,61	0,61
iβ		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\gamma_{R;d;v}$		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$		2,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
q_{net}	(kPa)	554	548	548	457	457	526	526
q_{min}	(kPa)	18	23	23	9	9	14	14
q_{max}	(kPa)	82	112	112	91	91	86	86
$R_{v,d}$	(kN/ml)	473	763	763	592	592	716	716
R_0	(kN/ml)	26	26	26	26	26	26	26
$R_{v,d} > V_d - R_0$?		✓ 21%	✓ 19%	✓ 19%	✓ 17%	✓ 17%	✓ 14%	✓ 14%
Glissement								
$R_{h,d}$	(kN/ml)	73	99	99	73	73	73	73
$\gamma_{R;d;h}$		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$\gamma_{R;h}$		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$R_{h,d} > H_d$?		✓ 30%	✓ 30%	✓ 30%	✓ 41%	✓ 41%	✓ 33%	✓ 33%

Sollicitations	ELUsis (pesant)	ELUsis (all.)
V_d	135,3	122,9
H_d	37,4	35,9
M_d	55,7	53,1
Renversement		
$\bar{N}$	0,0812	0,0737
$(1-m\bar{F})^{k'}$	0,950	0,950
Vérif ?	ok	ok
Capacité portante		
A' (m²/ml)	2,5	2,5
$\gamma_{R;d}$	1,00	1,00
$\gamma_{R;d;v}$	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$	1,2	1,2
q_{net} (kPa)	800	800
N_{max} (kN)	1 667	1 667
$\bar{N}$	0,0812	0,0737
$\bar{V}$	0,0225	0,0215
$\bar{M}$	0,013375	0,012746
$\bar{F}$	0,127	0,127
Formule F.1 EC8-5	✓ -0,033	✓ -0,004
Glissement		
$F_{R,d}$ (kN/ml)	62,5	56,8
K_{pd}	2,804	2,797
E_{pd} (kN/ml)	3,7	3,675
$F_{R,d} + E_{pd} > V_{Ed}$	✓ 57%	✓ 59%

VERIFICATION SISMIQUE

Détermination de la poussée dynamique des terres ($1/2.\gamma.(1+/-Kv).K_{ad}^{+}.H^2$) :				Séisme descendant (pesant)			V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
E_d^{+}	Poussée dynamique globale	1,00	2,89	Kad+ : 0,38	15,0	3,5°		24,6	
$E_{d\ h}^{+}$	Poussée dynamique globale (horizontale)							24,5	
$E_{d\ v}^{+}$	Poussée dynamique globale (verticale)						1,5		
$F_{a,dyn\ h}^{+}$	Incrément dynamique (horizontal)					1,45		7,5	10,9
$F_{a,dyn\ v}^{+}$	Incrément dynamique (vertical)					-1,25	1,5		-1,9
				Séisme ascendant (allègeant)					
E_d^{-}	Poussée dynamique globale	1,00	2,89	Kad- : 0,38	15,0	3,8°		23,0	
$E_{d\ h}^{-}$	Poussée dynamique globale (horizontale)							23,0	
$E_{d\ v}^{-}$	Poussée dynamique globale (verticale)						1,5		
	Incrément dynamique (horizontal)					1,45		6,0	8,7
$F_{a,dyn\ v}^{+}$	Incrément dynamique (vertical)					-1,25	1,5		-1,9
Détermination des efforts d'inertie sismique du sol et du mur :				**Séisme descendant (pesant)**					
$F_{v\ Wvoile}$	voile :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		1,10	0,7		0,8
$F_{h\ Wvoile}$				Kh : 0,064		1,70		1,344	2,3
$F_{v\ Wsemelle}$	Semelle :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		0,00	0,6		0,0
$F_{h\ Wsemelle}$				Kh : 0,064		0,15		1,2	0,2
$F_{v\ Wsol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		-0,15	2,9		-0,4
$F_{h\ Wsol\ talon}$				Kh : 0,064		1,73		5,5	9,5
$F_{v\ Wsol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		1,25	0,0		0,0
$F_{h\ Wsol\ patin}$				Kh : 0,064		0,30		0,0	0,0
$F_{v\ Wsurcharge}$	Poids des surcharges :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		-0,90	0,1		-0,1
$F_{h\ Wsurcharge}$				Kh : 0,064		3,30		0,3	0,9
Détermination des efforts d'inertie sismique du sol et du mur :				**Séisme ascendant (allègeant)**					
$F_{v\ Wvoile}$	voile :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		1,10	-0,6		-0,7
$F_{h\ Wvoile}$						1,70		1,344	2,3
$F_{v\ Wsemelle}$	Semelle :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		0,00	-0,6		0,0
$F_{h\ Wsemelle}$						0,15		1,2	0,2
$F_{v\ Wsol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		-0,15	-2,6		0,4
$F_{h\ Wsol\ talon}$						1,73		5,5	9,5
$F_{v\ Wsol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		1,25	0,0		0,0
$F_{h\ Wsol\ patin}$						0,30		0,0	0,0
$F_{v\ Wsurcharge}$	Poids des surcharges :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		-0,90	-0,1		0,1
$F_{h\ Wsurcharge}$						3,30		0,3	0,9
Total ELU Sismique : (seisme pesant)	$1,00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1,00*(P_{ah}+P_{av})+1,00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1,00*A_{ED}$						**135,3**	**37,4**	**55,7**
Total ELU Sismique : (seisme allègeant)	$1,00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1,00*(P_{ah}+P_{av})+1,00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1,00*A_{ED}$						**122,9**	**35,9**	**53,1**

Données

Titre du projet : MUR M2

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : M2 Tassement rue Zoccola (Cas1)

Mode de définition : Par couches de sol

Tassement : Tassement 3D

Toit de la première couche (m) : 13,42

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Pente-x	Pente-y	n
1	Remblai		11,10	0,00	0,00	10
2	Alluvionsfines		6,60	0,00	0,00	10
3	ALT Sub		3,30	0,00	0,00	10
4	Sub Stampien		0,00	0,00	0,00	10

Contrainte verticale effective appliquée au toit de la première couche σv0' (kPa) : 0,00

Cote de la nappe Zw (m) : 3,30

Poids volumique de l'eau γw (kN/m3) : 10,00

Comportement des couches

N°	Nom	Loi de comportement	γ	Esol	v	EM	Type de sol	k0	Cαe/(1+e0)	ε0	t0 (jour)	Cs/(1+e0)	tc	Cc/(1+e0)
1	Remblai	Élastique linéaire	18,0	8,00E03	0,30	-	-	-	-	-	-	-		
2	Alluvionsfines	Élastique linéaire	18,0	4,48E03	0,30	-	-	-	-	-	-	-		
3	ALT Sub	Élastique linéaire	20,0	2,54E04	0,30	-	-	-	-	-	-	-		
4	Sub Stampien	Élastique linéaire	23,0	1,20E05	0,30	-	-	-	-	-	-	-		

Chargement extérieur - Rectangle

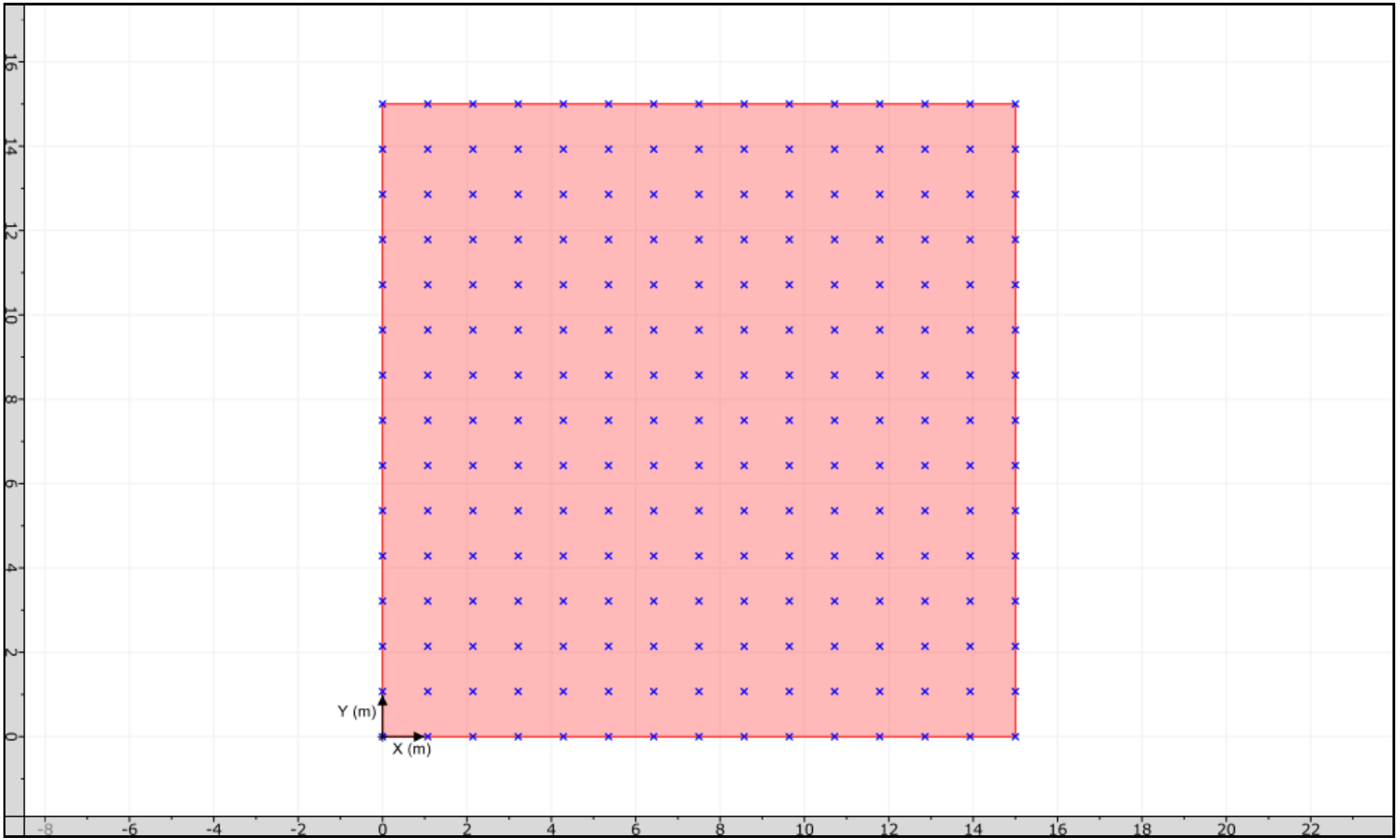
N°	Q	Z	X	Y	B	L	θ
1	42,30	13,42	0,00	0,00	15,00	15,00	0,0

Prise en compte de la consolidation : Non

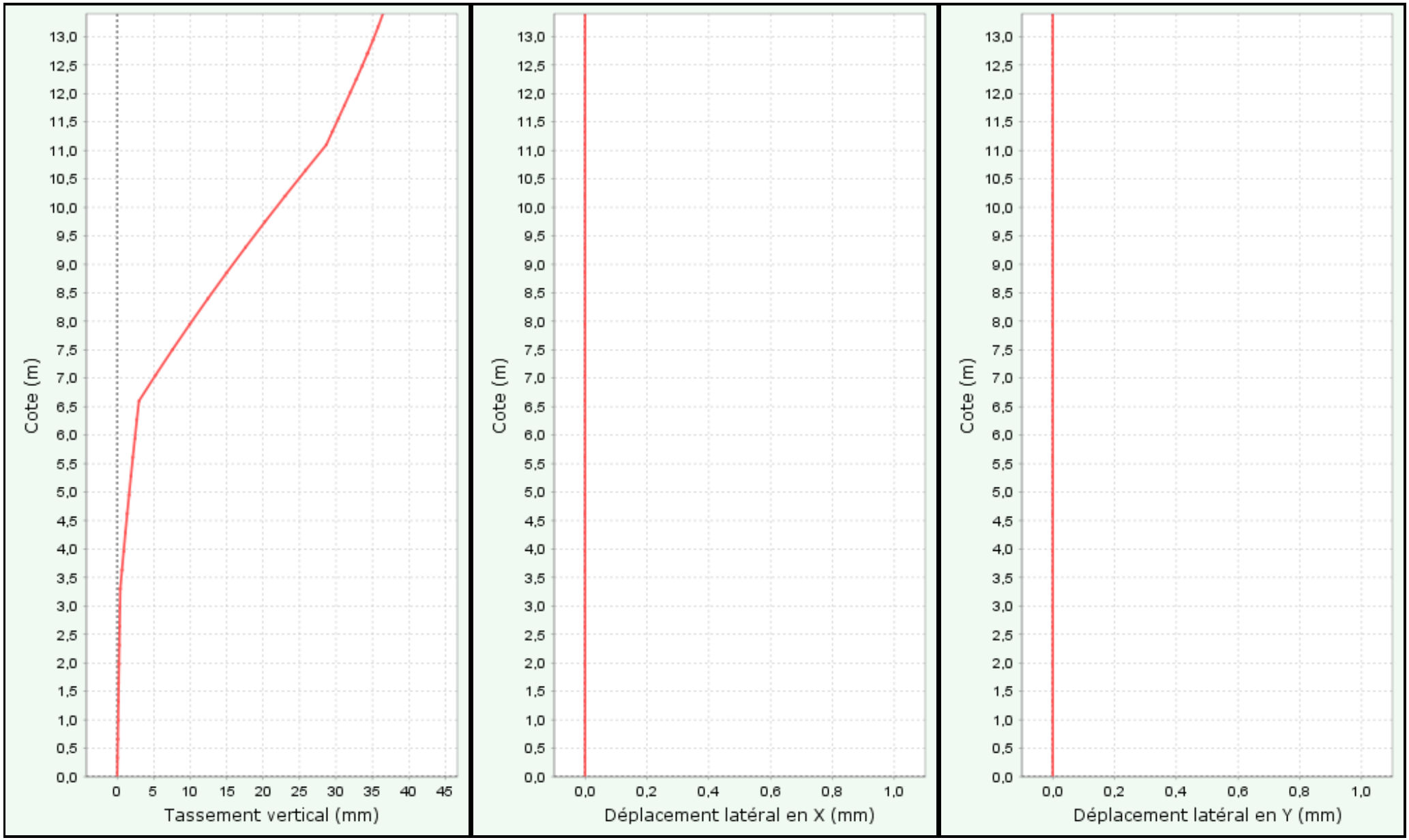
Table des points de calcul (1/6)

N°	Xp	Yp	Zp	Groupe
1	0,00	0,00	12,72	1
2	0,00	1,07	12,72	1
3	0,00	2,14	12,72	1
4	0,00	3,21	12,72	1
5	0,00	4,29	12,72	1
6	0,00	5,36	12,72	1
7	0,00	6,43	12,72	1
8	0,00	7,50	12,72	1
9	0,00	8,57	12,72	1
10	0,00	9,64	12,72	1
11	0,00	10,71	12,72	1
12	0,00	11,79	12,72	1
13	0,00	12,86	12,72	1
14	0,00	13,93	12,72	1
15	0,00	15,00	12,72	1
16	1,07	0,00	12,72	1
17	1,07	1,07	12,72	1
18	1,07	2,14	12,72	1
19	1,07	3,21	12,72	1
20	1,07	4,29	12,72	1
21	1,07	5,36	12,72	1
22	1,07	6,43	12,72	1
23	1,07	7,50	12,72	1
24	1,07	8,57	12,72	1
25	1,07	9,64	12,72	1
26	1,07	10,71	12,72	1
27	1,07	11,79	12,72	1
28	1,07	12,86	12,72	1
29	1,07	13,93	12,72	1
30	1,07	15,00	12,72	1
31	2,14	0,00	12,72	1
32	2,14	1,07	12,72	1
33	2,14	2,14	12,72	1
34	2,14	3,21	12,72	1
35	2,14	4,29	12,72	1
36	2,14	5,36	12,72	1
37	2,14	6,43	12,72	1
38	2,14	7,50	12,72	1

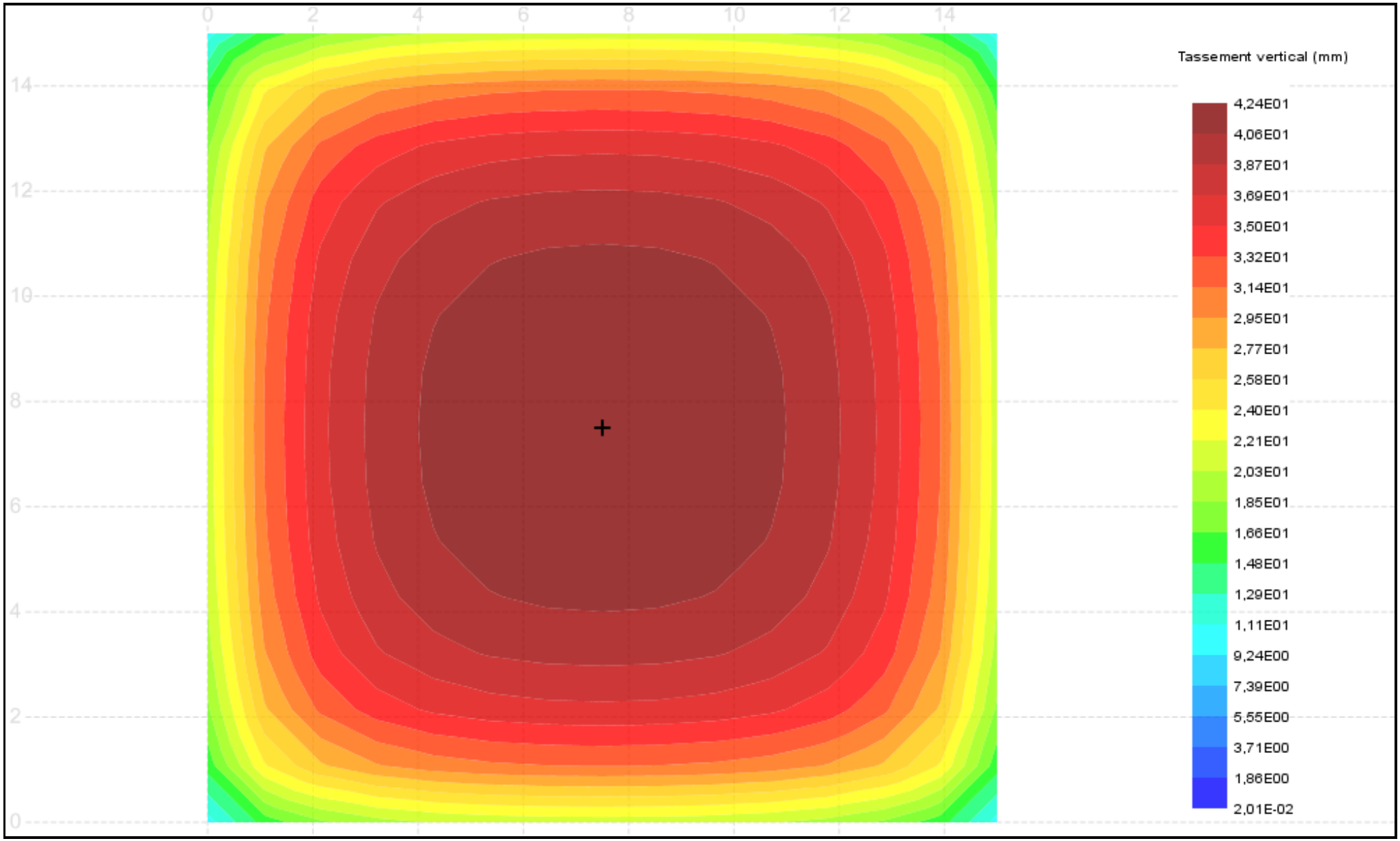
Onglet "Paramètres généraux"



Déplacements au point 38 (2,14;7,50;12,72)



Isovaleurs / Z=13,40 m / Tassement vertical (mm)



GEOTEC FRANCE

Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8

Référence ISO:	OUING06				
Révision :	v6				
Développé par :	Jonathan ROT				
Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	22/07/2024	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M3

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)
Renversement	✓ 74%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 11%	✓ 11%
Capacité portante	✓ 15%	✓ 19%	✓ 19%	✓ 20%	✓ 20%	✓ 16%	✓ 16%
Glissement	✓ 49%	✓ 51%	✓ 51%	✓ 69%	✓ 69%	✓ 60%	✓ 60%

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° — *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

DONNEES D'ENTREE

Semelle :

Largeur semelle	B	1,40 m
Patin arrière (talon)	P_{ar}	1,10 m
Patin avant (patin)	P_{av}	0,00 m
Hauteur semelle	h_s	0,30 m
Hauteur terre sur patin avant	$h_{sol\ avant}$	0,00 m
Hauteur terre sur patin arrière	$h_{sol\ arrière}$	1,48 m
Coulée en place		oui

Voile :

Hauteur totale	h_t	1,98 m
Epaisseur voile	e_v	0,30 m
Hauteur voile	h_v	1,68 m
Poids volumique du mur		25 kN/m3

Sol assise :

Angle de frottement du sol d'assise	30°
Type de sol (NF P 94 281)	Sables et graves
Type de sol (NF EN 1998-5)	Argile non sensible
Comportement	Intermédiaire
Pression limite nette Pl_e^*	0,96 MPa
Cohésion à long terme, c'	10 kPa
Cohésion à court terme, c_u	10 kPa
Poids volumique du sol d'assise	20 kN/m3
Profondeur assise /TN	0,60 m
Profondeur assise /Terrain fini	0,60 m
Hauteur encastrement equivalente	0,30 m
Facteur de portance Kp	1,11

Remblai arrière :

Poids volumique du remblai arrière	20 kN/m3
Angle de frottement du remblai arrière	35,0°
Pente du remblai sur l'horizontale β	0,0°

Surcharge :

Intensité de la charge répartie à l'arrière	20 kPa/ml
Caractéristique de la charge répartie	Variable
Distance de la charge à la tête du mur	1,50 m
Largeur de la bande chargée	20,00 m

Terrain aval en pente :

Présence d'un talus ?	non

DESCENTE DE CHARGES (au centre et en base de la semelle)

		b (m)	h (m)	ep m)	γ (kN/m3)	e (m)	V (kN/ml)	H (kN/ml)	M (kN.m/ml)
W_{voile}	Voile :	1,00	1,68	0,30	25,0	0,55	12,6	0,0	6,9
$W_{semelle}$	Semelle :	1,00	0,30	1,40	25,0	0,00	10,5	0,0	0,0
$W_{sol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	1,00	1,48	1,10	20,0	-0,15	32,6	0,0	-4,9
$W_{sol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	1,00	0,00	0,00	20,0	0,70	0,0	0,0	0,0
P_{ay}	Poussée des terres :	1,00	1,78	Kaγ : 0,271	20,0		0,0	8,6	0,0
$P_{ayh\ sol}$	Poussée des terres (horizontale) :	1,00	1,78	Kaγ : 0,271	20,0	0,59	0,0	8,6	5,1
$P_{ayv\ sol}$	Poussée des terres (verticale) :	1,00	1,78		20,0	-0,70	0,0	0,0	0,0
P_{aq}	Poussée des surcharges :	1,00	1,78	Kaq : 0,251	20 kPa		0,0	7,3	0,0
$P_{aqh\ surcharge}$	Poussée des surcharges (horizontale):	1,00	1,78	Kaq : 0,251	20 kPa	0,89	0,0	7,3	5,5
$P_{aqv\ surcharge}$	Poussée des surcharges (verticale):	1,00	1,78		20 kPa	-0,15	0,0	0,0	0,0
$Q_{surcharge}$	Poids des surcharges sur patin arrière (talon) :	1,00	-0,40		20 kPa	-0,90	0,0	0,0	0,0

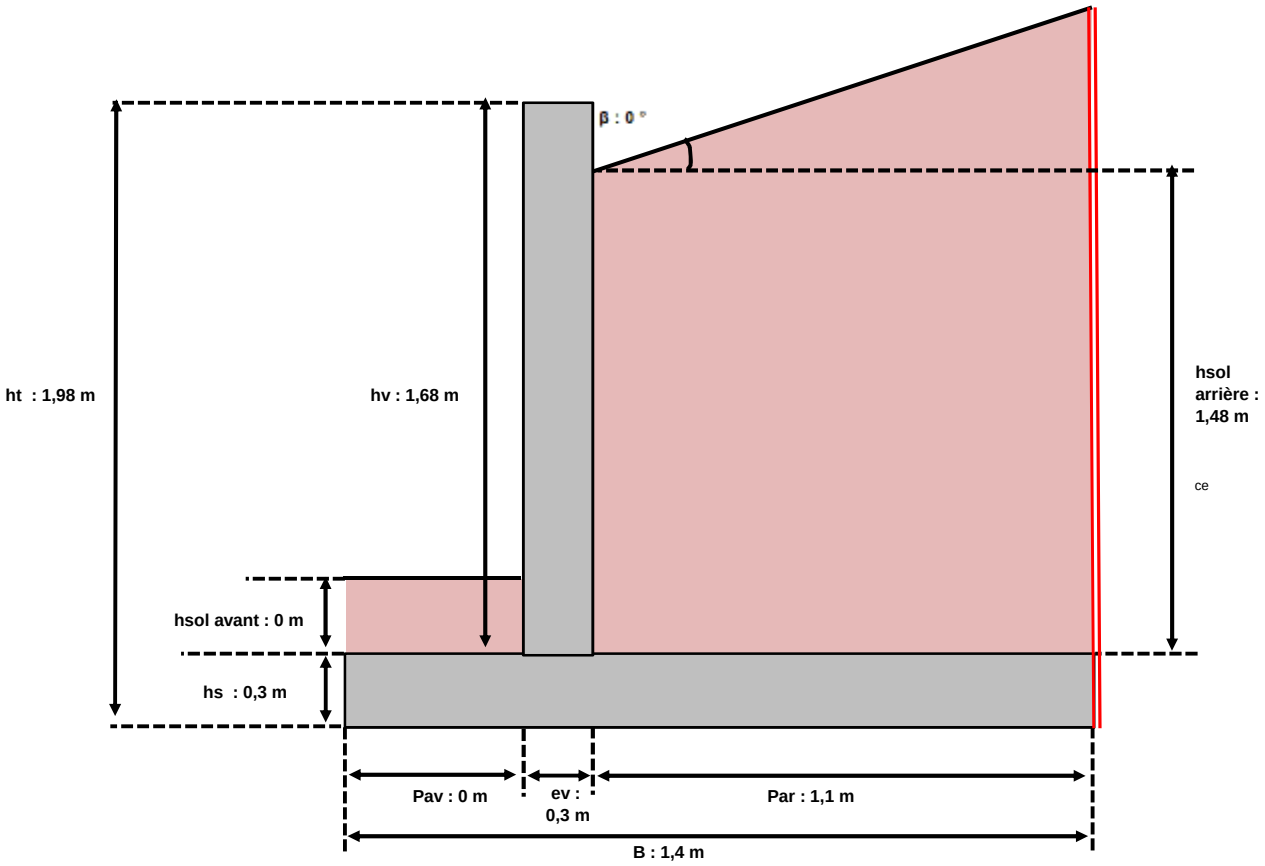
		V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
Total ELS : (Cara, Freq et QP)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**15,9**	**12,6**
Total ELU 1 : (max. + surcharge défavorable)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**75,1**	**22,5**	**17,8**
Total ELU 2 : (max + surchage fav.)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**75,1**	**22,5**	**17,8**
Total ELU 3 : (poids fav. + poussée et surch. déf.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**22,5**	**17,1**
Total ELU 4 : (poids fav. + poussée et surch. fav.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,00/0,00*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**22,5**	**17,1**
Total ELU 5 : (min. + surch. défavorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**19,5**	**15,3**
Total ELU 6 : (min. + surch. favorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ah}+P_{av})+1,0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**19,5**	**15,3**

VERIFICATION GEO

Sollicitations		$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1	ELU 2	ELU 3	ELU4	ELU 5	ELU 6
V_d	(kN/ml)	55,7	75,1	75,1	55,7	55,7	55,7	55,7
H_d	(kN/ml)	15,9	22,5	22,5	22,5	22,5	19,5	19,5
M_d	(kN.m/ml)	12,6	17,8	17,8	17,1	17,1	15,3	15,3
Renversement								
e = M / V	(m)	0,23	0,24	0,24	0,31	0,31	0,28	0,28
Critère :	(1 - 2e/B)	0,68	0,66	0,66	0,56	0,56	0,61	0,61
Limite	(-)	1/2	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15
Vérif?		✓ 74%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 11%	✓ 11%
Capacité portante								
A'	(m^2/ml)	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
δ		15,9 °	16,7 °	16,7 °	22,0 °	22,0 °	19,3 °	19,3 °
iδ		0,58	0,45	0,45	0,32	0,32	0,38	0,38
iβ		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\gamma_{R;d;v}$		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$		2,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
q_{net}	(kPa)	616	476	476	341	341	406	406
q_{min}	(kPa)	1	-1	-1	-13	-13	-7	-7
q_{max}	(kPa)	78	108	108	92	92	87	87
$R_{v,d}$	(kN/ml)	254	315	315	191	191	246	246
R_0	(kN/ml)	17	17	17	17	17	17	17
$R_{v,d} > V_d - R_0$?		✓ 15%	✓ 19%	✓ 19%	✓ 20%	✓ 20%	✓ 16%	✓ 16%
Glissement								
$R_{h,d}$	(kN/ml)	32	44	44	32	32	32	32
$\gamma_{R;d;h}$		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$\gamma_{R;h}$		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$R_{h,d} > H_d$?		✓ 49%	✓ 51%	✓ 51%	✓ 69%	✓ 69%	✓ 60%	✓ 60%

GEOTEC FRANCE	**Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8**				Référence ISO:	OUING06
					Révision :	v5
					Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JR	Date du calcul :	28/01/2019	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M3



GEOTEC FRANCE	**Justification d'un mur de soutènement :**	**Référence ISO:**	**OUING06**
		Révision :	**v5**
	Assistant pour la prise en compte des effets sismiques	**Développé par :**	**Thomas BONNET et Jonathan ROT**
		Vérifié par :	**DTS**

1. Détermination de l'accélération maxiamle de référence pour un sol de type rocheux selon la zone de sismicité (a_{gr}) :

Zone de simicité 2 (faible) → a_{gr} = *0,7 m/s²*

2. Détermination du coefficient d'importance de l'ouvrage selon la catégorie d'importance (γ_1) :

Catégorie d'importance II → γ_1 = *1,00*

On obtient alors l'accélération horizontale de calcul $a_g = a_{gr} * \gamma_1$ Soit : a_g = *0,7 m/s²*

3. Correction liée à la classe de sol et à la zone sismique (S) :

Classe de sol E → S = *1,80*

4. Correction liée à la topographie du site (ST) :

- Inclinaison moyenne de la pente ? < 15%

→ ST = *1,00*

5. Coefficient minorateur de dissipation lié au déplacement possible de l'ouvrage (r) :

Mur poids pouvant accepter un déplacement jusqu'à dr=38,5mm → r = 2

On obtient donc :

Coefficient sismique horizontal (Kh) =	0,064
Coefficient sismique vertical (Kv) =	0,032

GEOTEC FRANCE

Justification d'un mur de soutènement selon l'EC7 (Approche 2) et l'EC8

Référence ISO:	OUING06
Révision :	v6
Développé par :	Jonathan ROT
Vérifié par :	DTS

Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	22/07/2024

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE
Projet : Gèze - Rue Zoccola PEM
Ouvrage : Mur M3 sis

RESUME RESULTATS

	$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1 (max + surch. déf.)	ELU 2 (max + surch. fav.)	ELU 3 (poids fav. + poussée et surch. déf.)	ELU 4 (poids et surch. fav. + poussée déf.)	ELU 5 (min + poussée déf.)	ELU 6 (min + poussée fav.)	ELA (descendant / pesant)	ELA (ascendant / allègeant)
Renversement	✓ 65%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	ok	ok
Capacité portante	✓ 11%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 8%	✓ 8%	ok	ok
Glissement	✓ 33%	✓ 34%	✓ 34%	✓ 46%	✓ 46%	✓ 37%	✓ 37%	✓ 59%	✓ 60%

Inclinaison de la poussée statique des sols sur l'écran fictif vertical : 0° — *Inclinaison de la poussée statique des surcharges sur l'écran fictif vertical : 11,6°*

DONNEES D'ENTREE

Semelle :

Largeur semelle	B	1,40 m
Patin arrière (talon)	P_{ar}	1,10 m
Patin avant (patin)	P_{av}	0,00 m
Hauteur semelle	h_s	0,30 m
Hauteur terre sur patin avant	$h_{sol\ avant}$	0,00 m
Hauteur terre sur patin arrière	$h_{sol\ arrière}$	1,48 m
Coulée en place		oui

Voile :

Hauteur totale	h_t	1,98 m
Epaisseur voile	e_v	0,30 m
Hauteur voile	h_v	1,68 m
Poids volumique du mur		25 kN/m3

Sol assise :

Angle de frottement du sol d'assise	30°
Type de sol (NF P 94 281)	Sables et graves
Type de sol (NF EN 1998-5)	Argile non sensible
Comportement	Intermédiaire
Pression limite nette Pl_e^*	0,96 MPa
Cohésion à long terme, c'	10 kPa
Cohésion à court terme, c_u	10 kPa
Poids volumique du sol d'assise	20 kN/m3
Profondeur assise /TN	0,60 m
Profondeur assise /Terrain fini	0,60 m
Hauteur encastrement equivalente	0,30 m
Facteur de portance Kp	1,11

Remblai arrière :

Poids volumique du remblai arrière	20 kN/m3
Angle de frottement du remblai arrière	35,0°
Pente du remblai sur l'horizontale β	0,0°

Surcharge :

Intensité de la charge répartie à l'arrière	6 kPa/ml
Caractéristique de la charge répartie	Variable
Distance de la charge à la tête du mur	1,50 m
Largeur de la bande chargée	20,00 m

Terrain aval en pente :

Présence d'un talus ?	non

DESCENTE DE CHARGES (au centre et en base de la semelle)

		b (m)	h (m)	ep m)	γ (kN/m3)	e (m)	V (kN/ml)	H (kN/ml)	M (kN.m/ml)
W_{voile}	Voile :	1,00	1,68	0,30	25,0	0,55	12,6	0,0	6,9
$W_{semelle}$	Semelle :	1,00	0,30	1,40	25,0	0,00	10,5	0,0	0,0
$W_{sol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	1,00	1,48	1,10	20,0	-0,15	32,6	0,0	-4,9
$W_{sol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	1,00	0,00	0,00	20,0	0,70	0,0	0,0	0,0
P_{ay}	Poussée des terres :	1,00	1,78	Kaγ : 0,271	20,0		0,0	8,6	0,0
$P_{ayh\ sol}$	Poussée des terres (horizontale) :	1,00	1,78	Kaγ : 0,271	20,0	0,59	0,0	8,6	5,1
$P_{ayv\ sol}$	Poussée des terres (verticale) :	1,00	1,78		20,0	-0,70	0,0	0,0	0,0
P_{aq}	Poussée des surcharges :	1,00	1,78	Kaq : 0,251	6 kPa		0,0	2,2	0,0
$P_{aqh\ surcharge}$	Poussée des surcharges (horizontale):	1,00	1,78	Kaq : 0,251	6 kPa	0,89	0,0	2,2	1,6
$P_{aqv\ surcharge}$	Poussée des surcharges (verticale):	1,00	1,78		6 kPa	-0,15	0,0	0,0	0,0
$Q_{surcharge}$	Poids des surcharges sur patin arrière (talon) :	1,00	-0,40		6 kPa	-0,90	0,0	0,0	0,0

		V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
Total ELS : (Cara, Freq et QP)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**10,8**	**8,8**
Total ELU 1 : (max. + surcharge défavorable)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**75,1**	**14,9**	**12,1**
Total ELU 2 : (max + surchage fav.)	$1,35*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**75,1**	**14,9**	**12,1**
Total ELU 3 : (poids fav. + poussée et surch. déf.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**14,9**	**11,4**
Total ELU 4 : (poids fav. + poussée et surch. fav.)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,35*(P_{ayh}+P_{ayv})+1,00/0,00*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**14,9**	**11,4**
Total ELU 5 : (min. + surch. défavorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ayh}+P_{ayv})+1.35/1,5*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**11,9**	**9,6**
Total ELU 6 : (min. + surch. favorable)	$1,0*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+(1,0/0,0)*Q)+1,0*(P_{ah}+P_{av})+1,0/0,0*(P_{aqh}+P_{aqv})$	**55,7**	**11,9**	**9,6**

VERIFICATION GEO

Sollicitations		$ELS_{QP/CARA/FREQ}$	ELU 1	ELU 2	ELU 3	ELU4	ELU 5	ELU 6
V_d	(kN/ml)	55,7	75,1	75,1	55,7	55,7	55,7	55,7
H_d	(kN/ml)	10,8	14,9	14,9	14,9	14,9	11,9	11,9
M_d	(kN.m/ml)	8,8	12,1	12,1	11,4	11,4	9,6	9,6
Renversement								
e = M / V	(m)	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20	0,17	0,17
Critère :	(1 - 2e/B)	0,77	0,77	0,77	0,71	0,71	0,75	0,75
Limite	(-)	1/2	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15
Vérif?		✓ 65%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%	✓ 9%
Capacité portante								
A'	(m^2/ml)	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
δ		11,0 °	11,2 °	11,2 °	15,0 °	15,0 °	12,0 °	12,0 °
iδ		0,72	0,60	0,60	0,49	0,49	0,58	0,58
iβ		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\gamma_{R;d;v}$		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$		2,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
q_{net}	(kPa)	764	642	642	526	526	615	615
q_{min}	(kPa)	13	17	17	5	5	10	10
q_{max}	(kPa)	67	91	91	75	75	69	69
$R_{v,d}$	(kN/ml)	360	494	494	372	372	463	463
R_0	(kN/ml)	17	17	17	17	17	17	17
$R_{v,d} > V_d - R_0$?		✓ 11%	✓ 12%	✓ 12%	✓ 10%	✓ 10%	✓ 8%	✓ 8%
Glissement								
$R_{h,d}$	(kN/ml)	32	44	44	32	32	32	32
$\gamma_{R;d;h}$		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$\gamma_{R;h}$		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$R_{h,d} > H_d$?		✓ 33%	✓ 34%	✓ 34%	✓ 46%	✓ 46%	✓ 37%	✓ 37%

Sollicitations	ELUsis (pesant)	ELUsis (all.)
V_d	58,3	54,8
H_d	18,1	17,4
M_d	15,2	14,4
Renversement		
$\bar{N}$	0,0521	0,0489
$(1-m\bar{F})^{k'}$	0,950	0,950
Vérif ?	ok	ok
Capacité portante		
A' (m^2/ml)	1,4	1,4
$\gamma_{R;d}$	1,00	1,00
$\gamma_{R;d;v}$	1,0	1,0
$\gamma_{R;v}$	1,2	1,2
q_{net} (kPa)	960	960
N_{max} (kN)	1 120	1 120
$\bar{N}$	0,0521	0,0489
$\bar{V}$	0,0162	0,0155
$\bar{M}$	0,009677	0,009156
$\bar{F}$	0,127	0,127
Formule F.1 EC8-5	✓ -0,018	✓ -0,017
Glissement		
$F_{R,d}$ (kN/ml)	26,9	25,3
K_{pd}	2,804	2,797
E_{pd} (kN/ml)	3,6	3,6
$F_{R,d} + E_{pd} > V_{Ed}$	✓ 59%	✓ 60%

VERIFICATION SISMIQUE

Détermination de la poussée dynamique des terres ($1/2.\gamma.(1+/-Kv).K_{ad}^{+}.H^2$) :				Séisme descendant (pesant)			V_d (kN/ml)	H_d (kN/ml)	M_d (kN.m/ml)
E_d^{+}	Poussée dynamique globale	1,00	1,78	Kad+ : 0,38	20,0	3,5°		12,4	
$E_{d\ h}^{+}$	Poussée dynamique globale (horizontale)							12,4	
$E_{d\ v}^{+}$	Poussée dynamique globale (verticale)						0,8		
$F_{a,dyn\ h}^{+}$	Incrément dynamique (horizontal)					0,89		3,8	3,4
$F_{a,dyn\ v}^{+}$	Incrément dynamique (vertical)					-0,70	0,8		-0,5
				Séisme ascendant (allègeant)					
E_d^{-}	Poussée dynamique globale	1,00	1,78	Kad- : 0,38	20,0	3,8°		11,7	
$E_{d\ h}^{-}$	Poussée dynamique globale (horizontale)							11,6	
$E_{d\ v}^{-}$	Poussée dynamique globale (verticale)						0,8		
	Incrément dynamique (horizontal)					0,89		3,0	2,7
$F_{a,dyn\ v}^{+}$	Incrément dynamique (vertical)					-0,70	0,8		-0,5
Détermination des efforts d'inertie sismique du sol et du mur :				**Séisme descendant (pesant)**					
$F_{v\ Wvoile}$	voile :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		0,55	0,4		0,2
$F_{h\ Wvoile}$				Kh : 0,064		1,14		0,8064	0,9
$F_{v\ Wsemelle}$	Semelle :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		0,00	0,4		0,0
$F_{h\ Wsemelle}$				Kh : 0,064		0,15		0,7	0,1
$F_{v\ Wsol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		-0,15	1,1		-0,2
$F_{h\ Wsol\ talon}$				Kh : 0,064		1,17		2,1	2,4
$F_{v\ Wsol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		0,70	0,0		0,0
$F_{h\ Wsol\ patin}$				Kh : 0,064		0,30		0,0	0,0
$F_{v\ Wsurcharge}$	Poids des surcharges :	θ+ :3,5°		Kv : + 0,032		-0,90	0,0		0,0
$F_{h\ Wsurcharge}$				Kh : 0,064		2,18		0,0	0,0
Détermination des efforts d'inertie sismique du sol et du mur :				**Séisme ascendant (allègeant)**					
$F_{v\ Wvoile}$	voile :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		0,55	-0,4		-0,2
$F_{h\ Wvoile}$						1,14		0,8064	0,9
$F_{v\ Wsemelle}$	Semelle :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		0,00	-0,3		0,0
$F_{h\ Wsemelle}$						0,15		0,7	0,1
$F_{v\ Wsol\ talon}$	Poids des terres sur patin arrière (talon) :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		-0,15	-1,0		0,1
$F_{h\ Wsol\ talon}$						1,17		2,1	2,4
$F_{v\ Wsol\ patin}$	Poids des terres sur patin avant :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		0,70	0,0		0,0
$F_{h\ Wsol\ patin}$						0,30		0,0	0,0
$F_{v\ Wsurcharge}$	Poids des surcharges :	θ+ :3,8°		Kv : - 0,032		-0,90	0,0		0,0
$F_{h\ Wsurcharge}$						2,18		0,0	0,0
Total ELU Sismique : (seisme pesant)	$1,00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1,00*(P_{ah}+P_{av})+1,00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1,00*A_{ED}$						**58,3**	**18,1**	**15,2**
Total ELU Sismique : (seisme allègeant)	$1,00*(W_{voile}+W_{semelle}+W_{sol\ talon}+W_{sol\ patin}+Q)+1,00*(P_{ah}+P_{av})+1,00*(P_{aqh}+P_{aqv})+1,00*A_{ED}$						**54,8**	**17,4**	**14,4**

Données

Titre du projet : MUR M2

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : M3 Tassement rue Zoccola (Cas1)

Mode de définition : Par couches de sol

Tassement : Tassement 3D

Toit de la première couche (m) : 13,52

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Pente-x	Pente-y	n
1	Remblai		11,10	0,00	0,00	10
2	Alluvionsfines		6,60	0,00	0,00	10
3	ALT Sub		3,30	0,00	0,00	10
4	Sub Stampien		0,00	0,00	0,00	10

Contrainte verticale effective appliquée au toit de la première couche σv0' (kPa) : 0,00

Cote de la nappe Zw (m) : 3,30

Poids volumique de l'eau γw (kN/m3) : 10,00

Comportement des couches

N°	Nom	Loi de comportement	γ	Esol	v	EM	Type de sol	k0	Cαe/(1+e0)	ε0	t0 (jour)	Cs/(1+e0)	tc	Cc/(1+e0)
1	Remblai	Élastique linéaire	18,0	8,00E03	0,30	-	-	-	-	-	-	-		
2	Alluvionsfines	Élastique linéaire	18,0	4,48E03	0,30	-	-	-	-	-	-	-		
3	ALT Sub	Élastique linéaire	20,0	2,54E04	0,30	-	-	-	-	-	-	-		
4	Sub Stampien	Élastique linéaire	23,0	1,20E05	0,30	-	-	-	-	-	-	-		

Chargement extérieur - Rectangle

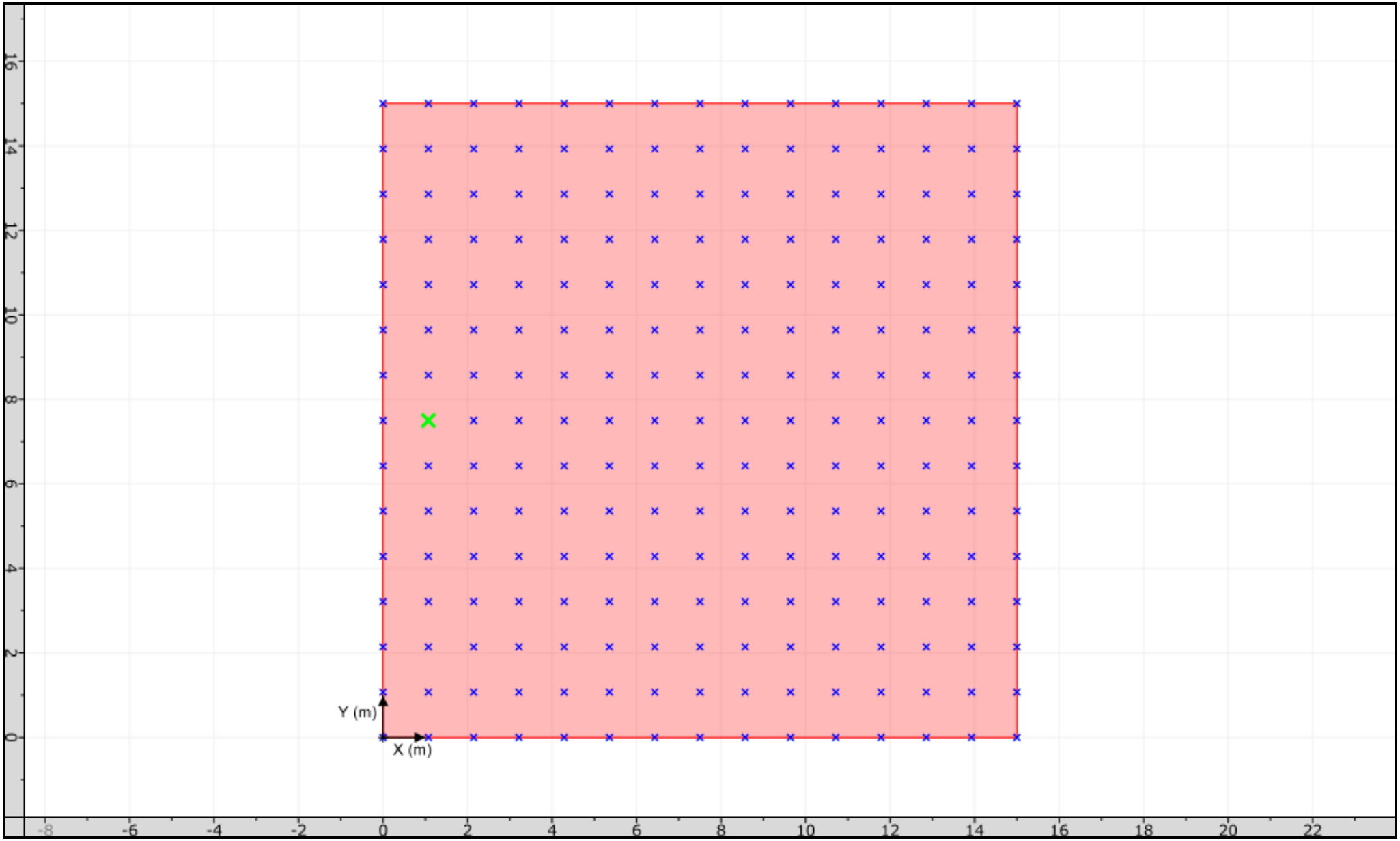
N°	Q	Z	X	Y	B	L	θ
1	29,60	13,52	0,00	0,00	15,00	15,00	0,0

Prise en compte de la consolidation : Non

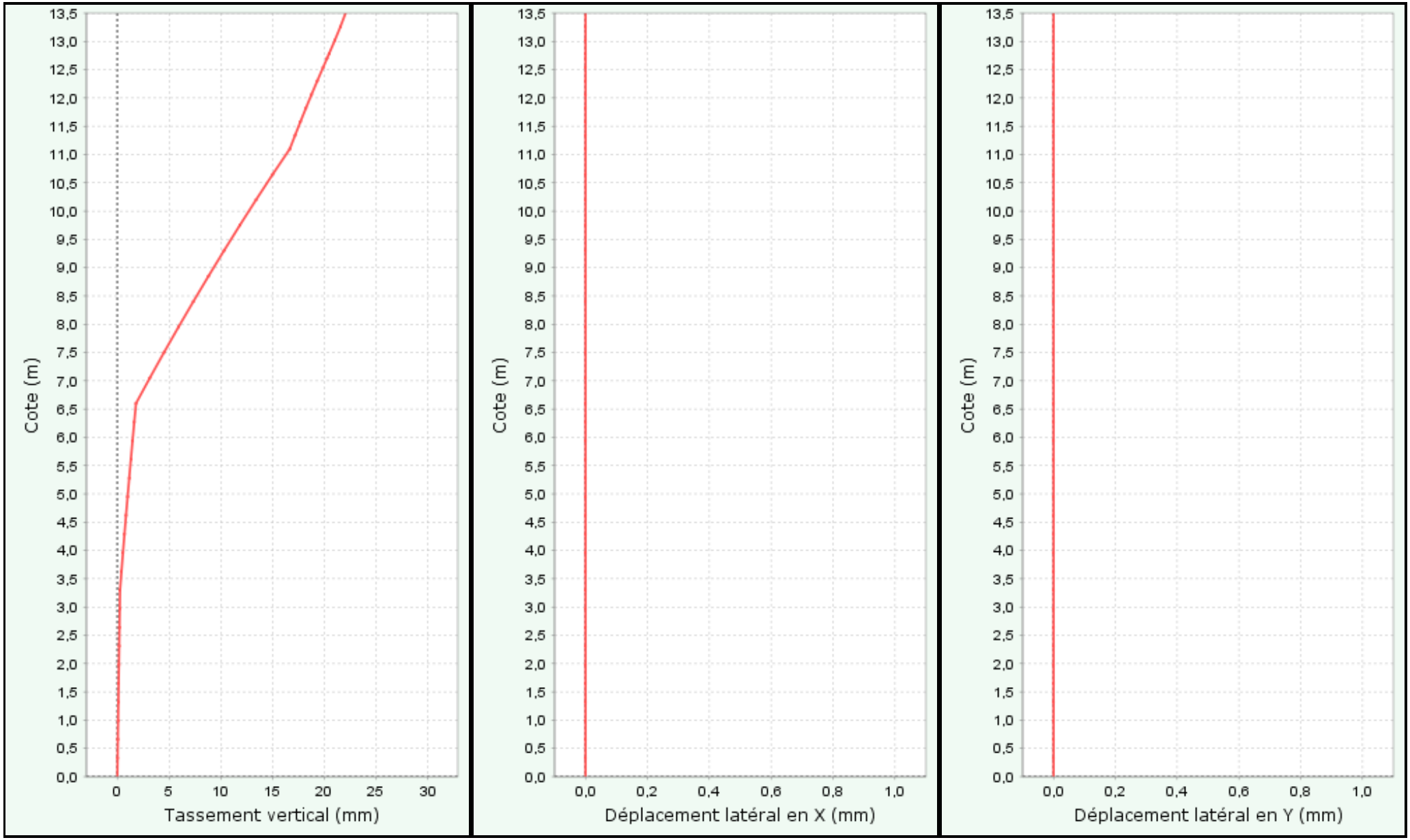
Table des points de calcul (1/6)

N°	Xp	Yp	Zp	Groupe
1	0,00	0,00	12,72	1
2	0,00	1,07	12,72	1
3	0,00	2,14	12,72	1
4	0,00	3,21	12,72	1
5	0,00	4,29	12,72	1
6	0,00	5,36	12,72	1
7	0,00	6,43	12,72	1
8	0,00	7,50	12,72	1
9	0,00	8,57	12,72	1
10	0,00	9,64	12,72	1
11	0,00	10,71	12,72	1
12	0,00	11,79	12,72	1
13	0,00	12,86	12,72	1
14	0,00	13,93	12,72	1
15	0,00	15,00	12,72	1
16	1,07	0,00	12,72	1
17	1,07	1,07	12,72	1
18	1,07	2,14	12,72	1
19	1,07	3,21	12,72	1
20	1,07	4,29	12,72	1
21	1,07	5,36	12,72	1
22	1,07	6,43	12,72	1
23	1,07	7,50	12,72	1
24	1,07	8,57	12,72	1
25	1,07	9,64	12,72	1
26	1,07	10,71	12,72	1
27	1,07	11,79	12,72	1
28	1,07	12,86	12,72	1
29	1,07	13,93	12,72	1
30	1,07	15,00	12,72	1
31	2,14	0,00	12,72	1
32	2,14	1,07	12,72	1
33	2,14	2,14	12,72	1
34	2,14	3,21	12,72	1
35	2,14	4,29	12,72	1
36	2,14	5,36	12,72	1
37	2,14	6,43	12,72	1
38	2,14	7,50	12,72	1

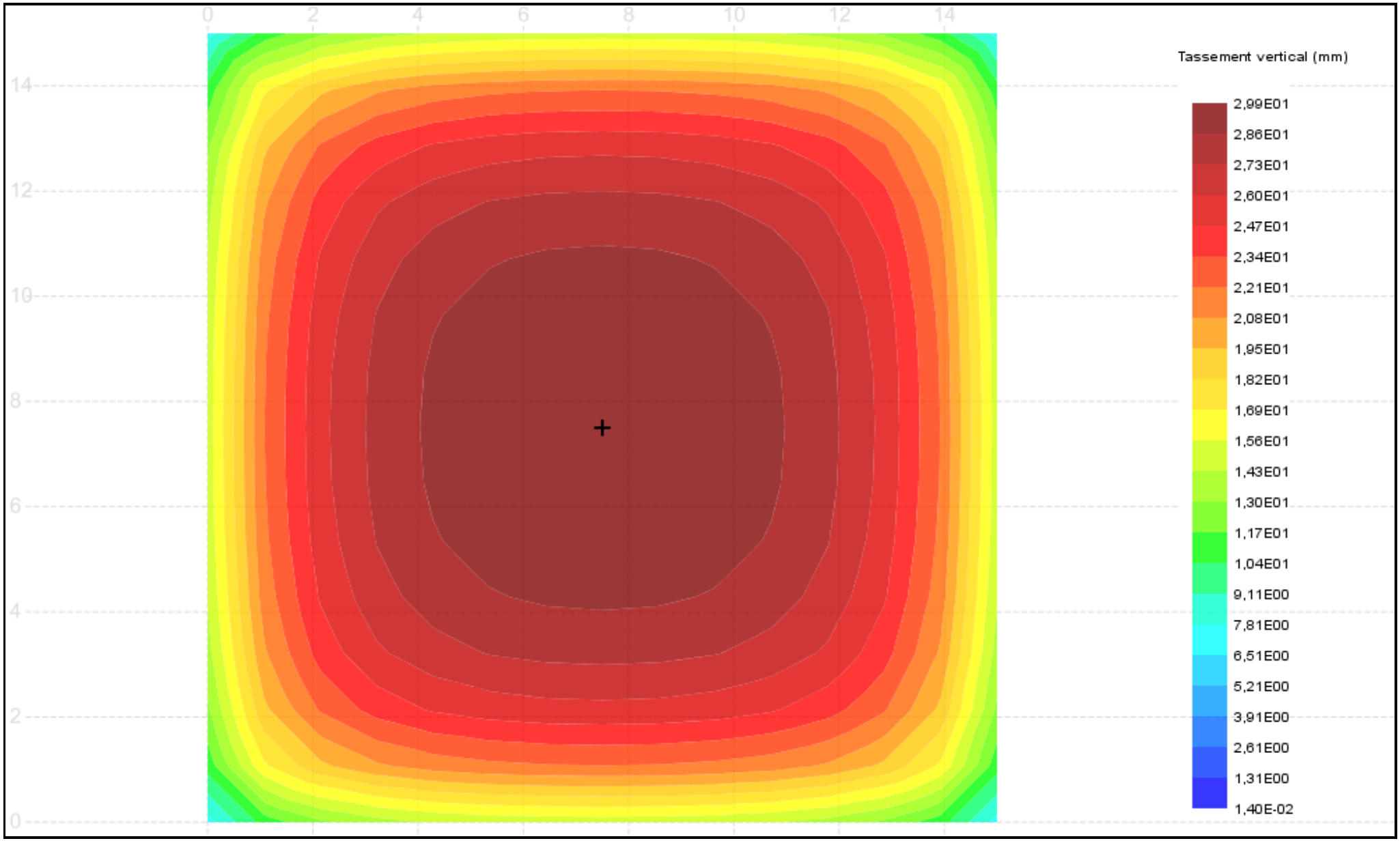
Onglet "Calcul"



Déplacements au point 23 (1,07;7,50;12,72)



Isovaleurs / Z=13,50 m / Tassement vertical (mm)



Place Gèze - Marseille - Galerie d'accès au PEM

		QP	QP	QP		QP	QP		cara	cara	cara		cara	cara	
		N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad	N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad
Nord	Nmax Cas 1	260,60	-62,57	4,62	62,74	-5,91	-66,31	66,57	260,60	-62,57	4,62	62,74	-5,91	-66,31	66,57
Nord	Nmin Cas 2	-62,72	-113,20	8,22	113,50	-9,12	-120,50	120,84	-199,64	-175,90	10,46	176,21	-11,59	-186,64	187,00
Nord	Vtmax Cas 3	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32
Nord	Vtmin Cas 4	117,63	-124,62	8,50	124,91	-10,09	-133,06	133,44	19,10	-184,46	10,76	184,77	-12,54	-196,94	197,34
Nord	Vlmax Cas 5	-25,88	-120,35	8,50	120,65	-9,93	-127,80	128,19	-166,14	-177,59	11,13	177,94	-13,16	-188,42	188,88
Nord	Vlmin Cas 6	137,87	-55,29	3,96	55,43	-4,34	-58,31	58,47	137,87	-55,29	3,96	55,43	-4,34	-58,31	58,47
Nord	MN/Smax Cas 7	-12,06	-87,69	3,87	87,78	-4,32	-92,91	93,01	-12,06	-87,69	3,87	87,78	-4,32	-92,91	93,01
Nord	MN/Smin Cas 8	529,19	-85,40	9,04	85,88	-10,09	-90,70	91,26	-166,14	-177,59	11,13	177,94	-13,16	-188,42	188,88
Nord	ME/Omax Cas 9	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32	98,14	-54,99	3,96	55,13	-4,32	-58,16	58,32
Nord	ME/Omin Cas 10	117,63	-124,62	8,50	124,91	-10,09	-133,06	133,44	19,10	-184,46	10,76	184,77	-12,54	-196,94	197,34
MIN		529,19			124,91			133,44	260,60			184,77			197,34
MAX		-62,72			55,13			58,32	-199,64			55,13			58,32

		ELUf	ELUf	ELUf		ELUf	ELUf		ELUs	ELUs	ELUs		ELUs	ELUs	
		N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad	N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad
		282,63	-62,56	4,64	62,73	-5,97	-65,84	66,11	358,15	-29,35	5,03	29,78	-6,48	-30,85	31,52
		-233,59	-204,19	11,62	204,52	-12,84	-216,28	216,66	-166,10	-150,81	7,82	151,01	-8,68	-160,09	160,33
		483,63	-55,02	4,32	55,19	-4,75	-57,72	57,92	177,27	-27,96	4,22	28,28	-4,68	-29,76	30,13
		-8,14	-214,36	11,91	214,69	-13,83	-228,40	228,82	20,08	-157,85	8,09	158,06	-9,52	-168,52	168,79
		-199,33	-206,22	12,36	206,59	-14,58	-218,41	218,90	215,19	-91,39	8,91	91,82	-10,66	-97,61	98,19
		144,56	-55,02	3,93	55,16	-4,28	-57,96	58,12	-0,42	-81,96	3,81	82,05	-4,17	-86,52	86,62
		-1,92	-90,41	3,82	90,49	-4,28	-95,73	95,83	-0,42	-81,96	3,81	82,05	-4,17	-86,52	86,62
		-199,33	-206,22	12,36	206,59	-14,58	-218,41	218,90	215,19	-91,39	8,91	91,82	-10,66	-97,61	98,19
		144,56	-55,02	3,93	55,16	-4,28	-57,96	58,12	250,73	-28,24	4,39	28,58	-5,00	-29,54	29,96
		-8,14	-214,36	11,91	214,69	-13,83	-228,40	228,82	20,08	-157,85	8,09	158,06	-9,52	-168,52	168,79
		483,63			214,69			228,82	358,15			158,06			168,79
		-233,59			55,16			57,92	-166,10			28,28			29,96

		QP	QP	QP		QP	QP		cara	cara	cara		cara	cara	
		N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad	N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad
Sud	Nmax Cas 1	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1092,59	-183,31	13,64	183,82	-15,63	-194,37	195,00
Sud	Nmin Cas 2	473,56	-56,25	4,43	56,42	-4,92	-59,09	59,29	473,56	-56,25	4,43	56,42	-4,92	-59,09	59,29
Sud	Vtmax Cas 3	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49
Sud	Vtmin Cas 4	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1090,07	-183,34	13,65	183,85	-15,65	-194,41	195,04
Sud	Vlmax Cas 5	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1090,07	-183,34	13,65	183,85	-15,65	-194,41	195,04
Sud	Vlmin Cas 6	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
Sud	MN/Smax Cas 7	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49
Sud	MN/Smin Cas 8	-169,85	-161,02	10,75	161,38	-11,9	-170,86	171,27	930,1	-175,94	13,64	176,47	-15,94	-186,75	187,43
Sud	ME/Omax Cas 9	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49	494,89	-54,61	4,24	54,77	-4,6	-57,31	57,49
Sud	ME/Omin Cas 10	828,94	-124,05	10,21	124,47	-11,78	-131,78	132,31	1090,07	-183,34	13,65	183,85	-15,65	-194,41	195,04
MIN		828,94			161,00			171,27	1 092,59			183,85			195,04
MAX		-169,85			27,81			29,06	375,61			27,81			29,06

		ELUf	ELUf	ELUf		ELUf	ELUf		ELUs	ELUs	ELUs		ELUs	ELUs	
		N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad	N	Vt	Vl	Fh quad	MN/S	ME/O	Mquad
		1306,99	-212,93	15,43	213,49	-17,66	-225,2	225,89	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		549,54	-56,21	4,43	56,38	-4,91	-58,73	58,93	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
		576,46	-54,57	4,22	54,73	-4,55	-56,96	57,14	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
		1303,21	-212,96	15,45	213,52	-17,7	-225,27	225,96	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		1126,87	-204,24	15,46	204,82	-18,09	-216,42	217,17	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		177,27	-27,96	4,22	28,28	-4,68	-29,76	30,13	81,81	-57,25	4,07	57,39	-4,53	-60,71	60,88
		84,03	-57,55	4,08	57,69	-4,55	-61,04	61,21	123,43	-56,23	4	56,37	-4,42	-59,36	59,52
		1126,87	-204,24	15,46	204,82	-18,09	-216,42	217,17	791,77	-150,85	10,45	151,21	-12,3	-160,21	160,68
		576,46	-54,57	4,22	54,73	-4,55	-56,96	57,14	375,61	-27,48	4,24	27,81	-4,7	-28,68	29,06
		1303,21	-212,96	15,45	213,52	-17,7	-225,27	225,96	935,9	-156,94	10,48	157,29	-12,09	-166,46	166,90
		1 306,99			213,52			225,96	935,90			157,29			166,90
		84,03			28,28			30,13	81,81			27,81			29,06

Résultats FOXTA :

Mp Nord		ELS qp	ELS car	ELU fond	ELU sis
L = 15,5 m	N max (kN) :	529,19	260,60	483,63	358,15
IGU Dfor = 350 mm	N min (kN) :	-62,72	-199,64	-233,59	-166,10
Tube N560	Tmax (kN) :	124,91	184,77	214,69	158,06
Dext = 244,5 mm	M max (m,kN) :	133,44	197,34	228,82	168,79
Ep = 20 mm	M max ω=0 (kN) (m,kN) :	122,23	235,27	310,33	120,77
Corrosion : 2 x 1,2 mm					

Mp Sud		ELS qp	ELS car	ELU fond	ELU sis
L = 20 m	N max (kN) :	828,94	1 092,59	1 306,99	935,90
IGU Dfor = 350 mm	N min (kN) :	169,85	375,61	84,03	81,81
Tube N560	Tmax (kN) :	161,00	183,85	213,52	157,29
Dext = 244,5 mm	M max (m,kN) :	171,27	195,04	225,96	166,90
Ep = 20 mm	M max ω=0 (kN) (m,kN) :	185,1	233,22	307,07	119,72
Corrosion : 2 x 1,2 mm					

Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELS qp (Cas5)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

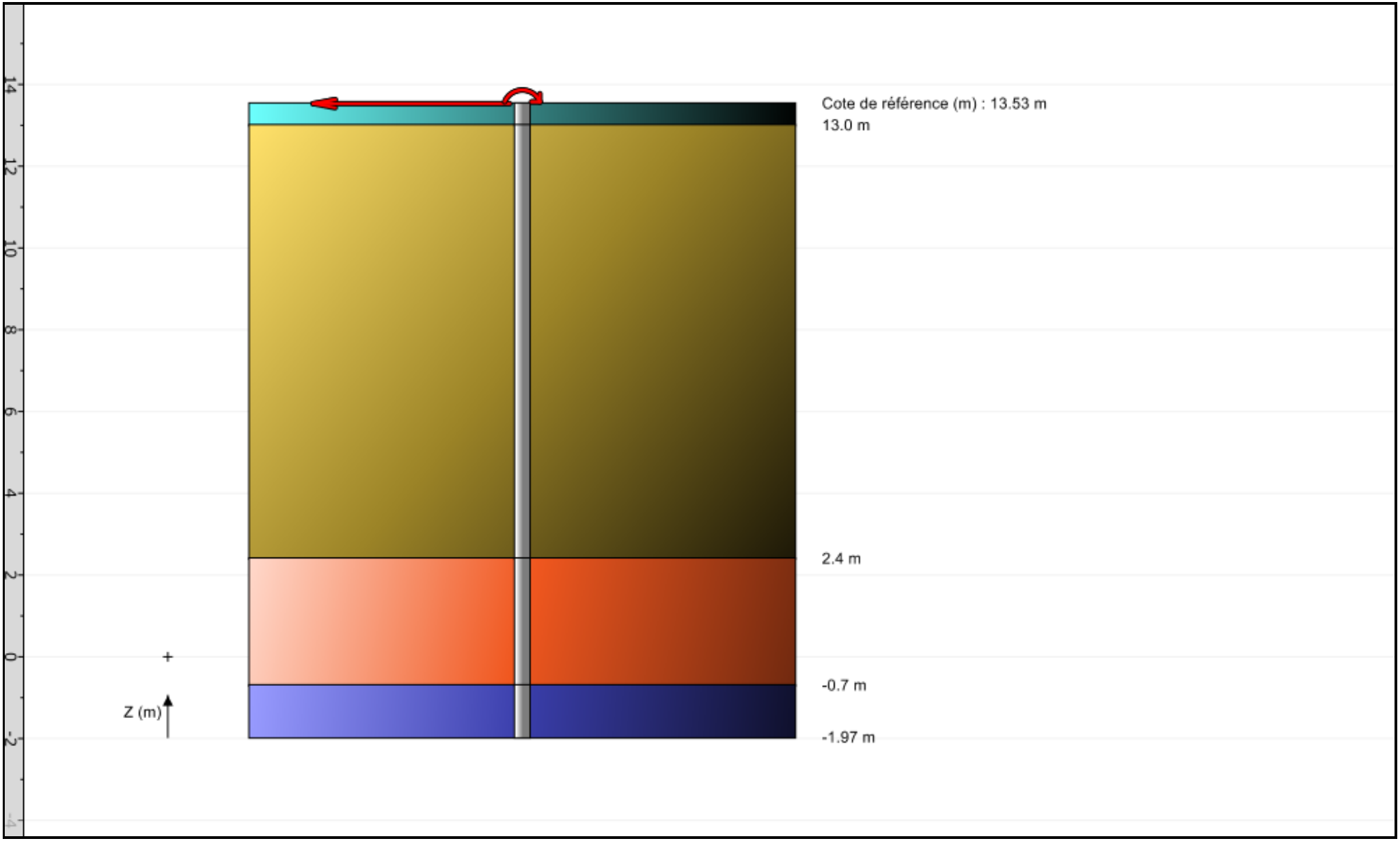
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

Charges ponctuelles

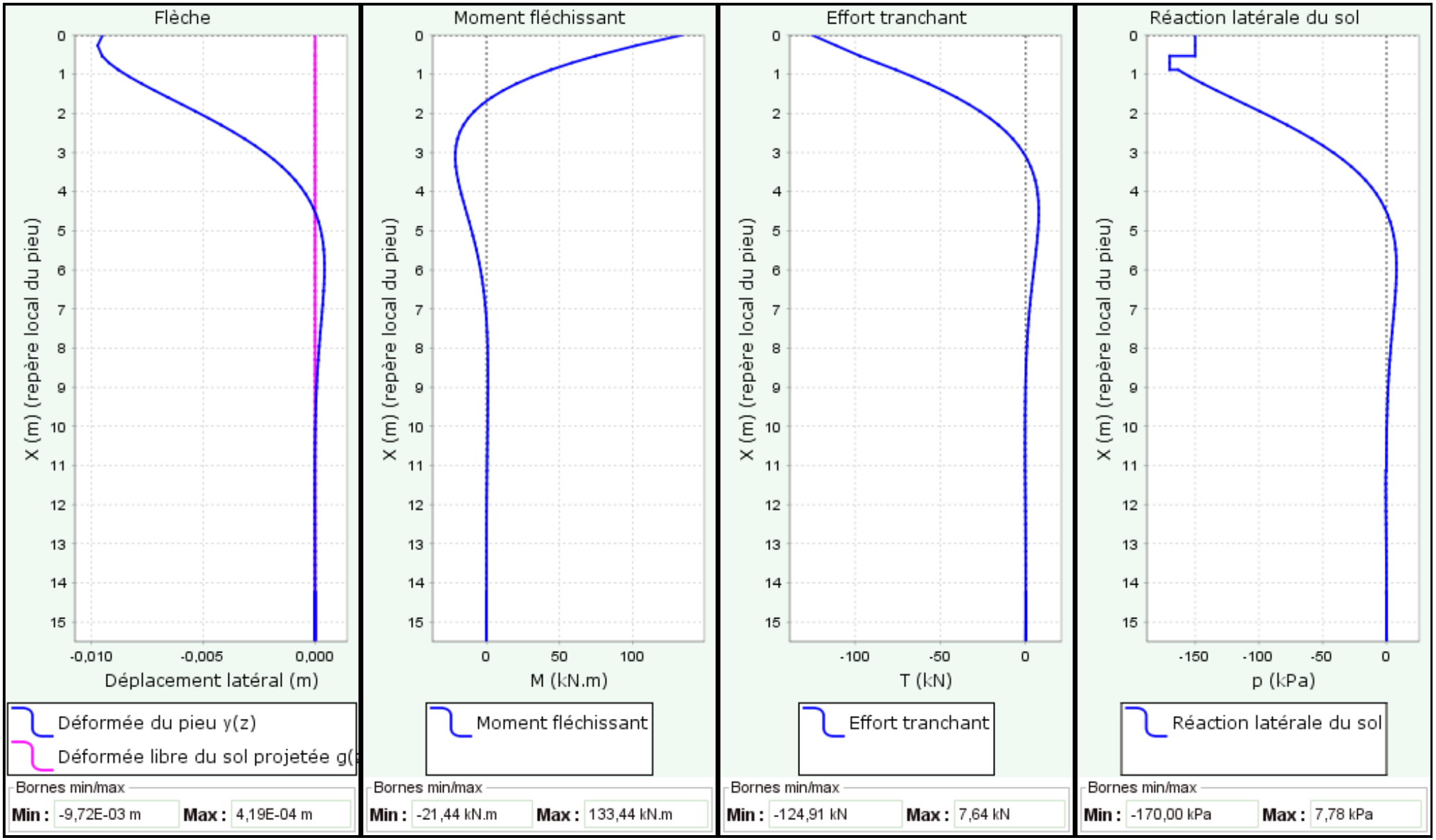
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-124,91	133,44	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELS qp (Cas5)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

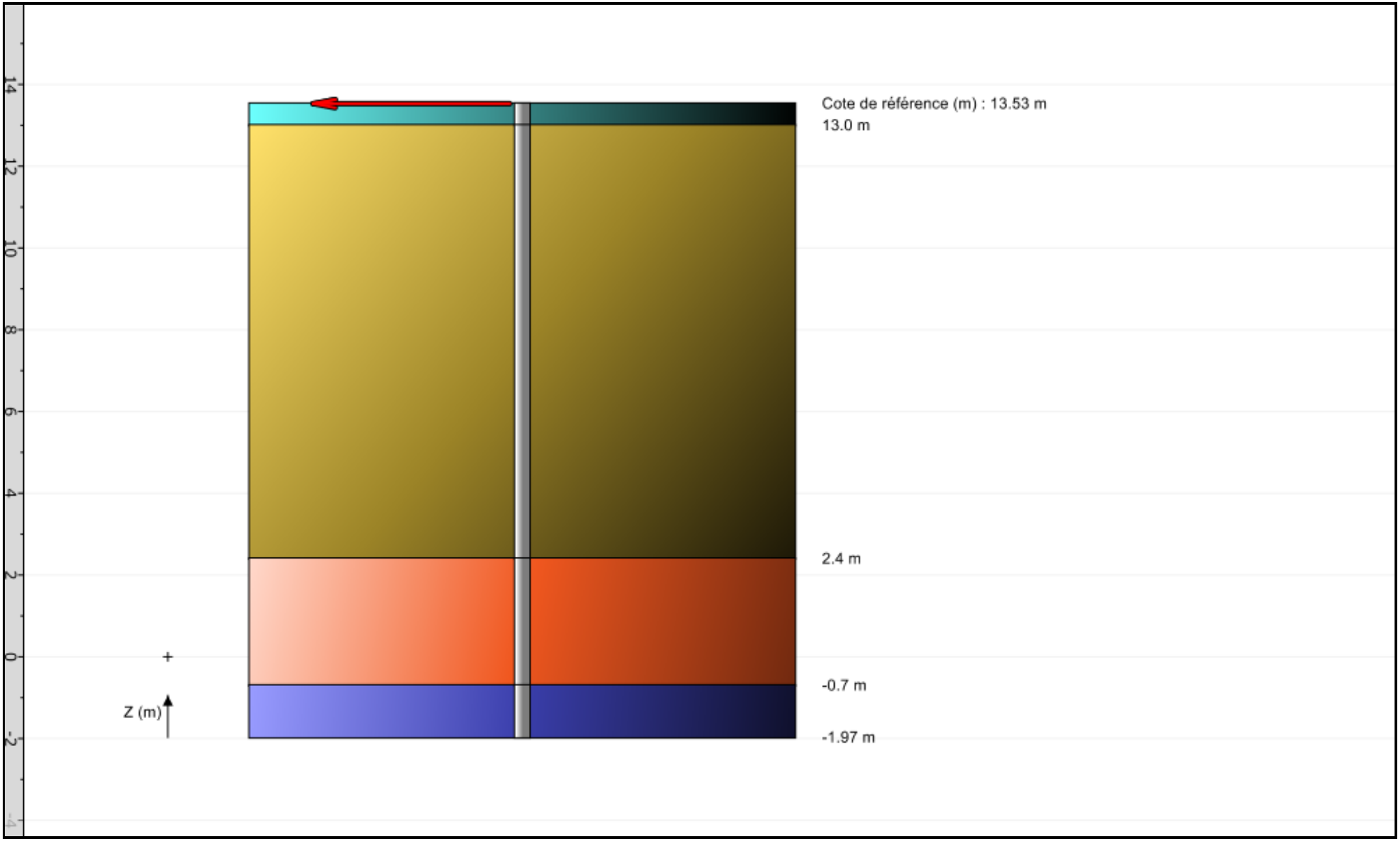
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-124,91	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

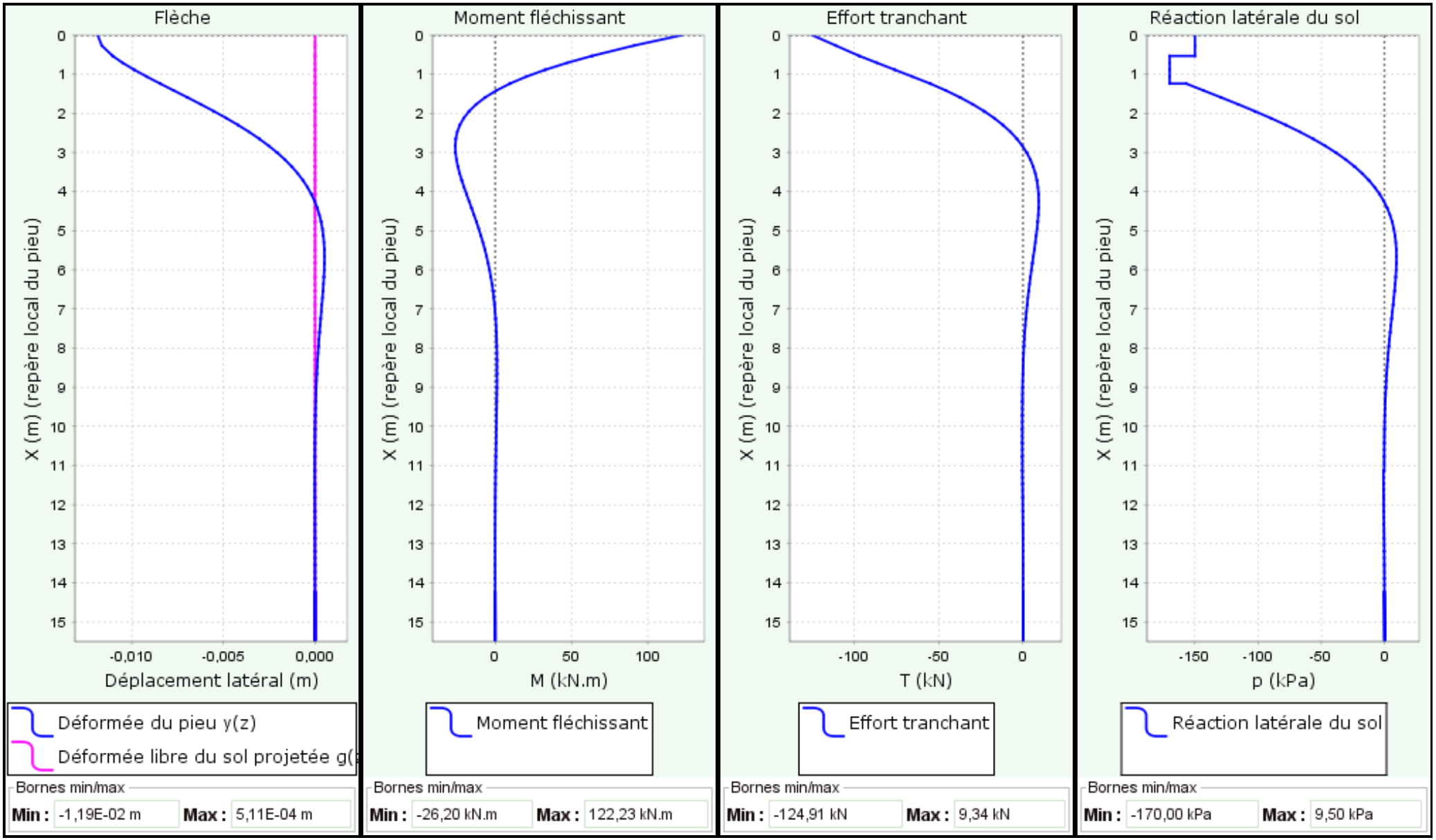
Rotation imposée ω (rad) : 0,00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELS cara (Cas6)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

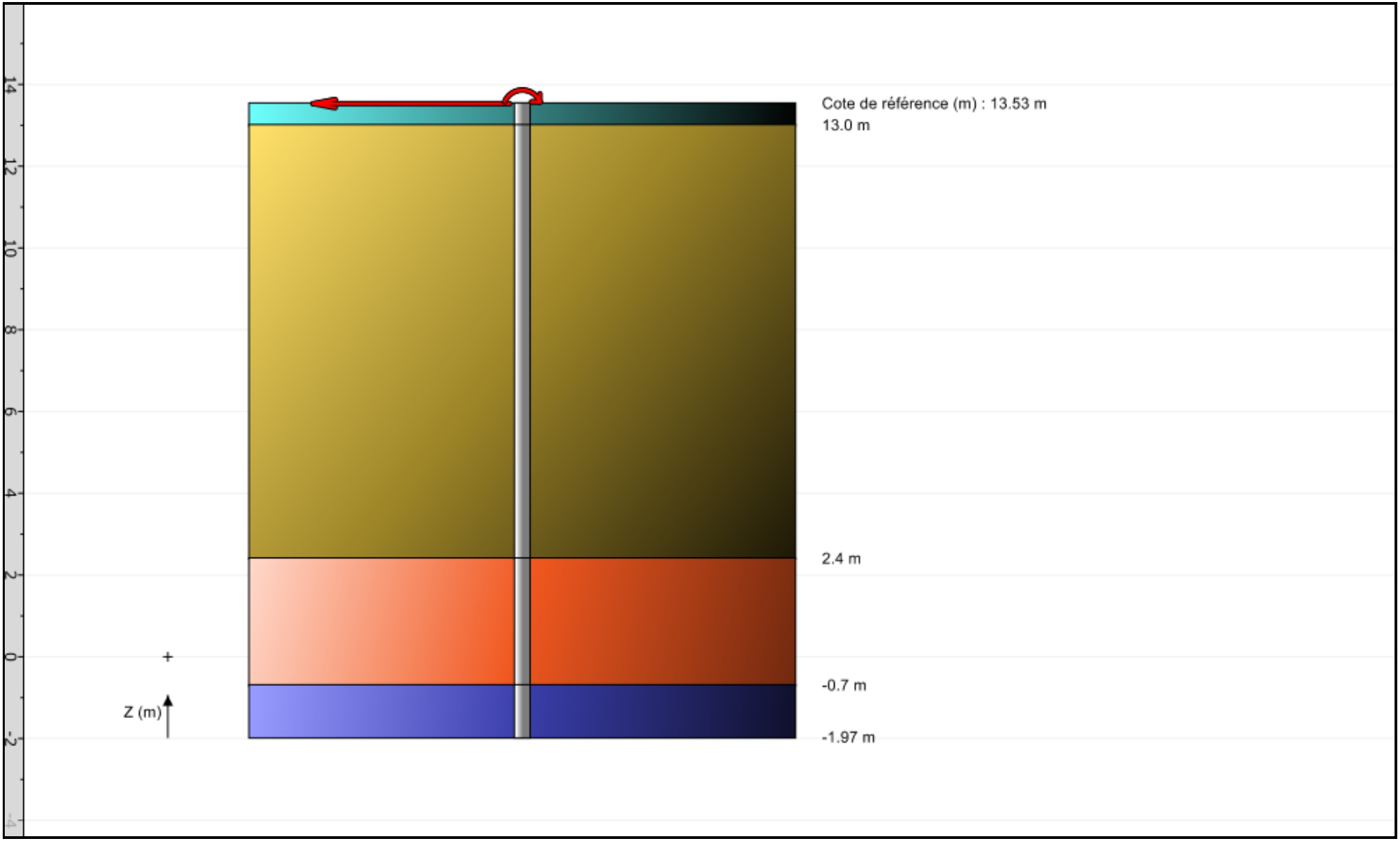
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

Charges ponctuelles

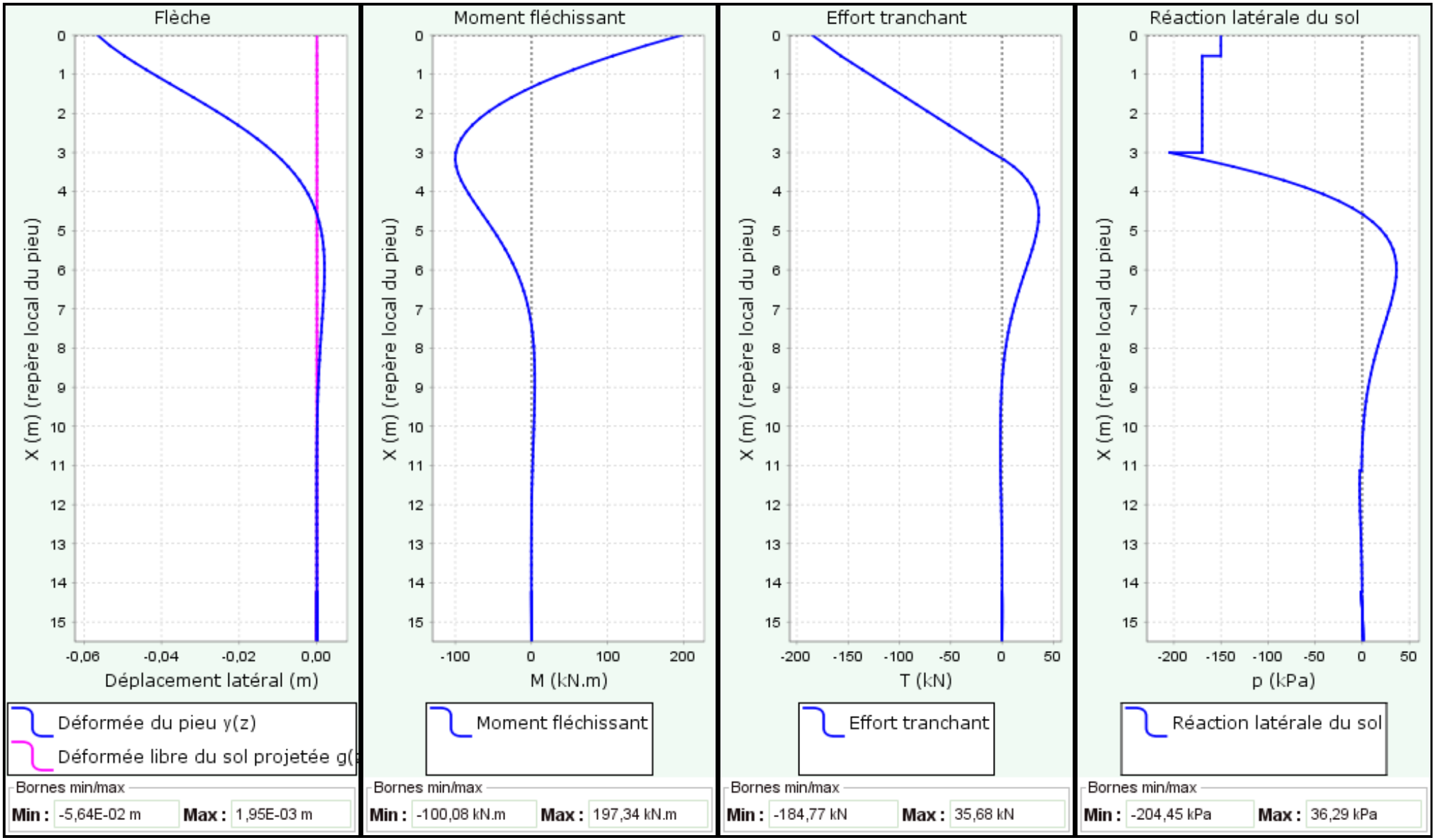
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-184,77	197,34	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELS cara (Cas6)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

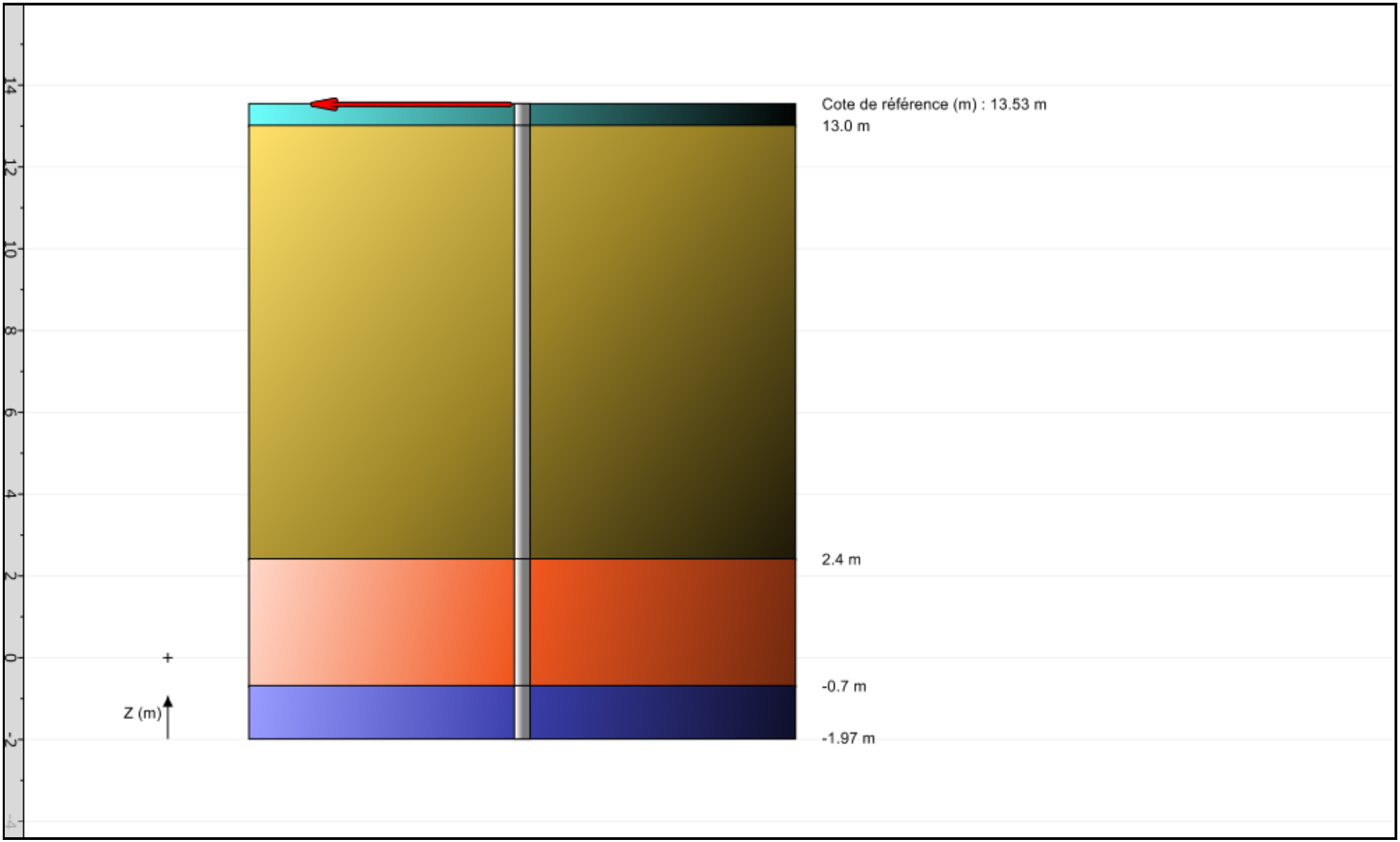
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-184,77	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

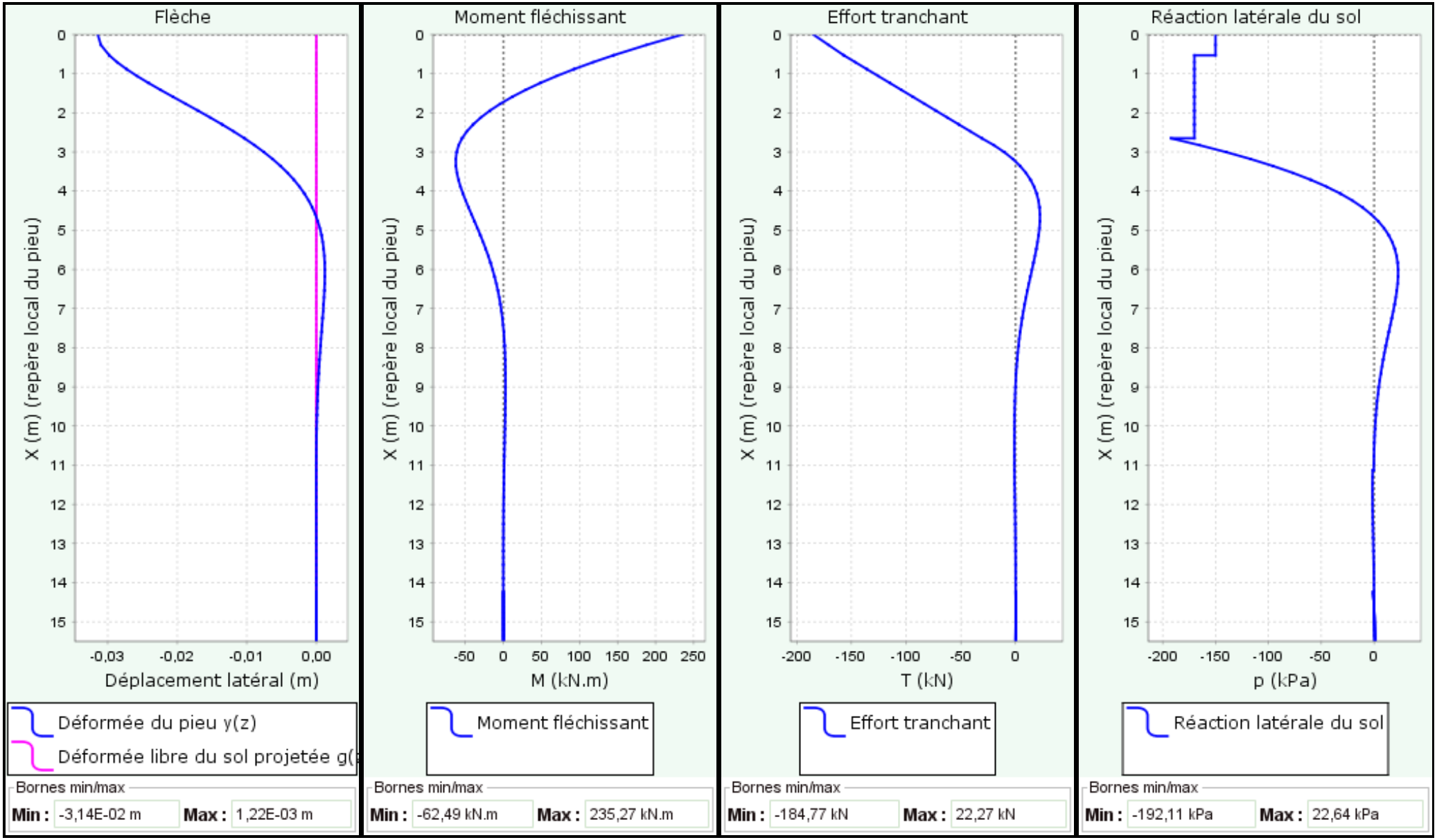
Rotation imposée ω (rad) : 0,00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELU Fond (Cas7)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

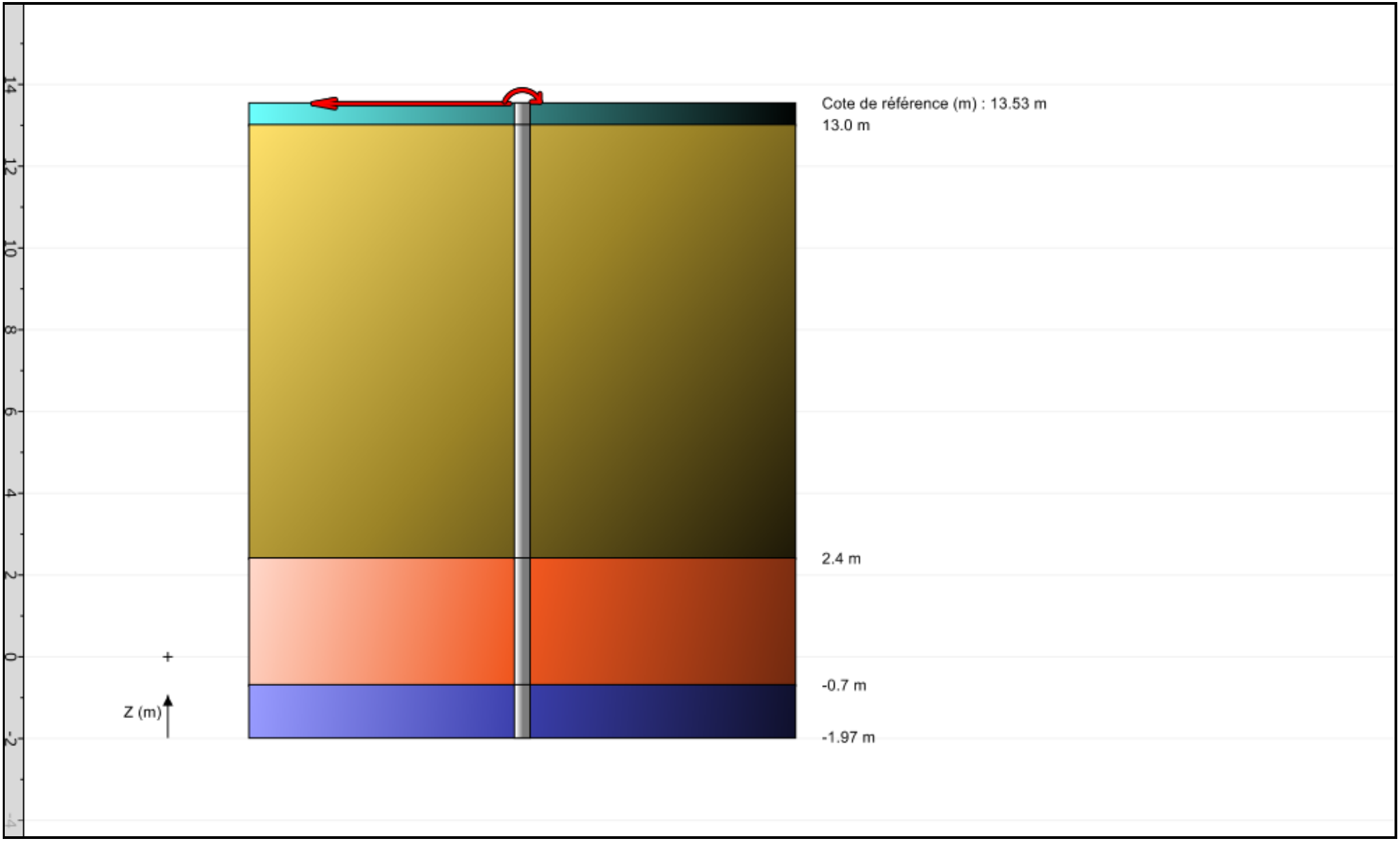
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

Charges ponctuelles

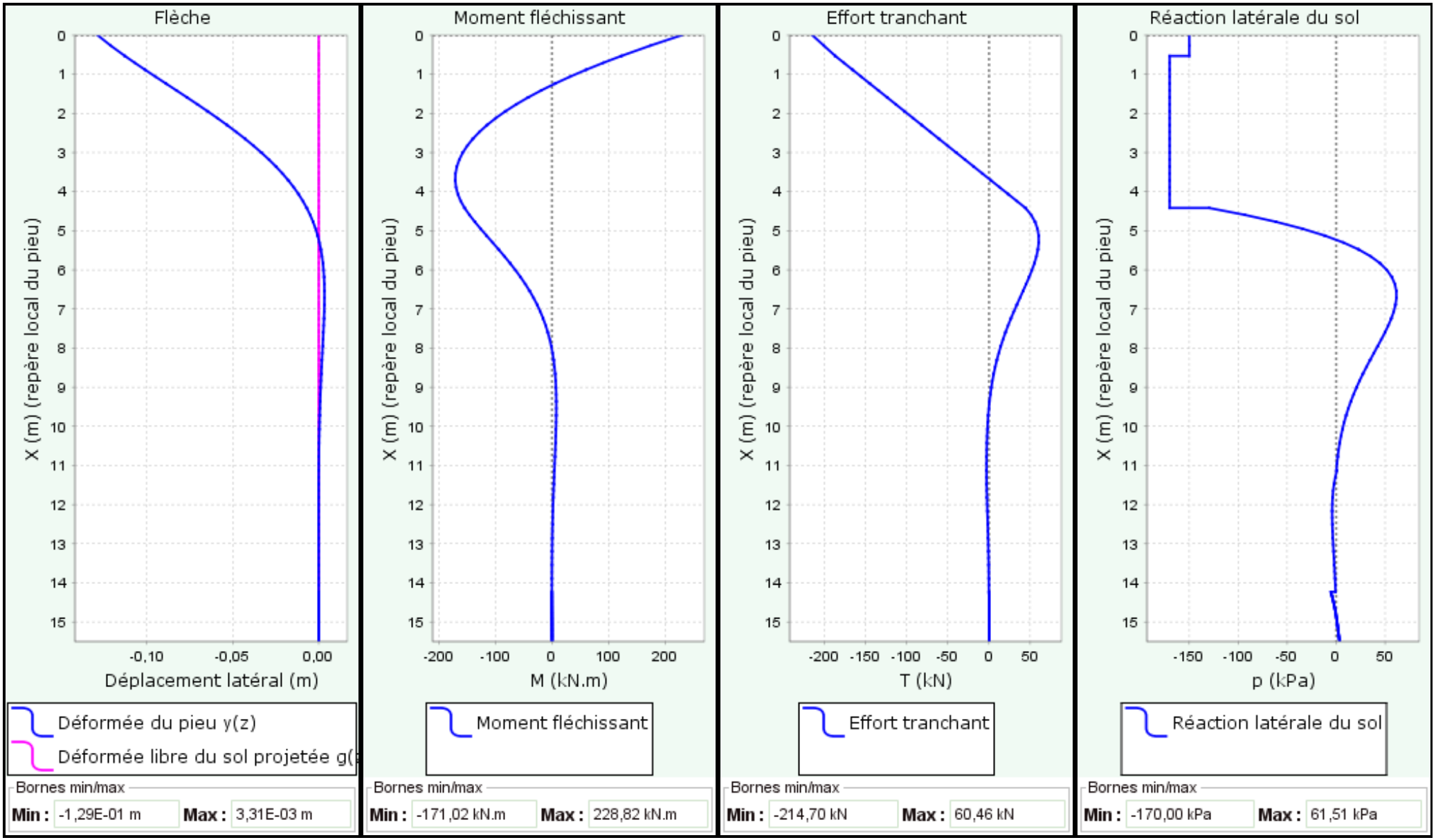
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-214,70	228,82	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELU Fond (Cas7)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

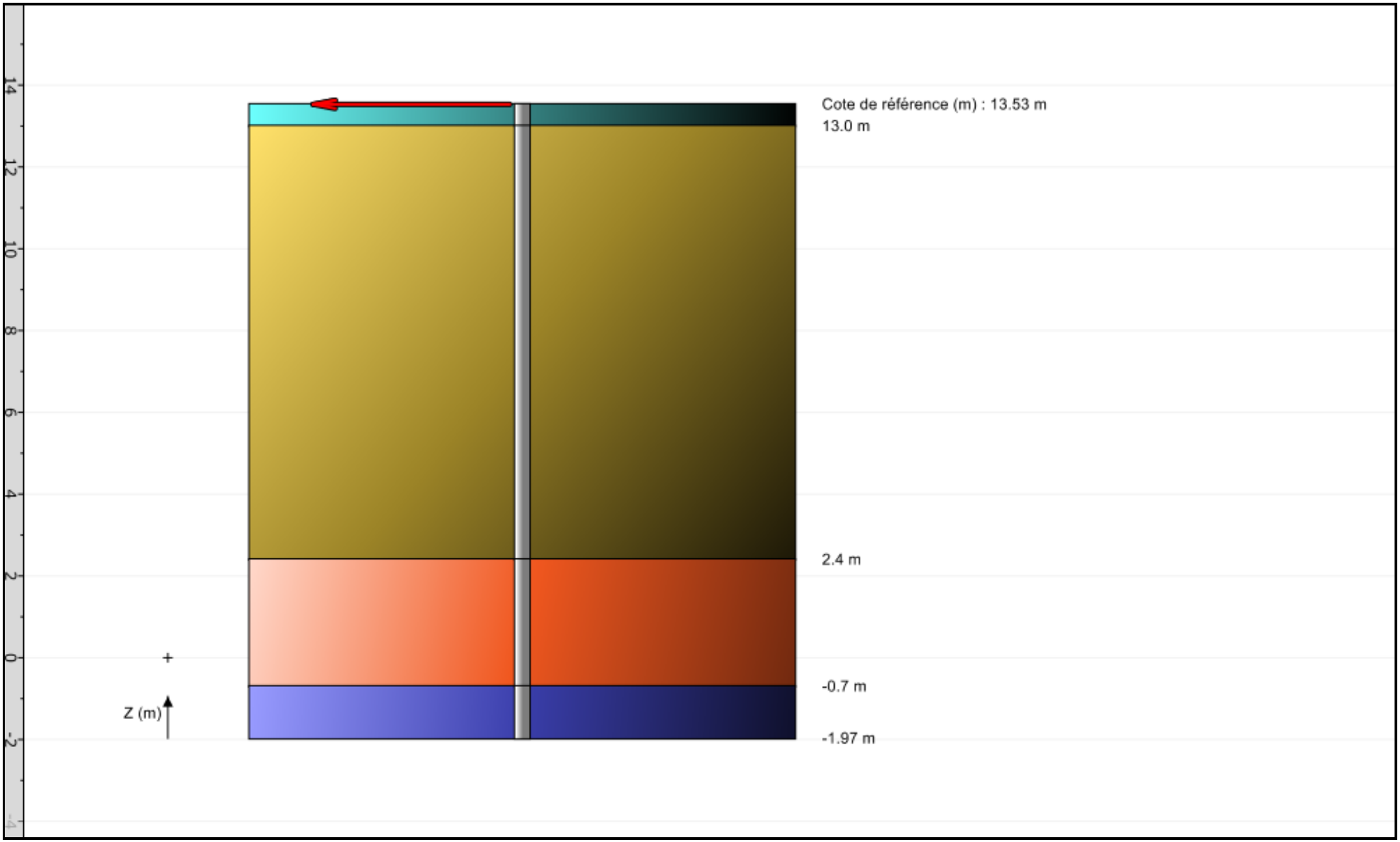
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-214,70	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

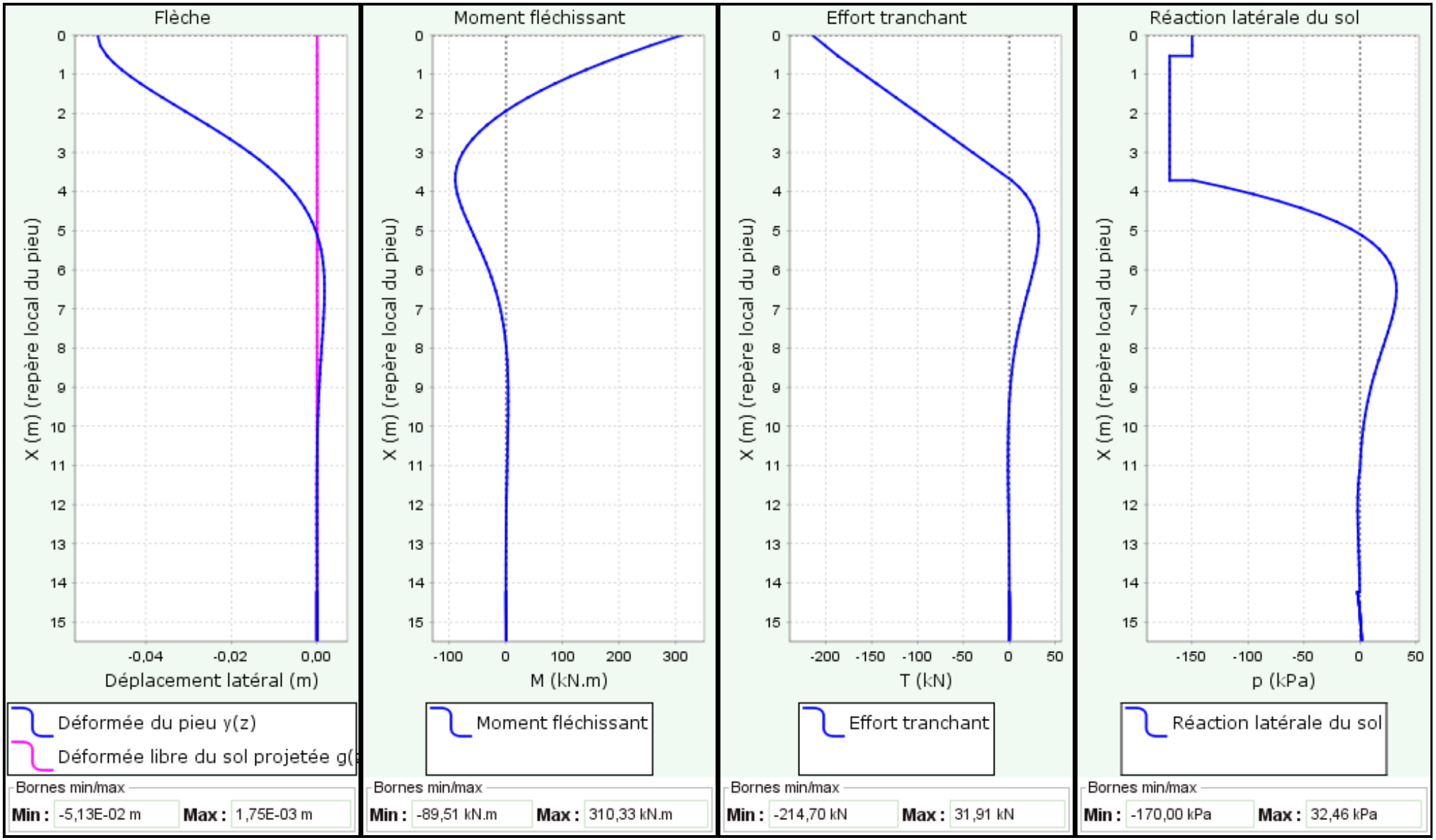
Rotation imposée ω (rad) : 0,00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELU Sis (Cas8)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations de courte durée en tête dominent

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	1,65E04	0,50	0,35	449,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	1,05E04	0,67	0,35	249,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	3,90E05	0,67	0,35	949,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	3,60E05	0,50	0,35	4795,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

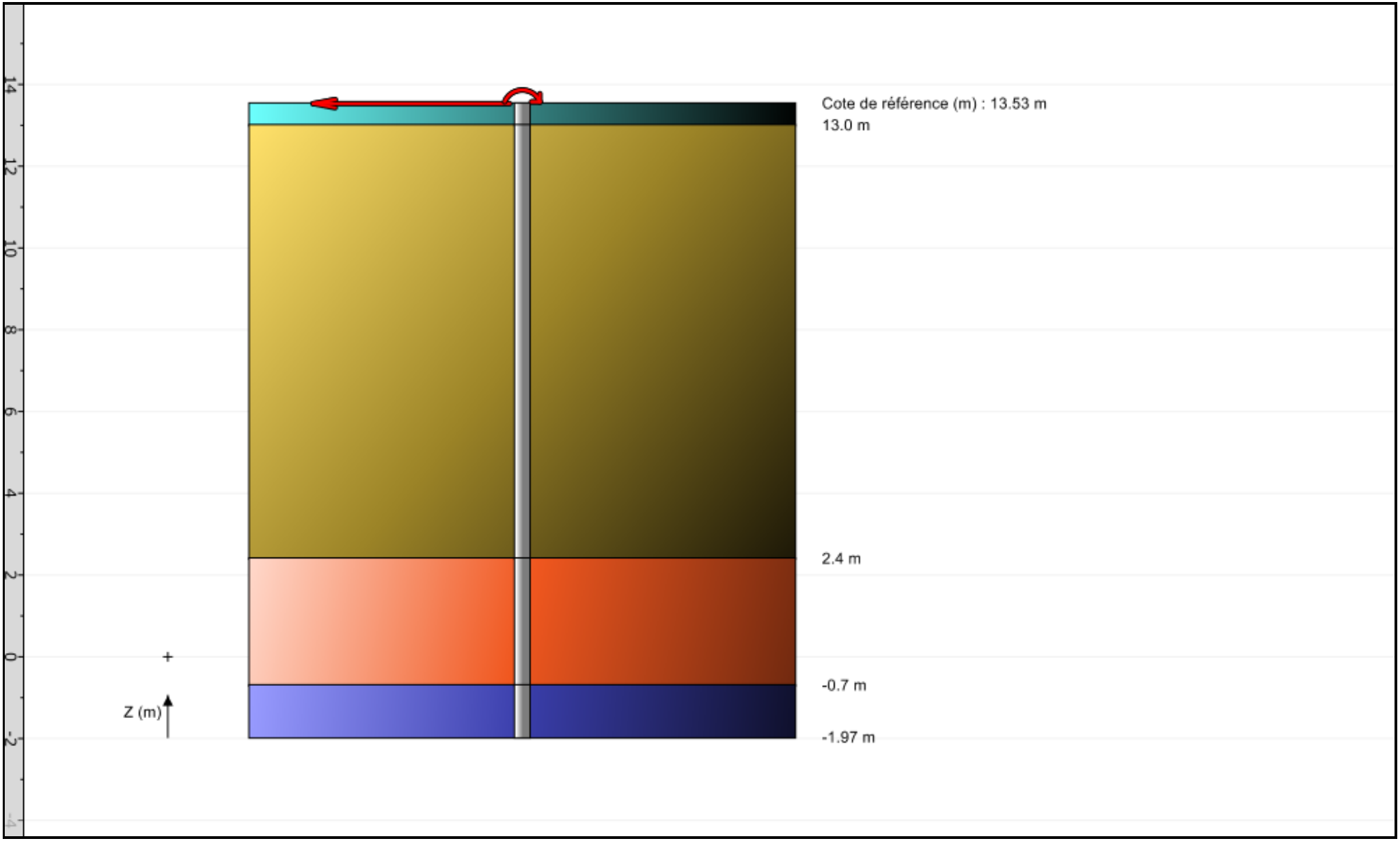
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

Charges ponctuelles

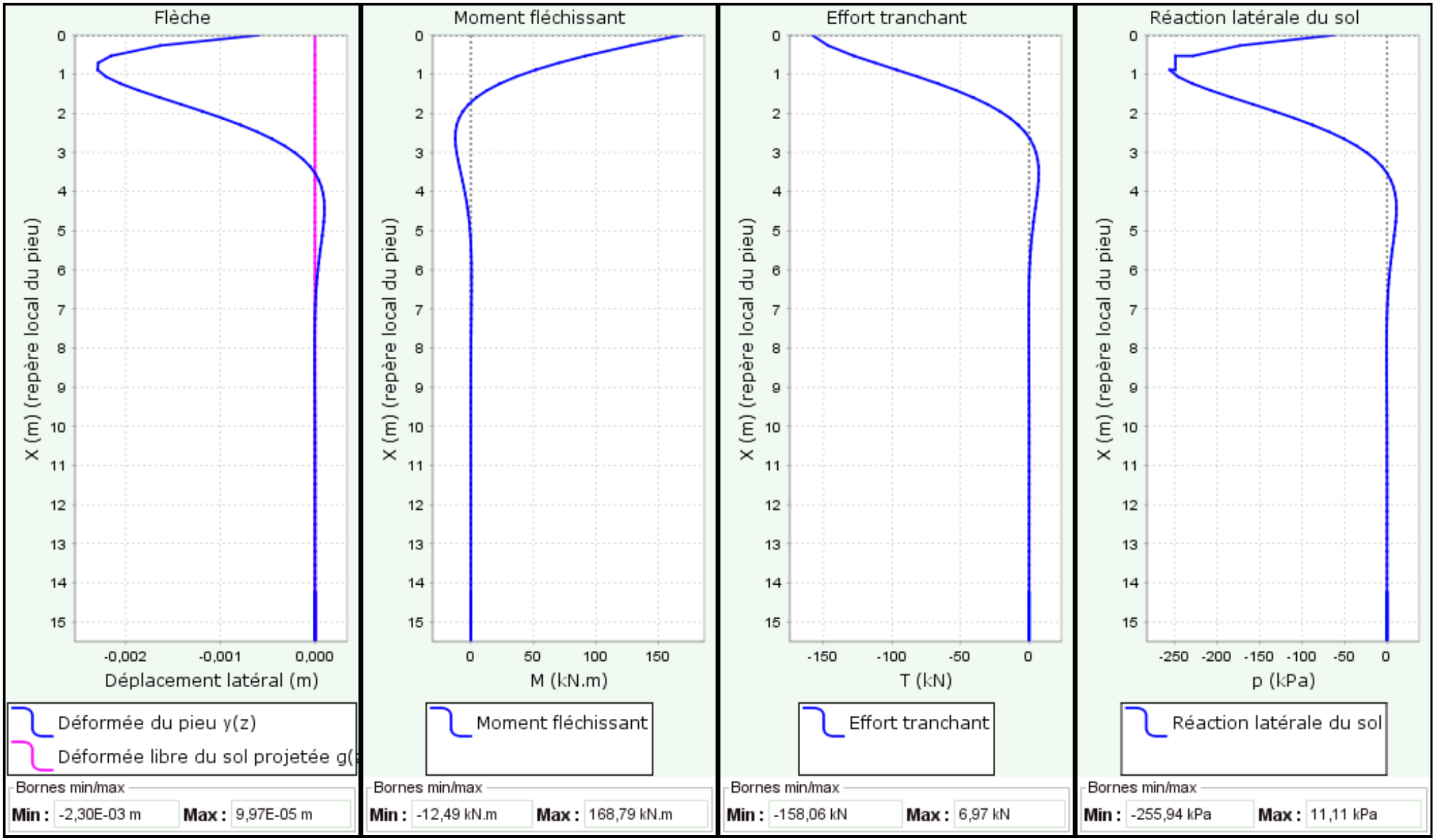
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-158,06	168,79	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Nord ELU Sis (Cas8)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations de courte durée en tête dominent

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	1,65E04	0,50	0,35	449,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	1,05E04	0,67	0,35	249,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	3,90E05	0,67	0,35	949,00	950,00
4	Sub Stampien		-1,97	3,60E05	0,50	0,35	4795,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	1,27	1,74E04	27

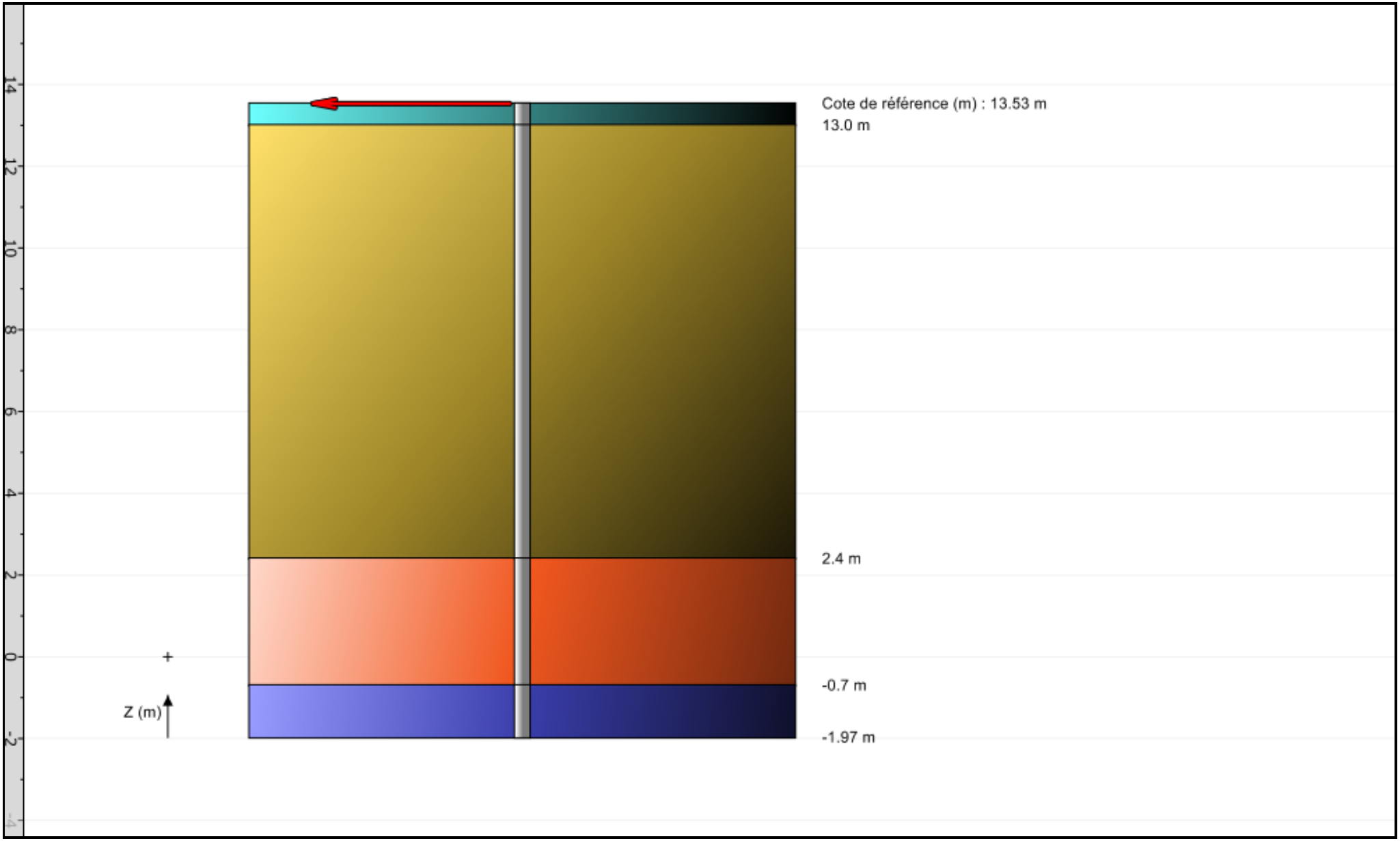
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-158,06	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-1,97	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

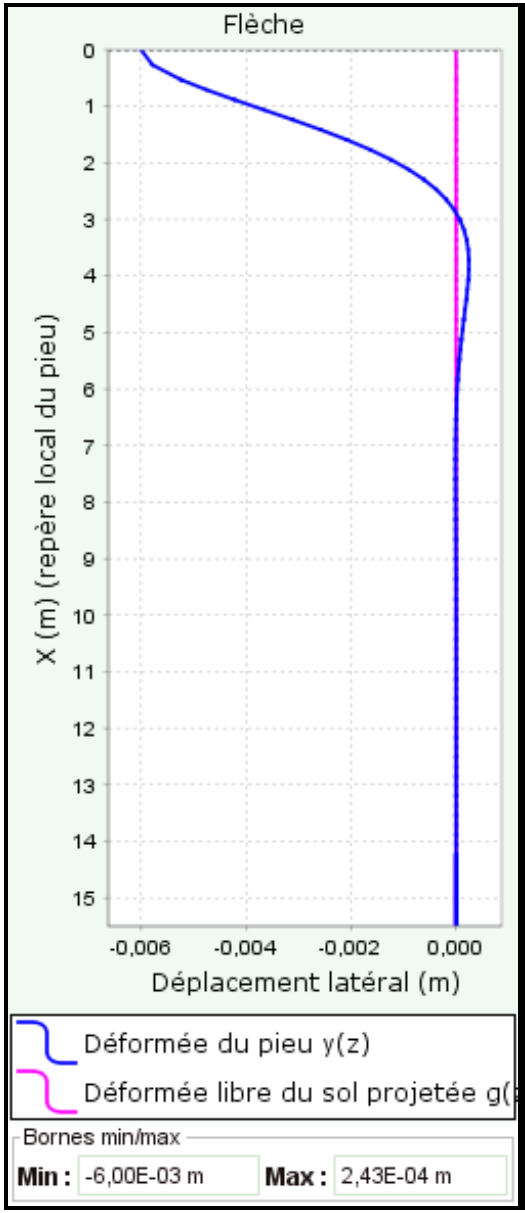
Rotation imposée ω (rad) : 0,00

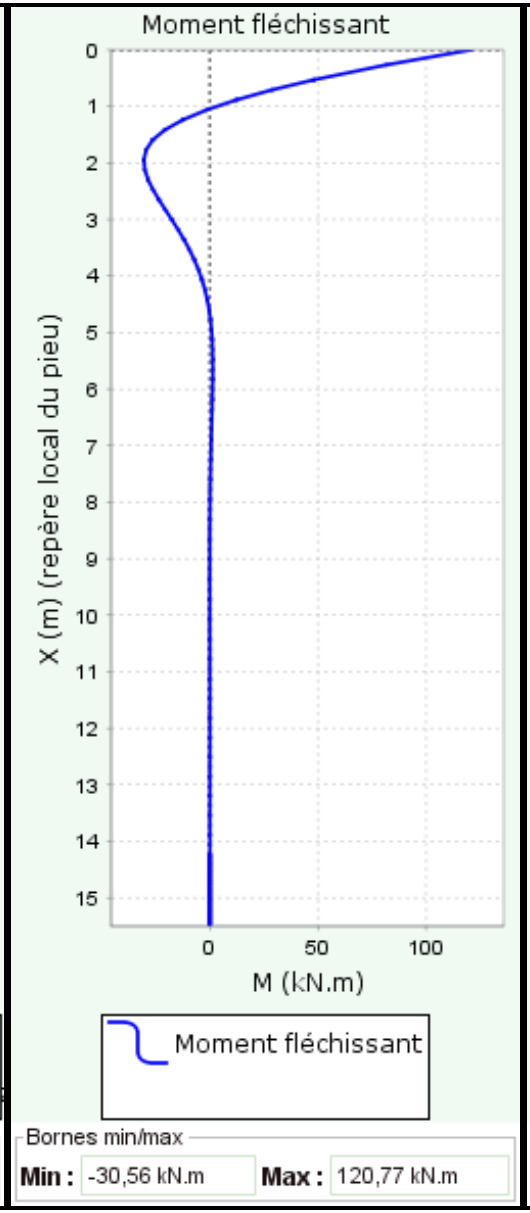
Activer les cas de charge multiples en tête : Non

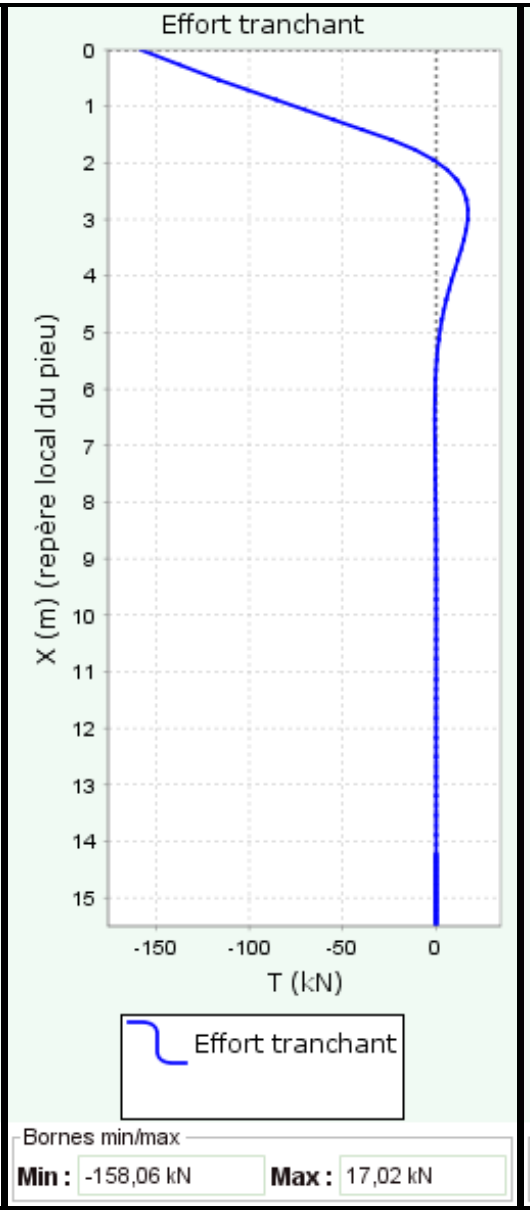
Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"

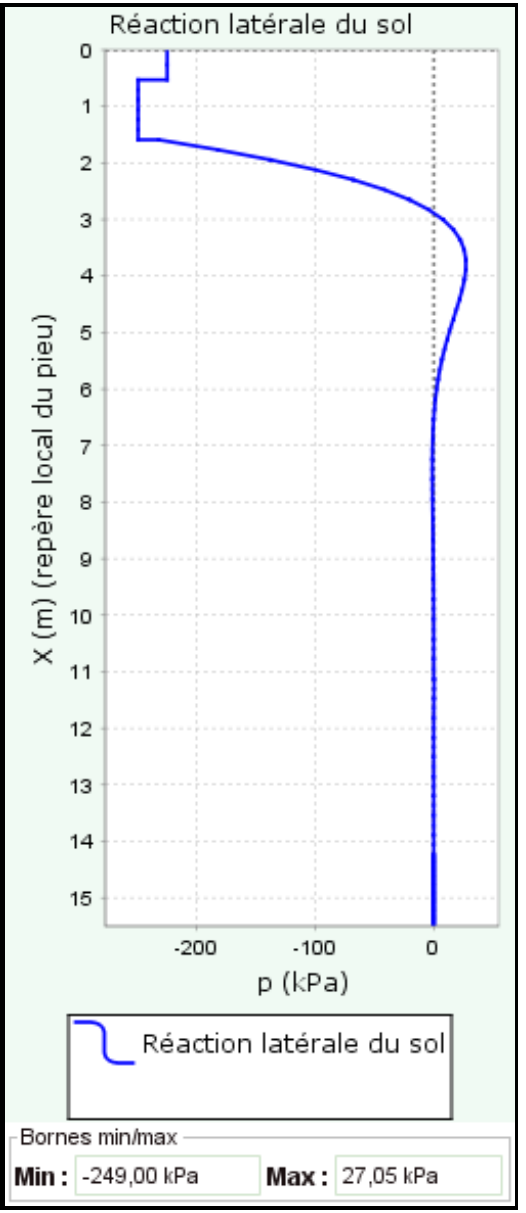


Résultats principaux









Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELS qp (Cas1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

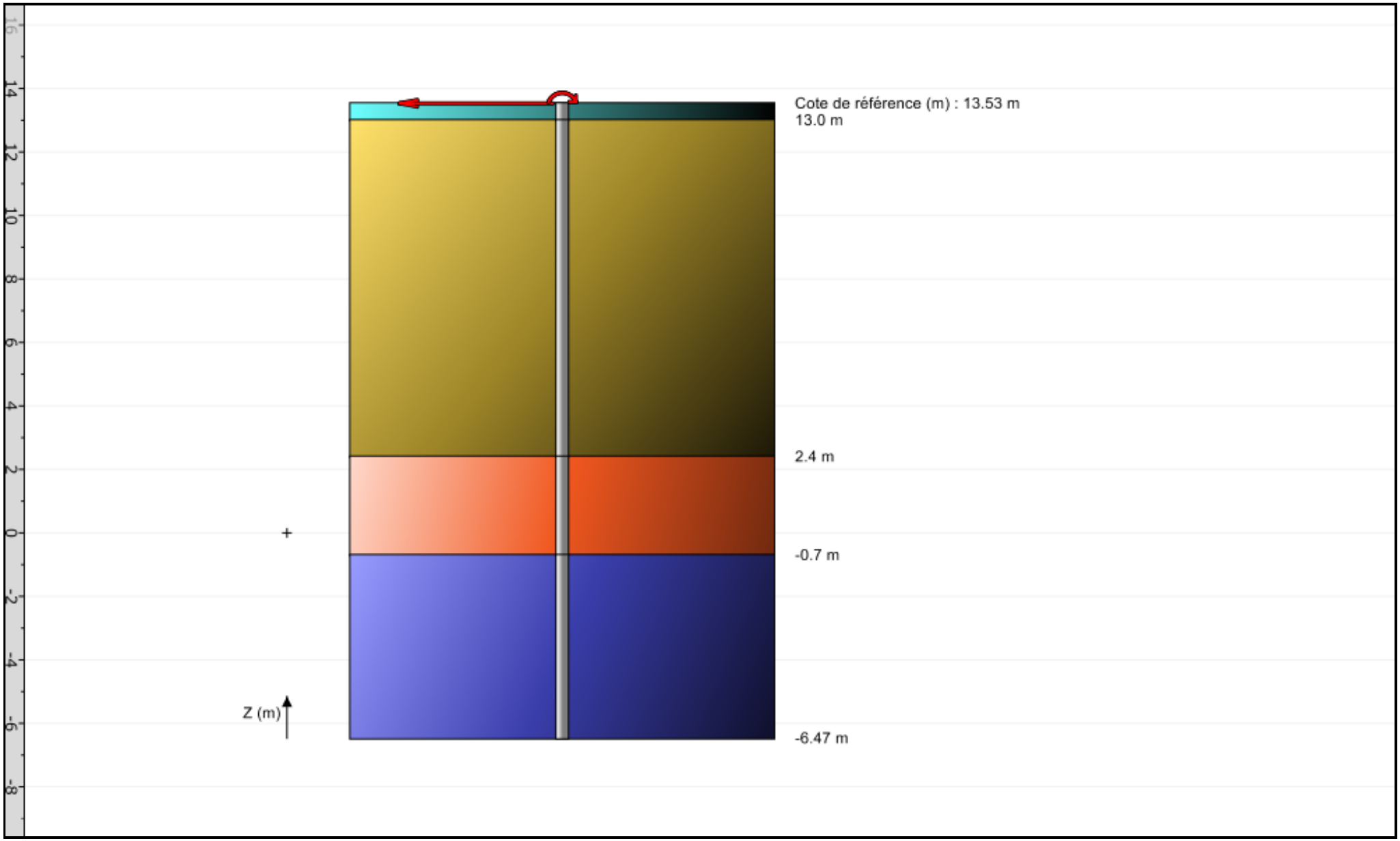
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

Charges ponctuelles

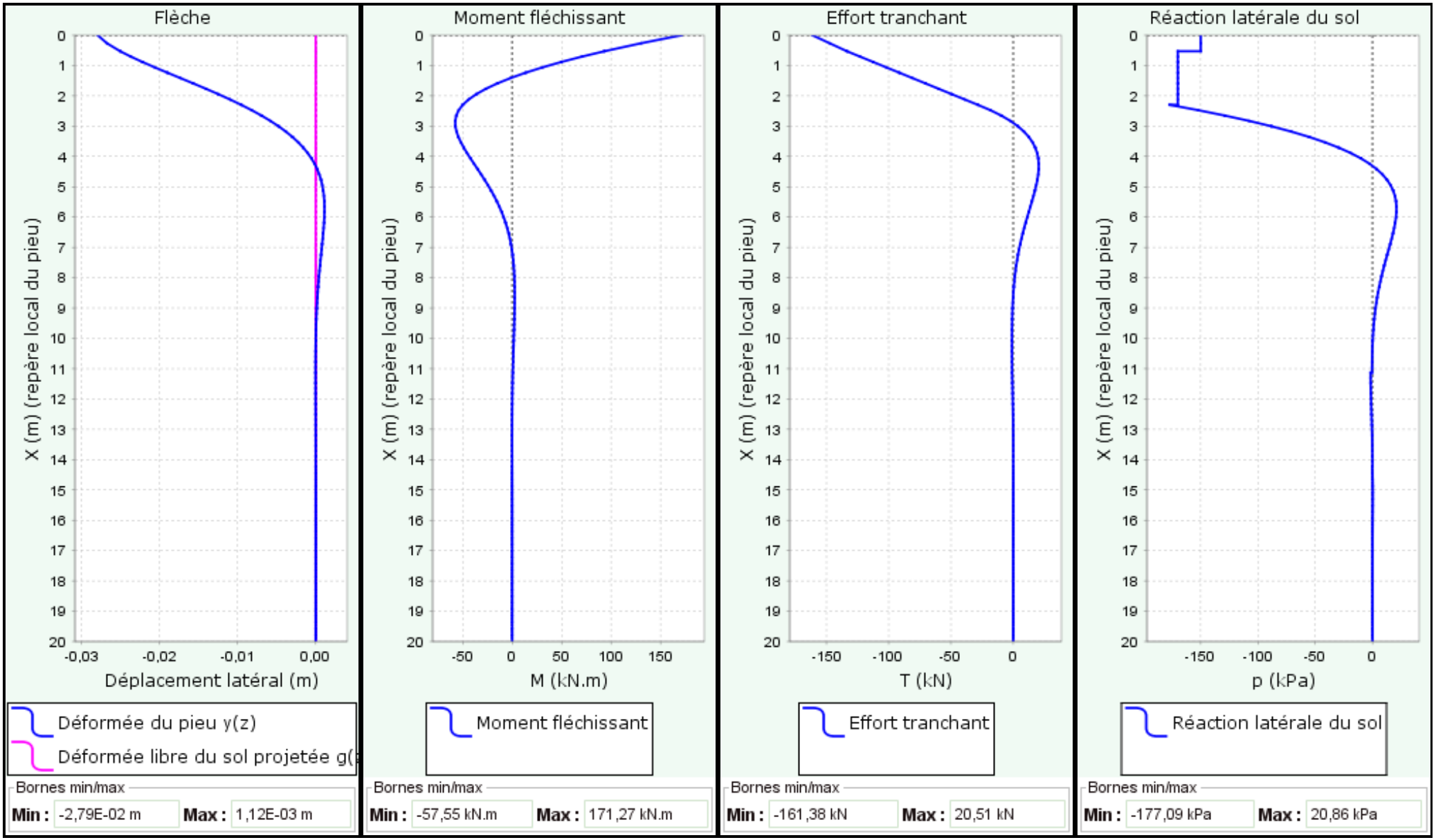
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-161,38	171,27	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELS qp (Cas1)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

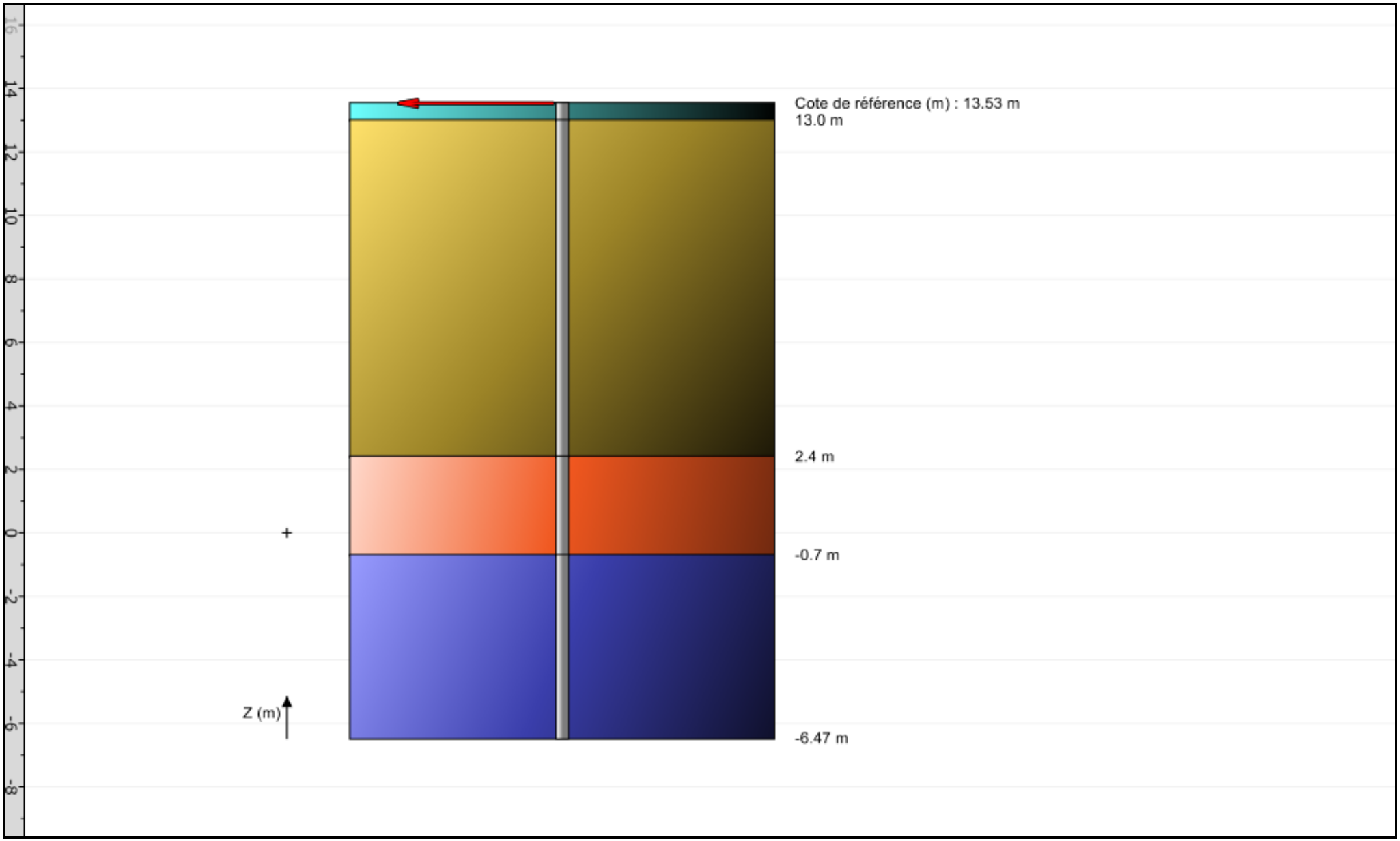
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-161,38	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Rotation imposée ω (rad) : 0,00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELS cara (Cas2)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

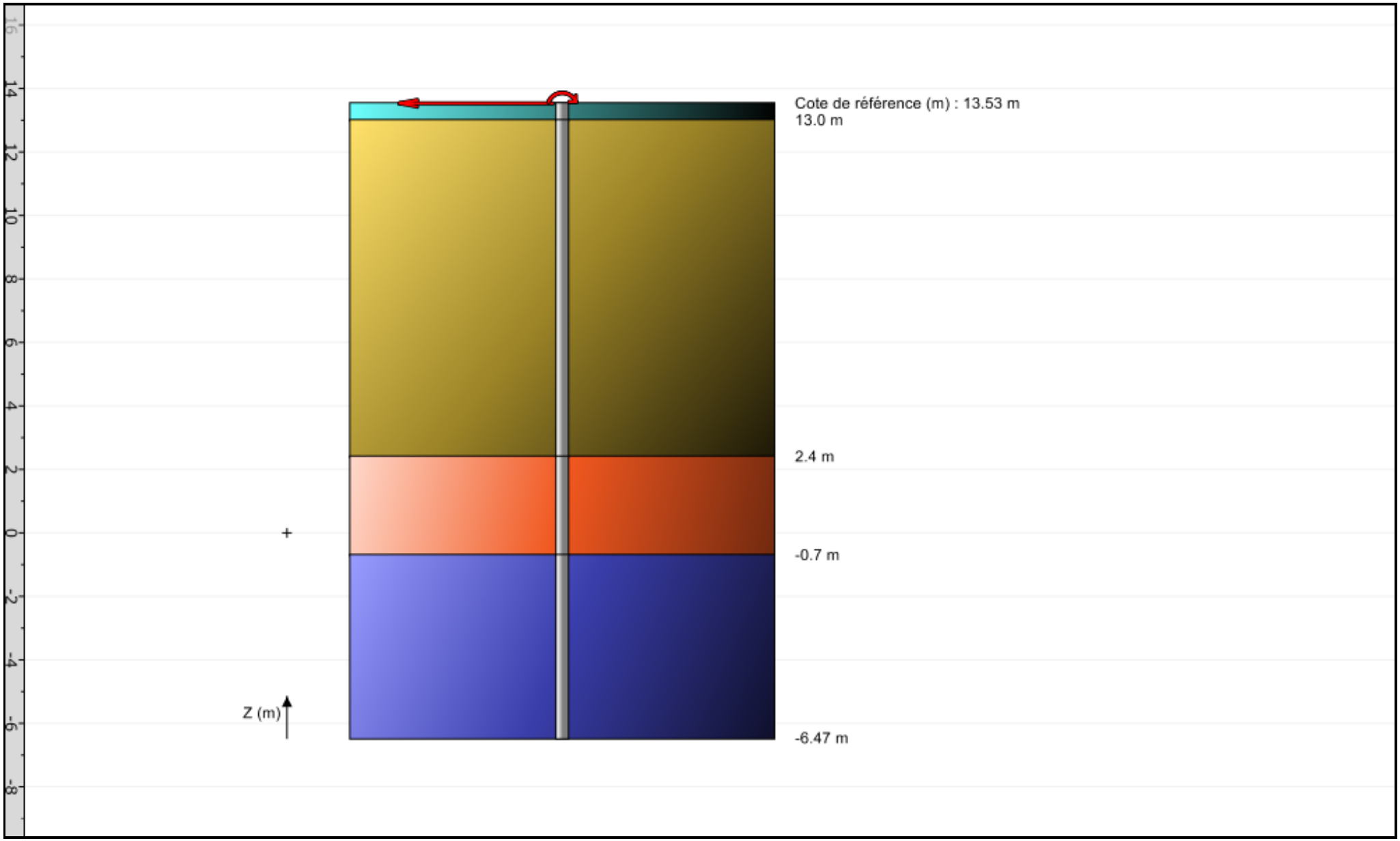
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

Charges ponctuelles

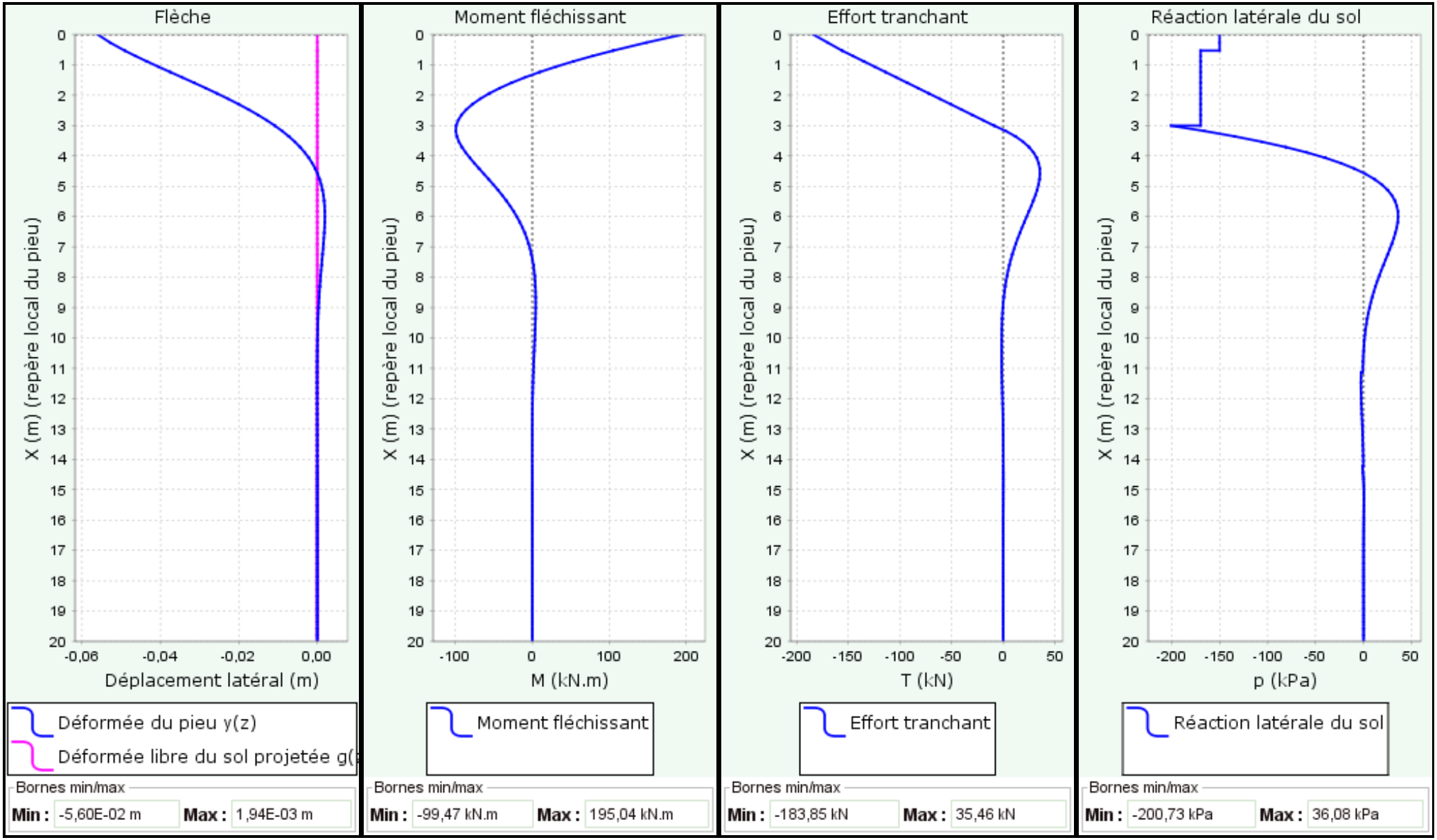
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-183,85	195,04	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

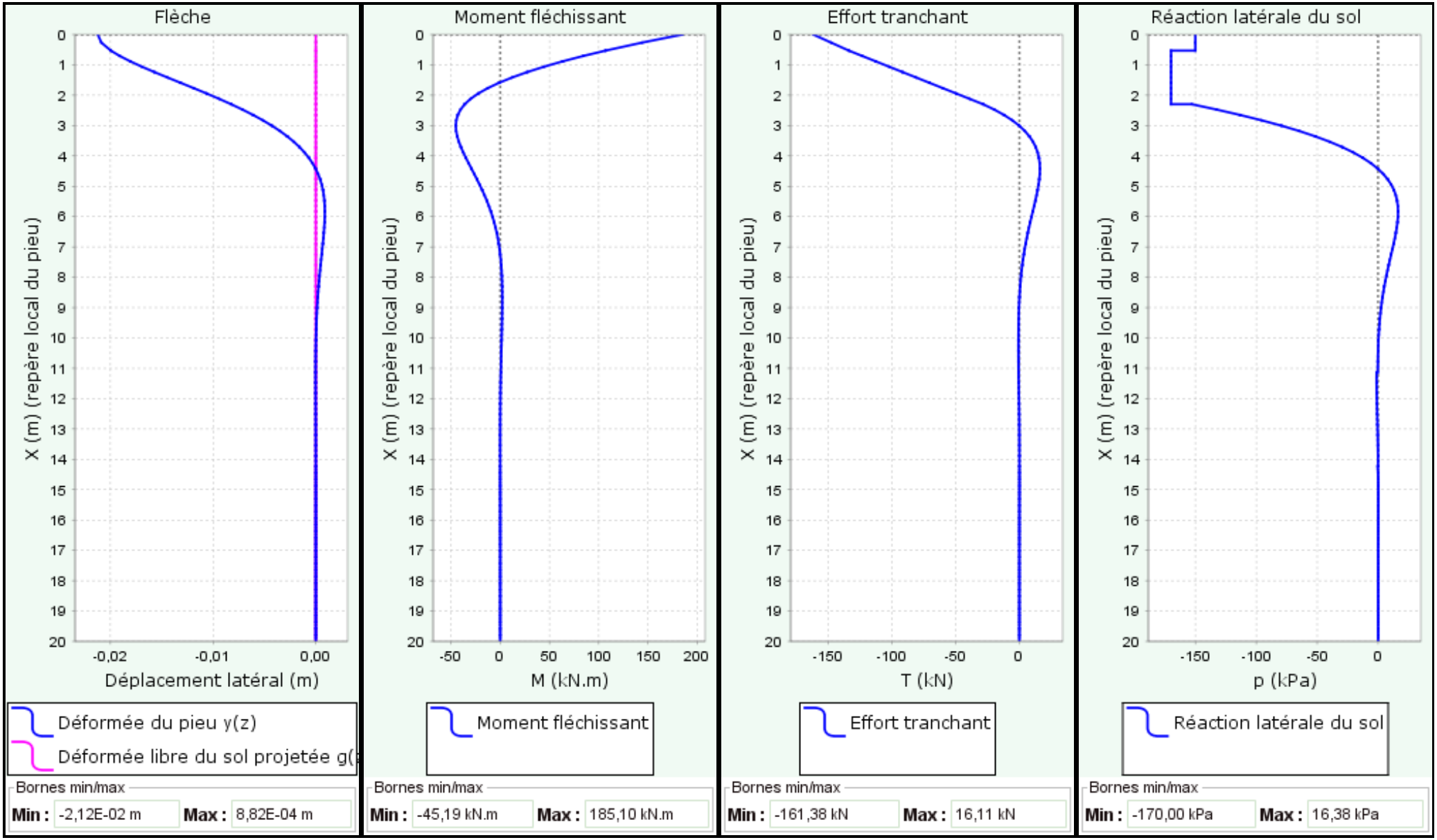
Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELS cara (Cas2)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

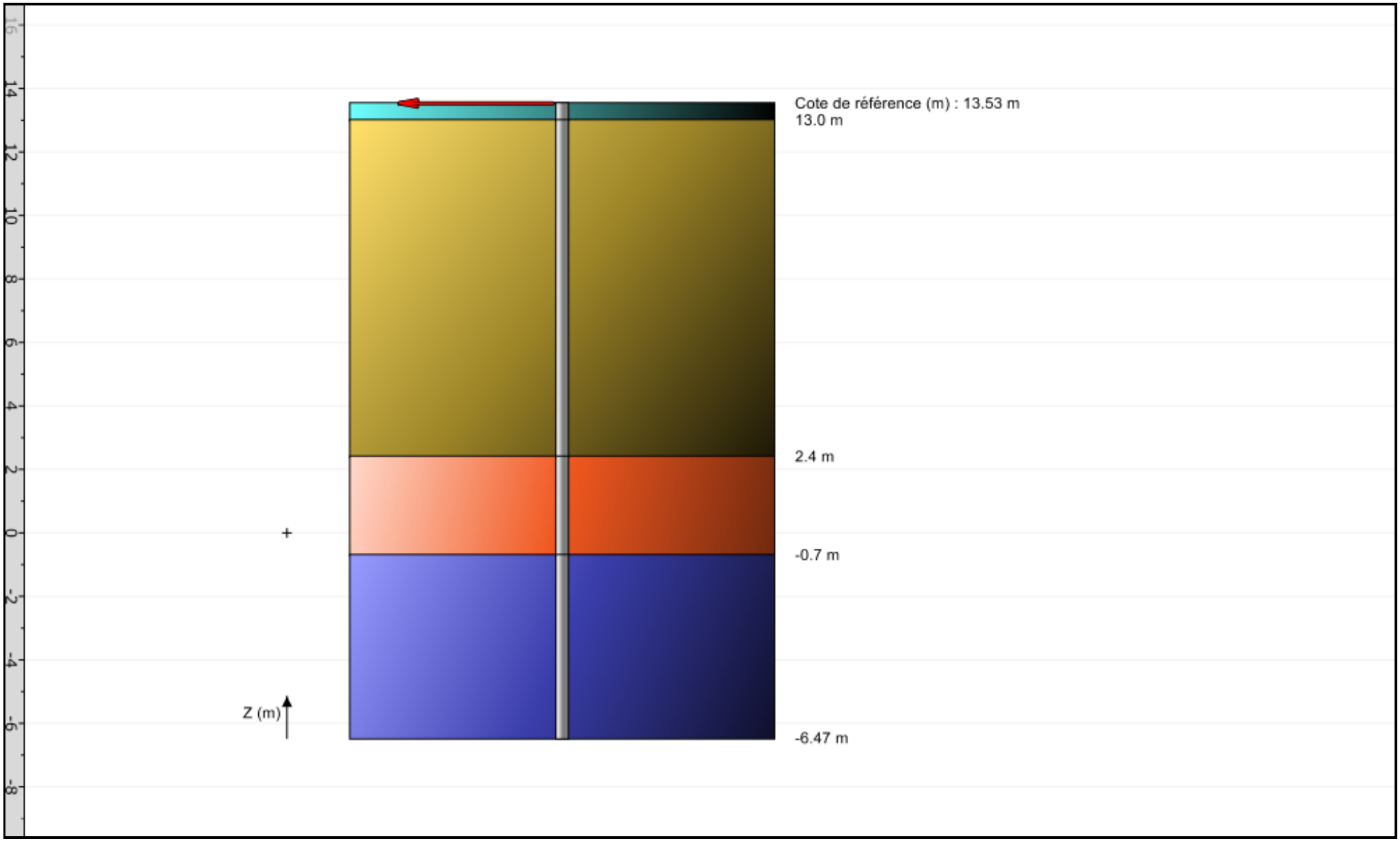
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-183,85	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

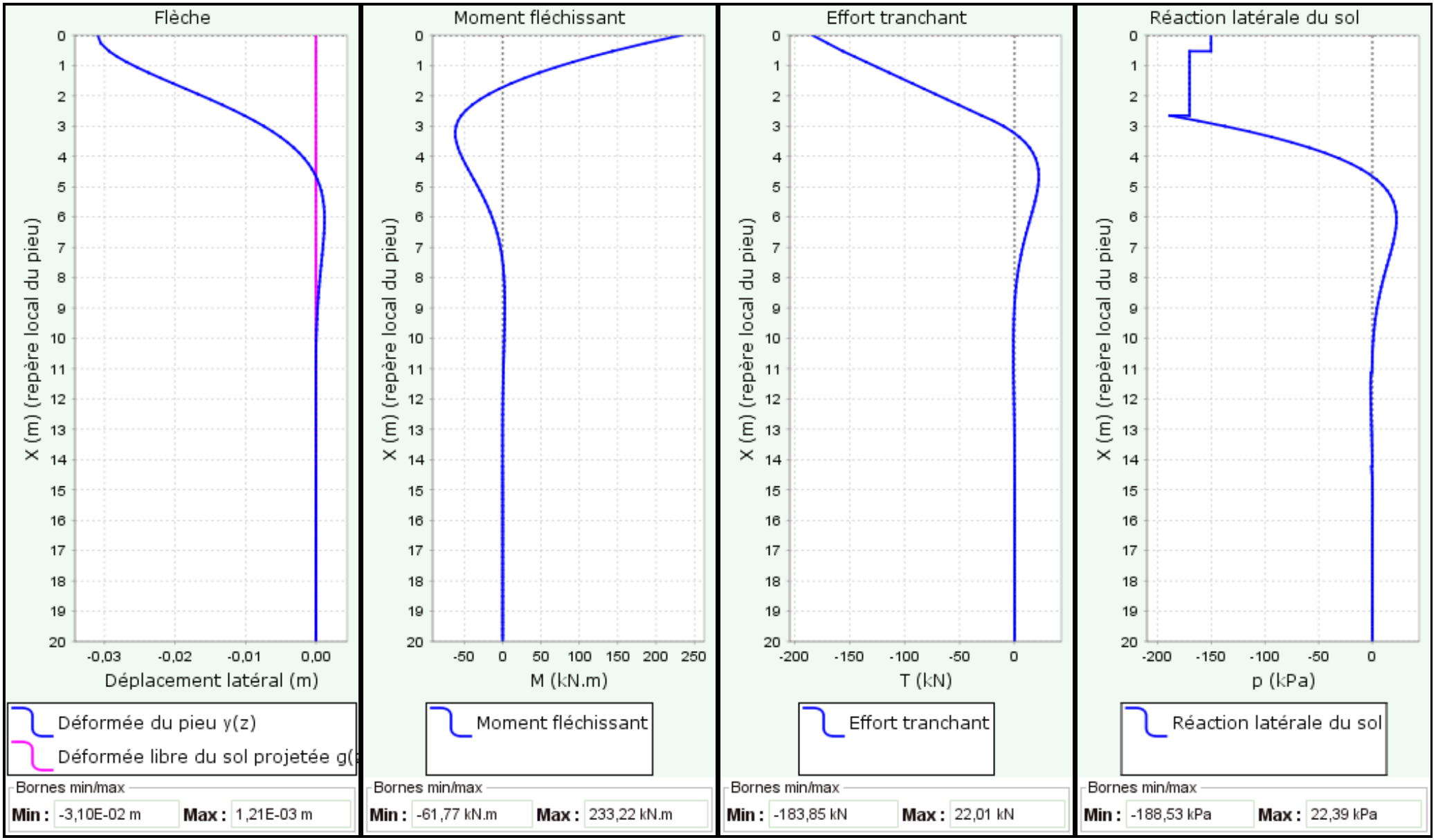
Rotation imposée ω (rad) : 0,00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Paramètres généraux"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELU Fond (Cas3)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

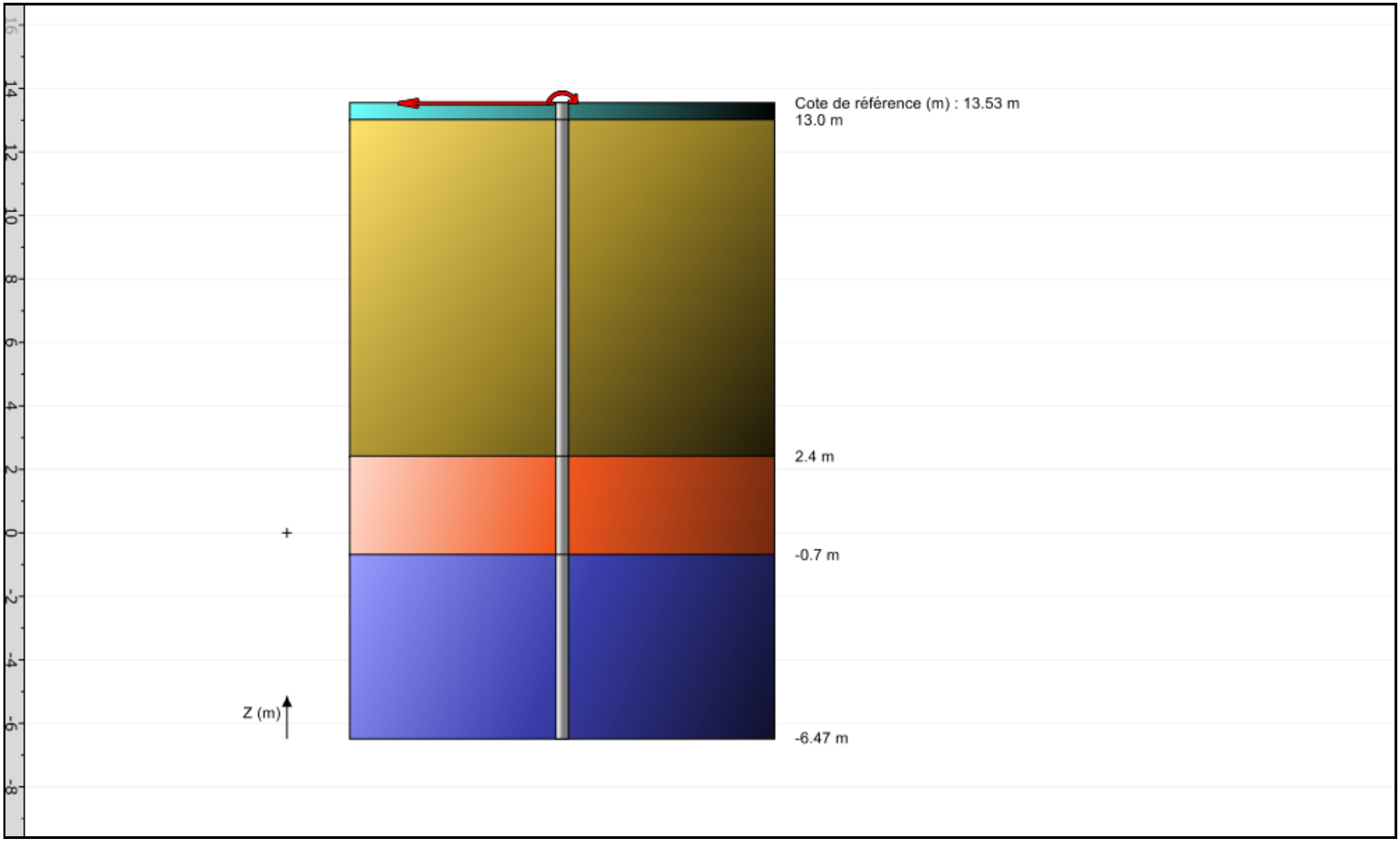
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

Charges ponctuelles

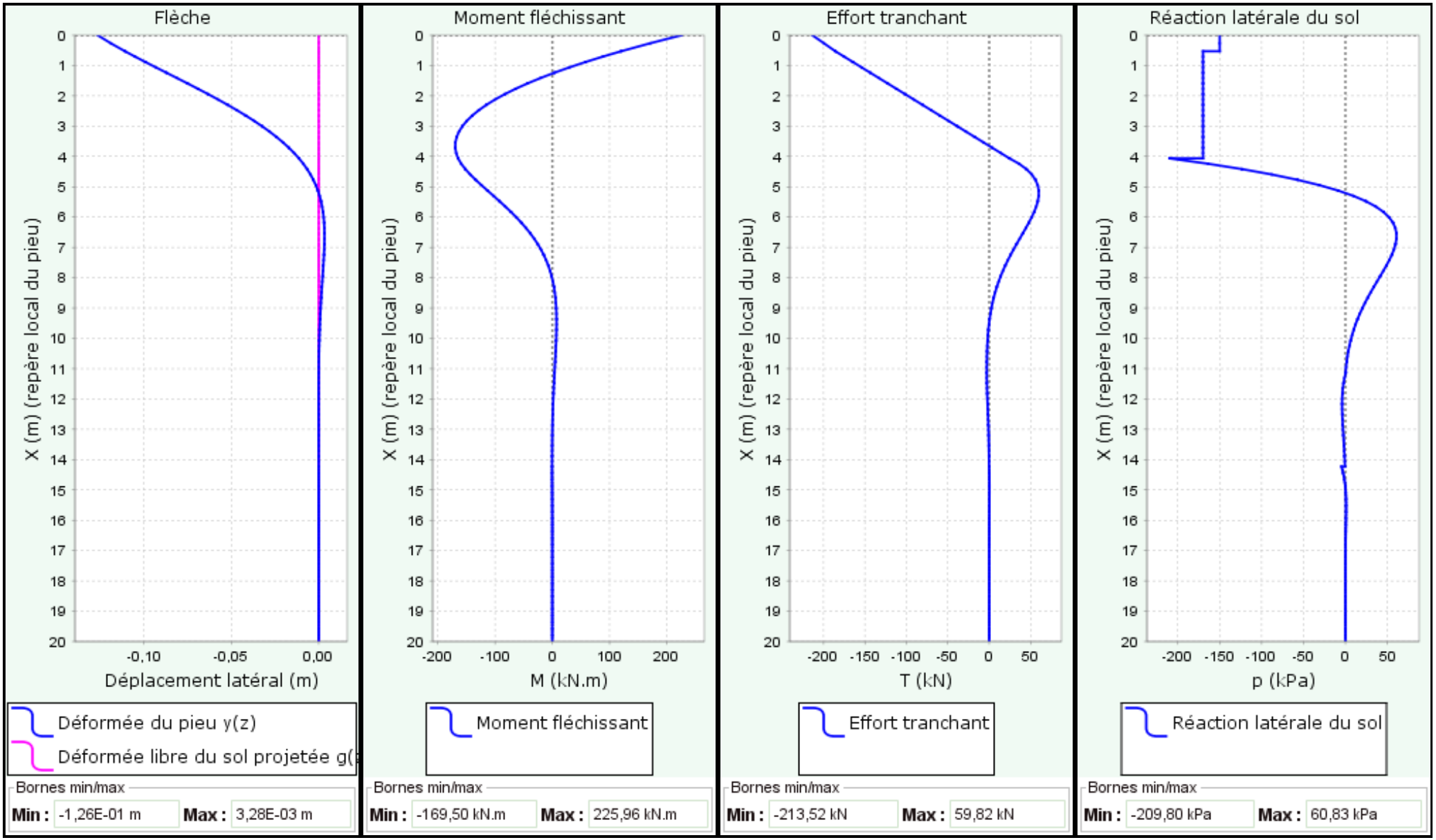
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-213,52	225,96	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELU Fond (Cas3)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations permanentes dominent en tête

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	5,50E03	0,50	0,35	300,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	3,50E03	0,67	0,35	170,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	1,30E04	0,67	0,35	650,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	9,00E04	0,50	0,35	3200,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

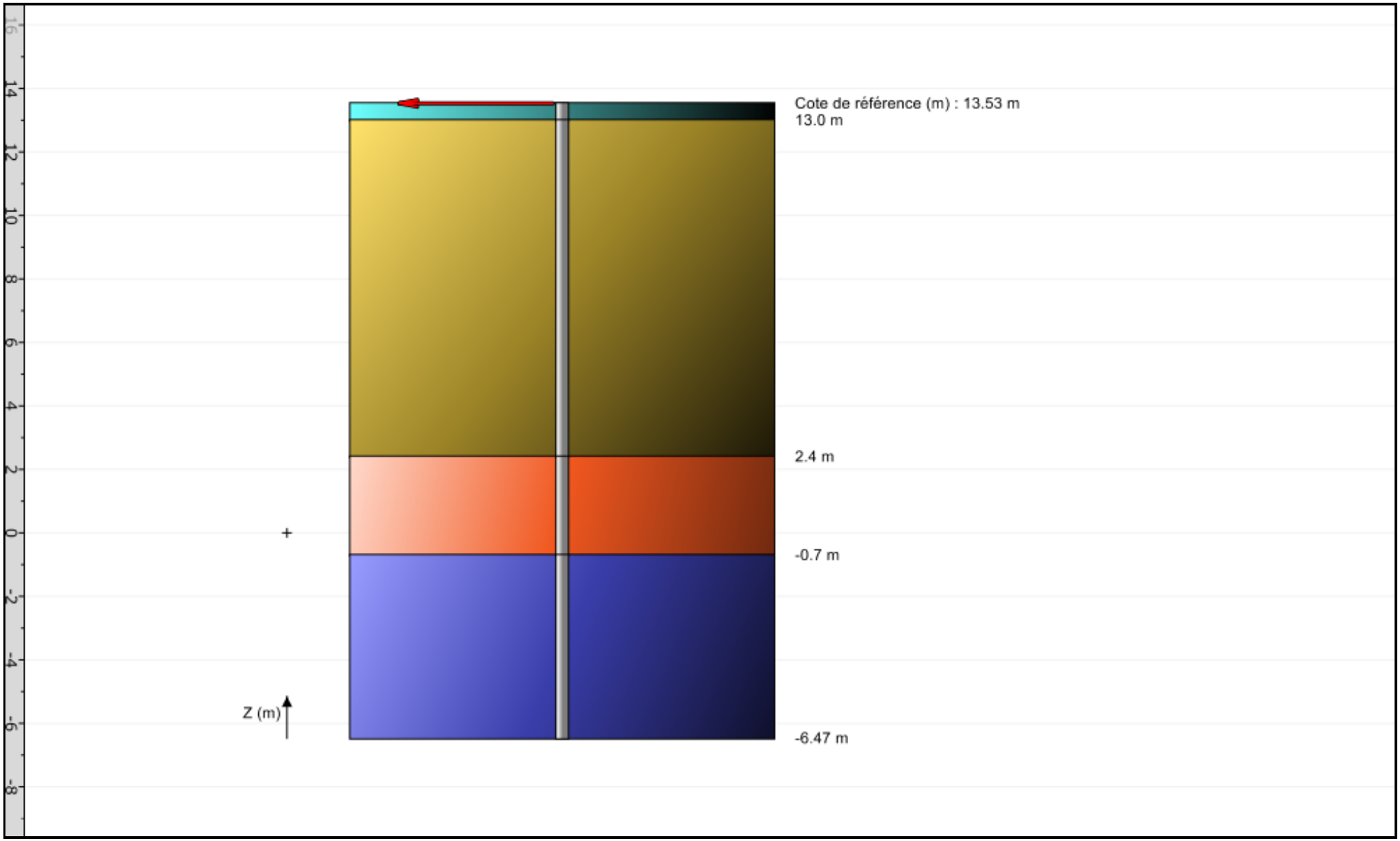
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-213,52	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

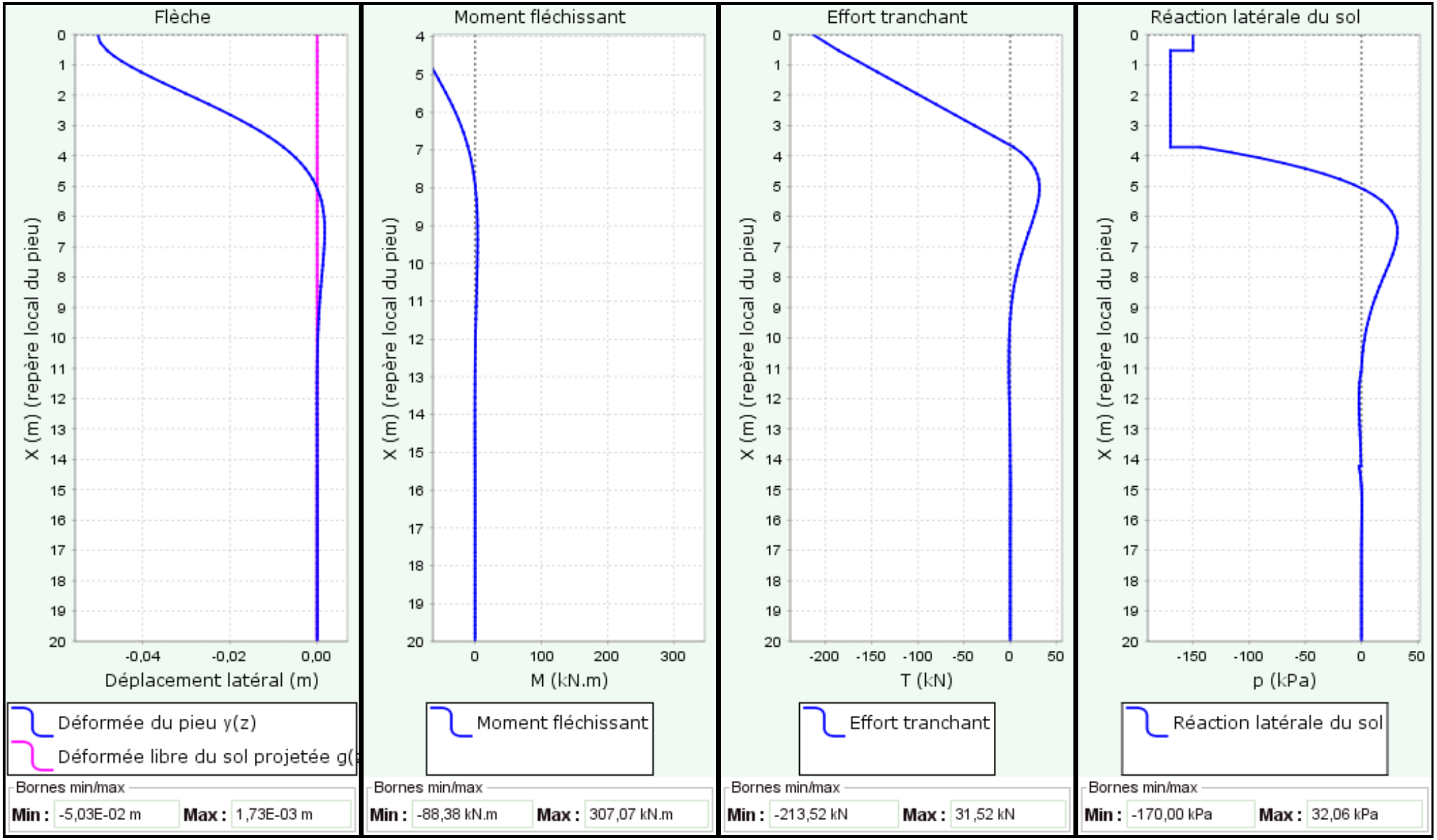
Rotation imposée ω (rad) : 0,00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELU Sis (Cas4)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations de courte durée en tête dominent

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	1,65E04	0,50	0,35	449,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	1,05E04	0,67	0,35	249,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	3,90E05	0,67	0,35	949,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	3,60E05	0,50	0,35	4795,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

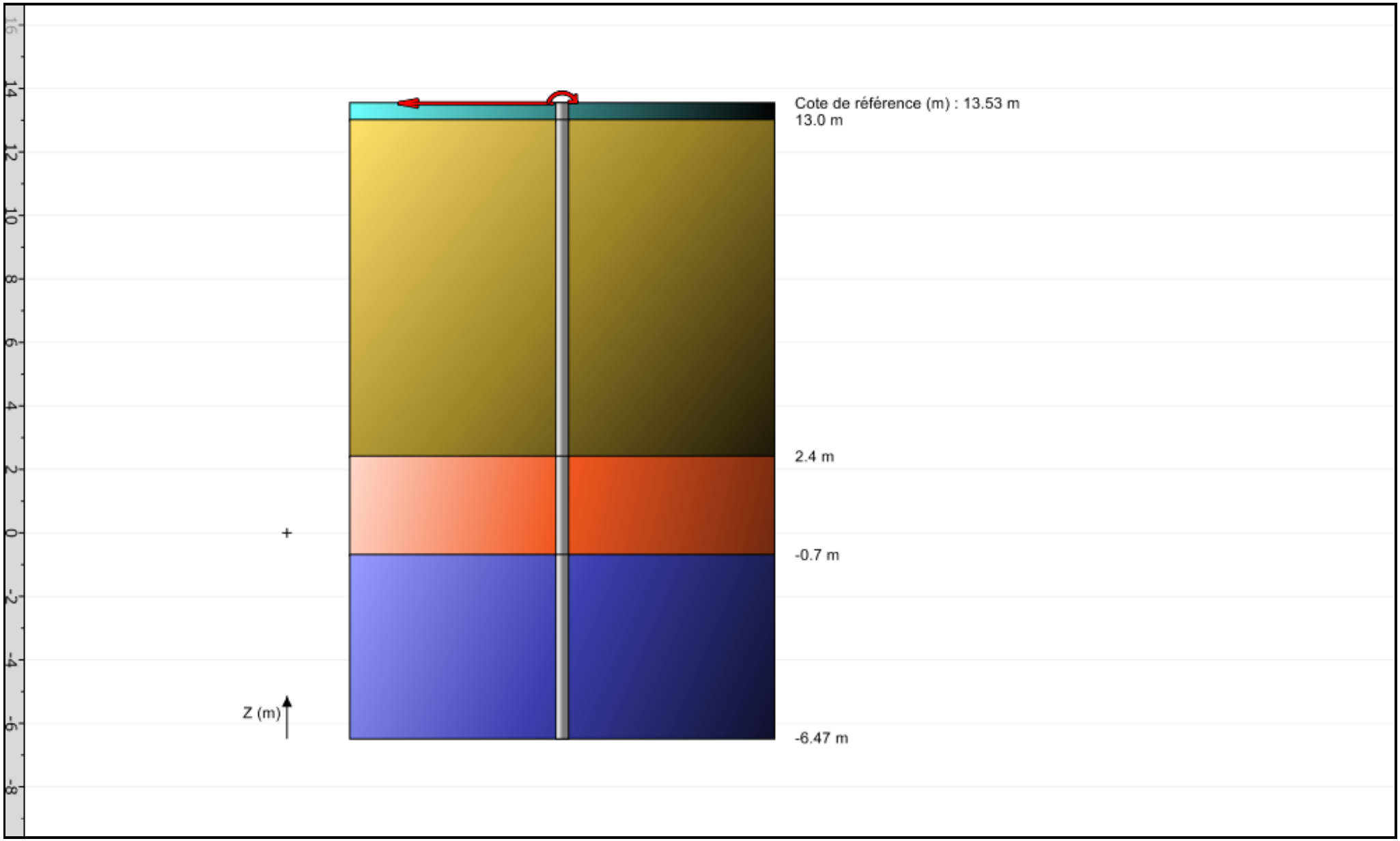
Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

Charges ponctuelles

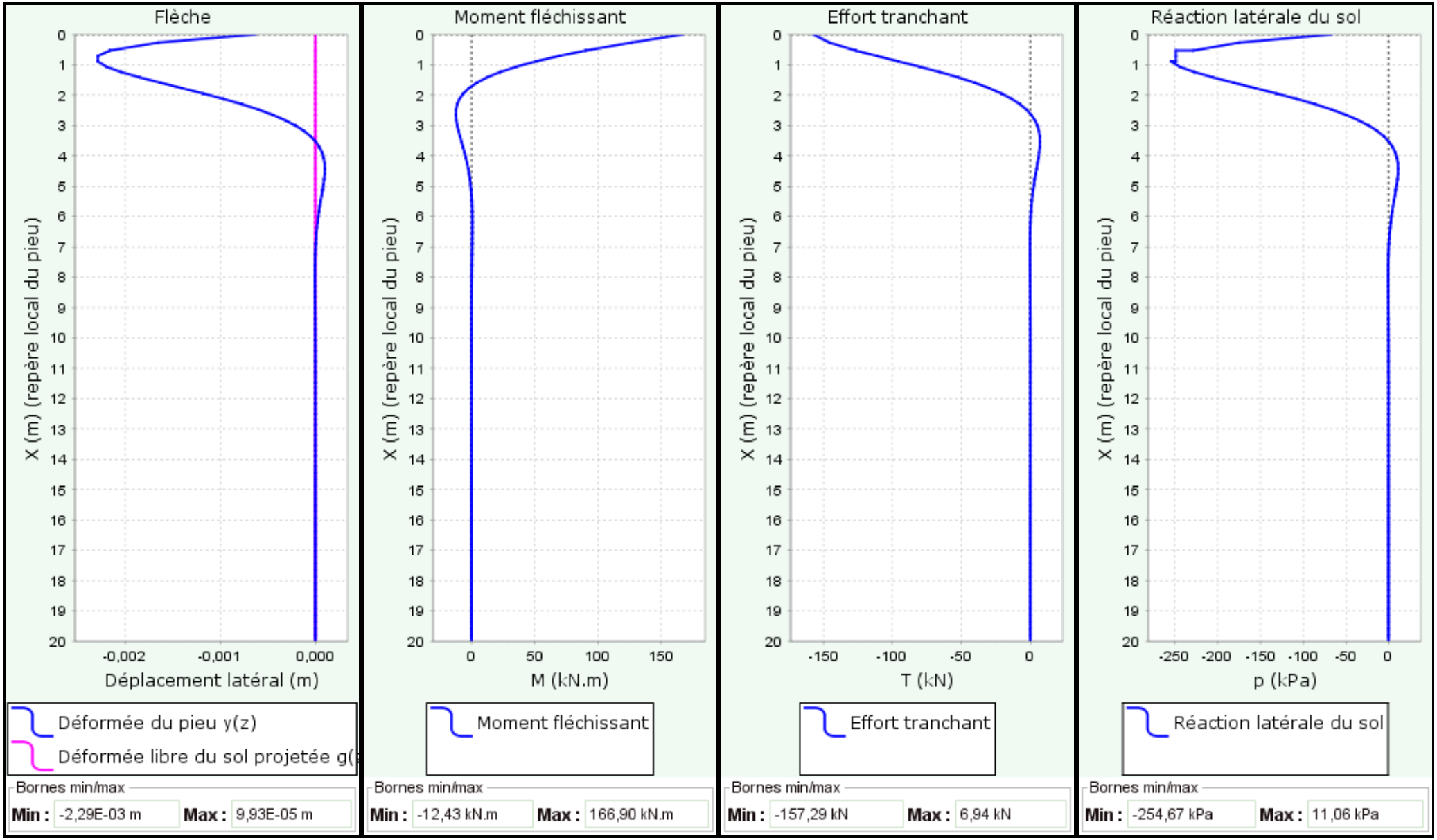
N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-157,29	166,90	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

Activer les cas de charge multiples en tête : Non

Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"



Résultats principaux



Données

Titre du projet : Galerie accès PEM sur MP

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Galerie acces PEM MP Sud ELU Sis (Cas4)

Type de calcul : Calcul de pieu sous sollicitations latérales
Loi p-y avec saisie directe des données pressiométriques
Cas où les sollicitations de courte durée en tête dominent

Cote de référence (m) : 13,53

Inclinaison du pieu (°) : 0,0

Nb d'increments : 20

Nb d'itérations par incrément : 100

Prise en compte d'une dégradation à proximité de la surface : Oui

Cote du toit de la zone de dégradation (m) : 13.53

Cote de la base de la zone de dégradation (m) : 13.0

Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	EM	α	B	pf*	pl*
1	Remblai		13,00	1,65E04	0,50	0,35	449,00	450,00
2	Alluvionsfines		2,40	1,05E04	0,67	0,35	249,00	250,00
3	ALT Sub		-0,70	3,90E05	0,67	0,35	949,00	950,00
4	Sub Stampien		-6,47	3,60E05	0,50	0,35	4795,00	4800,00

Prise en compte des déformations d'effort tranchant : Non

Discrétisation

Nom	h	EI	n
Remblai	0,53	1,74E04	1
Alluvionsfines	10,60	1,74E04	30
ALT Sub	3,10	1,74E04	9
Sub Stampien	5,77	1,74E04	27

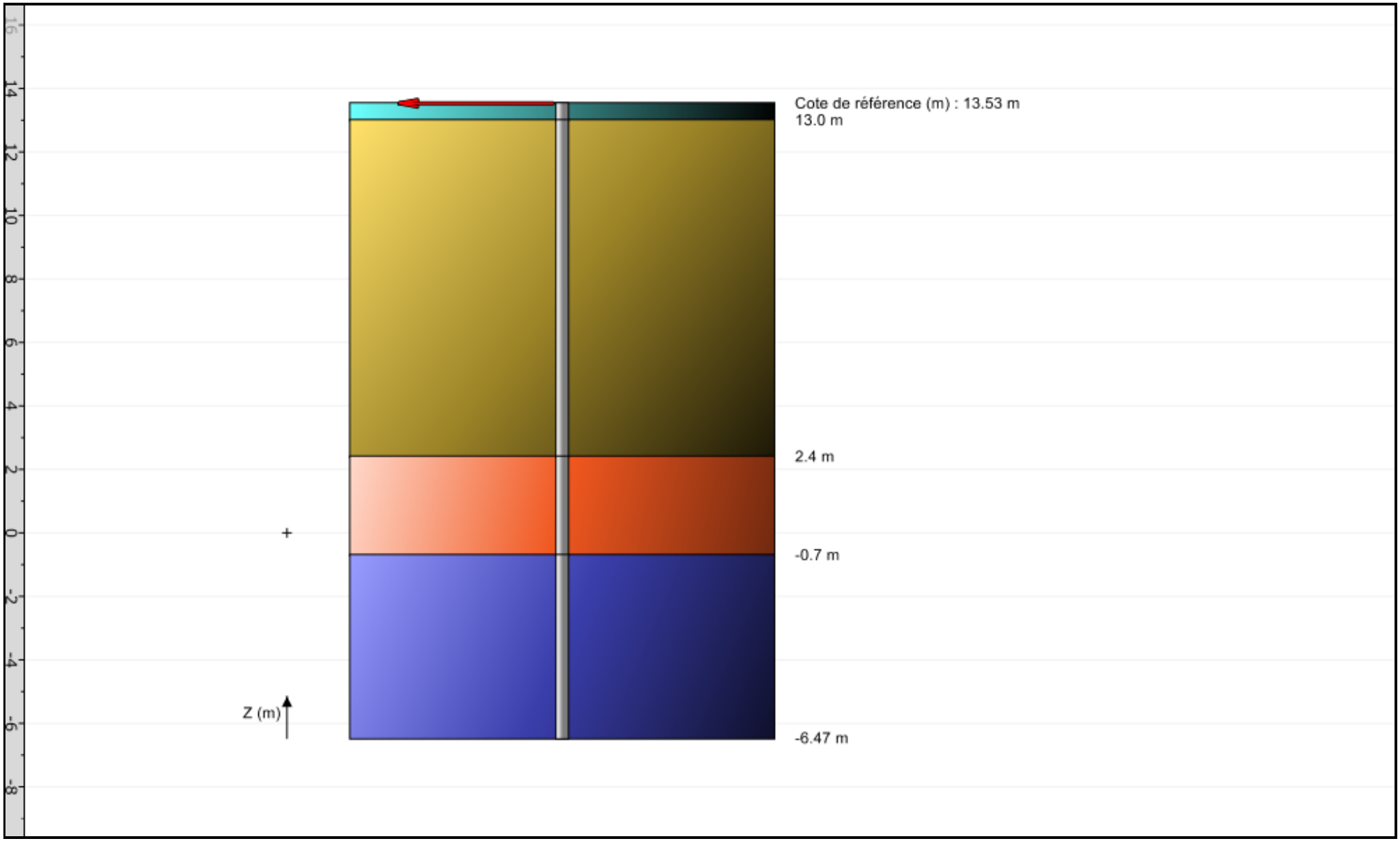
Charges ponctuelles

N°	Z	T	M	K	C
0	13,53	-157,29	0,00	0,00E00	0,00E00
1	13,00	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
2	2,40	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
3	-0,70	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00
4	-6,47	0,00	0,00	0,00E00	0,00E00

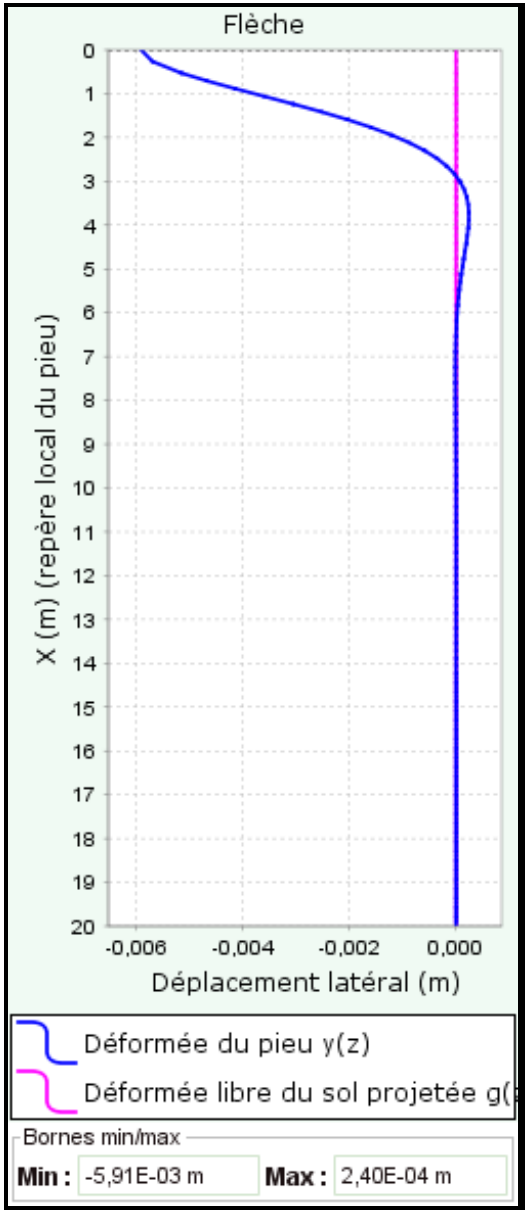
Rotation imposée ω (rad) : 0,00

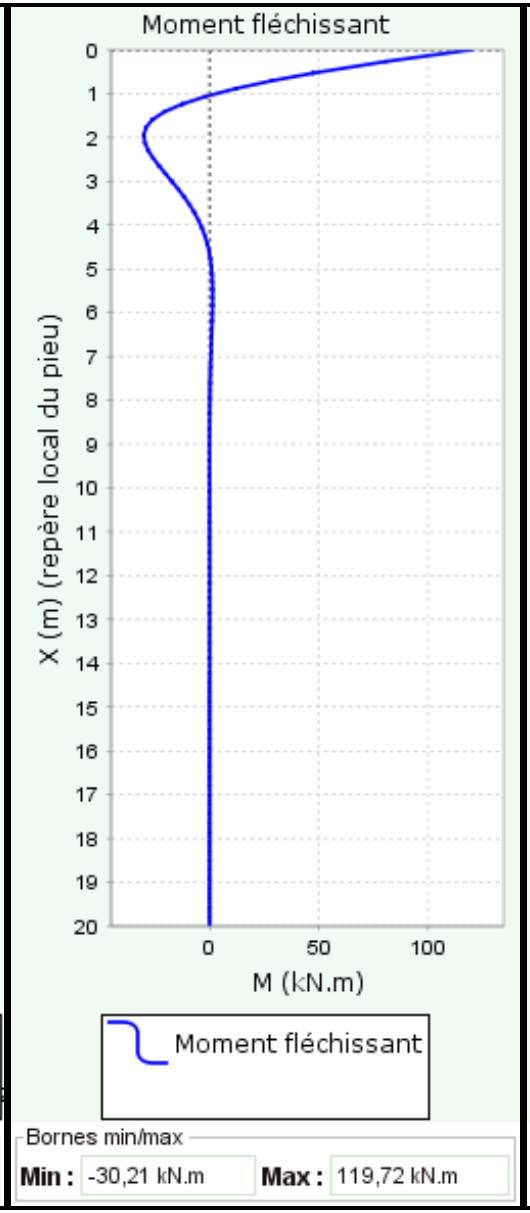
Activer les cas de charge multiples en tête : Non

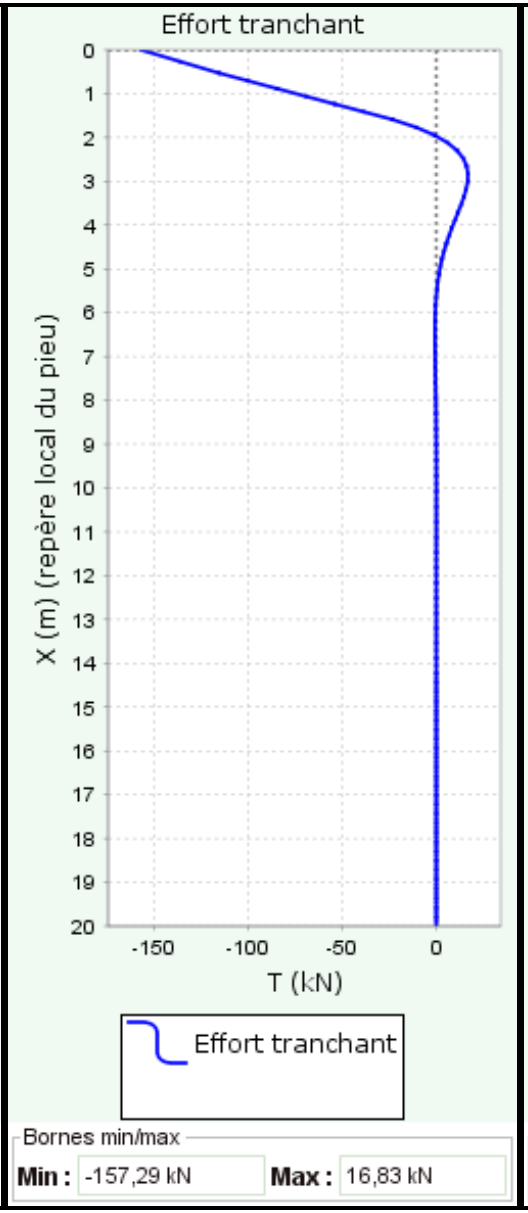
Onglet "Chargement extérieur sur le pieu"

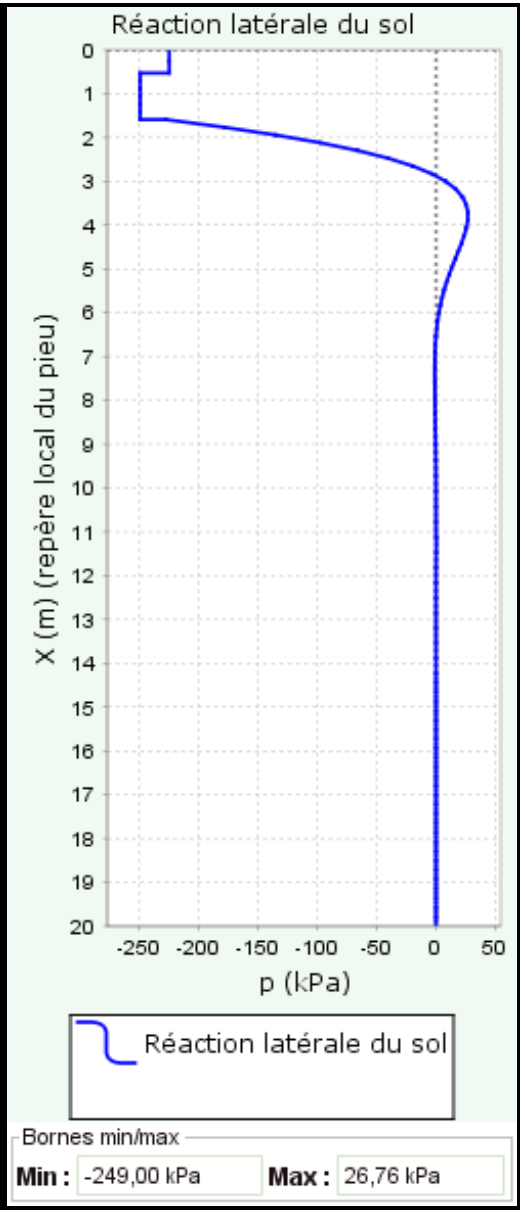


Résultats principaux









GEOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :

Saisie des données principales du projet

Référence ISO:	OUING08
Révision :	v2
Développé par :	Jonathan ROT
Vérifié par :	DTS

Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	24/07/2024

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP NORD - SP16/2020

Saisie des caractéristiques des micropieux :

Diamètre de forage du micropieu : 0,35 m
Longueur du micropieu : 15,50 m
Type de micropieu : Catégorie 19 [M3] Pieu ou micropieu injecté (Type III)

Effet de groupe ? NON
Type d'armature : tube d'armature

Cote arase supérieure du micropieu : 100,00 NGF
Pieu ancré dans la craie ? NON
Cote arase inférieure du micropieu : 84,50 NGF

Diamètre extérieur tube d'armature : 244,5 mm
Epaisseur du tube : 20,0 mm
Epaisseur sacrifiée à la corrosion : 1,2 mm
Nuance de l'acier : 560 MPa
Module d'élasticité de l'acier : 210 GPa

Produit d'inertie : 18810,1 kN.m²
Produit d'inertie réduit : 17384,8 kN.m²

Saisie des données géotechniques :

Couche	Cote base	Epaisseur	E_M	α	Pf*	Pl*	Classe de sol (portance)	Courbe	αpieu-sol	fsol	q_{smax}	q_s	Ce	qs(1) = Ce.qs
			MPa	-	MPa	MPa	-	-	-	kPa	kPa	kPa		
Remblai divers	98,65	1,3	5,5	0,5	0,3	0,01	Sol intermédiaire tendance sableuse	Q2	2,9	0,7	200	2	1,00	2
Alluvions fines	88,05	10,6	3,5	0,67	0,17	0,25	Sol intermédiaire tendance argileuse	Q1	2,7	23,8	200	64	1,00	64
Altération subtratum	84,95	3,1	13	0,67	0,65	0,95	Marne et Calcaire marneux	Q4	2,4	82,5	320	198	1,00	198
Substratum	70	15,0	90	0,5	3,2	4,8	Marne et Calcaire marneux	Q4	2,4	118,4	320	284	1,00	284

Saisie des sollicitations obtenues :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} (kN)	$T1_{MAX}$ (kN)	$M1_{MAX}$ (kN.m)	$T2_{MAX}$ (kN)	$M2_{MAX}$ (kN.m)
ELS_{QP}	-62,7	529,2	-124,9			133,4
ELS_{CARA}	-199,6	260,6	-184,8			235,3
ELU_{FOND}	-233,6	483,6	-214,7			310,3
ELUsismique	-166,1	358,2	-158,1			168,8
ELUacc						

GÉOTEC FRANCE ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE	**Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :**				**Référence ISO:**	**OUING08**
					Révision :	**v2**
	Vérification de la portance				**Développé par :**	**Jonathan ROT**
	Auteur du calcul :	**JYM**	**Date du calcul :**	**24/07/2024**	**Vérifié par :**	**DTS**

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP NORD - SP16/2020
Diamètre de forage du micropieu : 0,35 m

Synthèse du chargement :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} (kN)	$T1_{MAX}$ (kN)	$M1_{MAX}$ (kN.m)	$T2_{MAX}$ (kN)	$M2_{MAX}$ (kN.m)
ELS_{QP}	-63	529	-125	0	0	133
ELS_{CARA}	-200	261	-185	0	0	235
ELU_{FOND}	-234	484	-215	0	0	310
ELUsismique	-166	358	-158	0	0	169
ELUacc	0	0	0	0	0	0

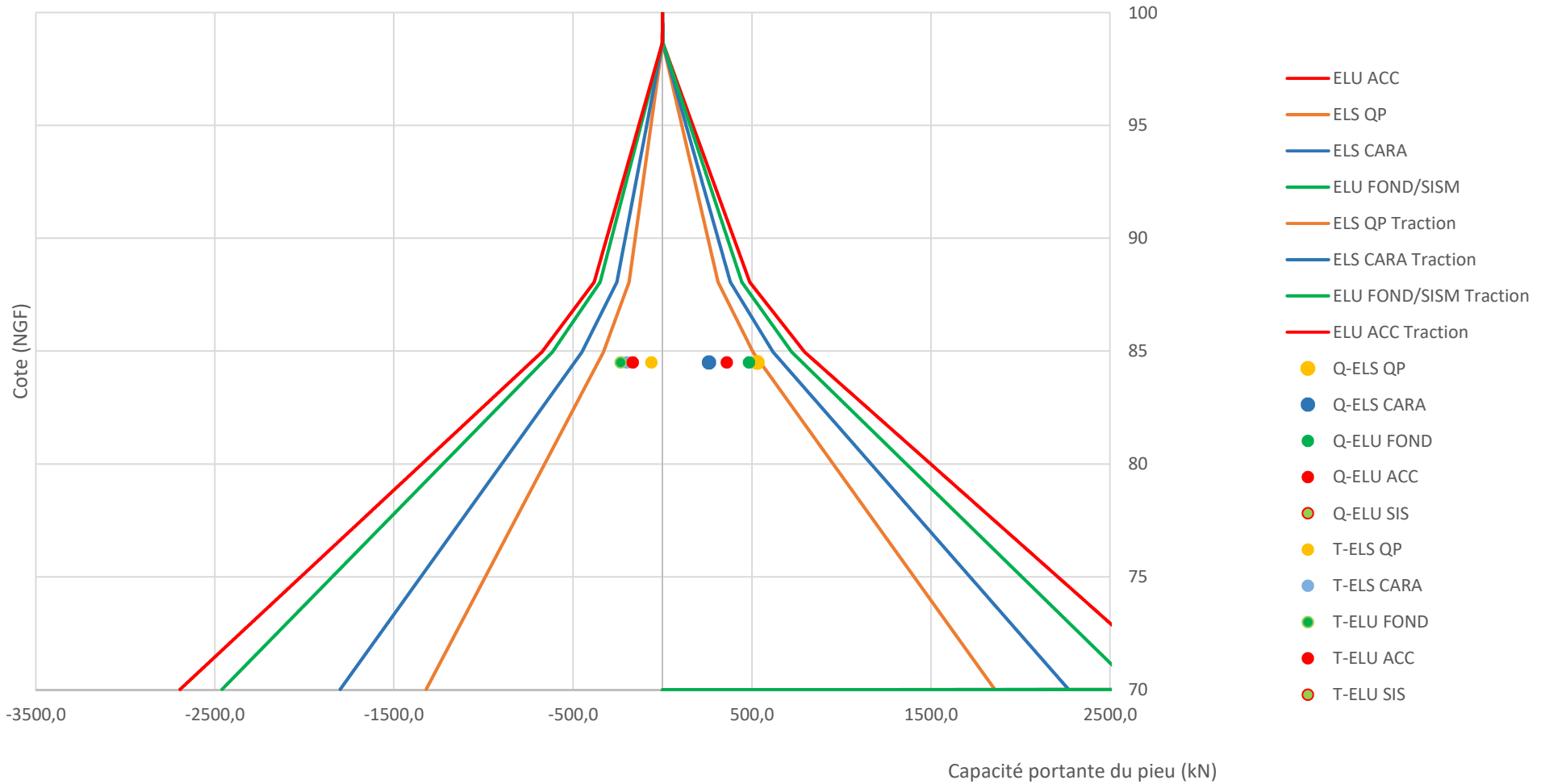
Combinaison d'actions	Coef. de sécurité global	
	Compression	Traction
ELS_{QP}	0,348	0,230
ELS_{CARA}	0,425	0,313
ELU_{FOND}	0,497	0,428
ELUsismique	0,547	0,469
ELUacc	0,547	0,469

Vérification de la portance :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} (kN)	Capacité portante en compression		Taux de travail :	Capacité portante en traction		Taux de travail :	Raccourcissement élastique
ELSQP	-63	529	Rc;cr:d =	✓ 546	97%	Rc;cr:d =	✓ 360	17%	1 mm
ELSCARA	-200	261	Rc;cr:d =	✓ 667	39%	Rc;cr:d =	✓ 491	41%	1 mm
ELUFOND	-234	484	Rc;d =	✓ 780	62%	Rc;d =	✓ 671	35%	
ELUsismique	-166	358	Rc;d =	✓ 858	42%	Rc;d =	✓ 735	23%	
ELUacc	0	0	Rc;d =	✓ 858	0%	Rc;d =	✓ 735	0%	

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Capacité portante pour chaque combinaison en fonction de la profondeur (compression / traction)



GEOTEC FRANCE — ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE	Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :				Référence ISO:	OUING08
					Révision :	v2
	Vérification STR des armatures conformément à l'Eurocode 3				Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	24/07/2024	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP NORD - SP16/2020
Diamètre de forage du micropieu : 0,35 m

Définition de la section :

Type d'armature :	tube d'armature	Section :	141,1 cm²	Module de flexion élastique :	732,7 cm3
Nuance de l'acier :	560,0 MPa	Section corrodé :	131,9 cm²	Module de flexion plastique :	1010,7 cm3
Diamètre extérieur tube d'armature :	244,5 mm			Module de flexion élastique réduit :	683,9 cm3
Epaisseur sacrifiée à la corrosion :	1,2 mm			Module de flexion plastique réduit :	939,6 cm3
Diamètre extérieur réduit :	242,1 mm				
Epaisseur du tube :	20,0 mm				
Classe de la section transversale :	**1**				

Sollicitations dans les armatures :

Combinaison d'actions	N_{MIN}	$N_{MAX} = N_{ED}$	$T1_{MAX} = V_{Y,ED}$	$M1_{MAX} = M_{Y,ED}$	$T2 = V_{Z,ED}$	$M2_{MAX} = M_{Z,ED}$
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN.m)
ELU_{FOND}	-234	484	-215	0	0	310
ELUsismique	-166	358	-158	0	0	169
ELUacc	0	0	0	0	0	0

Synthèse des vérifications :
Le cisaillement a un effet sur les valeurs de calcul de la résistance en compression, traction et flexion si $V_{ED} > 50\% V_{Pl,Rd}$

Vérifications STR		Combinaison d'actions								
		ELUFOND			ELUsismique			ELUacc		
		Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail
Cisaillement	$V_{pl,Rd}$ selon Y	2468 kN	✓ -215 kN	-9%	2468 kN	✓ -158 kN	-6%	2468 kN	✓ 0 kN	0%
	$V_{pl,Rd}$ selon Z	2468 kN	✓ 0 kN	0%	2468 kN	✓ 0 kN	0%	2468 kN	✓ 0 kN	0%
Compression	Nc,rd	6714 kN	✓ 484 kN	7%	6714 kN	✓ 358 kN	5%	6714 kN	✓ 0 kN	0%
Traction	Nt,Rd	6714 kN	✓ -234 kN	3%	6714 kN	✓ -166 kN	-2%	6714 kN	✓ 0 kN	0%
Flexion simple	$M_{c,rd}$ selon Y	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
	$M_{c,rd}$ selon Z	478 kN.m	✓ 310 kN.m	65%	478 kN.m	✓ 169 kN.m	35%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
Flexion et effort normal	MN,rd selon Y	473 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	475 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
	MN,rd selon Z	473 kN.m	✓ 310 kN.m	66%	475 kN.m	✓ 169 kN.m	36%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
Flexion biaxiale	Equation 1		0,43	✓ 1		0,13	✓ 1		0,00	✓ 1
Flexion composée	Equation 2		0,72	✓ 1		0,41	✓ 1		0,00	✓ 1

Equation 1 :

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 1 et 2)

Equation 2 :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 1, 2 et 3)

GÉOTEC FRANCE — ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE	Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :				Référence ISO:	OUING08
					Révision :	v2
	Vérification du flambement selon M.Mandel				Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	24/07/2024	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP NORD - SP16/2020

Saisie des données géotechniques :

Couche où le micropieu est susceptible de flamber ?		Alluvions fines
Hauteur à considérer pour le flambement ?	D	10,6 m
Module pressiométrique retenu :	E_M	3,5 MPa
Coefficient rhéologique retenu :	α	0,67

Rappel des caractéristiques du micropieu (forage et armatures) :

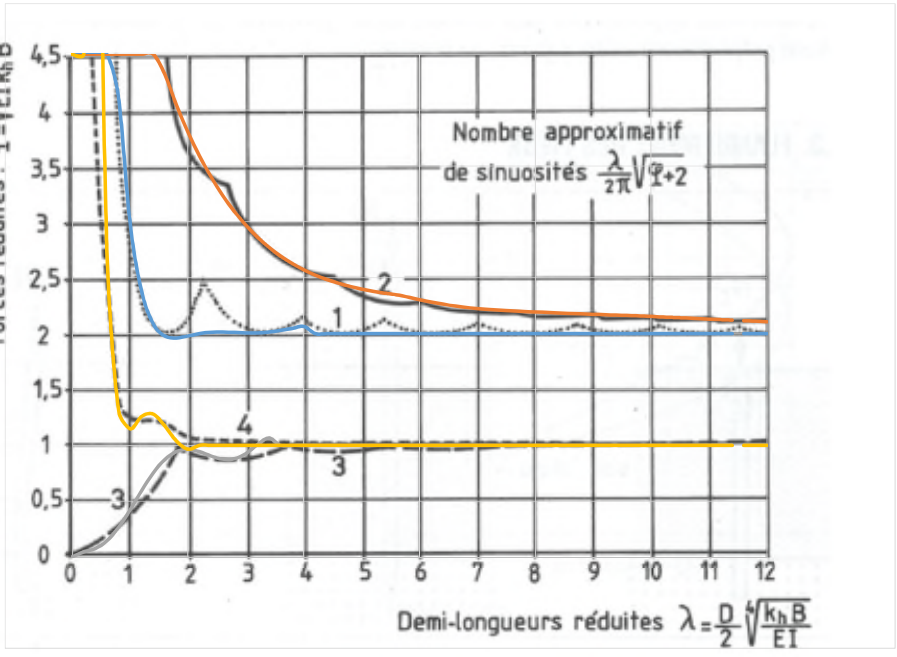
Diamètre du forage du micropieu :	B	0,350 m
Diamètre extérieur tube d'armature :	D_{ext}	244,5 mm
Epaisseur du tube :	e	20,0 mm
Epaisseur sacrifiée à la corrosion :	t_c	1,2 mm
Module d'élasticité de l'acier :	E_{acier}	210,0 MPa

Détermination des conditions aux limites :

Conditions d'appui à définir : Pieu encastré aux 2 extrémités

Résultats des calculs :

Désignation	Symbole	Unités	Formule	Micropieu 1
Module de réaction surfacique du sol (LT)			k_h	18,6 MPa/m
Rigidité de l'armature seule			EI	17384,8 kN.m²
Demi-longueur réduite			λ	4,1
Force réduite			φ	2,54
Charge critique de flambement			Nc	26957,3 kN
Charge sur le micropieu à l'ELS_{CARA}			$N_{ELS\ CARA}$	260,6 kN
Coefficient de sécurité (F_{min} = 2,5)			F	✔ 103,4
taux de travail				2%



Force réduite d'un pieu dans un sol à raideur constante :

GEOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :

Saisie des données principales du projet

Référence ISO:	OUING08
Révision :	v2
Développé par :	Jonathan ROT
Vérifié par :	DTS

Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	24/07/2024

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP SUD - SP16/2020

Saisie des caractéristiques des micropieux :

Diamètre de forage du micropieu : 0,35 m
Longueur du micropieu : 20,00 m
Type de micropieu : Catégorie 19 [M3] Pieu ou micropieu injecté (Type III)

Effet de groupe ? NON
Type d'armature : tube d'armature

Cote arase supérieure du micropieu : 100,00 NGF
Pieu ancré dans la craie ? NON
Cote arase inférieure du micropieu : 80,00 NGF

Diamètre extérieur tube d'armature : 244,5 mm
Epaisseur du tube : 20,0 mm
Epaisseur sacrifiée à la corrosion : 1,2 mm
Nuance de l'acier : 560 MPa
Module d'élasticité de l'acier : 210 GPa

Produit d'inertie : 18810,1 kN.m²
Produit d'inertie réduit : 17384,8 kN.m²

Saisie des données géotechniques :

Couche	Cote base	Epaisseur	E_M	α	Pf*	Pl*	Classe de sol (portance)	Courbe	αpieu-sol	fsol	q_{smax}	q_s	Ce	qs(1) = Ce.qs
			MPa	-	MPa	MPa	-	-	-	kPa	kPa	kPa		
Remblai divers	98,65	1,3	5,5	0,5	0,3	0,01	Sol intermédiaire tendance sableuse	Q2	2,9	0,7	200	2	1,00	2
Alluvions fines	88,05	10,6	3,5	0,67	0,17	0,25	Sol intermédiaire tendance argileuse	Q1	2,7	23,8	200	64	1,00	64
Altération subtratum	84,95	3,1	13	0,67	0,65	0,95	Marne et Calcaire marneux	Q4	2,4	82,5	320	198	1,00	198
Substratum	70	15,0	90	0,5	3,2	4,8	Marne et Calcaire marneux	Q4	2,4	118,4	320	284	1,00	284

Saisie des sollicitations obtenues :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} (kN)	$T1_{MAX}$ (kN)	$M1_{MAX}$ (kN.m)	$T2_{MAX}$ (kN)	$M2_{MAX}$ (kN.m)
ELS_{QP}	169,9	828,9	-161,0			185,1
ELS_{CARA}	375,6	1 092,6	-183,9			233,2
ELU_{FOND}	84,0	1 307,0	-213,5			307,1
ELUsismique	81,8	935,9	-157,3			166,9
ELUacc						

GÉOTEC FRANCE ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE	**Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :**				**Référence ISO:**	**OUING08**
					Révision :	**v2**
	Vérification de la portance				**Développé par :**	**Jonathan ROT**
	Auteur du calcul :	**JYM**	**Date du calcul :**	**24/07/2024**	**Vérifié par :**	**DTS**

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP SUD - SP16/2020
Diamètre de forage du micropieu : 0,35 m

Synthèse du chargement :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} (kN)	$T1_{MAX}$ (kN)	$M1_{MAX}$ (kN.m)	$T2_{MAX}$ (kN)	$M2_{MAX}$ (kN.m)
ELS_{QP}	170	829	-161	0	0	185
ELS_{CARA}	376	1 093	-184	0	0	233
ELU_{FOND}	84	1 307	-214	0	0	307
ELUsismique	82	936	-157	0	0	167
ELUacc	0	0	0	0	0	0

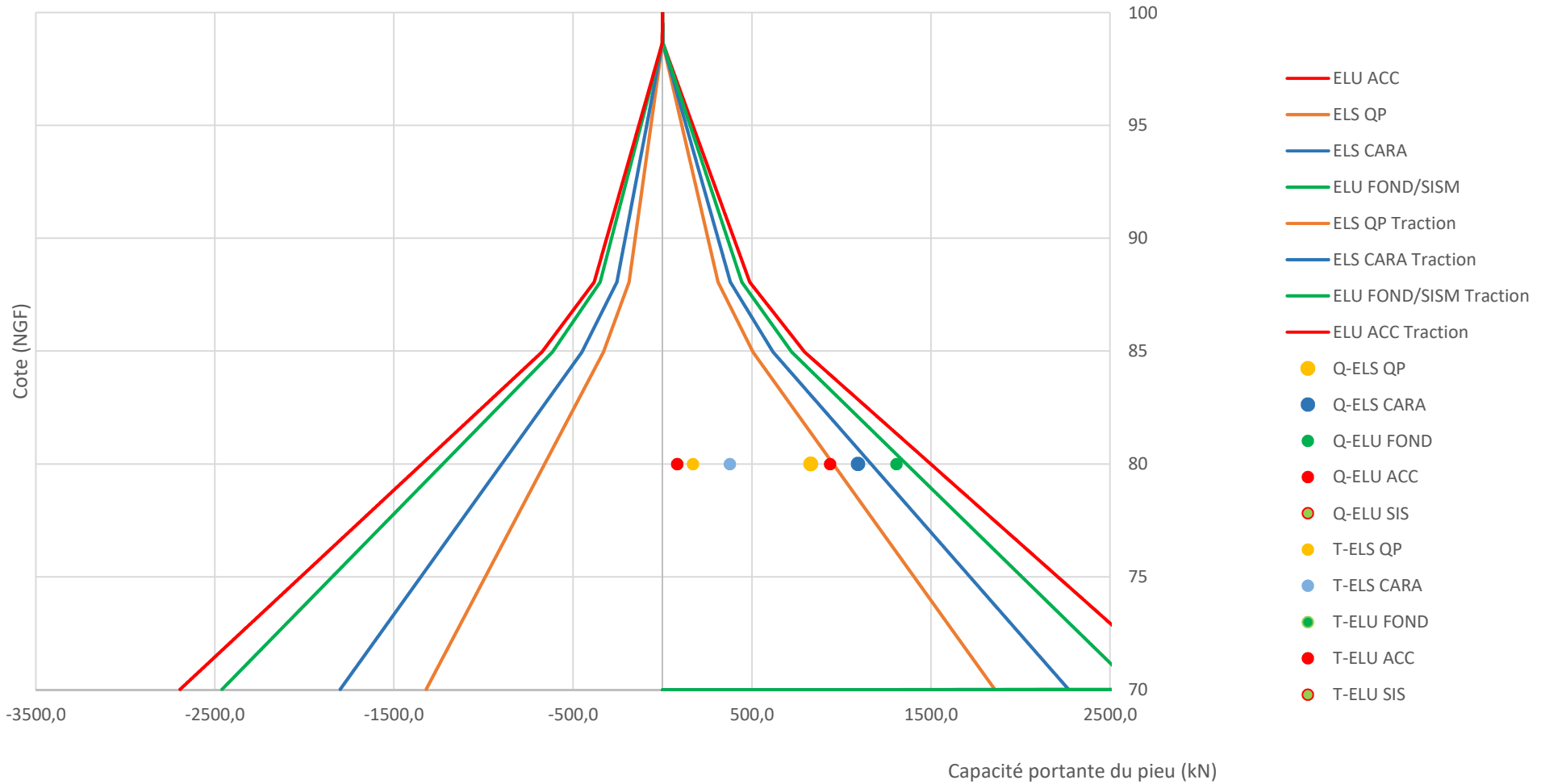
Combinaison d'actions	Coef. de sécurité global	
	Compression	Traction
ELS_{QP}	0,320	0,221
ELS_{CARA}	0,391	0,302
ELU_{FOND}	0,457	0,412
ELUsismique	0,503	0,452
ELUacc	0,503	0,452

Vérification de la portance :

Combinaison d'actions	N_{MIN} (kN)	N_{MAX} (kN)	Capacité portante en compression		Taux de travail :	Capacité portante en traction		Taux de travail :	Raccourcissement élastique
ELSQP	170	829	Rc;cr:d =	✓ 953	87%	Rc;cr:d =	✓ 659	sans objet	3 mm
ELSCARA	376	1 093	Rc;cr:d =	✓ 1 164	94%	Rc;cr:d =	✓ 898	sans objet	4 mm
ELUFOND	84	1 307	Rc;d =	✓ 1 361	96%	Rc;d =	✓ 1 227	sans objet	
ELUsismique	82	936	Rc;d =	✓ 1 497	63%	Rc;d =	✓ 1 344	sans objet	
ELUacc	0	0	Rc;d =	✓ 1 497	0%	Rc;d =	✓ 1 344	0%	

GÉOTEC FRANCE
ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

Capacité portante pour chaque combinaison en fonction de la profondeur (compression / traction)



GEOTEC FRANCE — ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE	Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :				Référence ISO:	OUING08
					Révision :	v2
	Vérification STR des armatures conformément à l'Eurocode 3				Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	24/07/2024	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP SUD - SP16/2020
Diamètre de forage du micropieu : 0,35 m

Définition de la section :

Type d'armature :	tube d'armature	Section :	141,1 cm²	Module de flexion élastique :	732,7 cm3
Nuance de l'acier :	560,0 MPa	Section corrodé :	131,9 cm²	Module de flexion plastique :	1010,7 cm3
Diamètre extérieur tube d'armature :	244,5 mm			Module de flexion élastique réduit :	683,9 cm3
Epaisseur sacrifiée à la corrosion :	1,2 mm			Module de flexion plastique réduit :	939,6 cm3
Diamètre extérieur réduit :	242,1 mm				
Epaisseur du tube :	20,0 mm				
Classe de la section transversale :	**1**				

Sollicitations dans les armatures :

Combinaison d'actions	N_{MIN}	$N_{MAX} = N_{ED}$	$T1_{MAX} = V_{Y,ED}$	$M1_{MAX} = M_{Y,ED}$	$T2 = V_{Z,ED}$	$M2_{MAX} = M_{Z,ED}$
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN.m)
ELU_{FOND}	84	1 307	-214	0	0	307
ELUsismique	82	936	-157	0	0	167
ELUacc	0	0	0	0	0	0

Synthèse des vérifications :
Le cisaillement a un effet sur les valeurs de calcul de la résistance en compression, traction et flexion si $V_{ED} > 50\% V_{Pl,Rd}$

Vérifications STR		Combinaison d'actions								
		ELUFOND			ELUsismique			ELUacc		
		Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail	Résistance	Sollicitation	Taux de travail
Cisaillement	$V_{pl,Rd}$ selon Y	2468 kN	✓ -214 kN	-9%	2468 kN	✓ -157 kN	-6%	2468 kN	✓ 0 kN	0%
	$V_{pl,Rd}$ selon Z	2468 kN	✓ 0 kN	0%	2468 kN	✓ 0 kN	0%	2468 kN	✓ 0 kN	0%
Compression	Nc,rd	6714 kN	✓ 1307 kN	19%	6714 kN	✓ 936 kN	14%	6714 kN	✓ 0 kN	0%
Traction	Nt,Rd	6714 kN	✓ 0 kN	0%	6714 kN	✓ 0 kN	0%	6714 kN	✓ 0 kN	0%
Flexion simple	$M_{c,rd}$ selon Y	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
	$M_{c,rd}$ selon Z	478 kN.m	✓ 307 kN.m	64%	478 kN.m	✓ 167 kN.m	35%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
Flexion et effort normal	MN,rd selon Y	449 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	462 kN.m	✓ 0 kN.m	0%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
	MN,rd selon Z	449 kN.m	✓ 307 kN.m	68%	462 kN.m	✓ 167 kN.m	36%	478 kN.m	✓ 0 kN.m	0%
Flexion biaxiale	Equation 1		0,47	✓ 1		0,13	✓ 1		0,00	✓ 1
Flexion composée	Equation 2		0,84	✓ 1		0,49	✓ 1		0,00	✓ 1

Equation 1 :

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^{\beta} \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 1 et 2)

Equation 2 :

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

(valable pour les sections de classe 1, 2 et 3)

GEOTEC FRANCE – ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE	Utilitaire de calcul pour le dimensionnement de micropieux :				Référence ISO:	OUING08
					Révision :	v2
	Vérification du flambement selon M.Mandel				Développé par :	Jonathan ROT
	Auteur du calcul :	JYM	Date du calcul :	24/07/2024	Vérifié par :	DTS

N° affaire : 21/13438/17
Ville : MARSEILLE Rue Zoccola PEM
Projet : Galerie Accès PEM
Ouvrage : MP SUD - SP16/2020

Saisie des données géotechniques :

Couche où le micropieu est susceptible de flamber ?		Alluvions fines
Hauteur à considérer pour le flambement ?	D	10,6 m
Module pressiométrique retenu :	E_M	3,5 MPa
Coefficient rhéologique retenu :	α	0,67

Rappel des caractéristiques du micropieu (forage et armatures) :

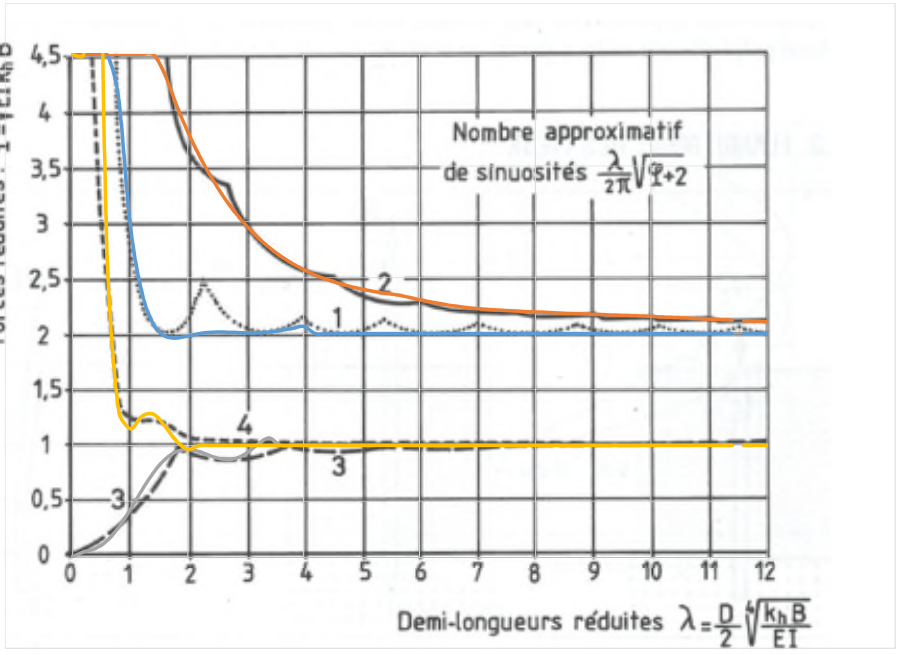
Diamètre du forage du micropieu :	B	0,350 m
Diamètre extérieur tube d'armature :	D_{ext}	244,5 mm
Epaisseur du tube :	e	20,0 mm
Epaisseur sacrifiée à la corrosion :	t_c	1,2 mm
Module d'élasticité de l'acier :	E_{acier}	210,0 MPa

Détermination des conditions aux limites :

Conditions d'appui à définir : Pieu encastré aux 2 extrémités

Résultats des calculs :

Désignation	Symbole	Unités	Formule	Micropieu 1
Module de réaction surfacique du sol (LT)			k_h	18,6 MPa/m
Rigidité de l'armature seule			EI	17384,8 kN.m²
Demi-longueur réduite			λ	4,1
Force réduite			φ	2,54
Charge critique de flambement			Nc	26957,3 kN
Charge sur le micropieu à l'ELS_{CARA}			$N_{ELS\ CARA}$	1092,6 kN
Coefficient de sécurité (F_{min} = 2,5)			F	✔ 24,7
taux de travail				10%



Force réduite d'un pieu dans un sol à raideur constante :

Données

Titre du projet : Rue Zoccola PEM - Semelle passerelle

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Semelle passerelle SP2-2024 (Cas1)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation rectangulaire

Longueur L (m) : 2,70

Largeur B (m) : 2,00

Cote du TN initial Zini (m) : 14,40

Cote du TN final Zfin (m) : 14,40

Cote de base fondation Zd (m) : 11,40

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement cohérent

Type d'interface : Interface frottante

Angle de contact à l'interface (°) : 30,0

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

Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Couche 1		12,40	470,00	6000,00	0,50
2	Couche 2		10,40	470,00	6000,00	0,67
3	Couche 3		8,40	270,00	2300,00	0,67
4	Couche 4		6,40	250,00	2100,00	0,67
5	Couche 5		4,40	430,00	3000,00	0,67
6	Couche 6		0,00	4800,00	50000,00	0,50

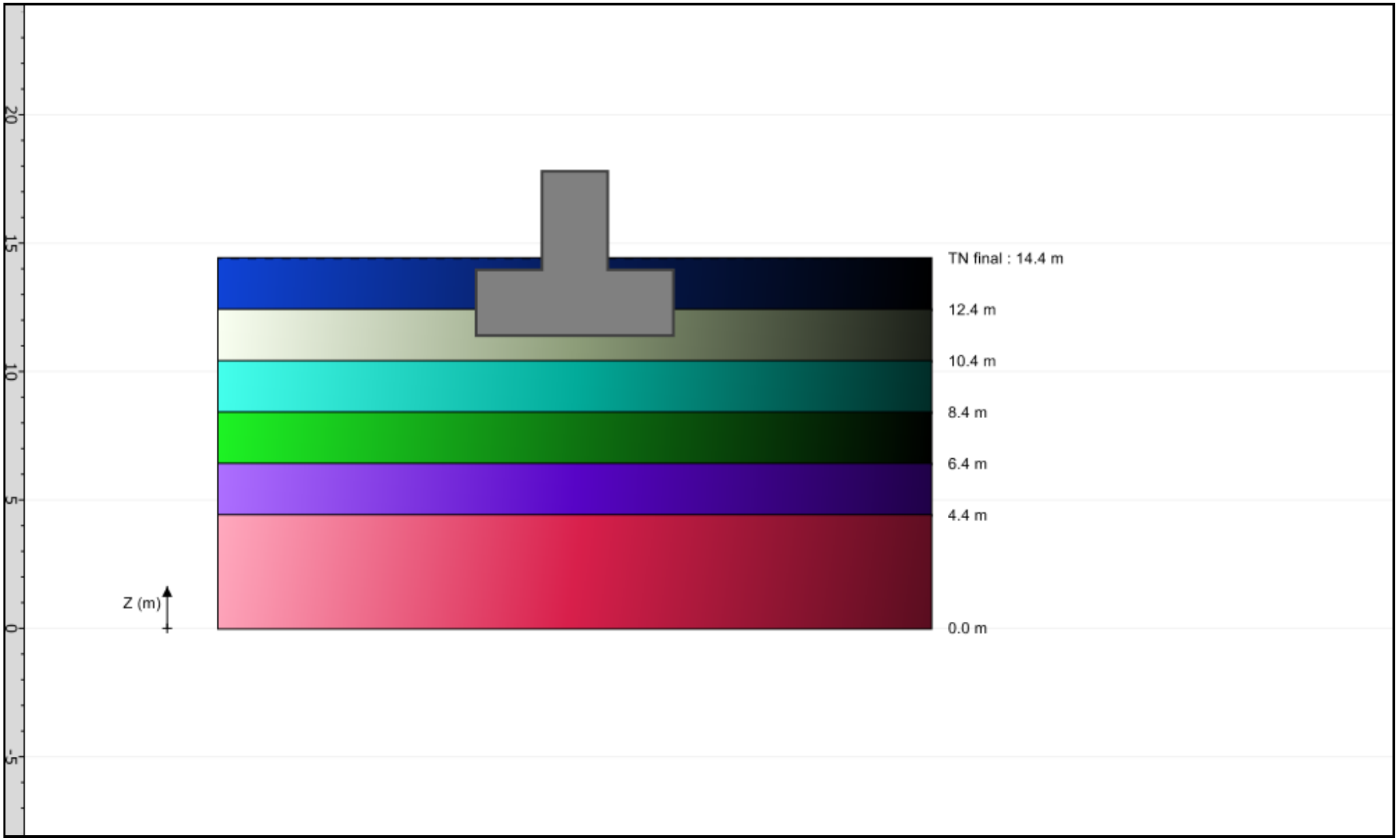
Poids propre de la semelle (P0) : 0,00

Cote d'application de la charge Z0 (m) : 11,40

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	400,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Paramètres généraux"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

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

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

R0 [kN] : Poids des terres excavées

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

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

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

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

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

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

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	400,00	0,00	0,00	1,00	831,67	-	Ok	Ok	-	0,75

Données

Titre du projet : Rue Zoccola PEM - Semelle passerelle

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Semelle passerelle SP1 (Cas2)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation rectangulaire

Longueur L (m) : 2,70

Largeur B (m) : 2,00

Cote du TN initial Zini (m) : 14,40

Cote du TN final Zfin (m) : 14,40

Cote de base fondation Zd (m) : 11,40

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement cohérent

Type d'interface : Interface frottante

Angle de contact à l'interface (°) : 30,0

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

Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Couche 1		13,40	1380,00	11600,00	0,50
2	Couche 2		12,40	330,00	3840,00	0,67
3	Couche 3		11,40	360,00	2910,00	0,67
4	Couche 4		10,40	490,00	3760,00	0,67
5	Couche 5		9,40	540,00	4180,00	0,67
6	Couche 6		8,40	450,00	3130,00	0,67
7	Couche 7		7,40	480,00	3020,00	0,67
8	Couche 8		6,40	470,00	3760,00	0,67
9	Couche 9		5,40	570,00	3640,00	0,67
10	Couche 10		4,40	500,00	6530,00	0,67
11	Couche 11		3,40	480,00	3700,00	0,67
12	Couche 12		2,40	490,00	4070,00	0,67
13	Couche 13		1,40	2310,00	32100,00	0,67
14	Couche 14		-5,00	5000,00	150000,00	0,50

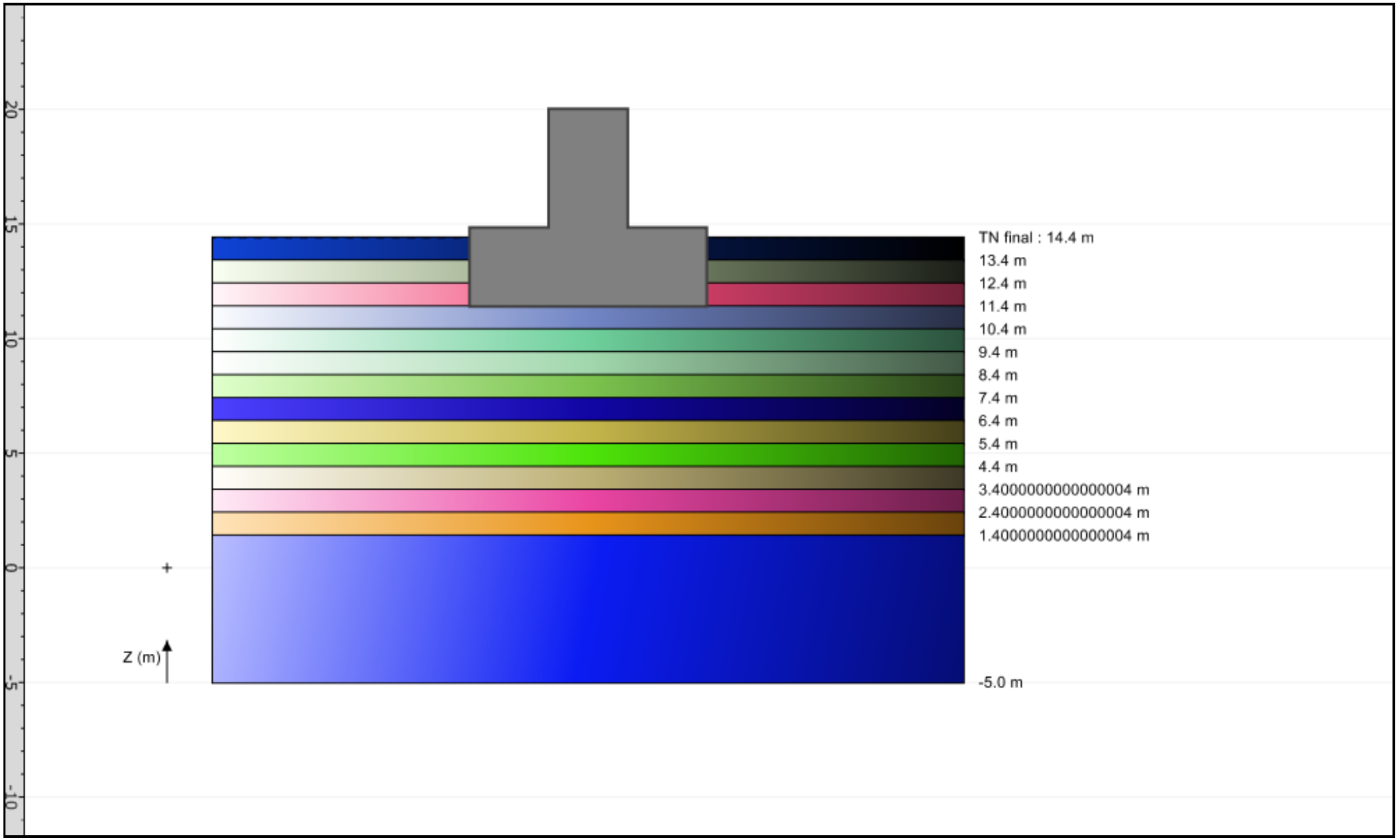
Poids propre de la semelle (P0) : 0,00

Cote d'application de la charge Z0 (m) : 11,40

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	400,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Paramètres généraux"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

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

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

R0 [kN] : Poids des terres excavées

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

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

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

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

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

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

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	400,00	0,00	0,00	1,00	995,80	-	Ok	Ok	-	0,94

Données

Titre du projet : Rue Zoccola PEM - Semelle passerelle

Numéro d'affaire : 21/13438/17

Commentaires : N/A

Titre du calcul : Semelle passerelle SP302 (Cas3)

Cadre réglementaire : EC 7 - Norme NF P94-261

Méthode de dimensionnement : A partir des résultats pressiométriques

Traitement des données : Traitement par mesures

Pas de calcul (m) : 0,20

Forme de la base : Fondation rectangulaire

Longueur L (m) : 2,70

Largeur B (m) : 2,00

Cote du TN initial Zini (m) : 14,40

Cote du TN final Zfin (m) : 14,40

Cote de base fondation Zd (m) : 11,40

Proximité d'un talus : Non

Catégorie de sol : Argiles et limons

Type de comportement : Comportement cohérent

Type d'interface : Interface frottante

Angle de contact à l'interface (°) : 30,0

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

Terrain et profil pressiométrique

N°	Nom	Couleur	Zbase	pl*	EM	α
1	Couche 1		13,40	1010,00	8100,00	0,50
2	Couche 2		11,90	380,00	3200,00	0,67
3	Couche 3		10,40	570,00	8700,00	0,67
4	Couche 4		8,90	410,00	3200,00	0,67
5	Couche 5		7,40	370,00	5300,00	0,67
6	Couche 6		5,90	380,00	3100,00	0,67
7	Couche 7		4,40	270,00	1300,00	0,67
8	Couche 8		2,40	1400,00	10800,00	0,67
9	Couche 9		1,40	434,00	54000,00	0,67
10	Couche 10		0,00	7600,00	130000,00	0,50

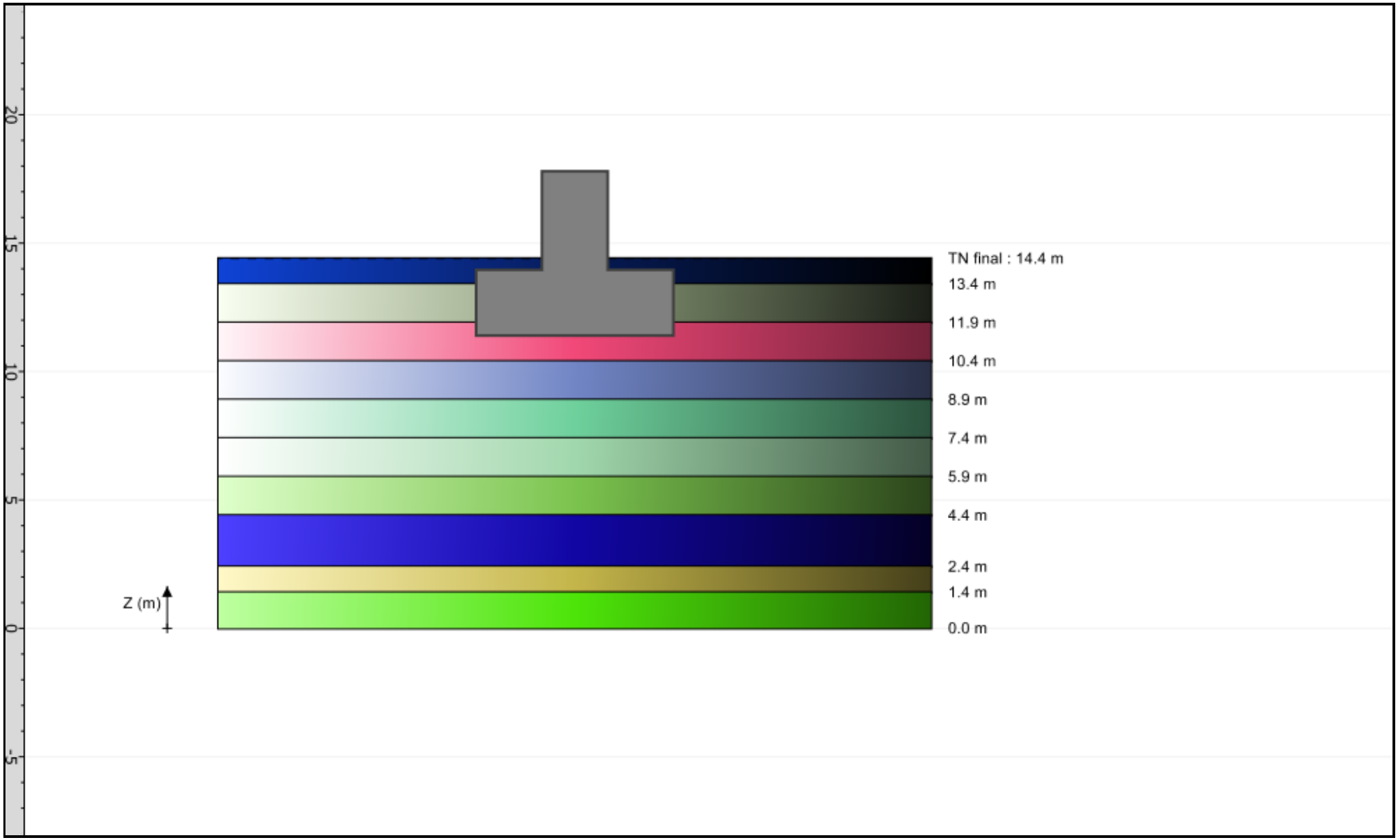
Poids propre de la semelle (P0) : 0,00

Cote d'application de la charge Z0 (m) : 11,40

Cas de charge

N°	Vd	HB,d	HL,d	MB,d	ML,d	Pondération sur P0	Combinaison
1	400,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	ELS-Quasi-permanentes

Onglet "Paramètres généraux"



Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge : Indice du cas de charge

Combinaison : Type de combinaison

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

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

R0 [kN] : Poids des terres excavées

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

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

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

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

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

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

Tassement [cm] : Tassement sous la charge appliquée

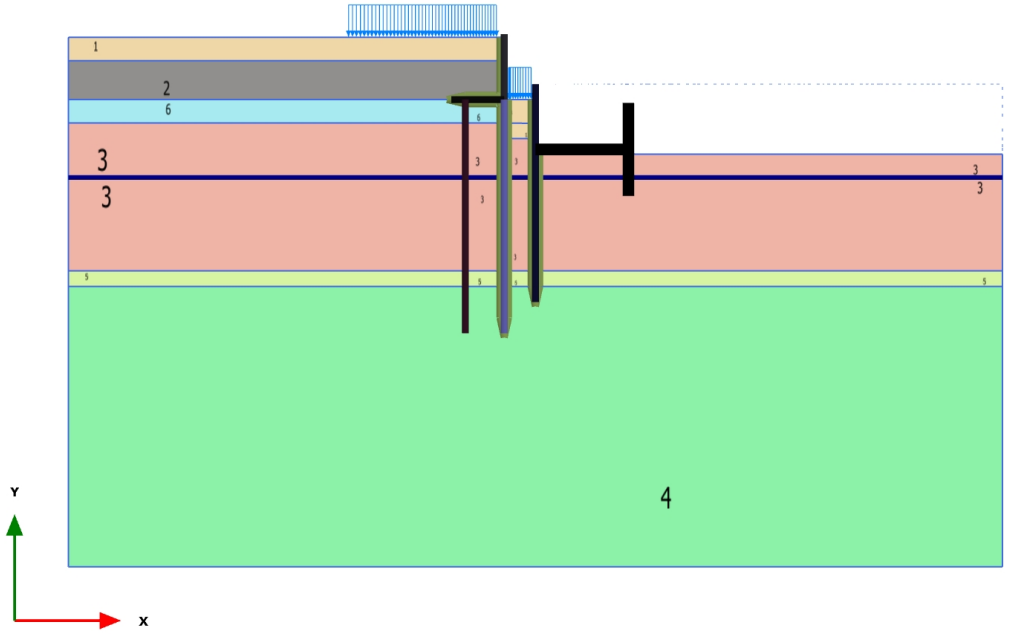
Synthèse des principaux résultats

N° cas de charge	Combinaison	Vd	Hd	R0	Seff/Stot	Rvd	Rhd	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement
1	ELS-Quasi-permanentes	400,00	0,00	0,00	1,00	1000,80	-	Ok	Ok	-	0,65

PLAXIS Report

Filename	Surélevation Rue Zoccola - Marseille.p2dx
Directory	C:\Users\aboukelia\Desktop\Mohr Coulomb - Etat initial + radier - béton long terme\
Title	Surélevation Rue Zoccola - Marseille
Model	Plane strain
Elements	15-Noded
PLAXIS Version	Version 2024.1.0.1060

1.1.1.1 Calculation results, Phase_5 Remblai entre l ouvrage et PM [Phase_5] (5/18), Materials plot



Materials plot

1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - Mohr-Coulomb

Identification number		1	2	3	6
Identification		Remblais - GNT	Remblais allégé	Alluvions	Remblais existant
Soil model		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained
Colour					
Comments					
γ_unsat	kN/m³	18,00	8,000	19,00	19,00
γ_sat	kN/m³	20,00	11,00	20,00	20,00
e_init		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
n_init		0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
Input method		SDOF equivalent	SDOF equivalent	SDOF equivalent	SDOF equivalent
Rayleigh α		0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000	0,000	0,000
ξ_1	%	0,000	0,000	0,000	0,000
ξ_2	%	0,000	0,000	0,000	0,000
f_1	Hz	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
f_2	Hz	1,000	1,000	1,000	1,000
E'_ref	kN/m²	20,00E3	20,00E3	15,00E3	20,00E3

Identification number		1	2	3	6
ν (nu)		0,3000	0,3000	0,3000	0,3000
G_ref	kN/m²	7692	7692	5769	7692
E_oed	kN/m²	26,92E3	26,92E3	20,19E3	26,92E3
E'_inc	kN/m²/m	0,000	0,000	0,000	0,000
y_ref	m	0,000	0,000	0,000	0,000
V_s	m/s	64,75	97,12	54,58	63,02
V_p	m/s	121,1	181,7	102,1	117,9
c'_ref	kN/m²	0,000	0,000	3,000	1,000
φ' (phi)	°	35,00	35,00	27,00	30,00
ψ (psi)	°	0,000	0,000	0,000	0,000
c'_inc	kN/m²/m	0,000	0,000	0,000	0,000
y_ref	m	0,000	0,000	0,000	0,000
Tension cut-off		True	True	True	True
Tensile strength	kN/m²	0,000	0,000	0,000	0,000
Determination		ν-undrained definition	ν-undrained definition	ν-undrained definition	ν-undrained definition
ν_u definition method		Direct	Direct	Direct	Direct
ν_u,equivalent (nu)		0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
Skempton B		0,9783	0,9783	0,9783	0,9783
K_w,ref/n	kN/m²	750,0E3	750,0E3	562,5E3	750,0E3
Classification type		Standard	Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)		Coarse	Coarse	Coarse	Coarse

Identification number		1	2	3	6
< 2 µm	%	10,00	10,00	10,00	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00	13,00	13,00	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00	77,00
Use defaults		False	False	False	False
k_x	m/day	0,000	0,000	0,08640	0,8640
k_y	m/day	0,000	0,000	0,08640	0,8640
Void ratio dependency		False	False	False	False
c_k		1000E12	1000E12	1000E12	1000E12
n_init		0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
-ψ_unsat	m	10,00E3	10,00E3	10,00E3	10,00E3
c_s	kJ/t/K	0,000	0,000	0,000	0,000
λ_s	kW/m/K	0,000	0,000	0,000	0,000
ρ_s	t/m³	2,600	2,600	2,600	2,600
Thermal expansion type		Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic
α_sv	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000
Phase change		False	False	False	False
D_v	m²/day	0,000	0,000	0,000	0,000
f_Tv		0,000	0,000	0,000	0,000
Stiffness determination		Derived	Derived	Derived	Derived
Strength determination		Manual	Manual	Manual	Manual
R_inter		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000

Identification number		1	2	3	6
Consider gap closure		True	True	True	True
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000	0,000	0,000	0,000
R_thermal	m² K/kW	0,000	0,000	0,000	0,000
K_0 determination		Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
K_0,x		0,4264	0,4264	0,5460	0,5000
K_0,z		0,4264	0,4264	0,5460	0,5000

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening Soil

Identification number		4	5
Identification		Substratum	Altération
Soil model		Hardening Soil	Hardening Soil
Drainage type		Undrained A	Undrained A
Colour			
Comments			
γ_unsat	kN/m³	21,00	20,00
γ_sat	kN/m³	23,00	21,00
e_init		0,5000	0,5000
n_init		0,3333	0,3333
Input method		SDOF equivalent	SDOF equivalent
Rayleigh α		0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000
ξ_1	%	0,000	0,000
ξ_2	%	0,000	0,000
f_1	Hz	0,1000	0,1000
f_2	Hz	1,000	1,000

Identification number		4	5
E_50^ref	kN/m²	160,0E3	30,00E3
E_oed^ref	kN/m²	160,0E3	30,00E3
E_ur^ref	kN/m²	480,0E3	90,00E3
ν_ur		0,3000	0,3000
Use alternatives		False	False
C_c		2,159E-3	0,01151
C_s		1,254E-3	5,221E-3
e_init		0,5000	0,5000
power (m)		0,5000	0,5000
p_ref	kN/m²	100,0	100,0
c'_ref	kN/m²	20,00	5,000
φ' (phi)	°	35,00	27,00
ψ (psi)	°	0,000	0,000
c'_inc	kN/m²/m	0,000	0,000
y_ref	m	0,000	0,000
Dilatancy cut-off		False	False
e_min		1,000E-9	1,000E-9
e_max		999,0	999,0
Tension cut-off		True	True

Identification number		4	5
Tensile strength	kN/m²	0,000	0,000
Use defaults		True	True
K_0^nc		0,4264	0,5460
R_f		0,9000	0,9000
Determination		ν-undrained definition	ν-undrained definition
ν_u definition method		Direct	Direct
ν_u,equivalent (nu)		0,4950	0,4950
Skempton B		0,9783	0,9783
K_w,ref/n	kN/m²	18,00E6	3,375E6
Classification type		Standard	Standard
Soil class (Standard)		Coarse	Coarse
< 2 µm	%	10,00	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00	77,00
Use defaults		False	False
k_x	m/day	8,640E-3	8,640E-3
k_y	m/day	8,640E-3	8,640E-3
Void ratio dependency		False	False
c_k		1000E12	1000E12

Identification number		4	5
n_init		0,3333	0,3333
-ψ_unsat	m	10,00E3	10,00E3
c_s	kJ/t/K	0,000	0,000
λ_s	kW/m/K	0,000	0,000
ρ_s	t/m³	2,600	2,600
Thermal expansion type		Isotropic	Isotropic
α_sv	1/K	0,000	0,000
Phase change		False	False
D_v	m²/day	0,000	0,000
f_Tv		0,000	0,000
Stiffness determination		Derived	Derived
Strength determination		Manual	Manual
R_inter		0,5000	0,6700
Consider gap closure		True	True
δ_inter	m	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m³/day/m	0,000	0,000
R_thermal	m² K/kW	0,000	0,000
K_0 determination		Automatic	Automatic

Identification number		4	5
K_0,x		0,4264	0,5460
K_0,z		0,4264	0,5460
POP	kN/m²	0,000	0,000
OCR		1,000	1,000

1.1.2.2 Materials - Plates

Identification number		1	2	3	4
Identification		Semelle soutenement	Mur soutenement	Ecran pieux secant	Ecran existant
Material type		Elastic	Elastic	Elastic	Elastic
Colour					
Comments					
w	kN/m/m	0,000	0,000	0,000	0,000
Input method		SDOF equivalent	SDOF equivalent	SDOF equivalent	SDOF equivalent
Rayleigh α		0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000	0,000	0,000
ξ_1	%	0,000	0,000	0,000	0,000
ξ_2	%	0,000	0,000	0,000	0,000
f_1	Hz	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
f_2	Hz	1,000	1,000	1,000	1,000
Prevent punching		False	False	False	False
Isotropic		True	True	True	True
EA_1	kN/m	12,00E6	10,00E6	4,617E6	8,000E6
EA_2	kN/m	12,00E6	10,00E6	4,617E6	8,000E6

Identification number		1	2	3	4
E_1	kN/m²	13,15E6	39,53E6	5,334E6	10,00E6
E_2	kN/m²	13,15E6	39,53E6	5,334E6	10,00E6
EI	kN m²/m	833,3E3	53,33E3	288,2E3	426,7E3
ν (nu)		0,3000	0,3000	0,3000	0,2500
d	m	0,9129	0,2530	0,8655	0,8000
c	kJ/t/K	0,000	0,000	0,000	0,000
λ	kW/m/K	0,000	0,000	0,000	0,000
ρ	t/m³	0,000	0,000	0,000	0,000
α	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000
A_eff,T	m²	0,000	0,000	0,000	0,000

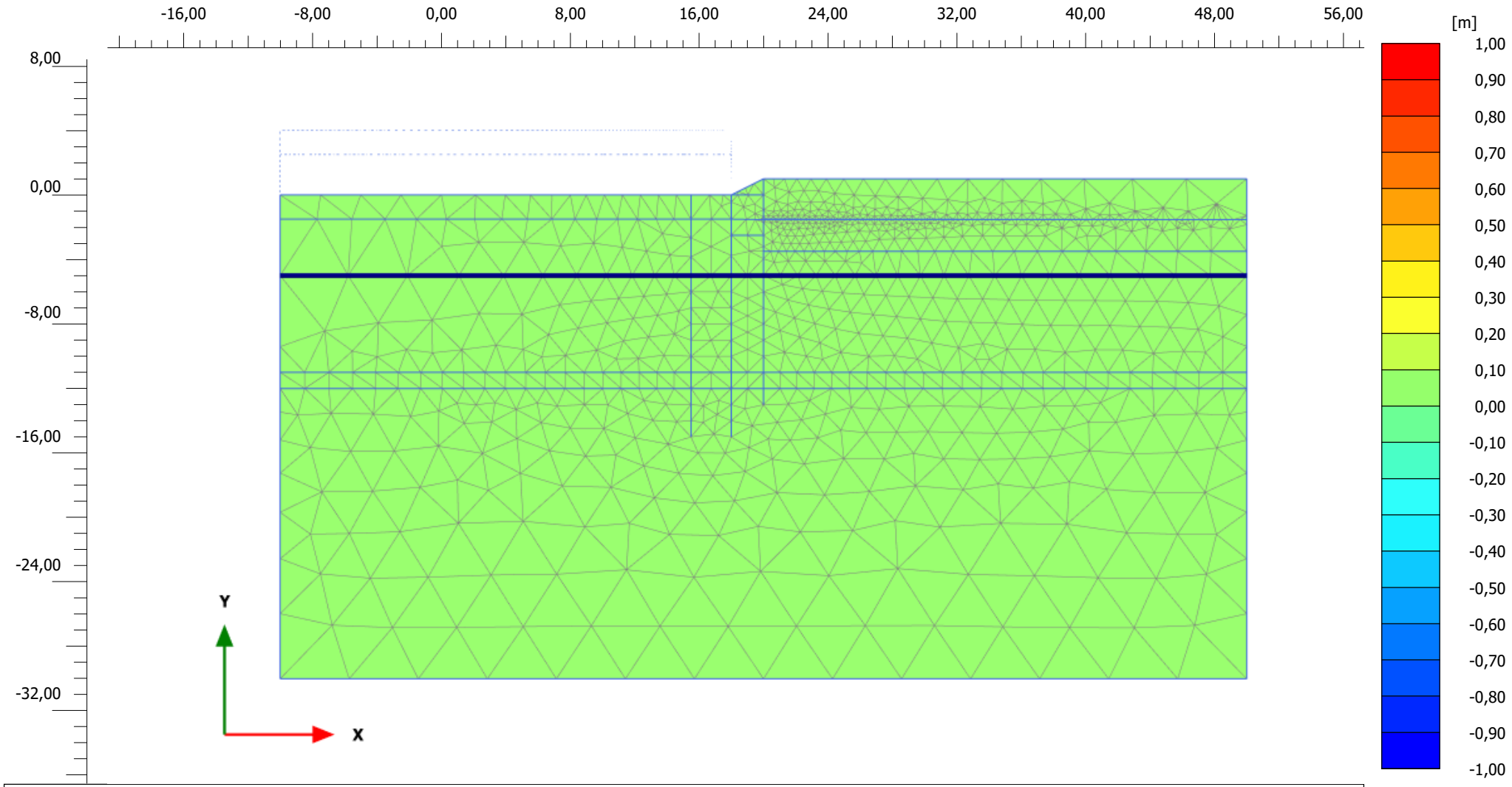
1.1.2.3 Materials - Embedded beams

Identification number		1
Identification		Pieux
Material type		Elastic
Colour		
Comments		
γ	kN/m³	0,000
Input method		SDOF equivalent
Rayleigh α		0,000
Rayleigh β		0,000
ξ_1	%	0,000
ξ_2	%	0,000
f_1	Hz	0,1000
f_2	Hz	1,000
L_spacing	m	3,000
Cross section type		Predefined
Predefined cross section type		Solid circular beam
Diameter	m	1,000

Identification number		1
A	m²	0,7854
I	m⁴	0,04909
E	kN/m²	10,00E6
Axial skin resistance		Multi-linear
Lateral resistance		Unlimited
F_max	kN	5100
Default values		True
Axial stiffness factor		1,097
Lateral stiffness factor		1,097
Base stiffness factor		10,97

1.1.2.4 Materials - Anchors

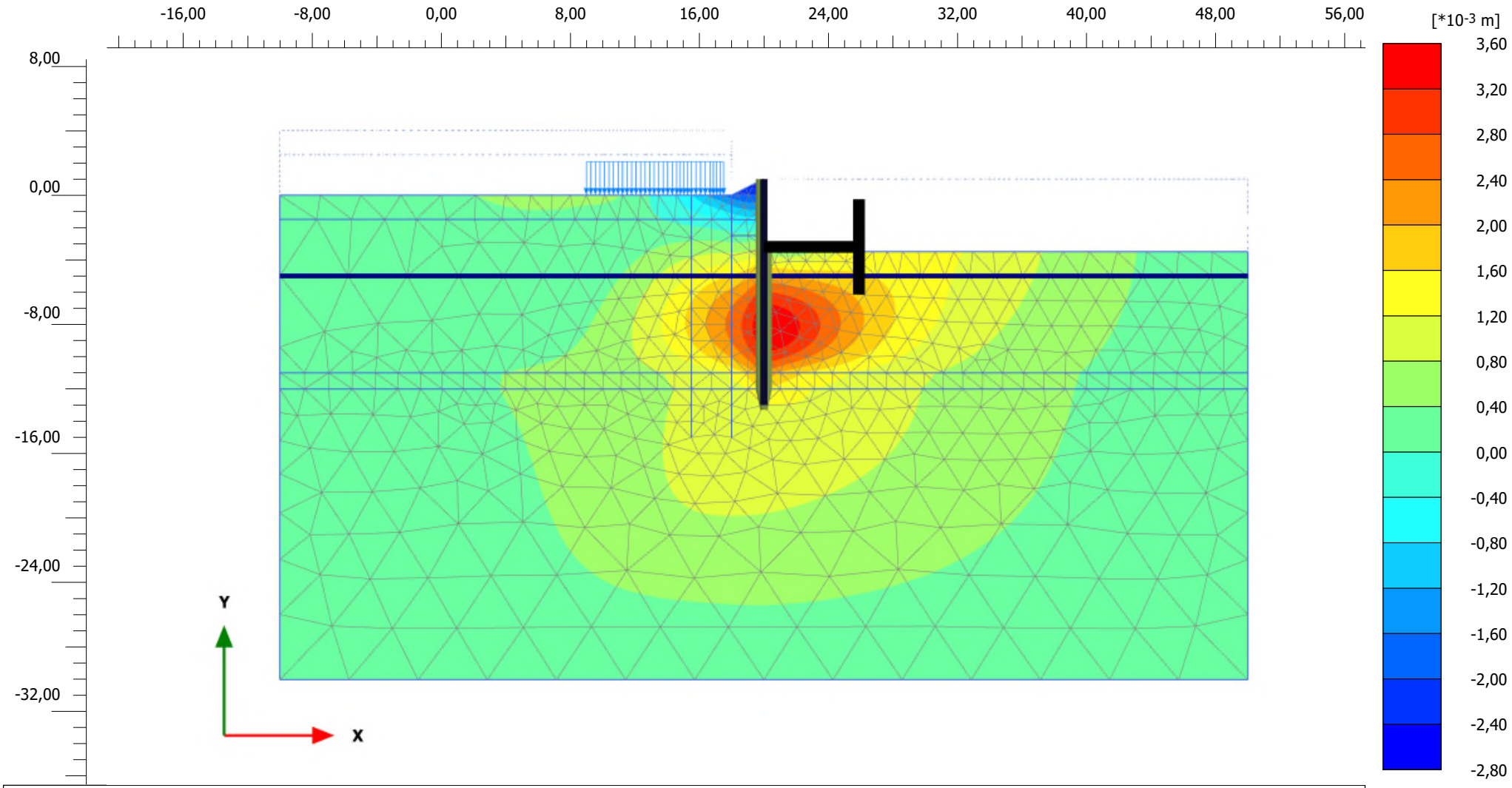
Identification number		1
Identification		Radier
Material type		Elastic
Colour		
Comments		
L_spacing	m	1,000
EA	kN	600,0E3
c	kJ/t/K	0,000
λ	kW/m/K	0,000
ρ	t/m³	0,000
α	1/K	0,000
A_eff,T	m²	0,000



Total displacements u_x (at true scale)

Uniform value of 0,000 m

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 0	*Company* GEOTEC	

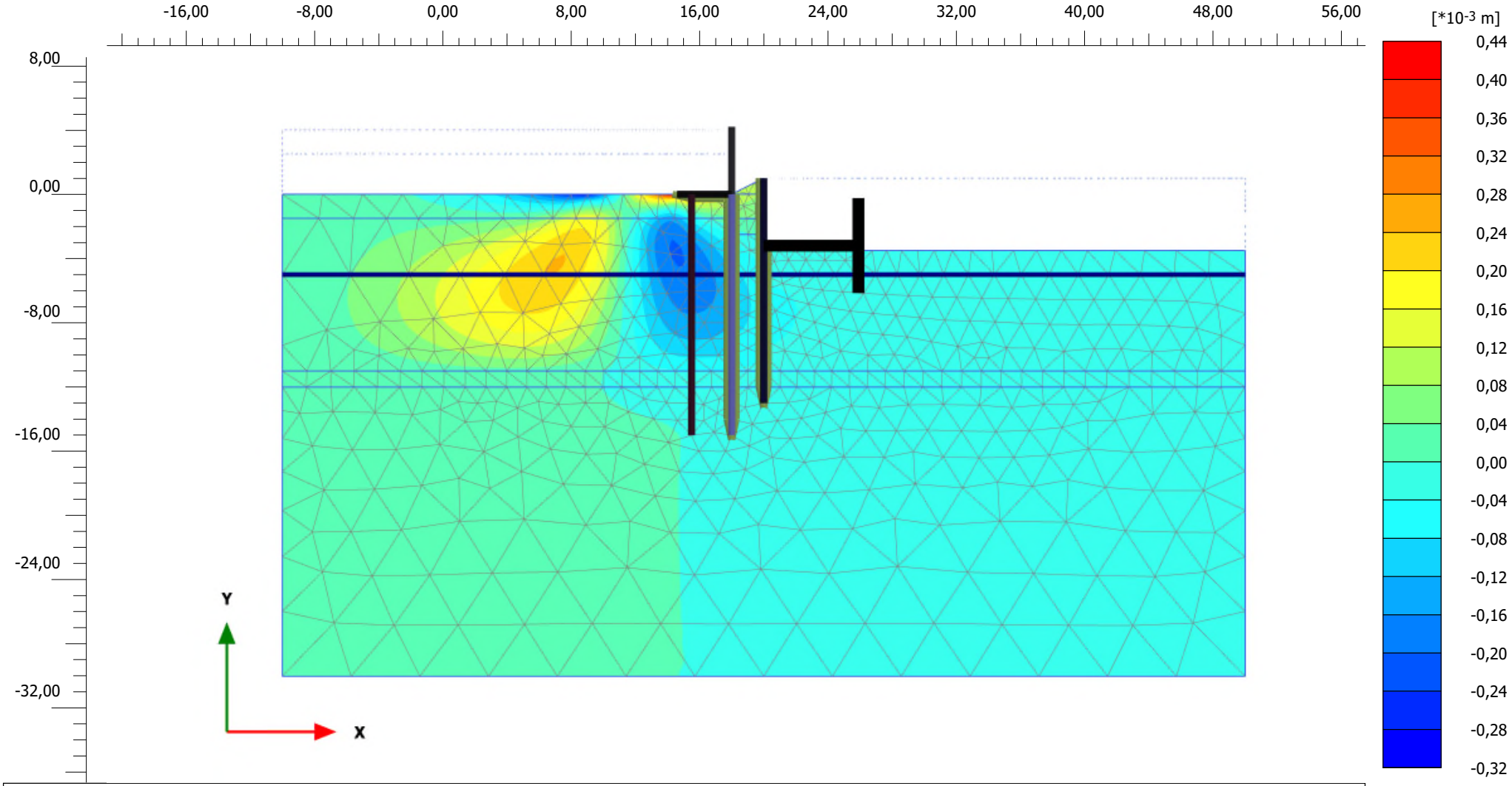


Total displacements u_x (scaled up 500 times)

Maximum value = 3,531*10^{-3} m (Element 1493 at Node 7434)

Minimum value = -2,526*10^{-3} m (Element 124 at Node 1063)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille		*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 2	*Company* GEOTEC

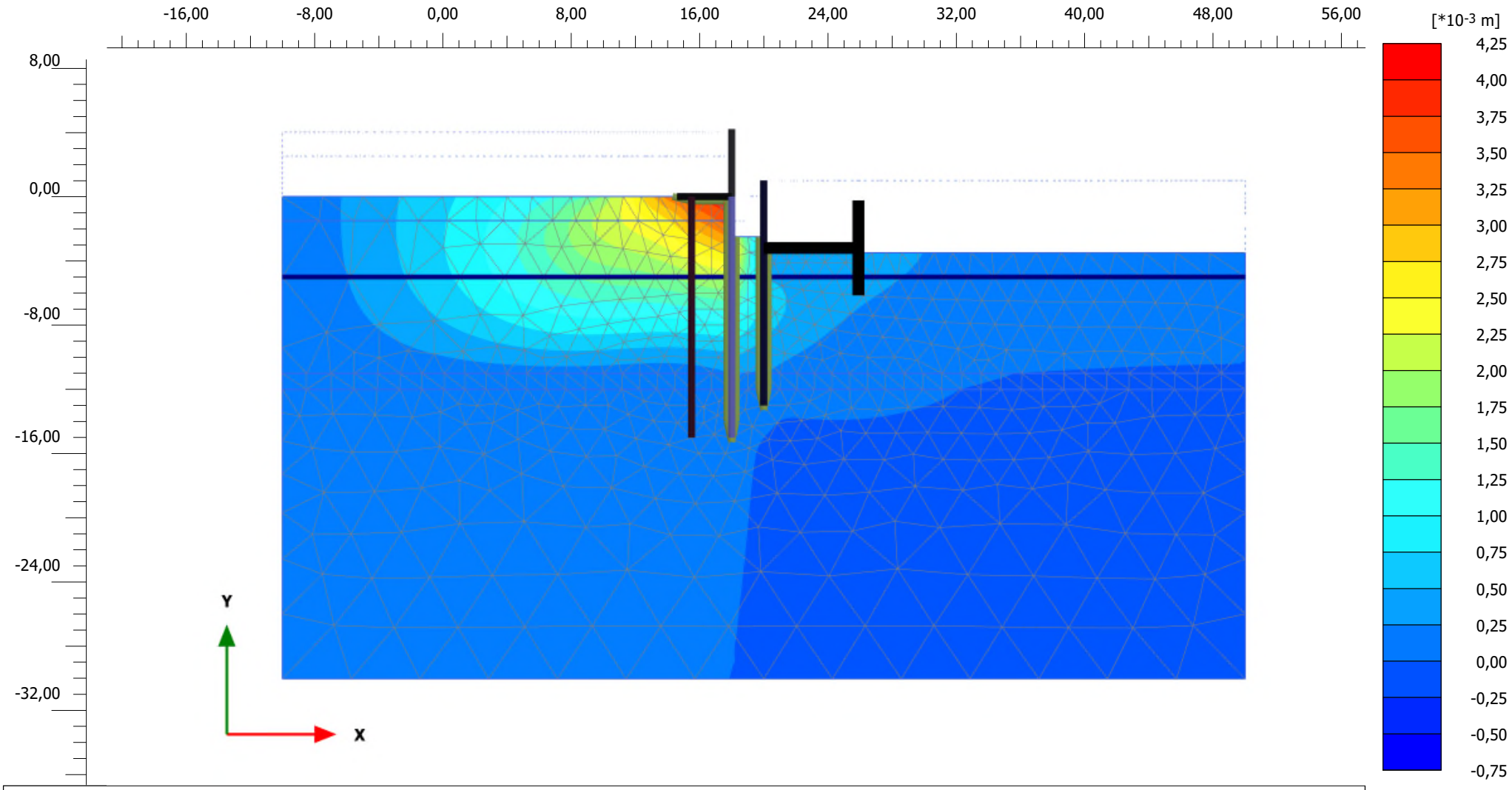


Total displacements u_x (scaled up $2{,}00*10^3$ times)

Maximum value = $0{,}4165*10^{-3}$ m (Element 456 at Node 743)

Minimum value = $-0{,}2885*10^{-3}$ m (Element 447 at Node 1237)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 4	*Company* GEOTEC	

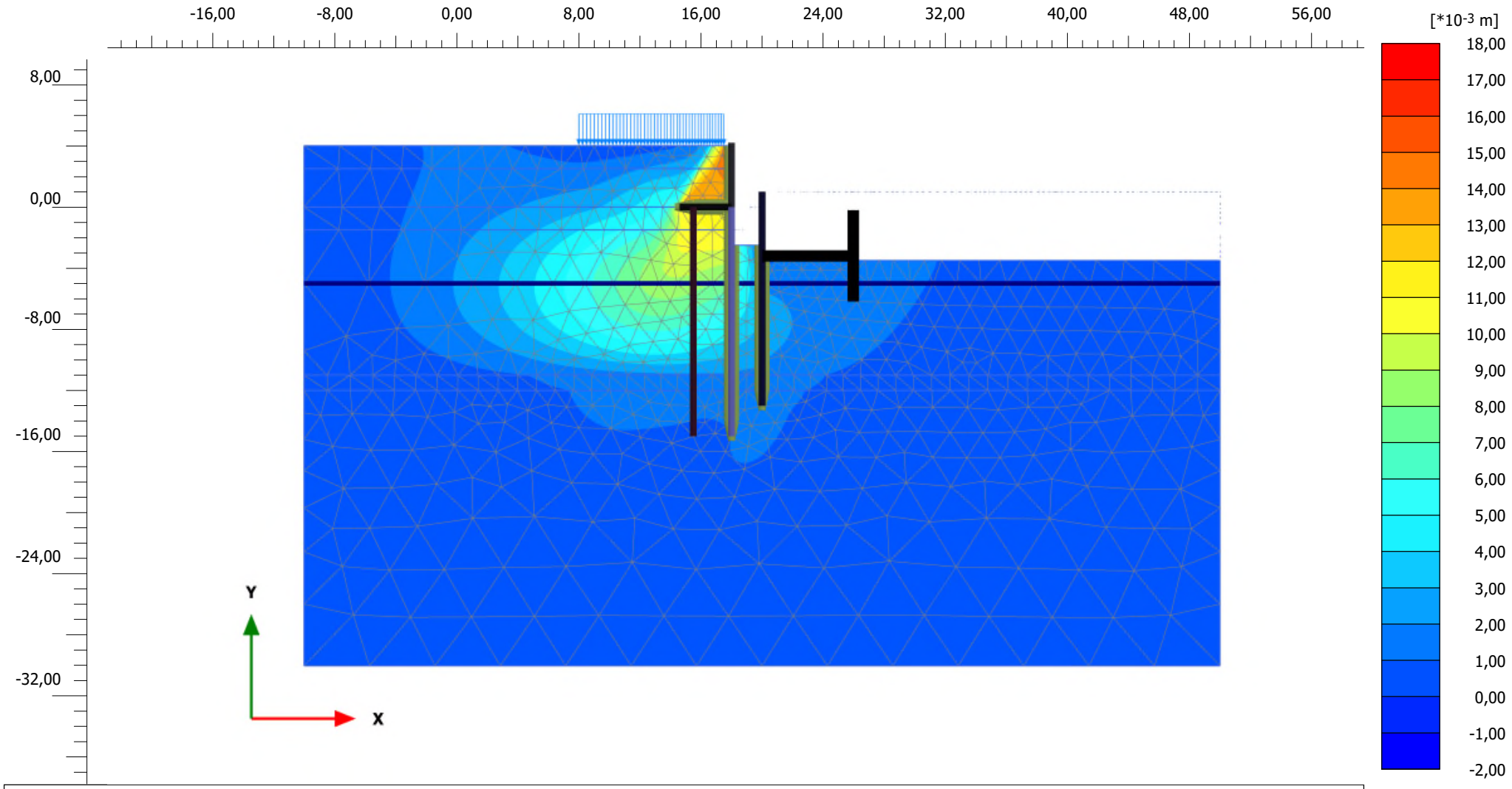


Total displacements u_x (scaled up 500 times)

Maximum value = 4,026*10^{-3} m (Element 462 at Node 1015)

Minimum value = -0,6382*10^{-3} m (Element 1109 at Node 2881)

Project description Surélévation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélévation Rue Zoccola - ...	*Step* 7	*Company* GEOTEC	

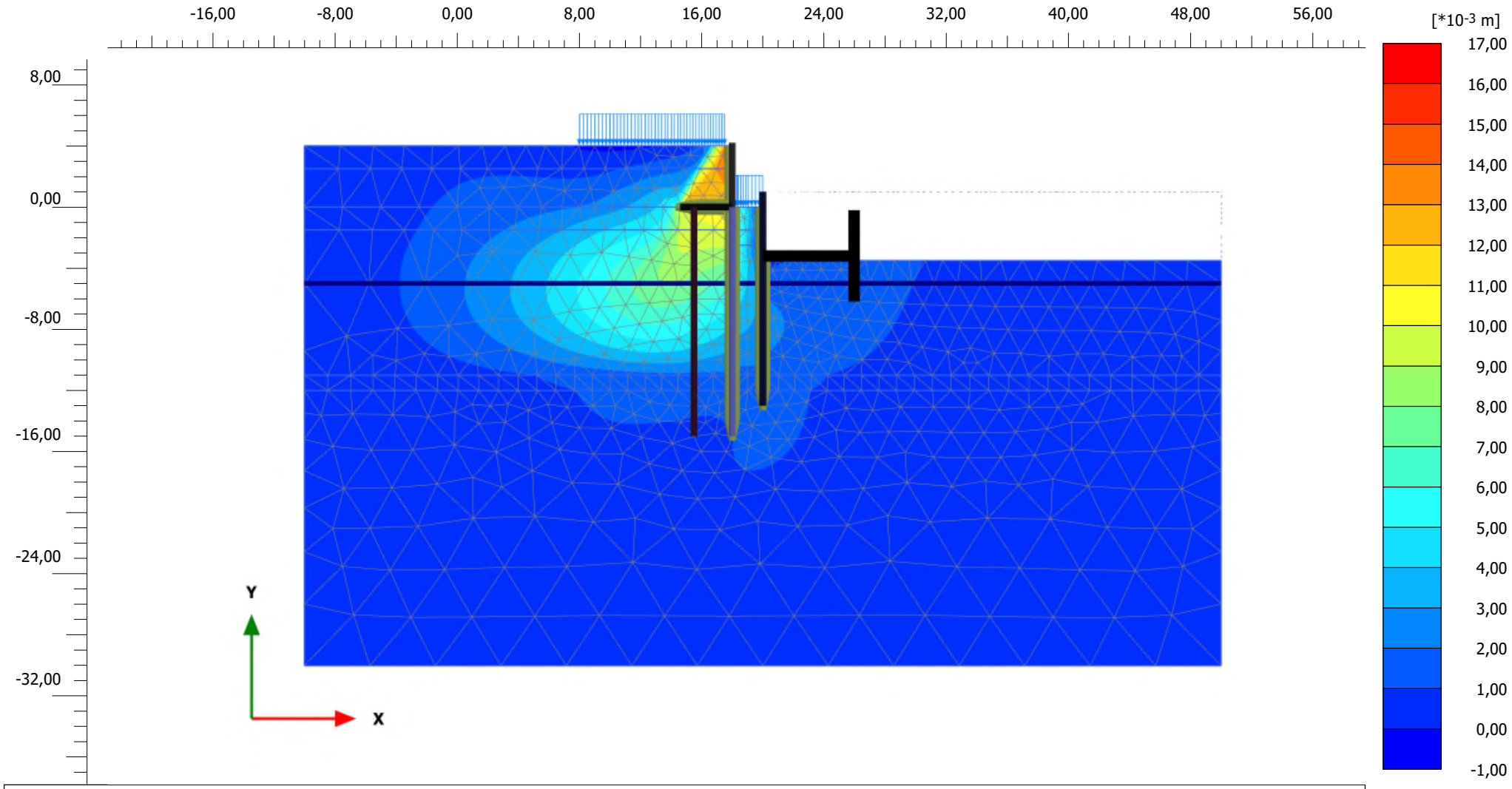


Total displacements u_x (scaled up 100 times)

Maximum value = 0,01712 m (Element 53 at Node 31)

Minimum value = -1,125*10^{-3} m (Element 1109 at Node 2881)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 144	*Company* GEOTEC	

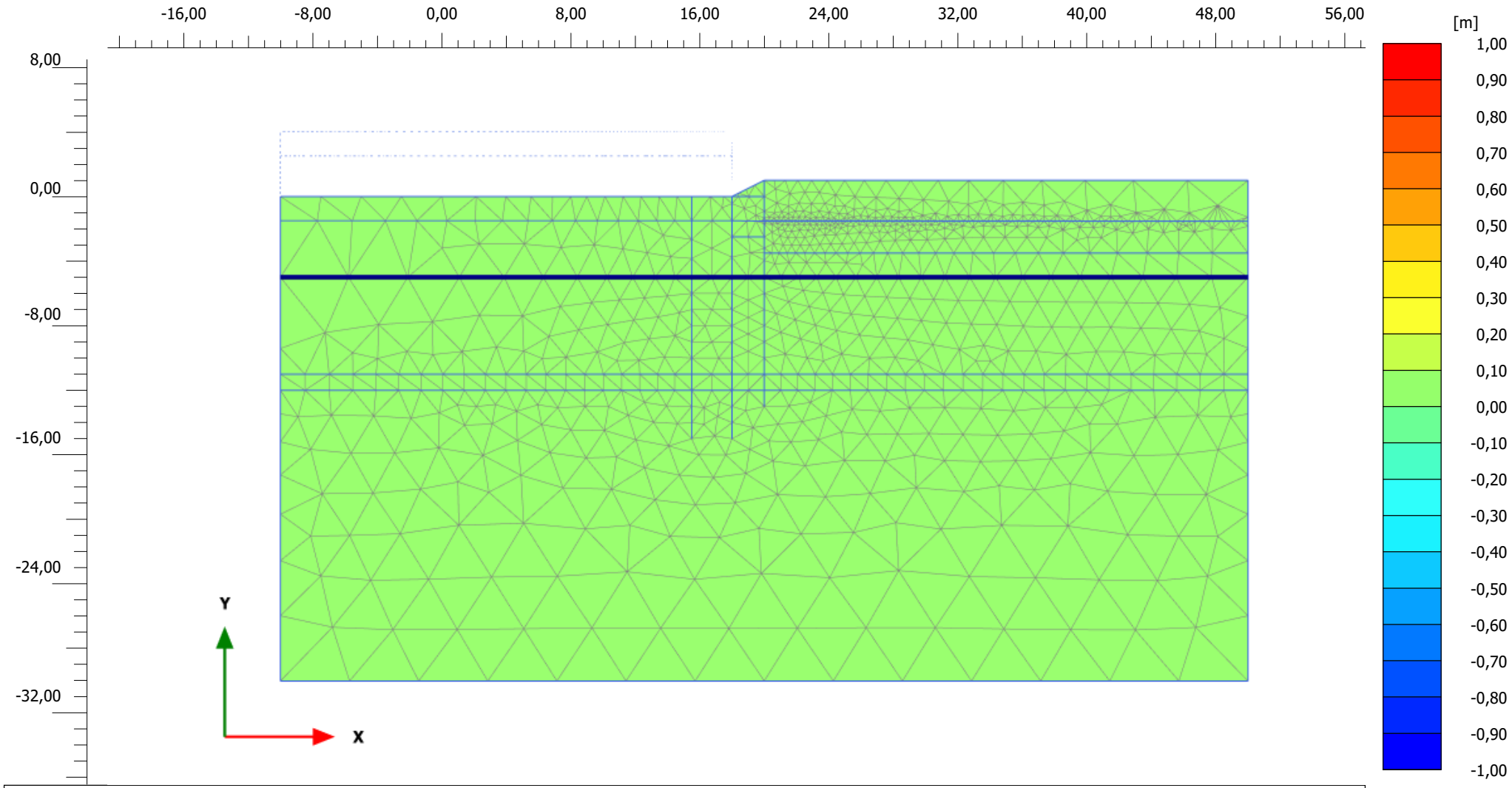


Total displacements u_x (scaled up 100 times)

Maximum value = 0,01655 m (Element 53 at Node 31)

Minimum value = -0,9582*10^{-3} m (Element 685 at Node 2881)

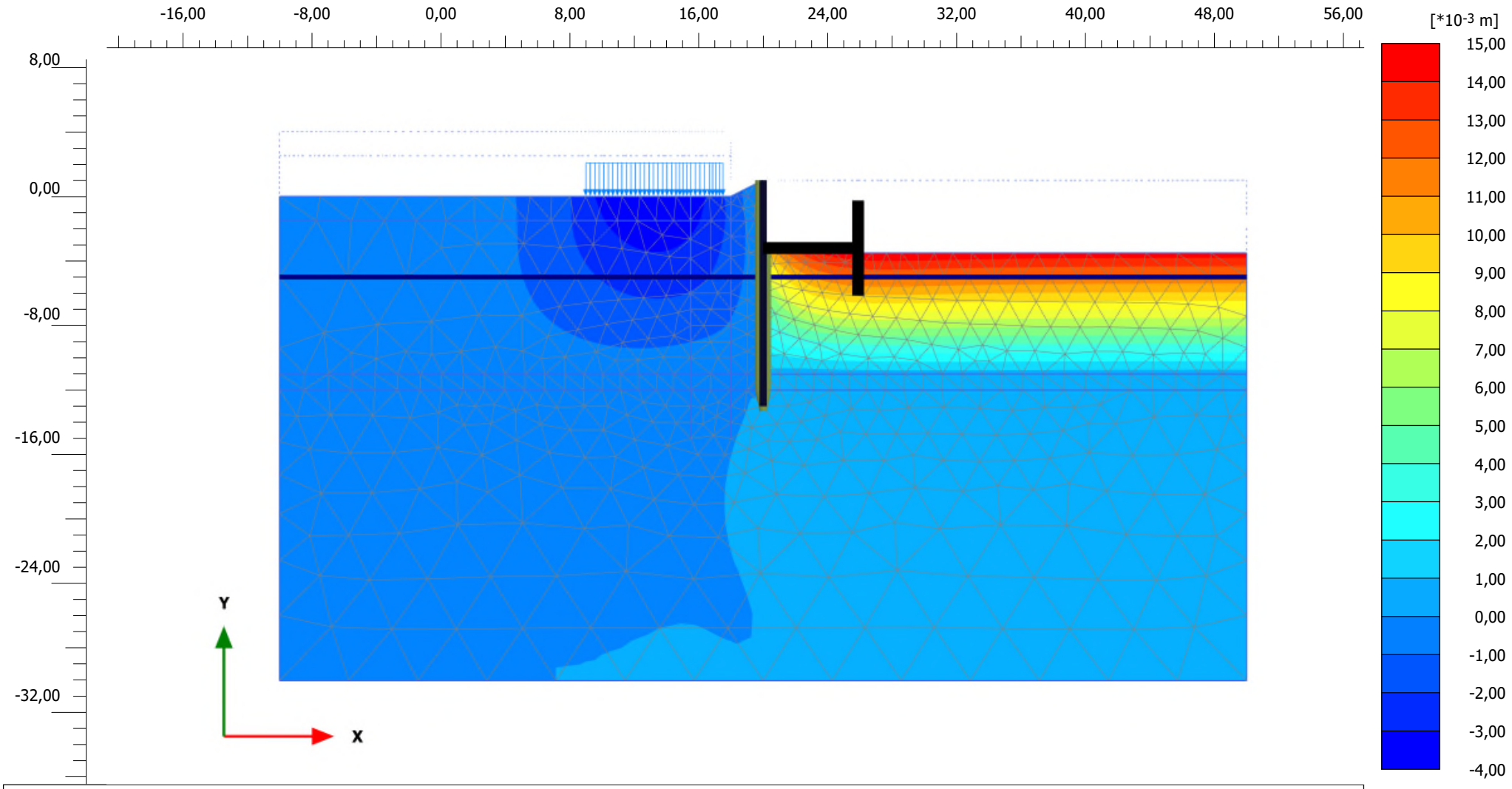
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	



Total displacements u_y (at true scale)

Uniform value of 0,000 m

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 0	*Company* GEOTEC	

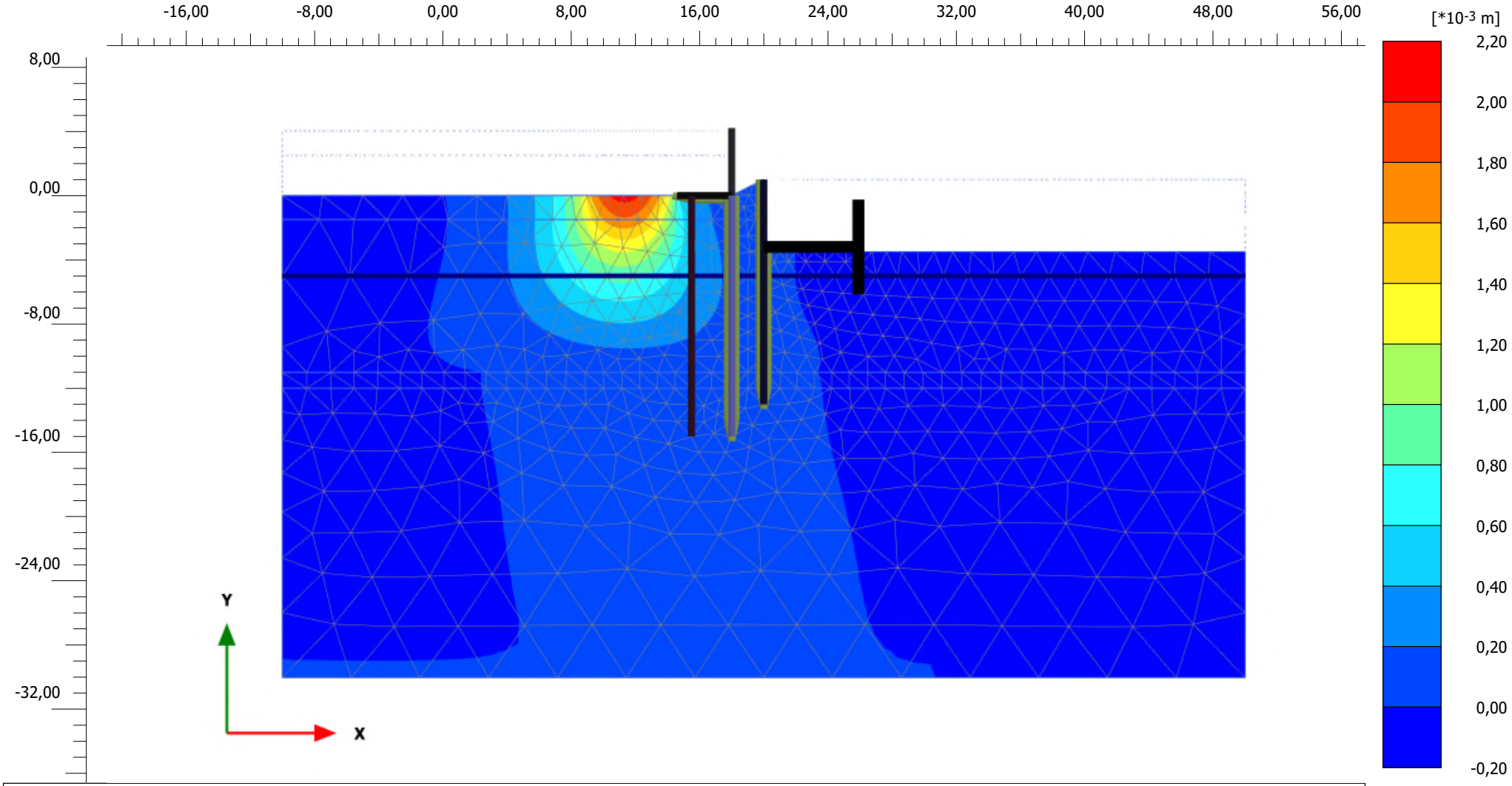


Total displacements u_y (scaled up 100 times)

Maximum value = 0,01494 m (Element 1142 at Node 10013)

Minimum value = -3,815*10^{-3} m (Element 454 at Node 867)

	Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille		*Date* 16/10/2024
	Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 2	*Company* GEOTEC

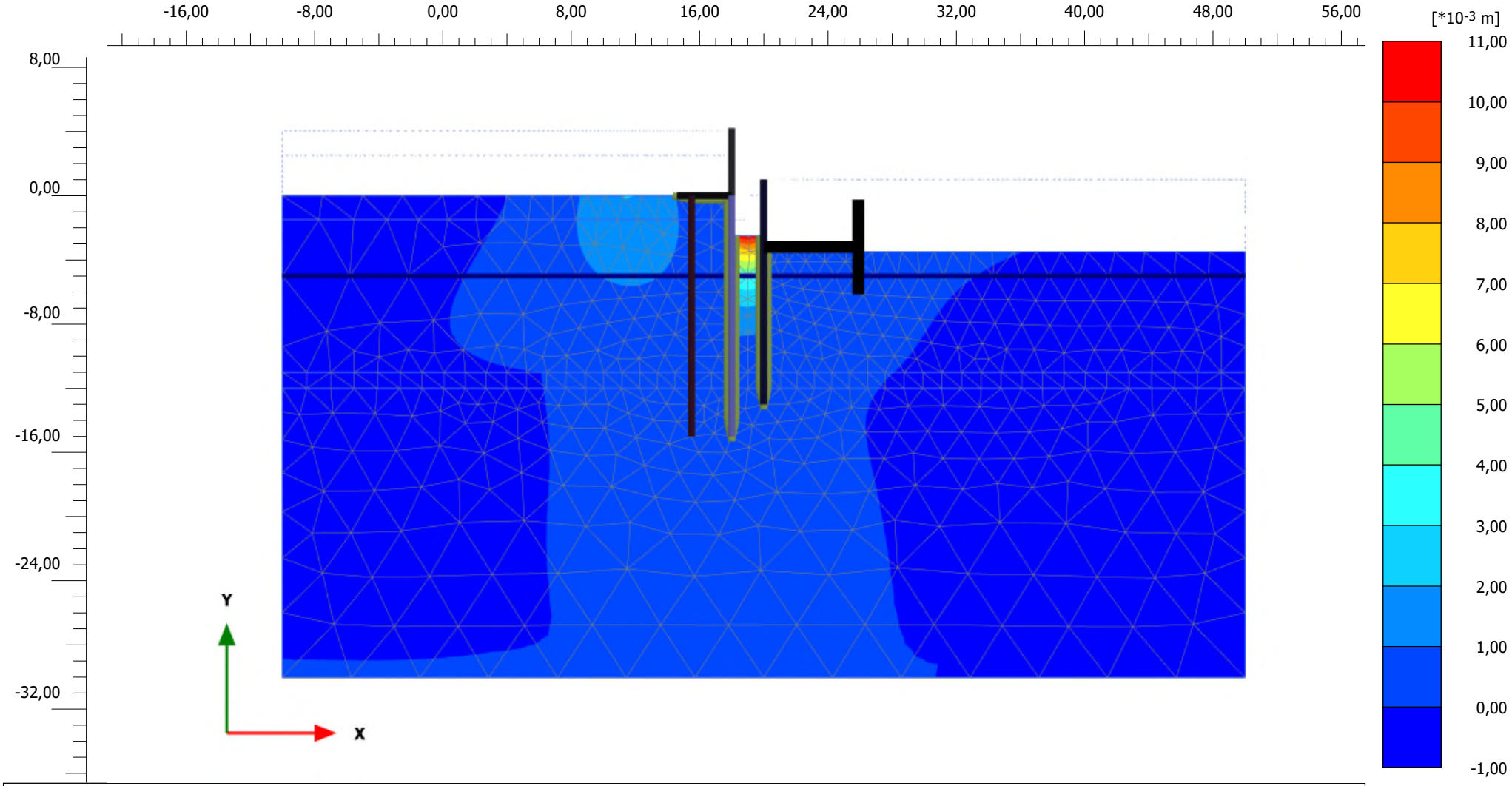


Total displacements u_y (scaled up 500 times)

Maximum value = 2,076*10^{-3} m (Element 448 at Node 1209)

Minimum value = -0,06610*10^{-3} m (Element 429 at Node 2017)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 4	*Company* GEOTEC	

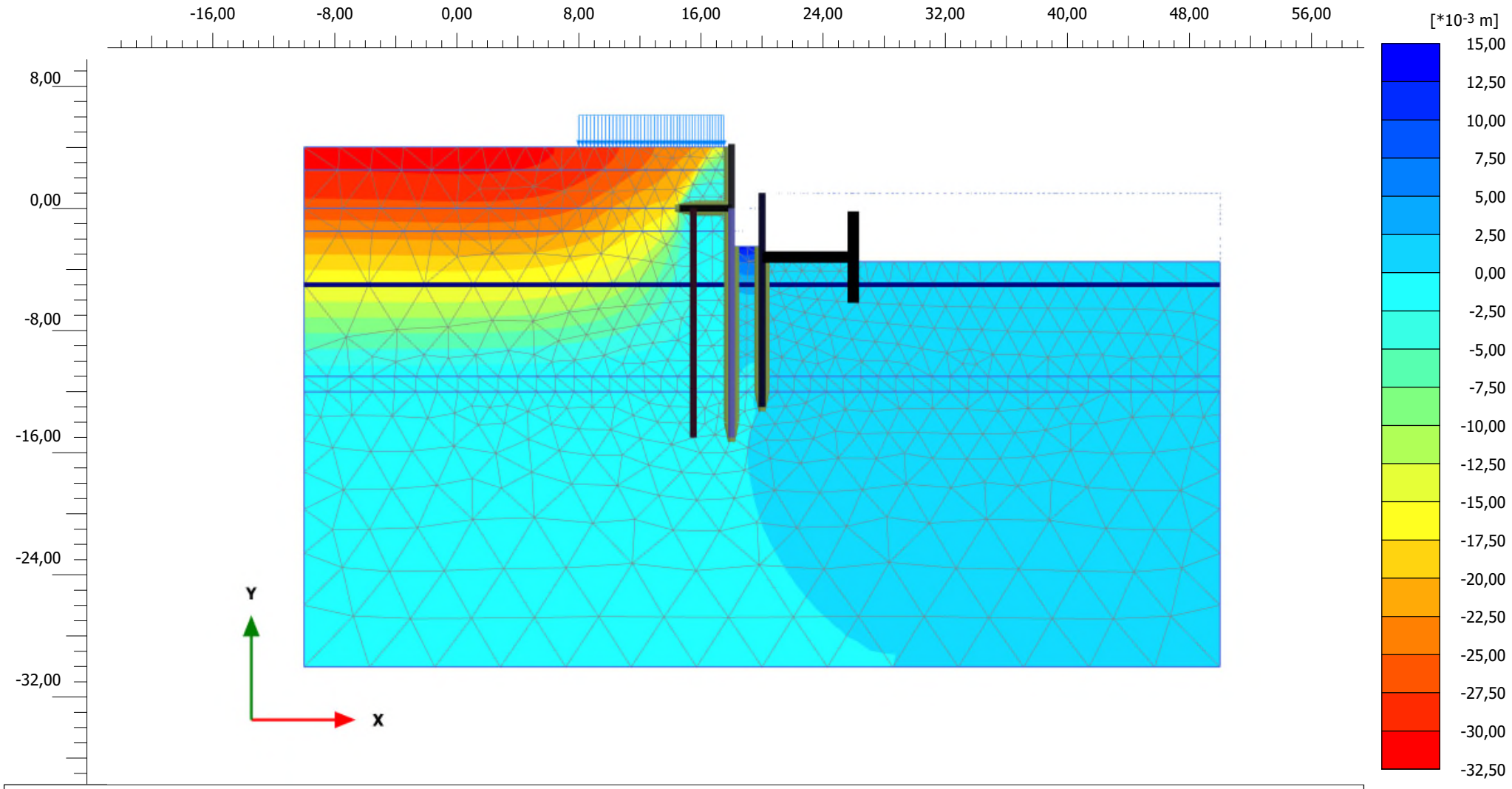


Total displacements u_y (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,01081 m (Element 1109 at Node 2876)

Minimum value = -0,2866*10^{-3} m (Element 429 at Node 2017)

	Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille		*Date* 16/10/2024
	Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 7	*Company* GEOTEC

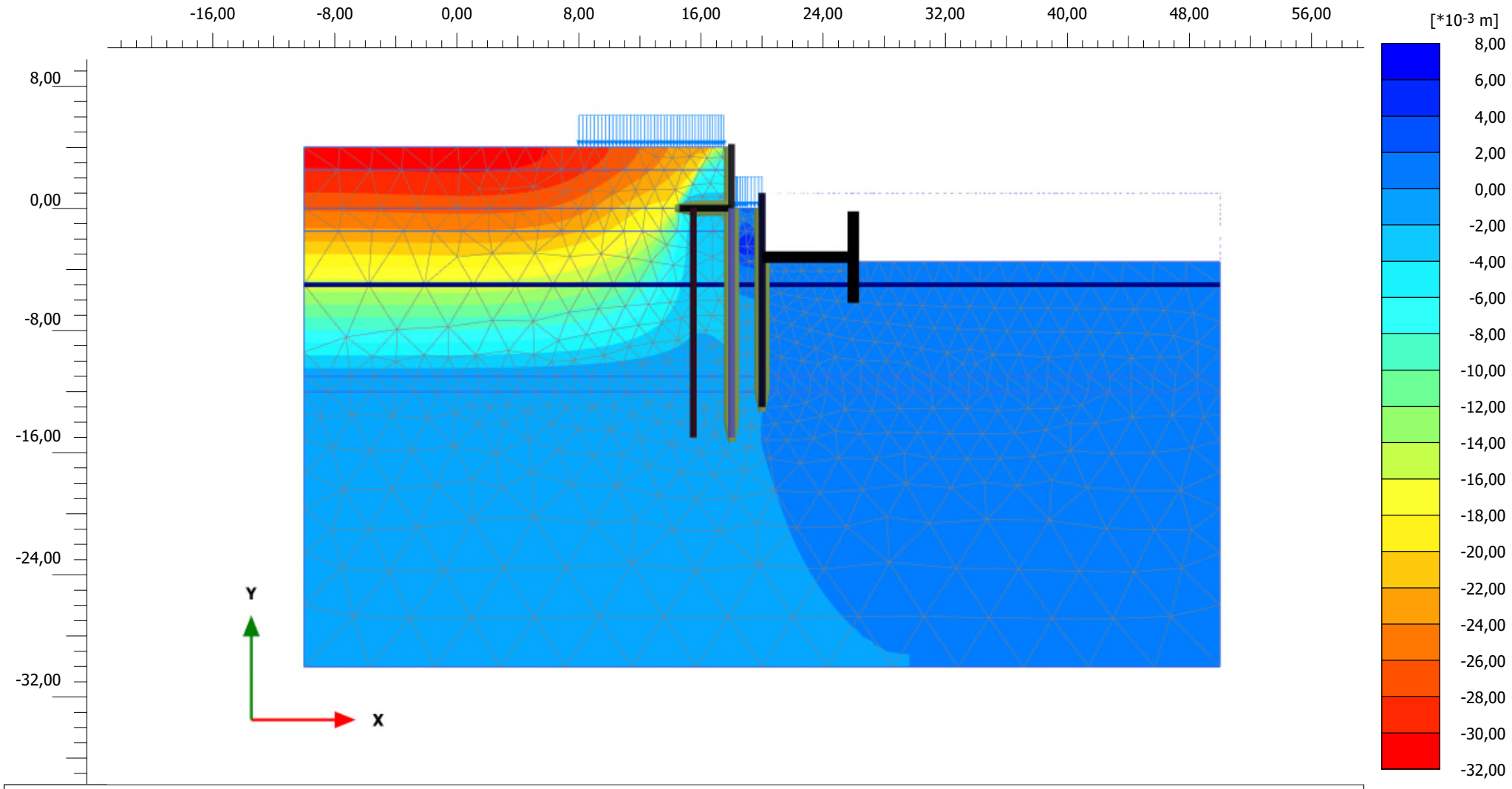


Total displacements u_y (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,01376 m (Element 1105 at Node 3260)

Minimum value = -0,03108 m (Element 10 at Node 939)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 144	*Company* GEOTEC	

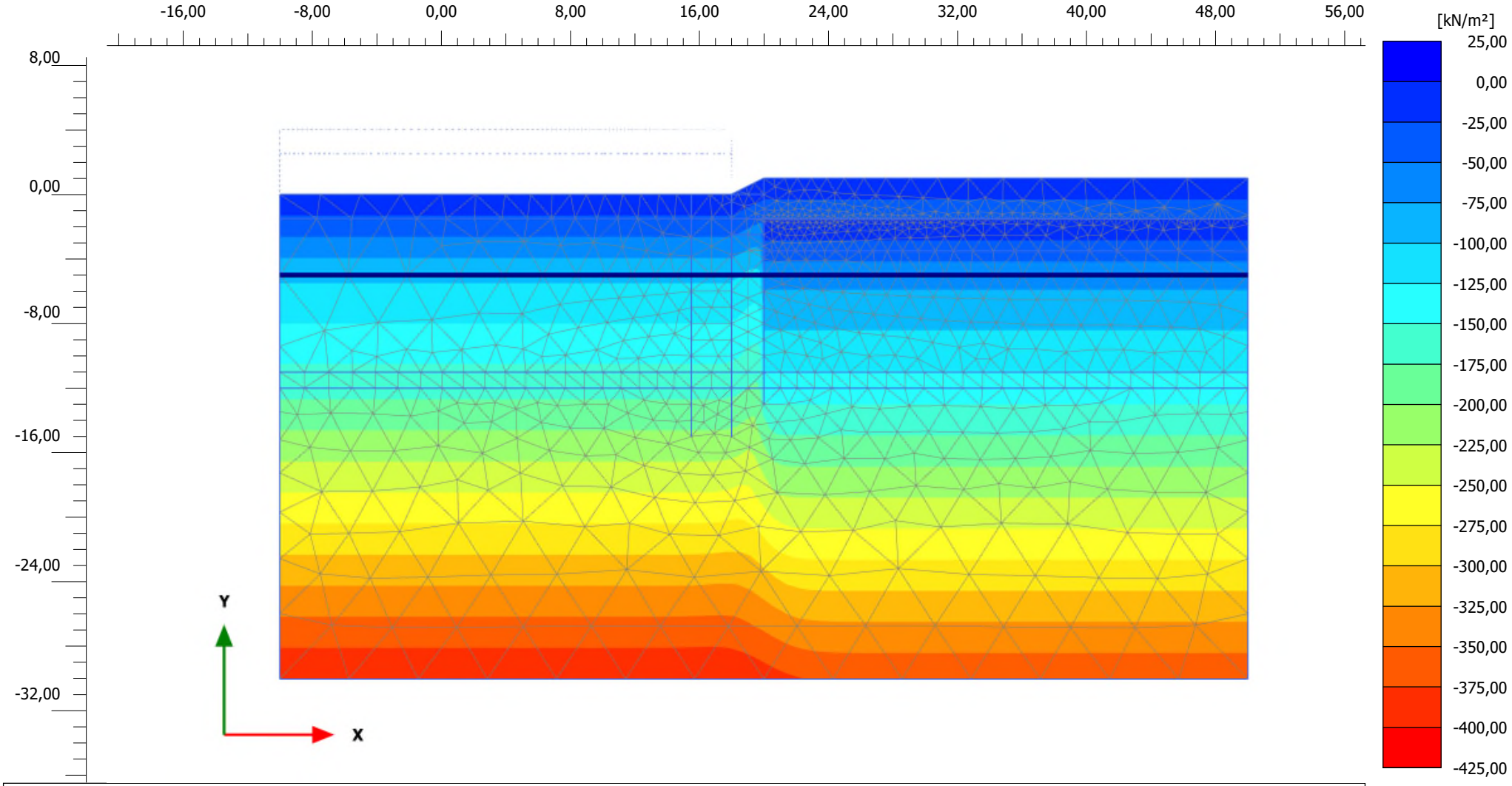


Total displacements u_y (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 6,677*10^{-3} m (Element 683 at Node 3259)

Minimum value = -0,03093 m (Element 10 at Node 940)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

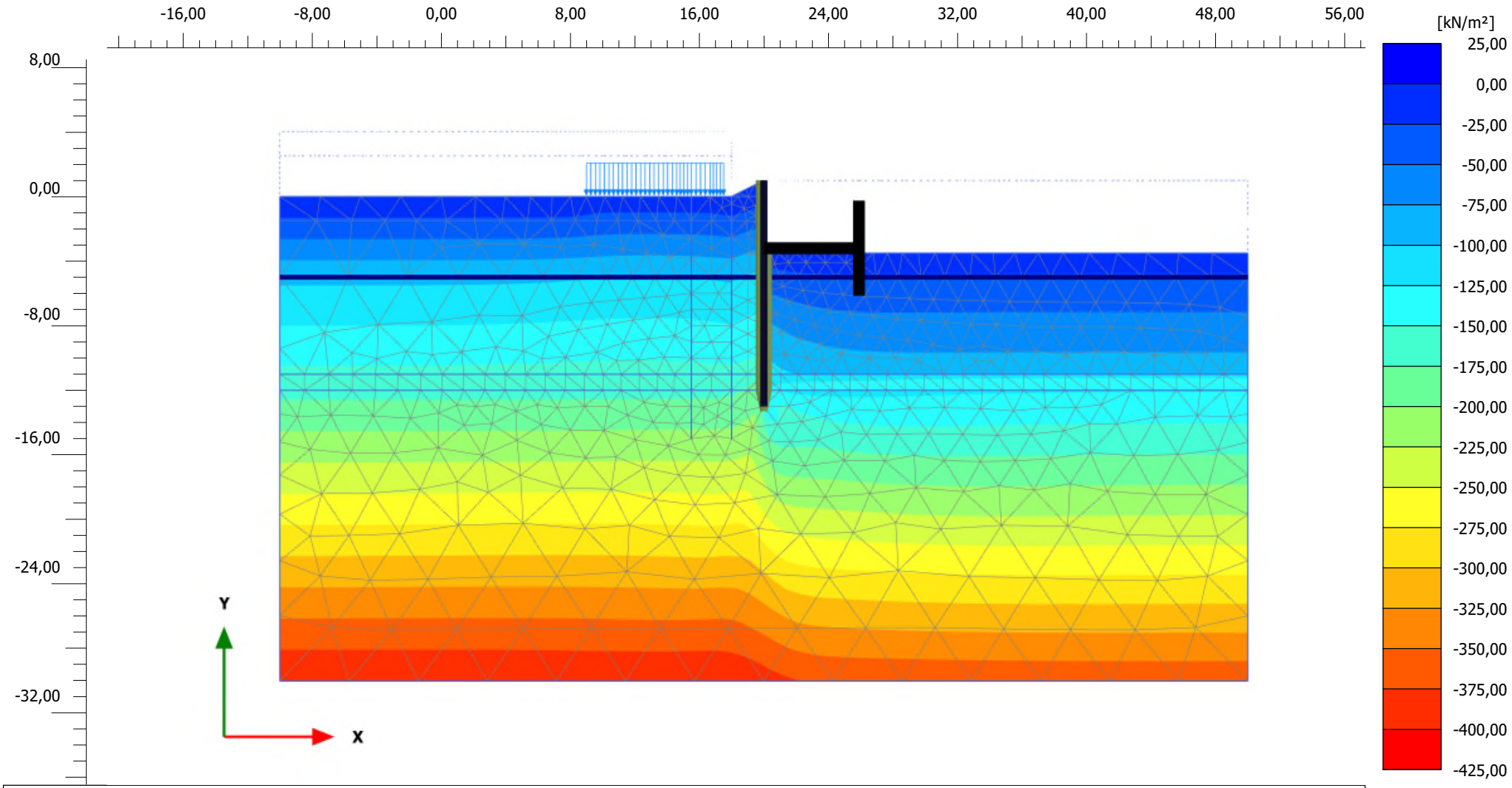


Principal effective stress σ'_1 (scaled up $5{,}00*10^{-3}$ times)

Maximum value = $0{,}7757*10^{-3}$ kN/m² (Element 128 at Node 14445)

Minimum value = -400,6 kN/m² (Element 1600 at Node 11383)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 0	*Company* GEOTEC	

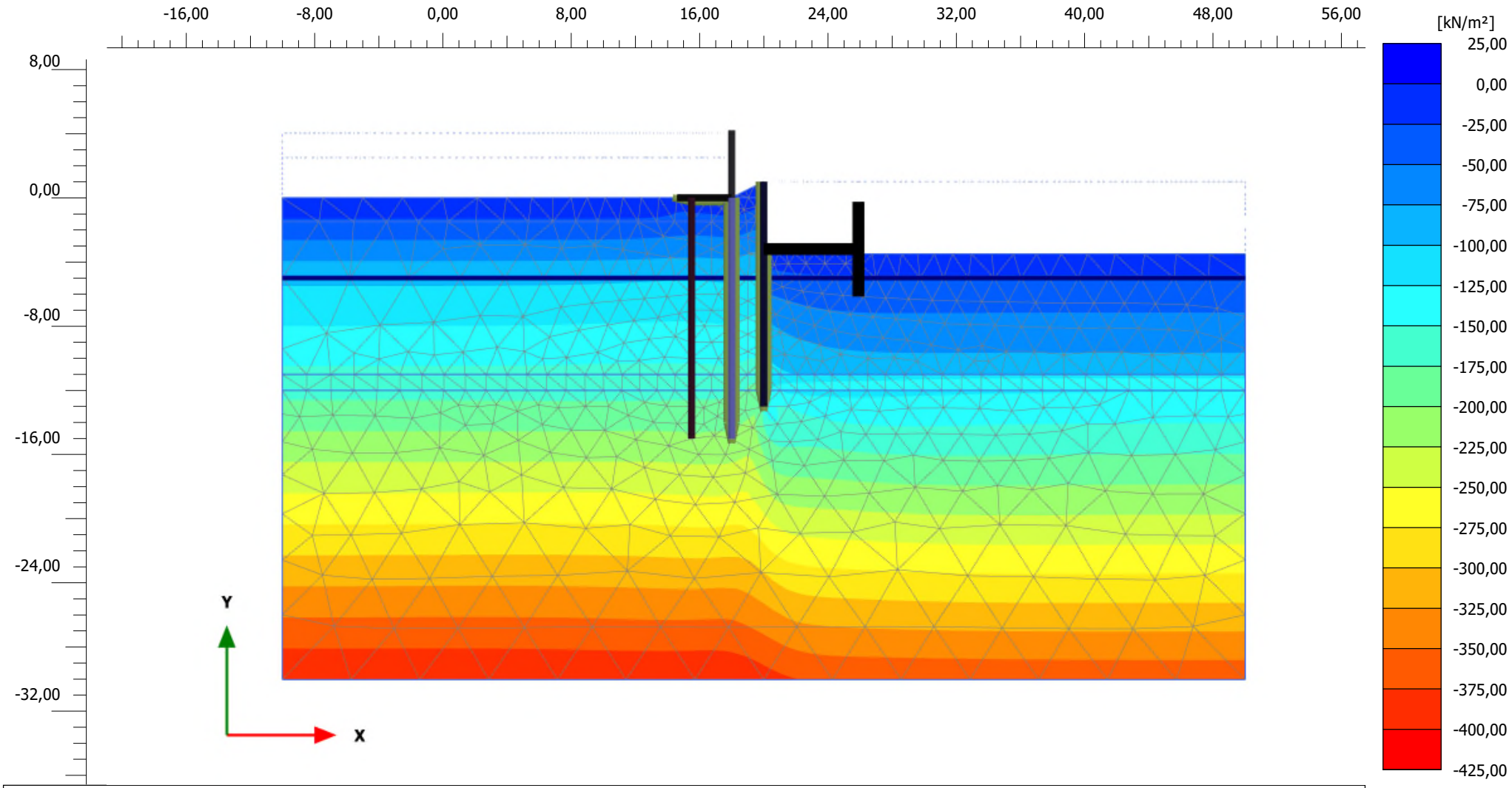


Principal effective stress σ'_1 (scaled up $5{,}00*10^{-3}$ times)

Maximum value = 0,07232 kN/m² (Element 447 at Node 1236)

Minimum value = -400,0 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille		*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 2	*Company* GEOTEC

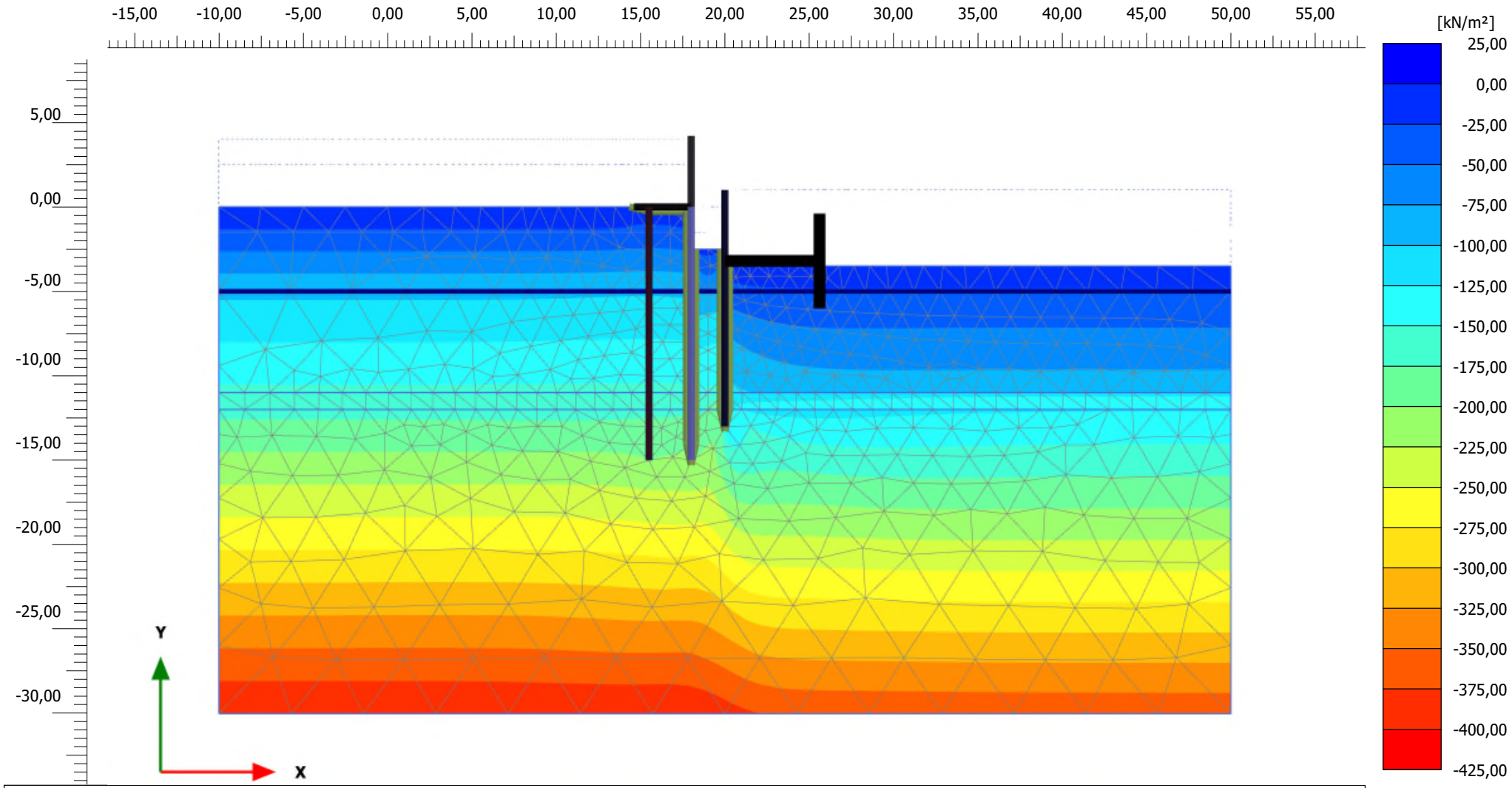


Principal effective stress σ'_1 (scaled up $5{,}00*10^{-3}$ times)

Maximum value = 0,01057 kN/m² (Element 441 at Node 1257)

Minimum value = -399,9 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille		*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 4	*Company* GEOTEC

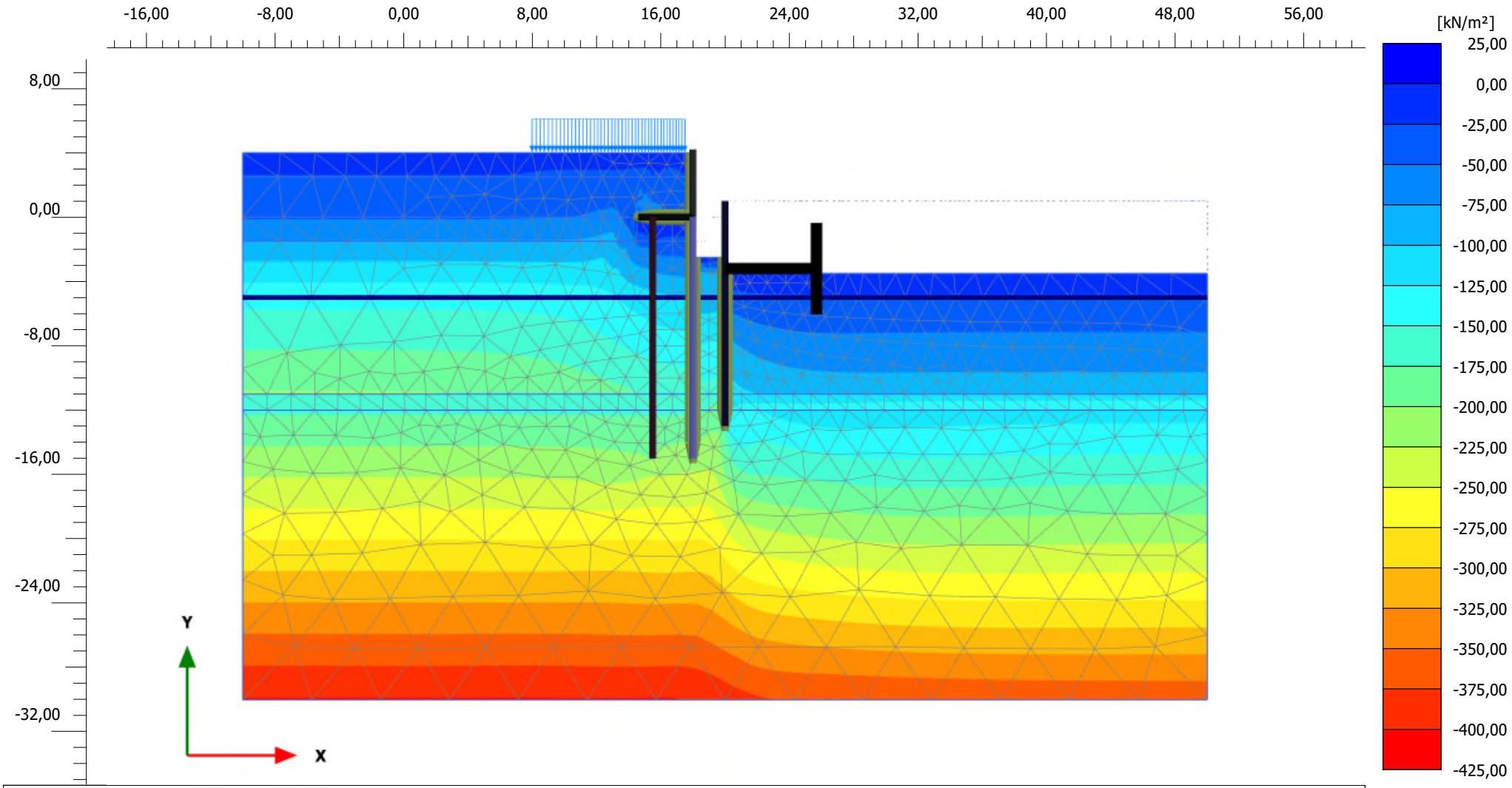


Principal effective stress σ'_1 (scaled up $5{,}00*10^{-3}$ times)

Maximum value = 0,1169 kN/m² (Element 432 at Node 1347)

Minimum value = -399,7 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille		*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 7	*Company* GEOTEC

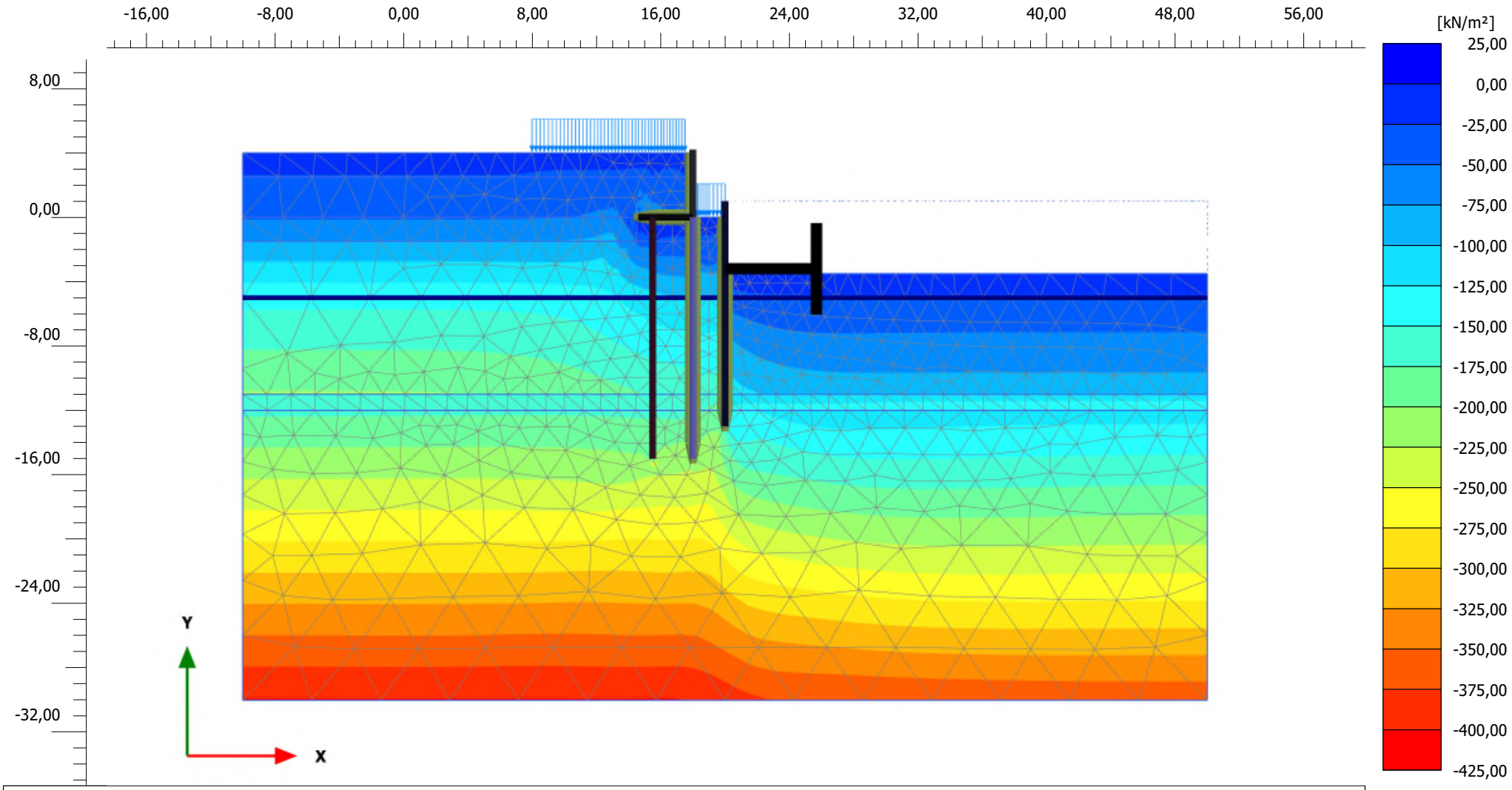


Principal effective stress σ'_1 (scaled up $5{,}00*10^{-3}$ times)

Maximum value = 0,03714 kN/m² (Element 1 at Node 977)

Minimum value = -401,7 kN/m² (Element 1598 at Node 10063)

Project description			*Date*
Surélevation Rue Zoccola - Marseille			16/10/2024
Project filename	*Step*	*Company*	
Surélevation Rue Zoccola - ...	144	GEOTEC	

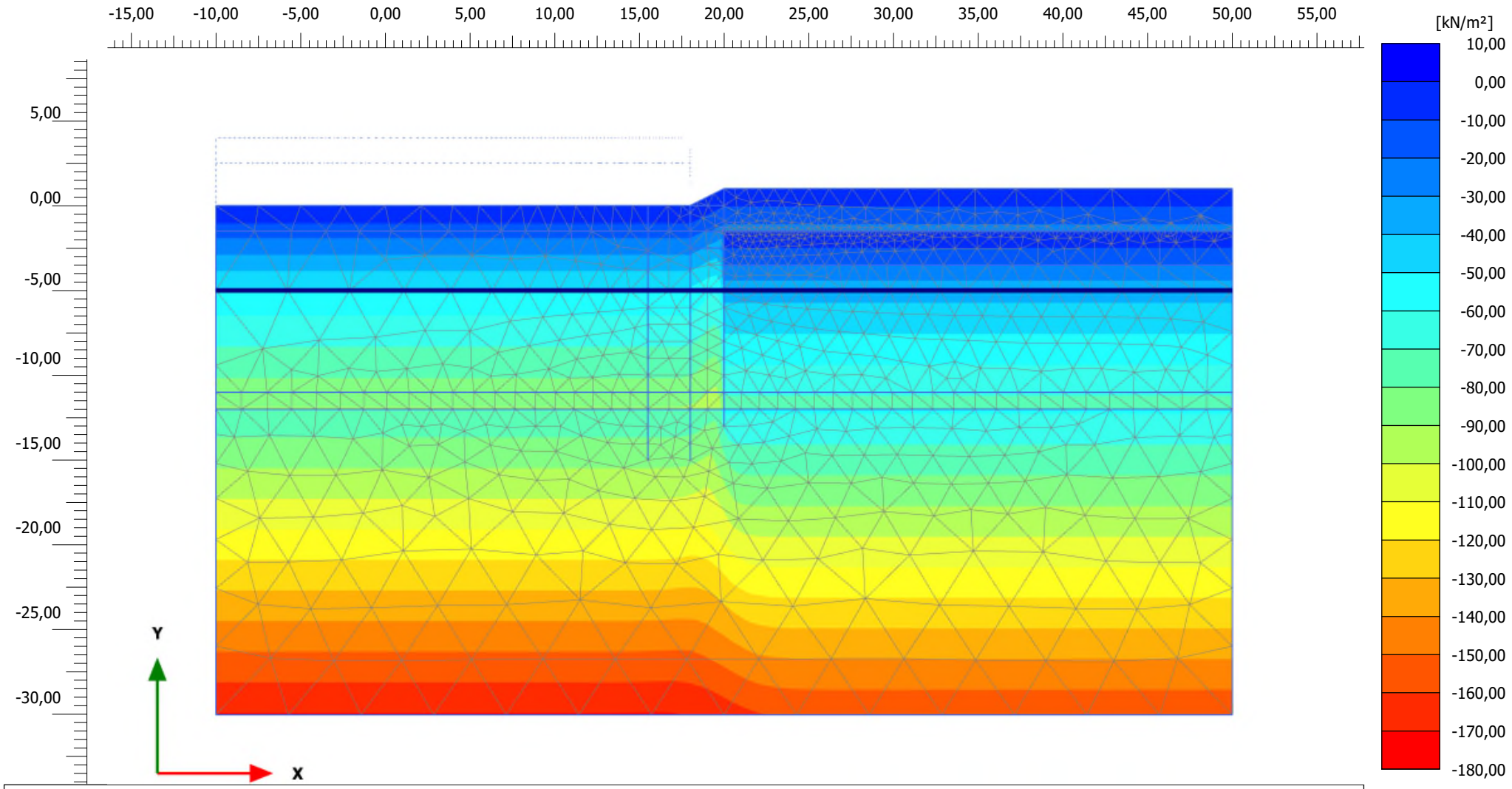


Principal effective stress σ'_1 (scaled up $5{,}00*10^{-3}$ times)

Maximum value = $5{,}471*10^{-3}$ kN/m² (Element 53 at Node 31)

Minimum value = -401,9 kN/m² (Element 1600 at Node 11383)

Project description			*Date*
Surélevation Rue Zoccola - Marseille			16/10/2024
Project filename	*Step*	*Company*	
Surélevation Rue Zoccola - ...	18	GEOTEC	

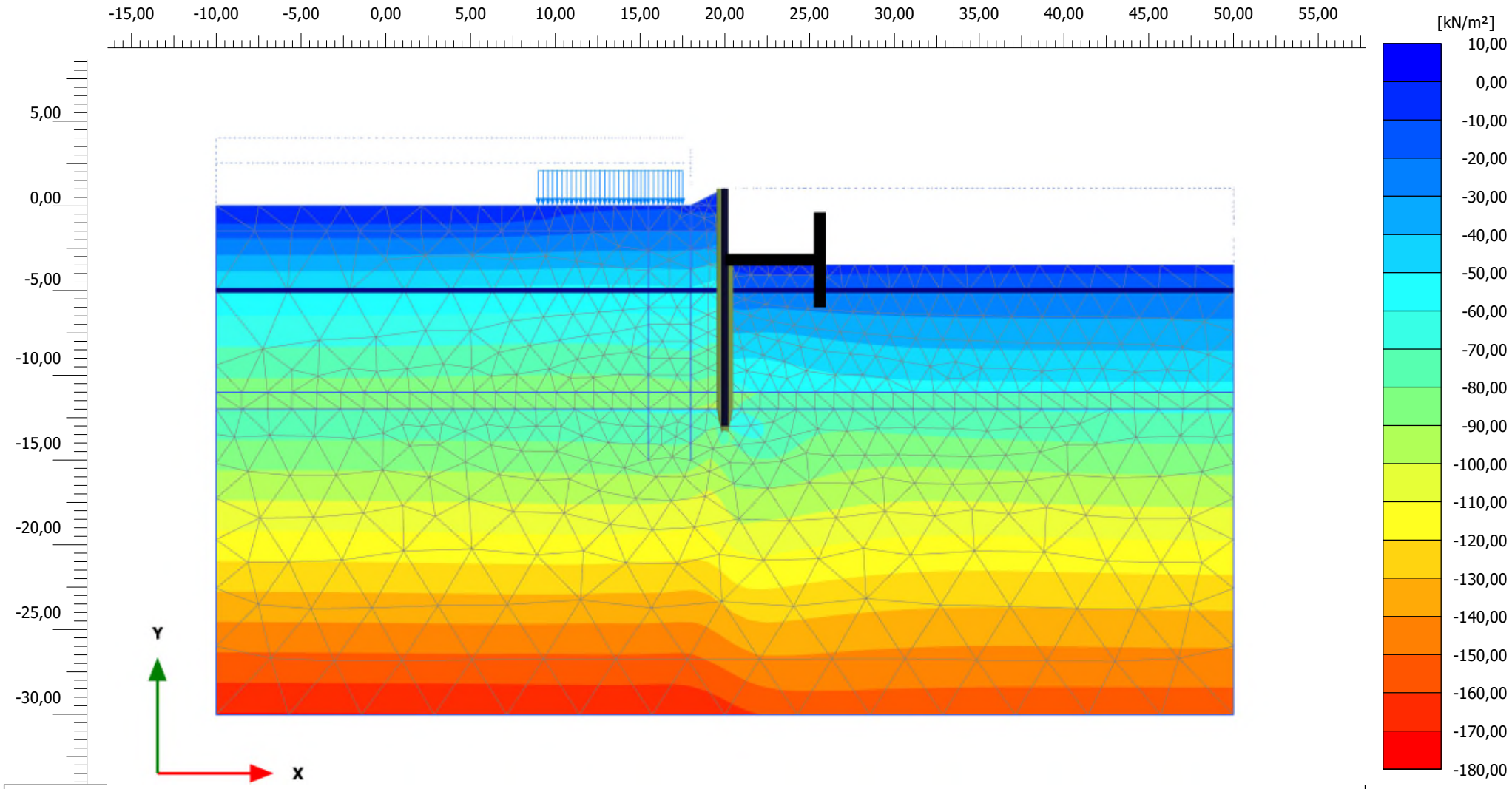


Principal effective stress σ'_2 (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = $0{,}7757*10^{-3}$ kN/m² (Element 128 at Node 14445)

Minimum value = -170,8 kN/m² (Element 1600 at Node 11383)

Project description			*Date*
Surélevation Rue Zoccola - Marseille			16/10/2024
Project filename	*Step*	*Company*	
Surélevation Rue Zoccola - ...	0	GEOTEC	

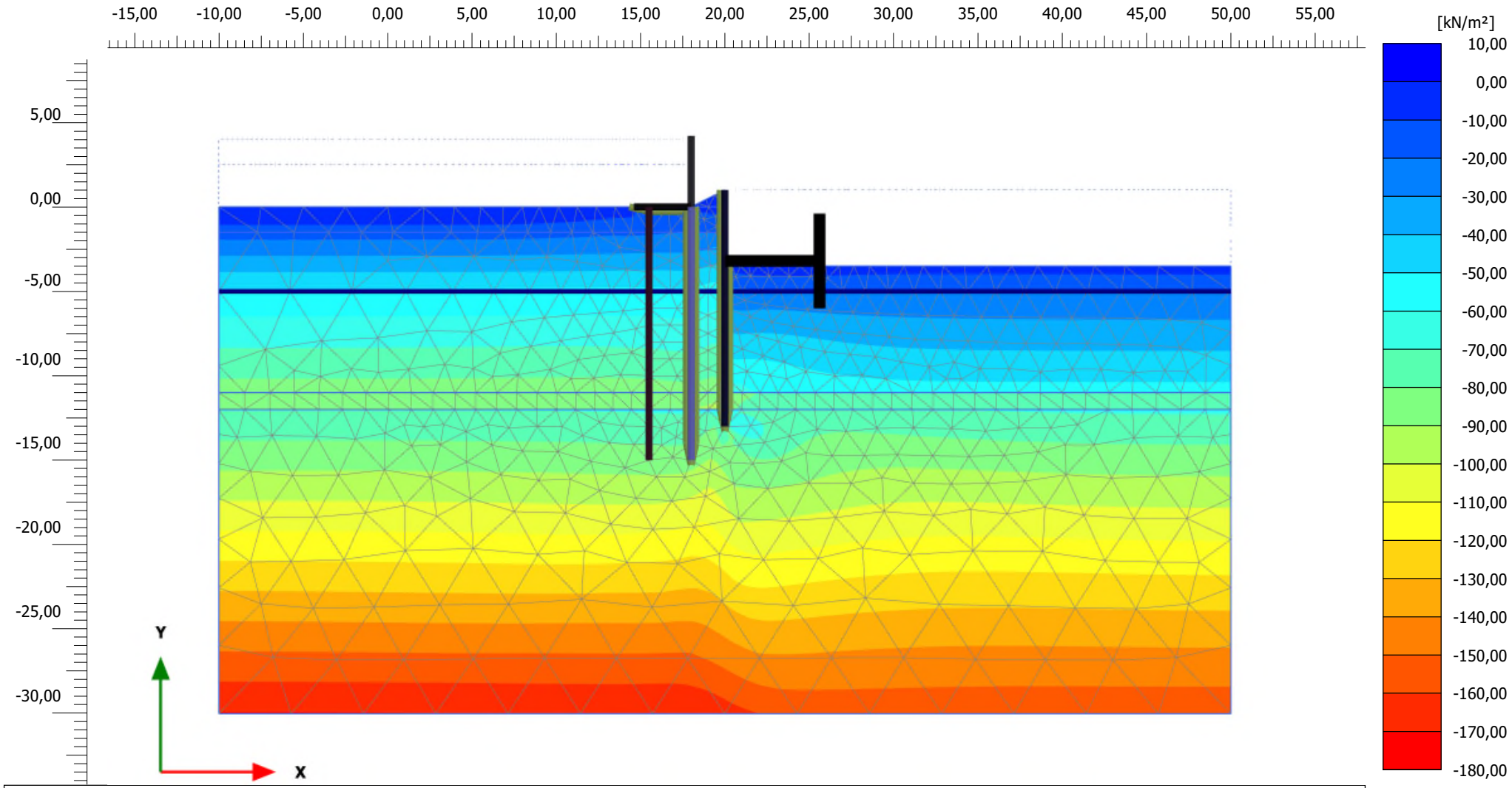


Principal effective stress σ'_2 (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 0,3926 kN/m² (Element 122 at Node 1088)

Minimum value = -170,6 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 2	*Company* GEOTEC	

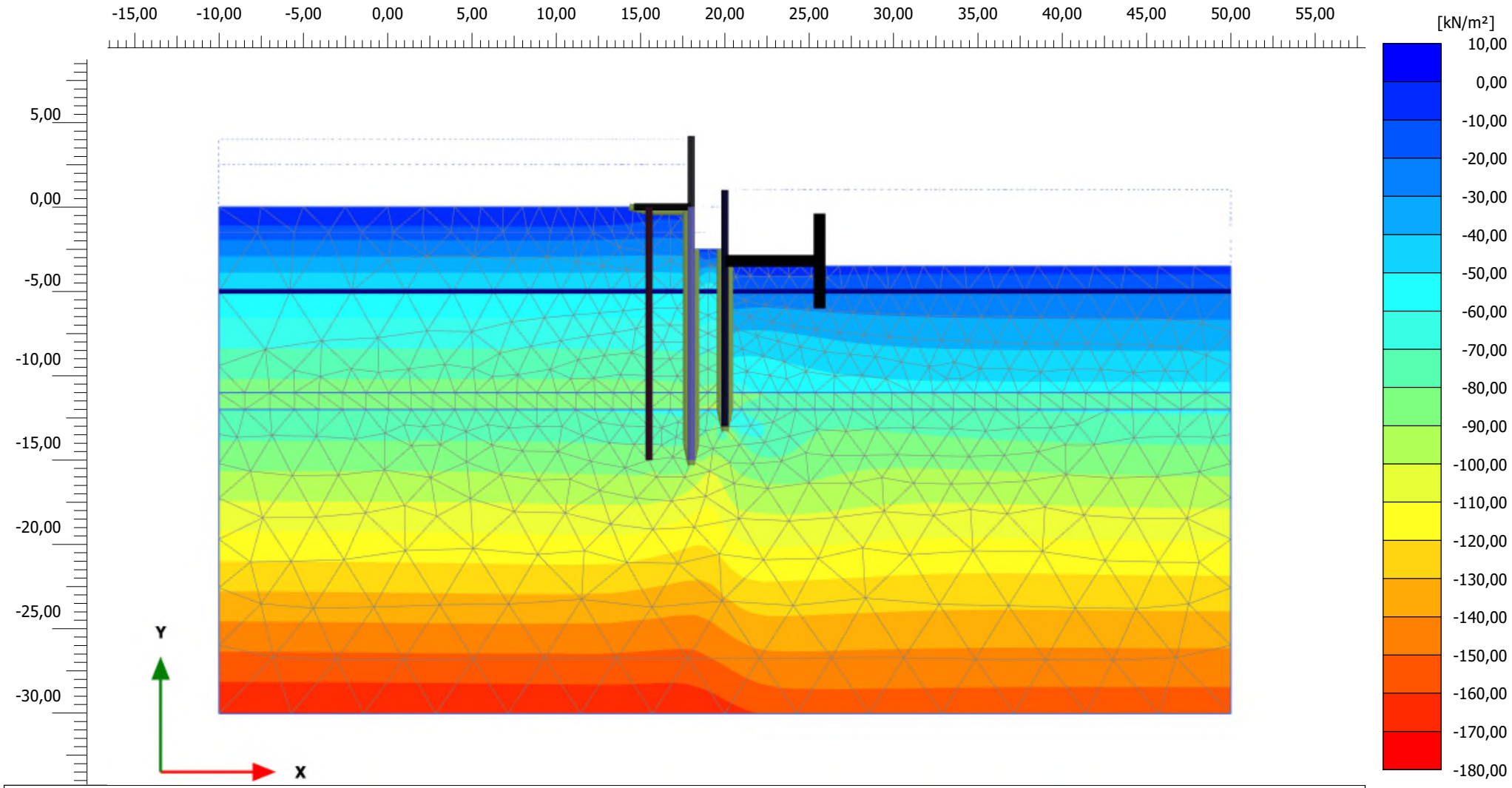


Principal effective stress σ'_2 (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 0,1920 kN/m² (Element 429 at Node 2017)

Minimum value = -170,5 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 4	*Company* GEOTEC	

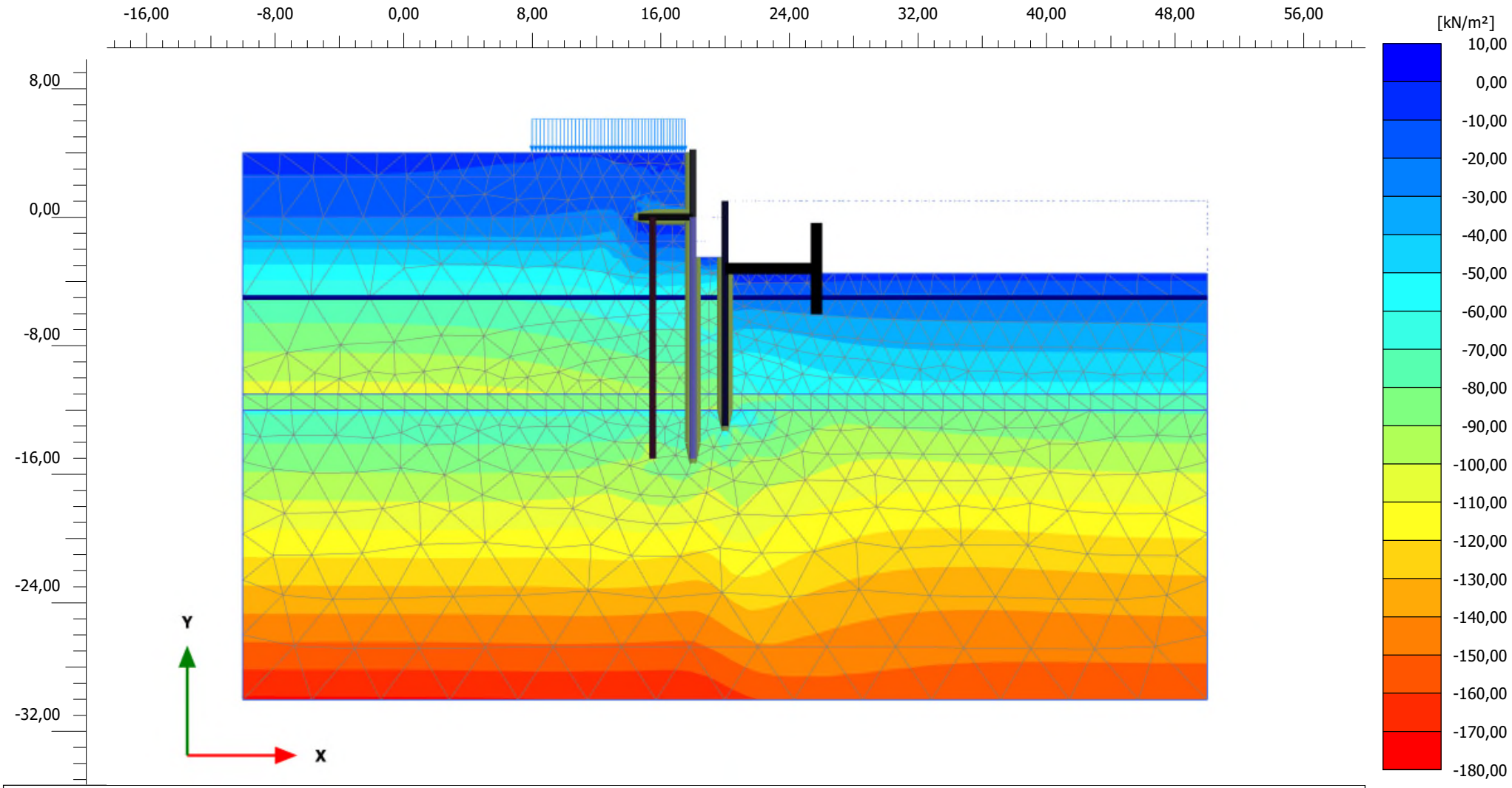


Principal effective stress σ'_2 (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 0,3935 kN/m² (Element 456 at Node 742)

Minimum value = -170,4 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 7	*Company* GEOTEC	

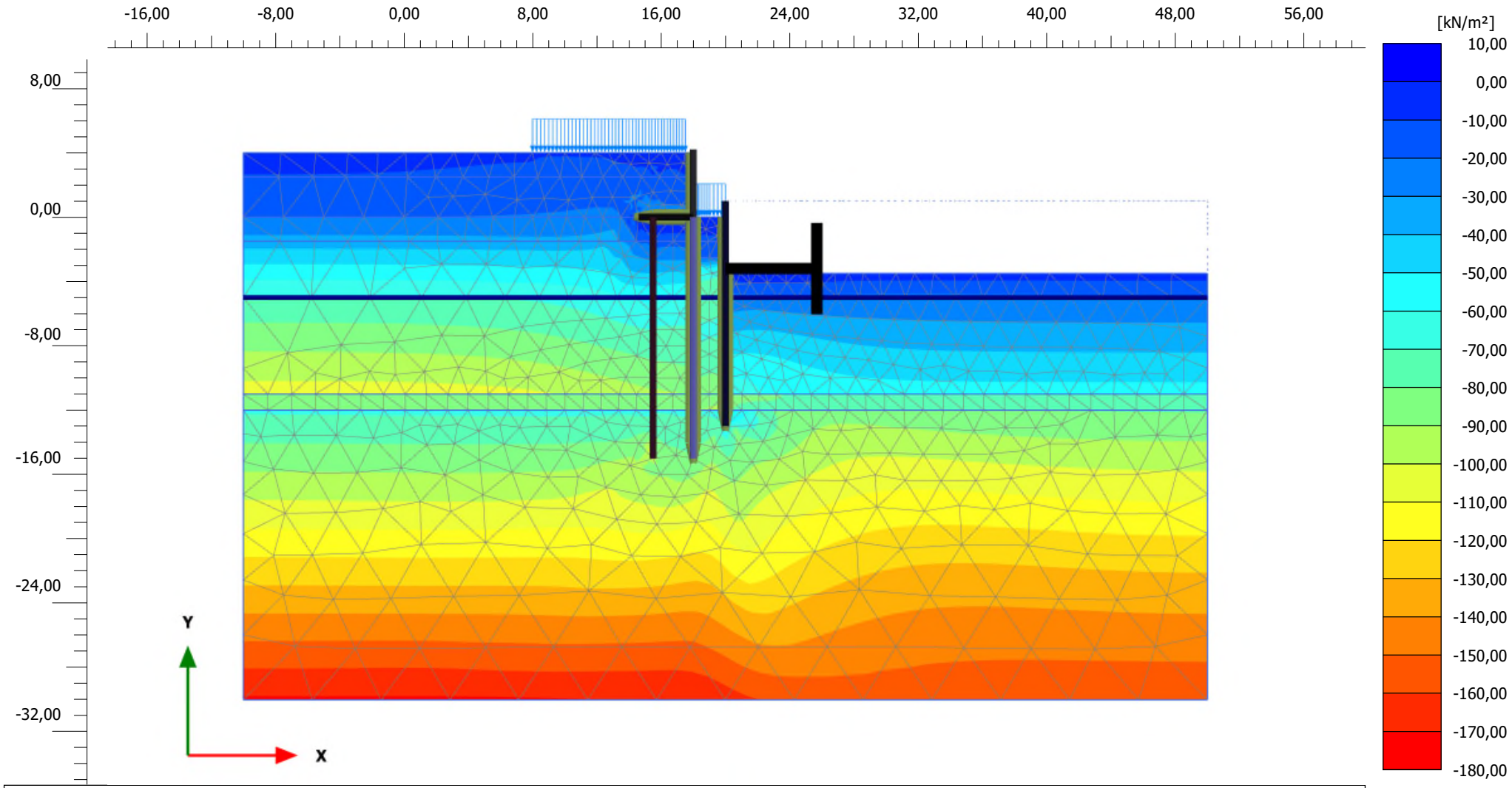


Principal effective stress σ'_2 (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 0,08145 kN/m² (Element 6 at Node 961)

Minimum value = -171,3 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 144	*Company* GEOTEC	

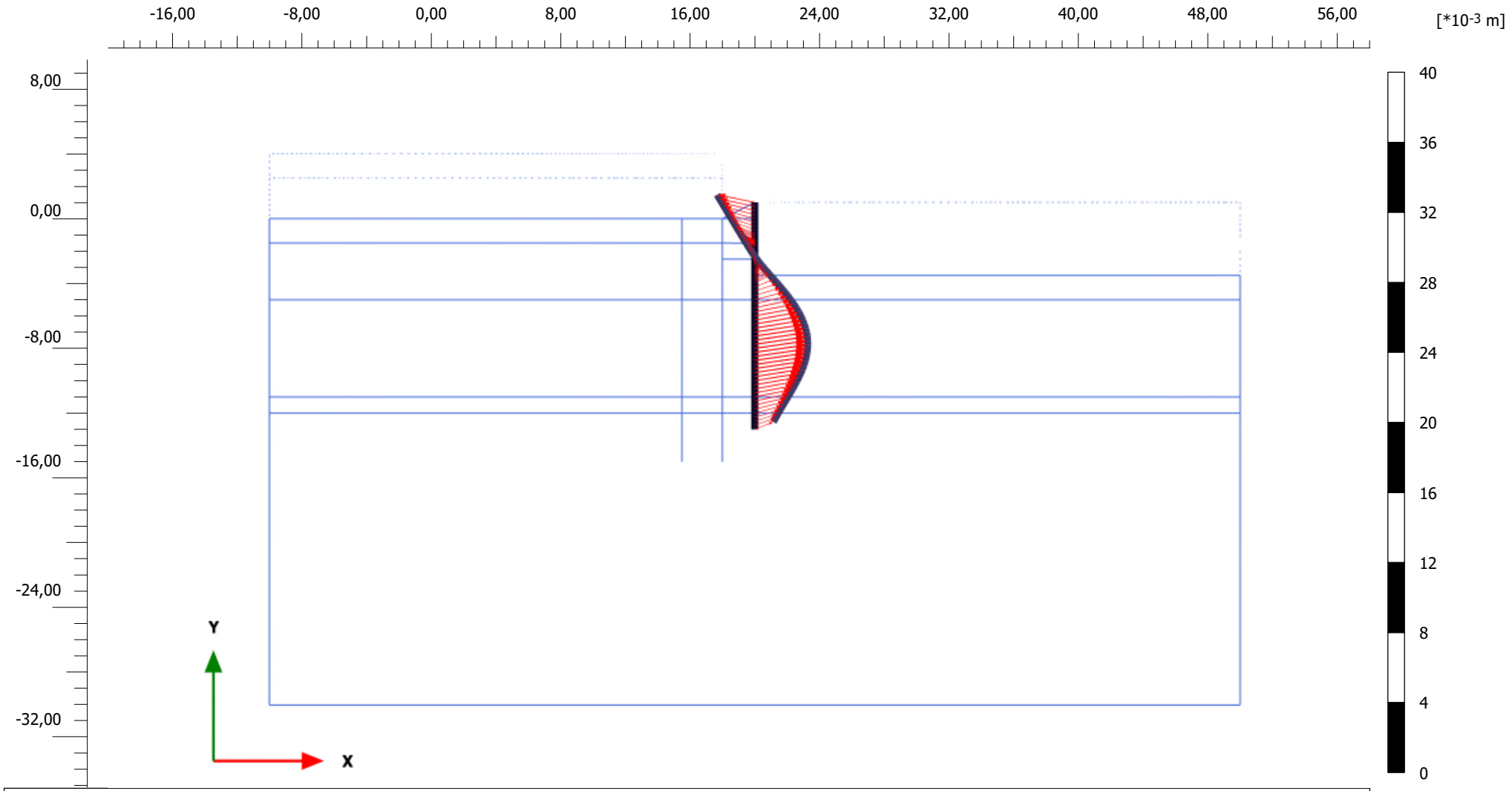


Principal effective stress σ'_2 (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 0,02745 kN/m² (Element 53 at Node 27)

Minimum value = -171,3 kN/m² (Element 1608 at Node 7259)

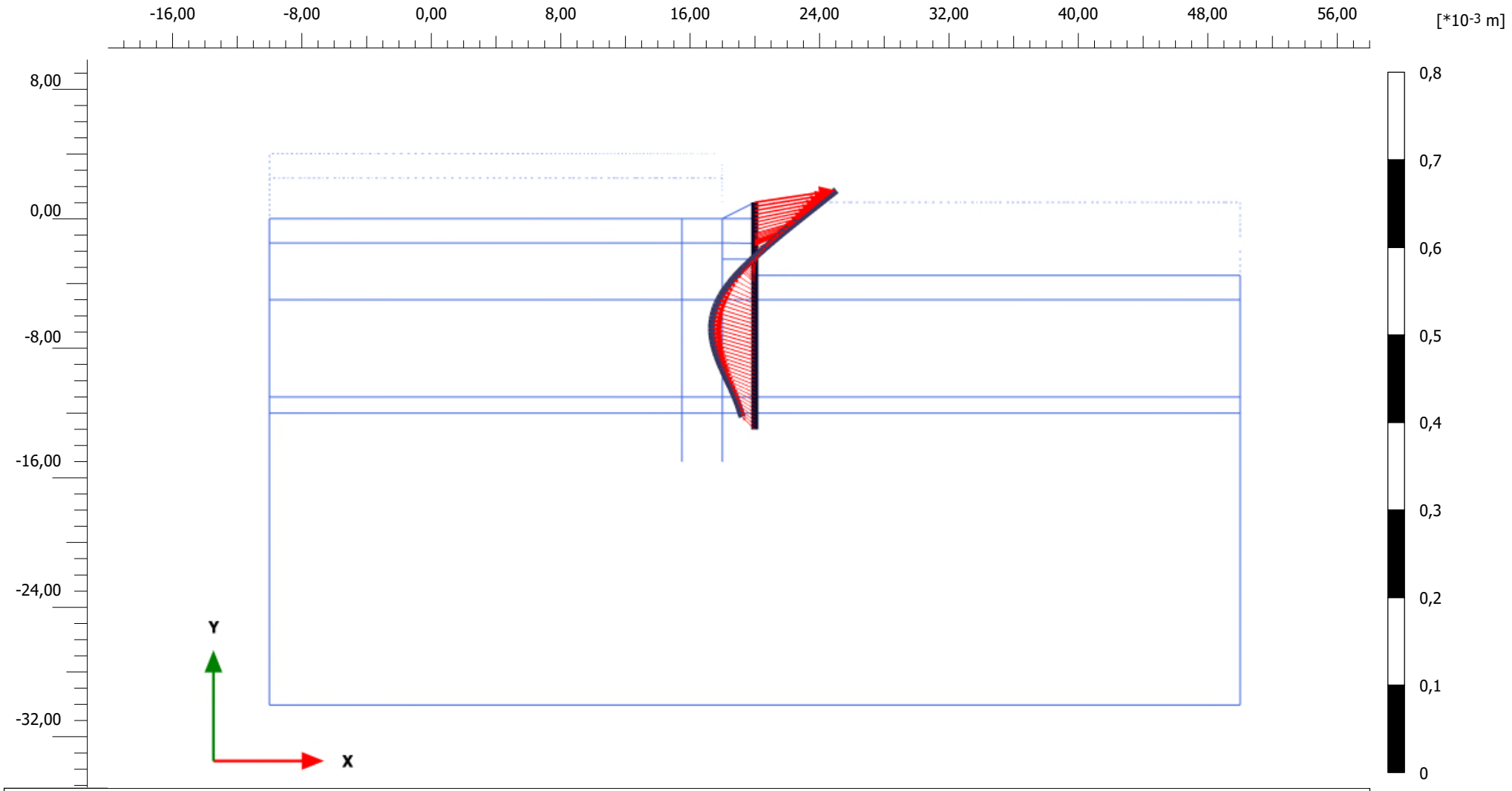
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	



Total displacements |u| (scaled up 1,00*10³ times)

Maximum value = 3,301*10^{-3} m (Element 38 at Node 6544)

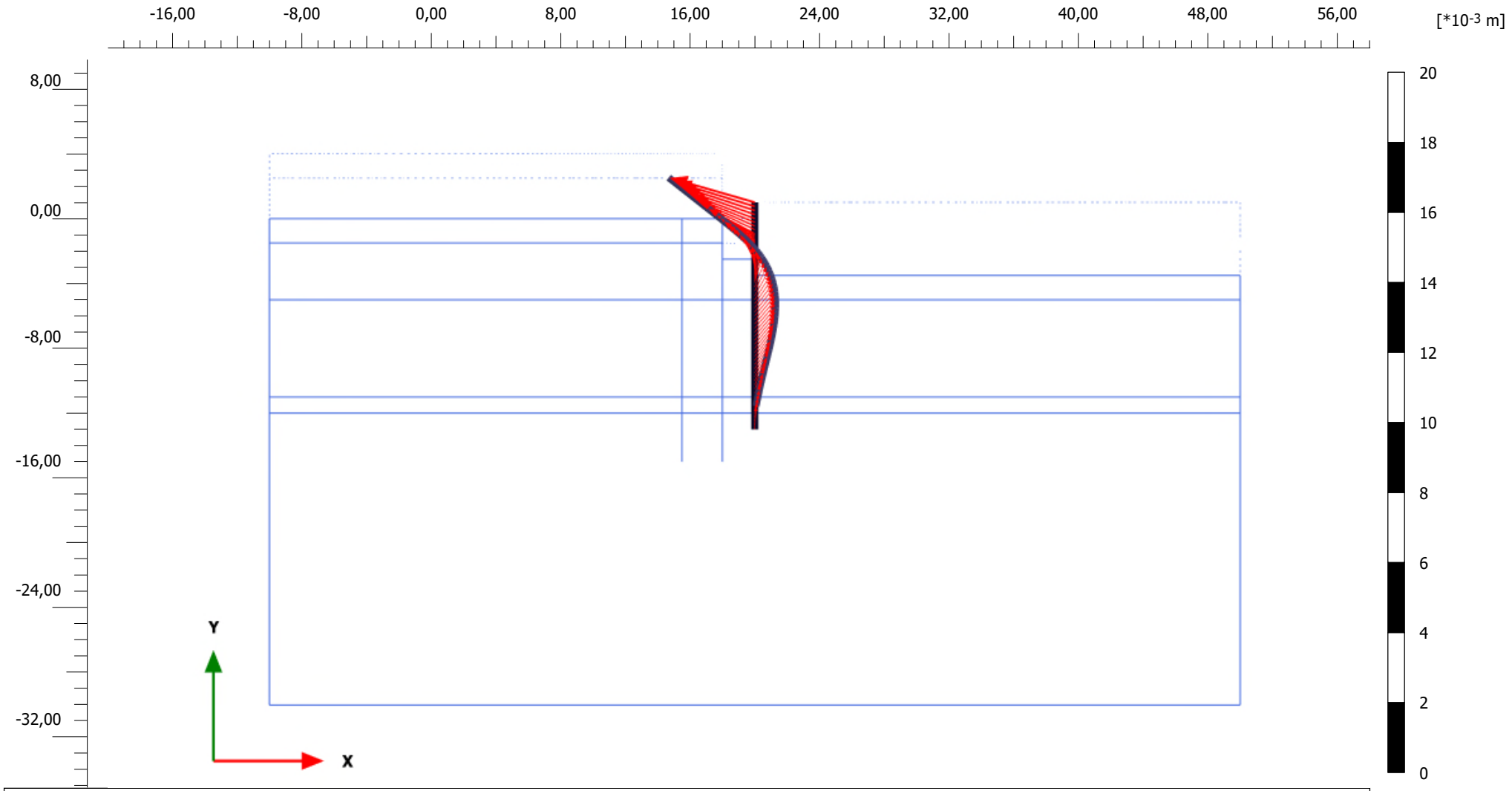
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 2	*Company* GEOTEC	



Total displacements |u| (scaled up 50,0*10³ times)

Maximum value = 0,1019*10^{-3} m (Element 9 at Node 1089)

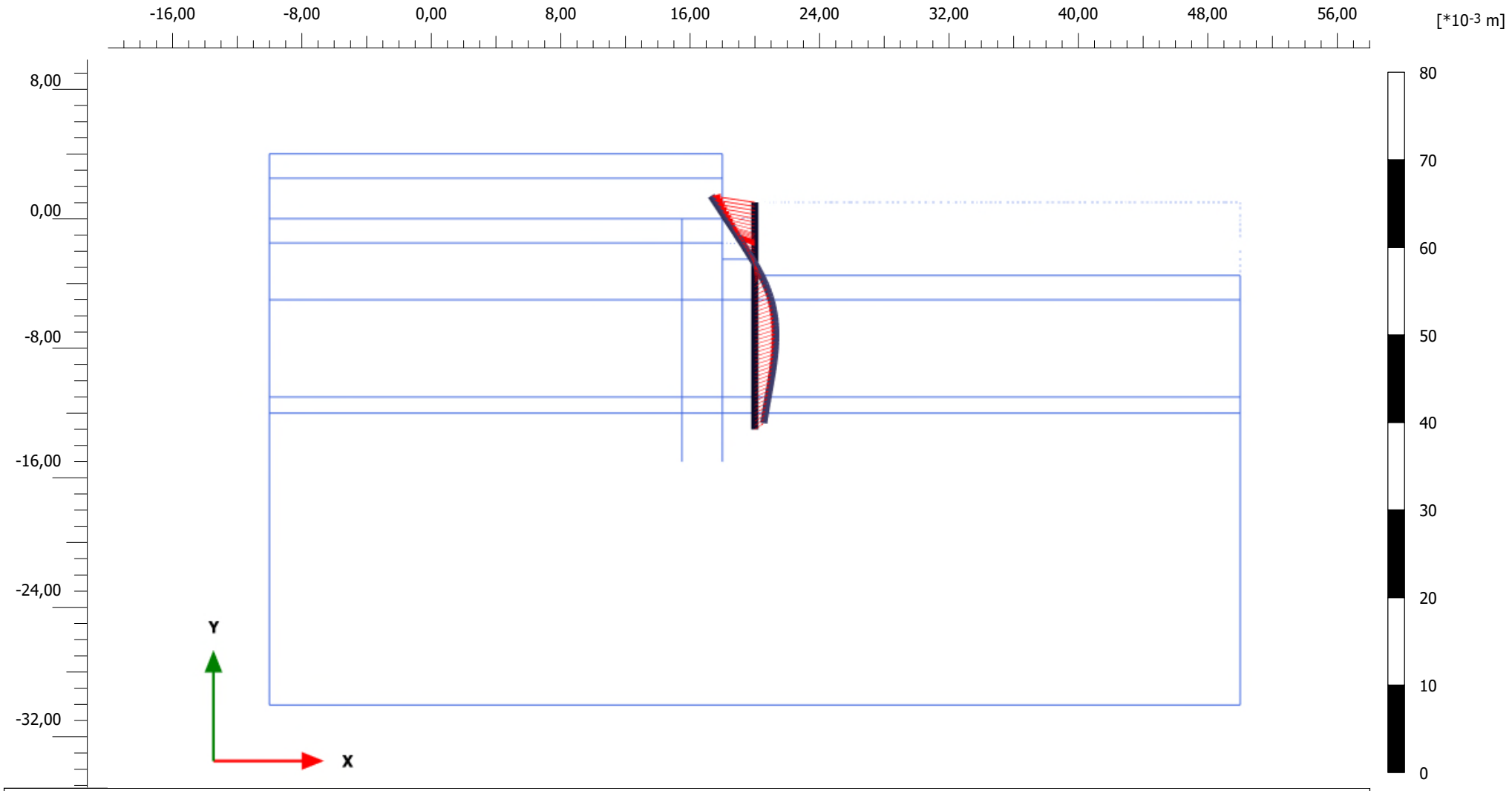
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 4	*Company* GEOTEC	



Total displacements |u| (scaled up 2,00*10³ times)

Maximum value = 2,767*10^{-3} m (Element 9 at Node 1089)

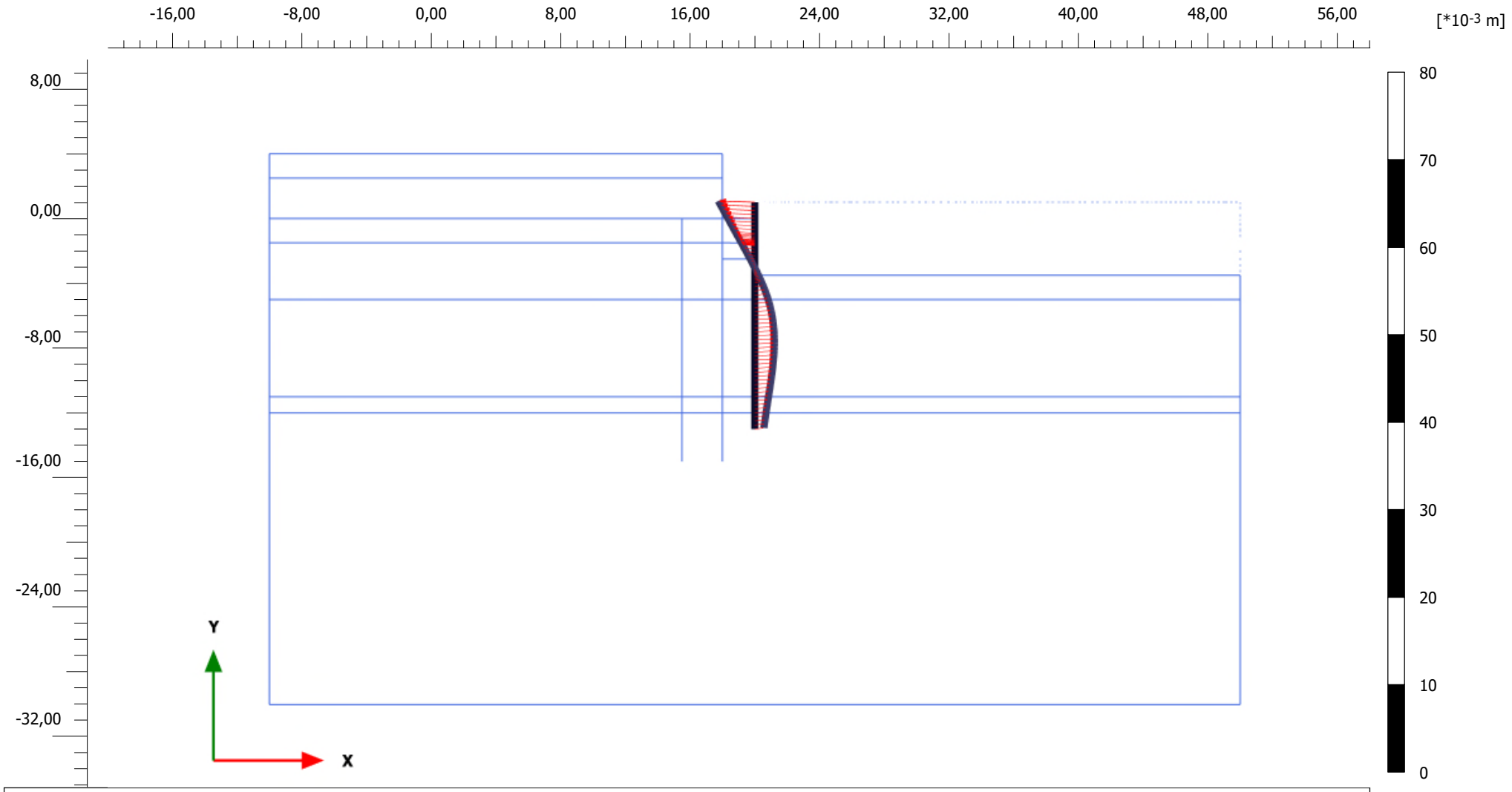
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 7	*Company* GEOTEC	



Total displacements |u| (scaled up 500 times)

Maximum value = 5,452*10^{-3} m (Element 9 at Node 1089)

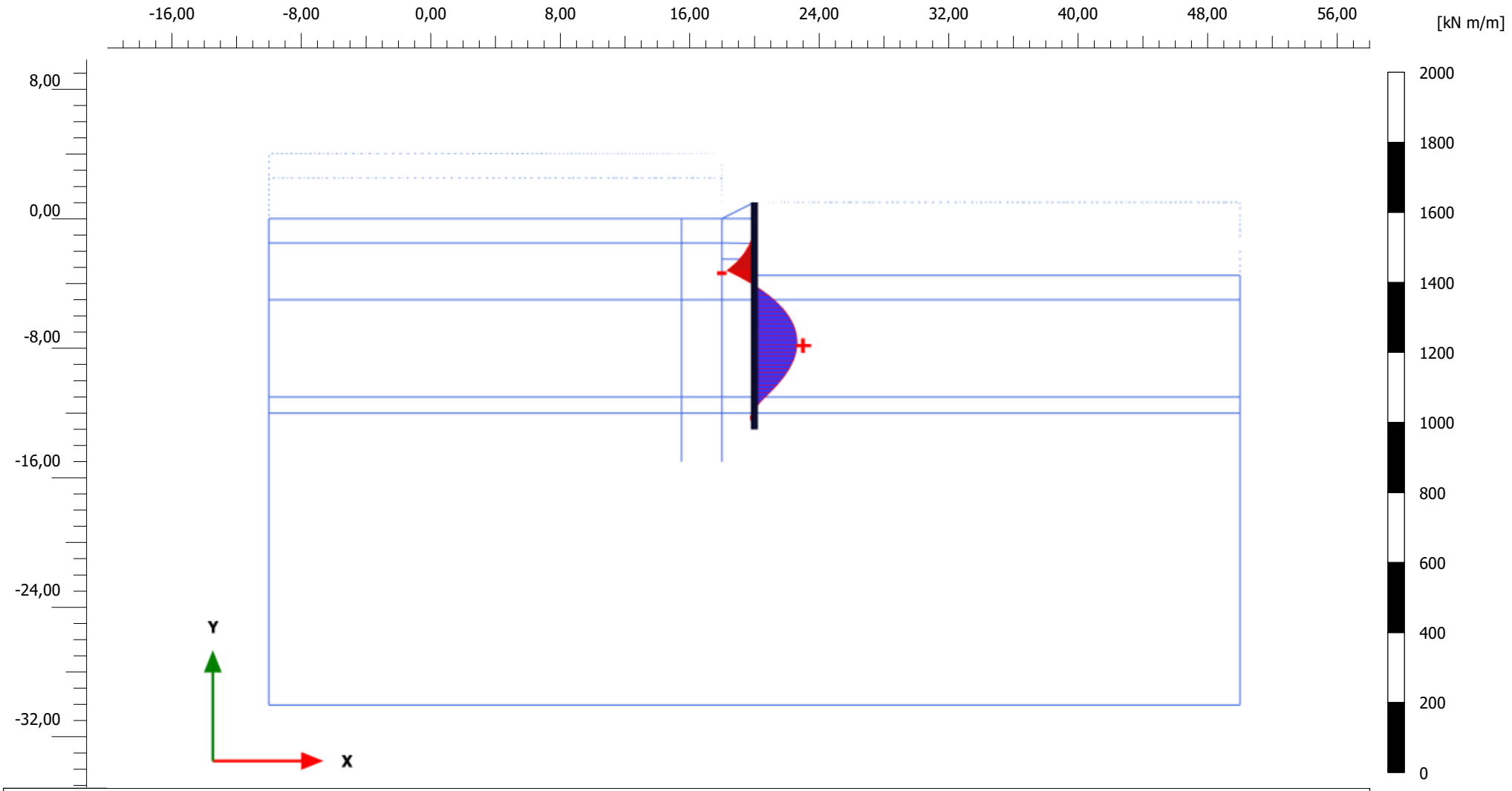
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 144	*Company* GEOTEC	



Total displacements |u| (scaled up 500 times)

Maximum value = 4,509*10^{-3} m (Element 9 at Node 1089)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

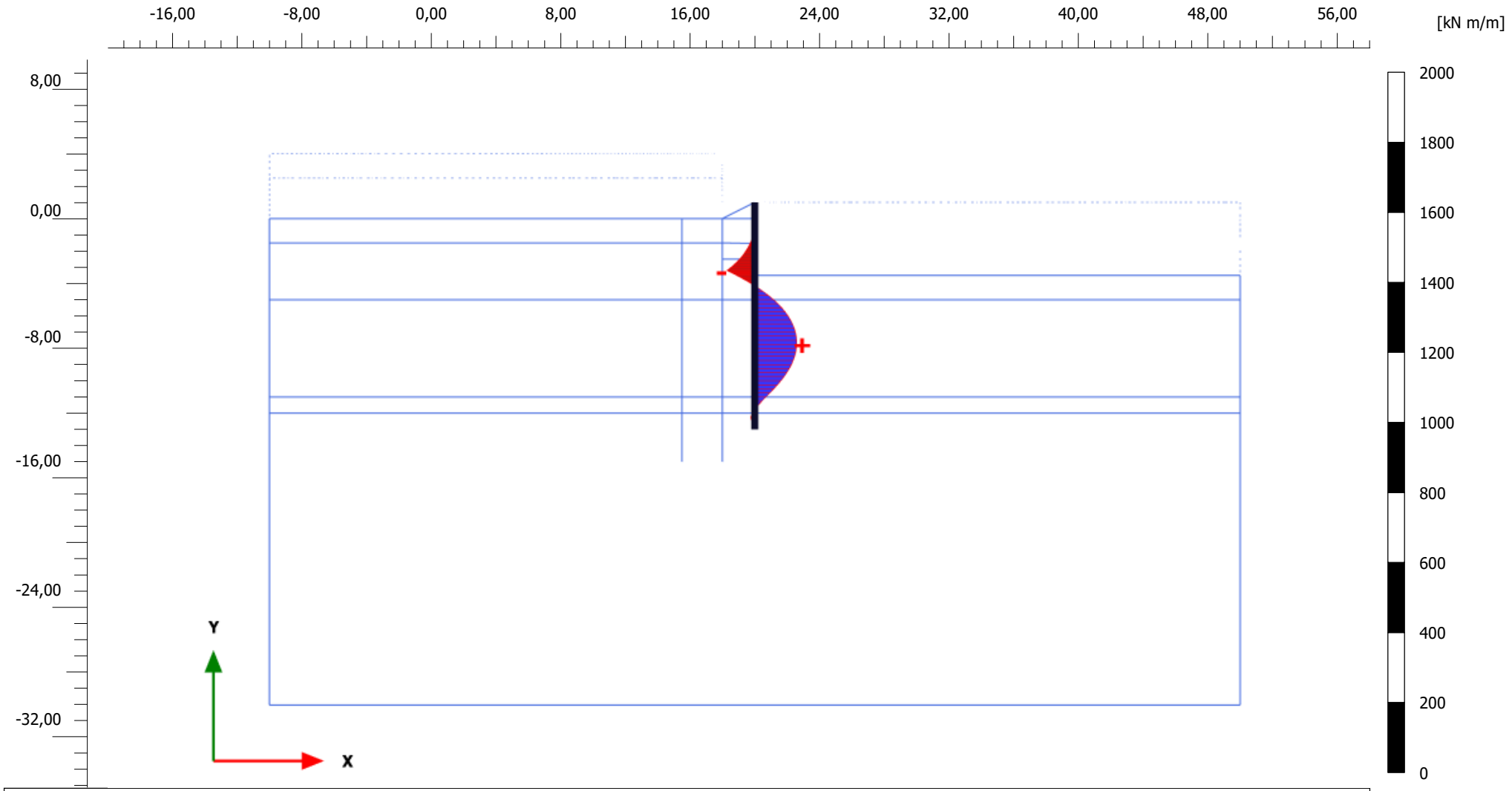


Bending moments M (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 131,9 kN m/m (Element 37 at Node 6174)

Minimum value = -85,00 kN m/m (Element 24 at Node 3633)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 2	*Company* GEOTEC	

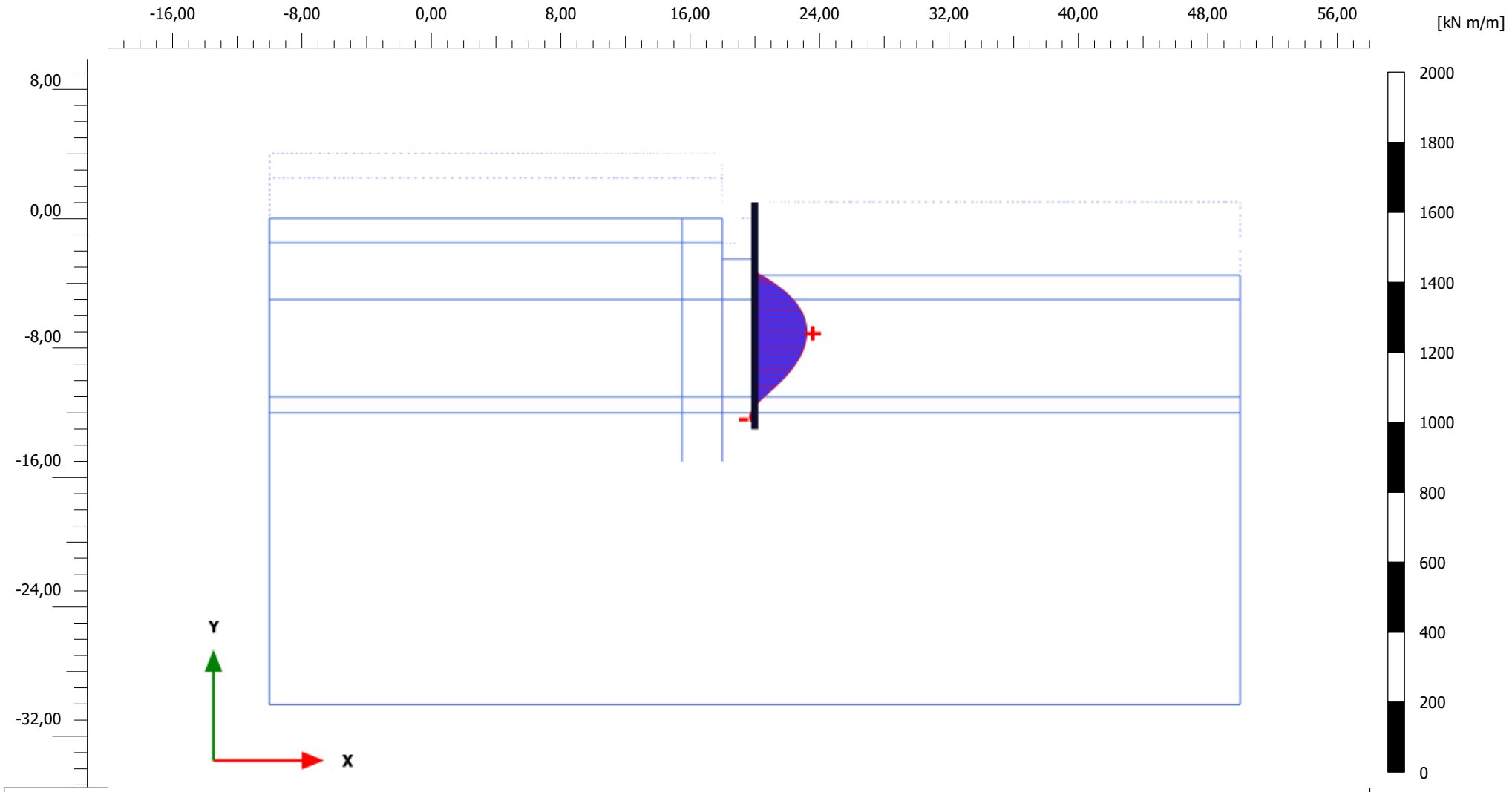


Bending moments M (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 129,6 kN m/m (Element 37 at Node 6174)

Minimum value = -86,02 kN m/m (Element 23 at Node 3633)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 4	*Company* GEOTEC	

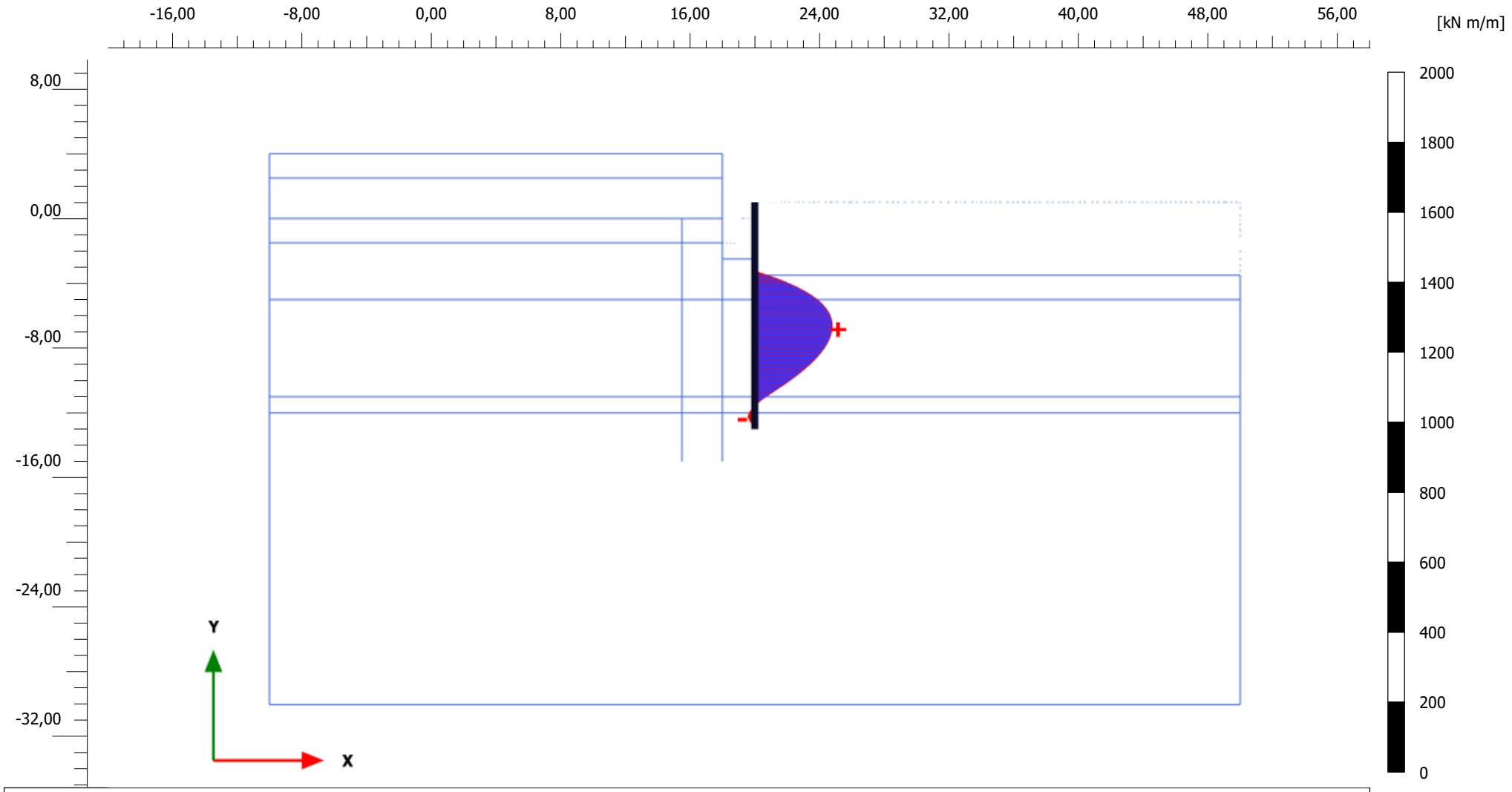


Bending moments M (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 161,4 kN m/m (Element 36 at Node 6171)

Minimum value = -17,33 kN m/m (Element 43 at Node 9350)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 7	*Company* GEOTEC	

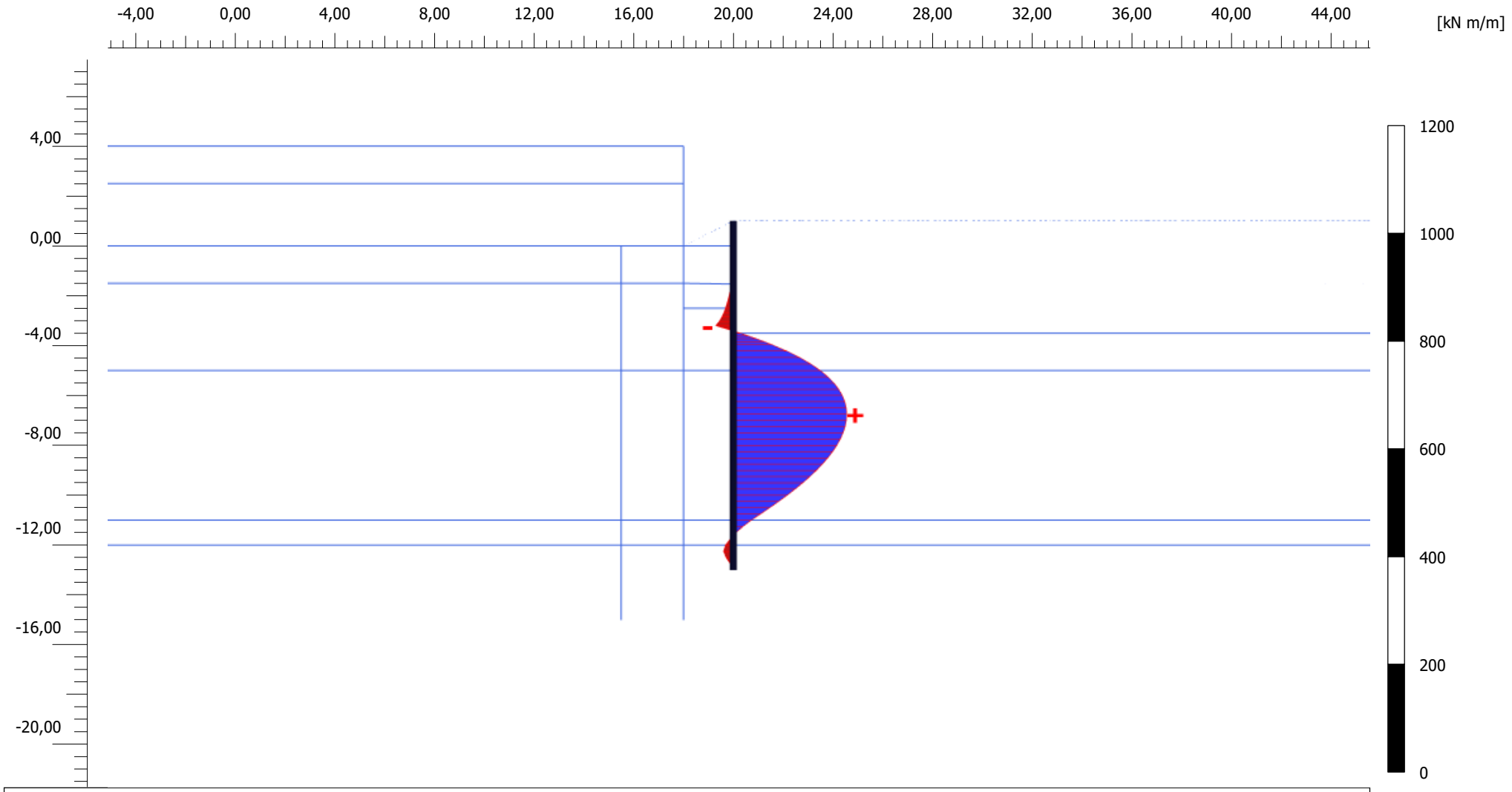


Bending moments M (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 239,6 kN m/m (Element 36 at Node 5628)

Minimum value = -21,04 kN m/m (Element 43 at Node 9350)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 144	*Company* GEOTEC	

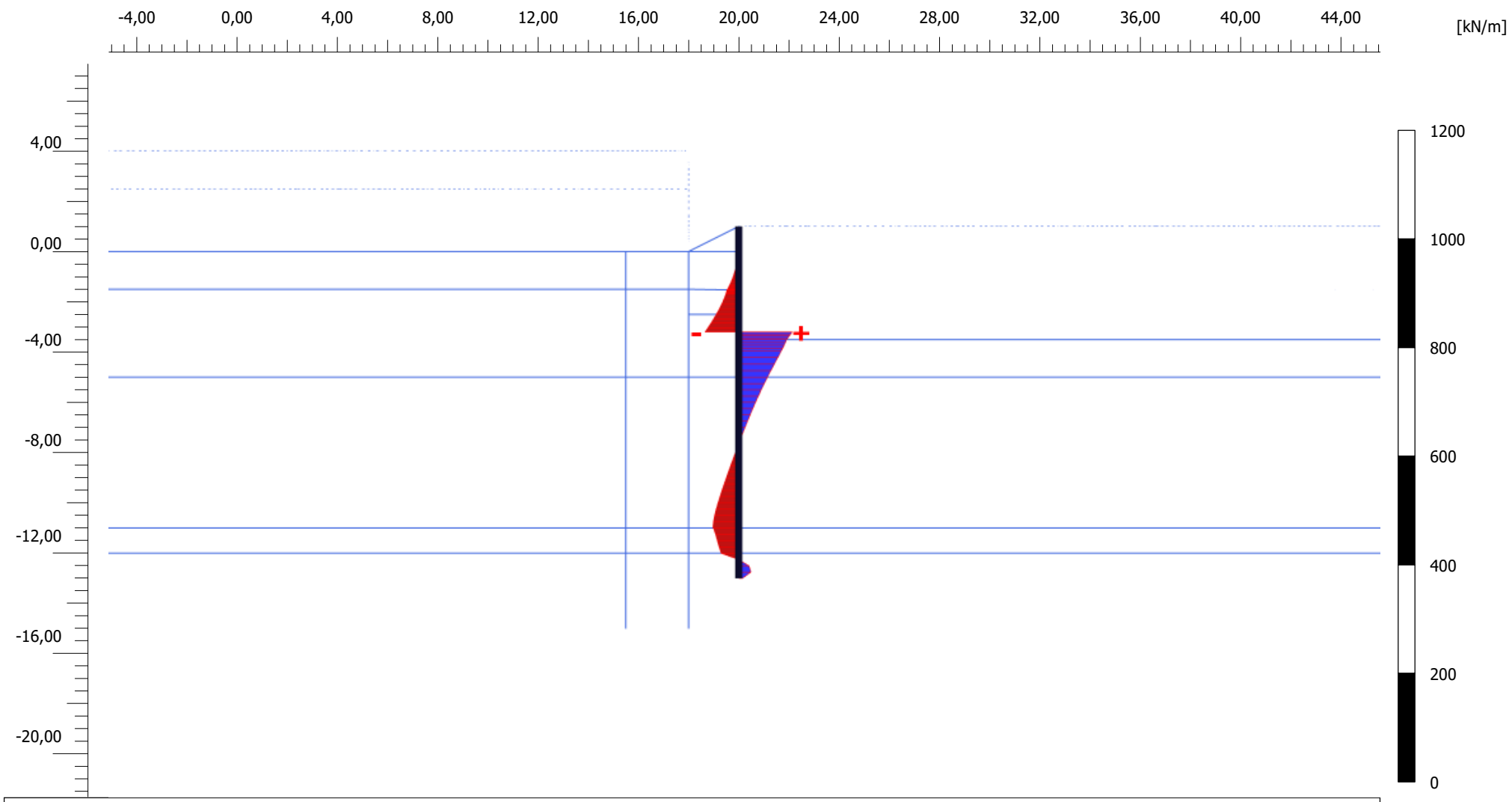


Bending moments M (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 227,6 kN m/m (Element 36 at Node 5628)

Minimum value = -35,33 kN m/m (Element 23 at Node 3633)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

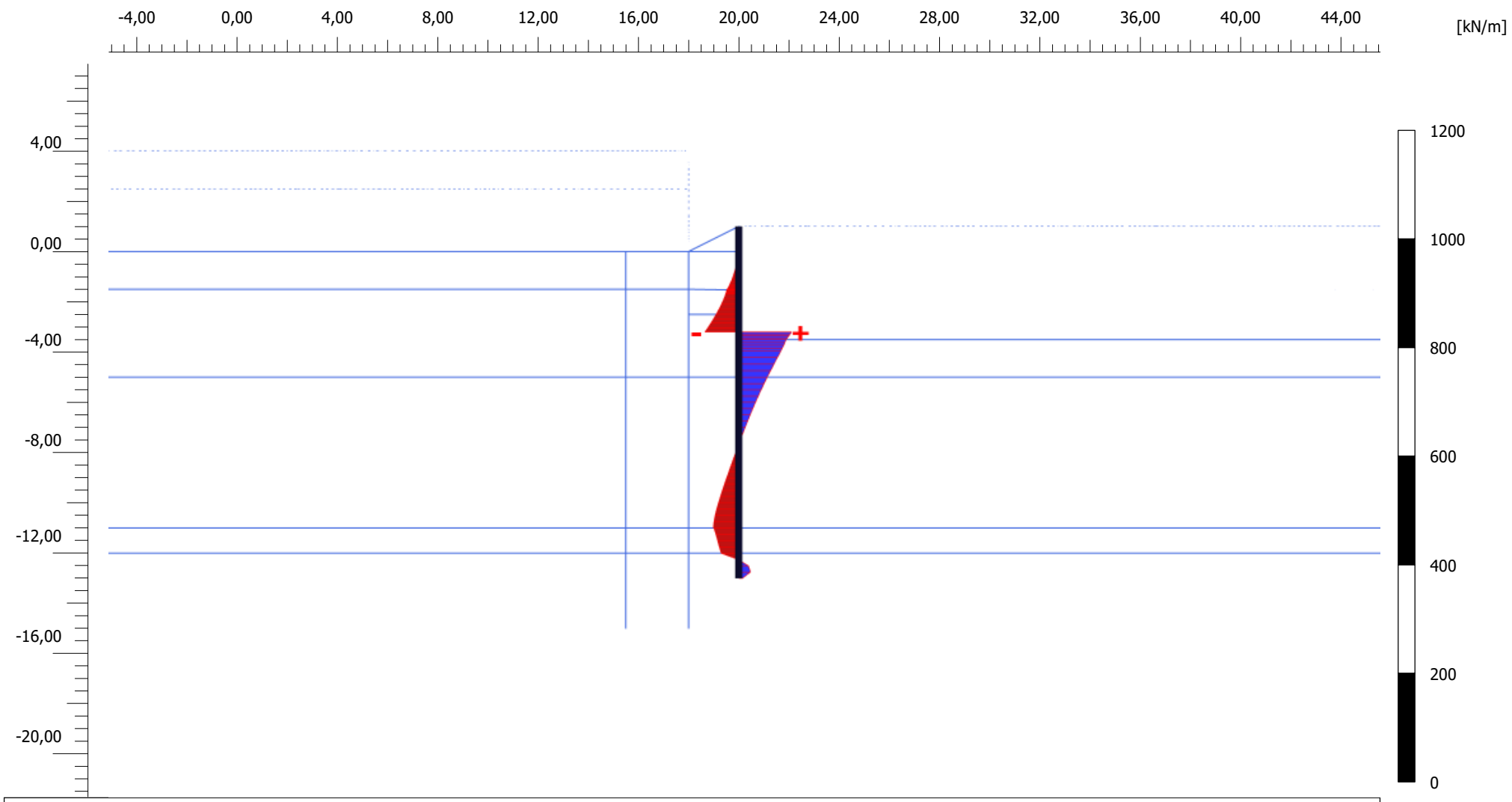


Shear forces Q (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 106,4 kN/m (Element 24 at Node 3633)

Minimum value = -67,33 kN/m (Element 23 at Node 3633)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 2	*Company* GEOTEC	

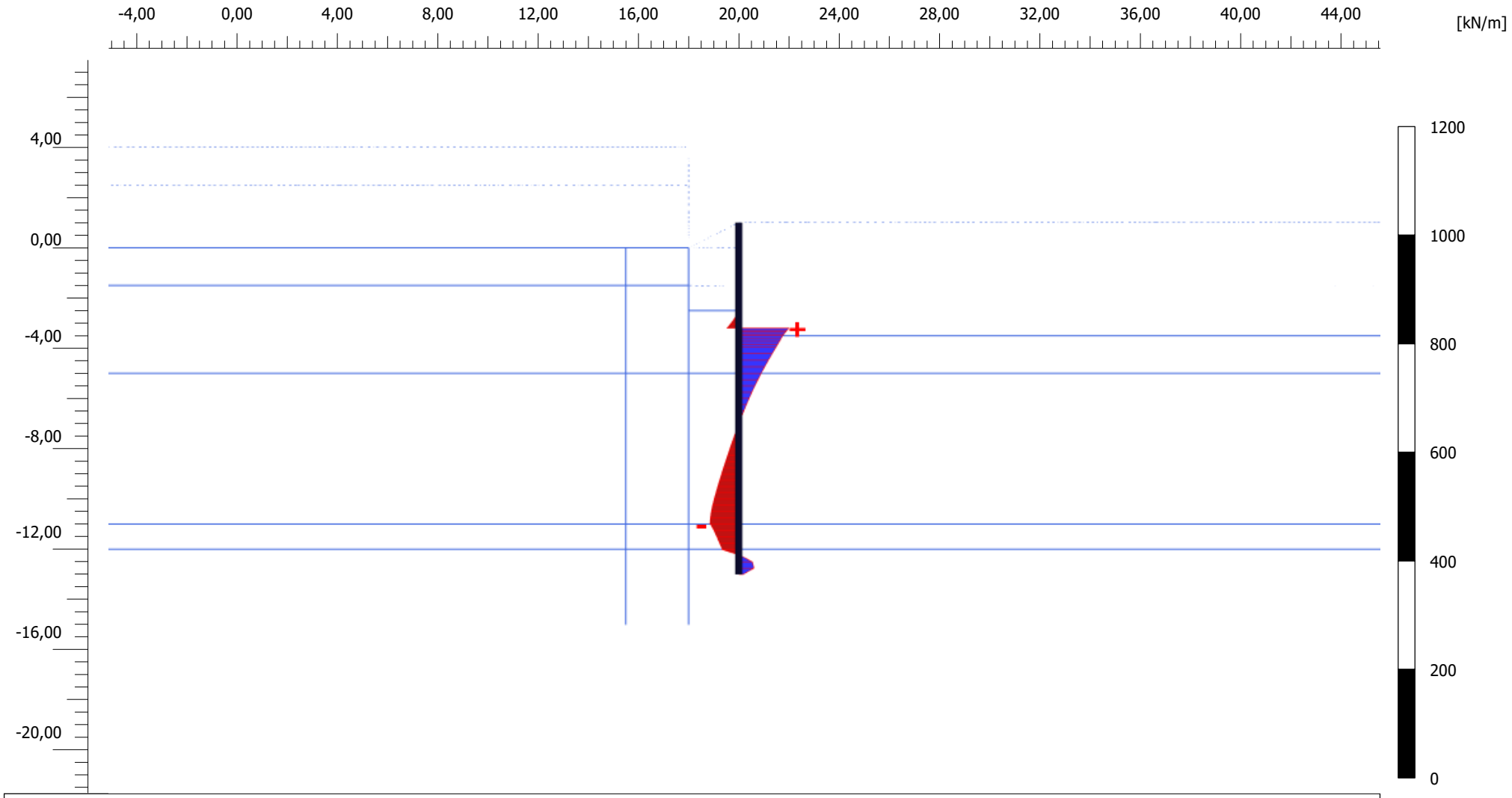


Shear forces Q (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 105,3 kN/m (Element 24 at Node 3633)

Minimum value = -67,43 kN/m (Element 23 at Node 3633)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 4	*Company* GEOTEC	

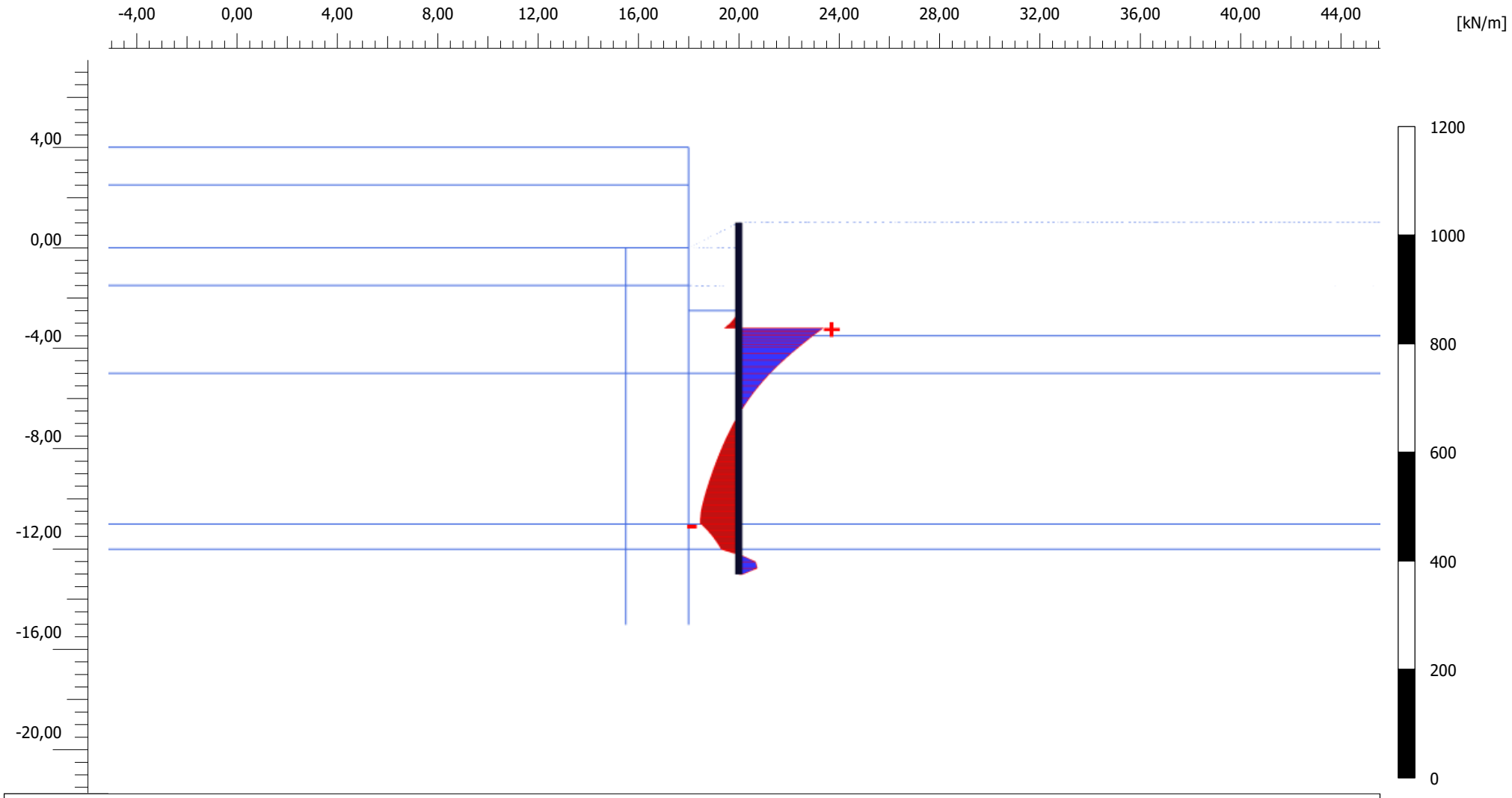


Shear forces Q (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 99,51 kN/m (Element 24 at Node 3633)

Minimum value = -57,33 kN/m (Element 40 at Node 8795)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 7	*Company* GEOTEC	

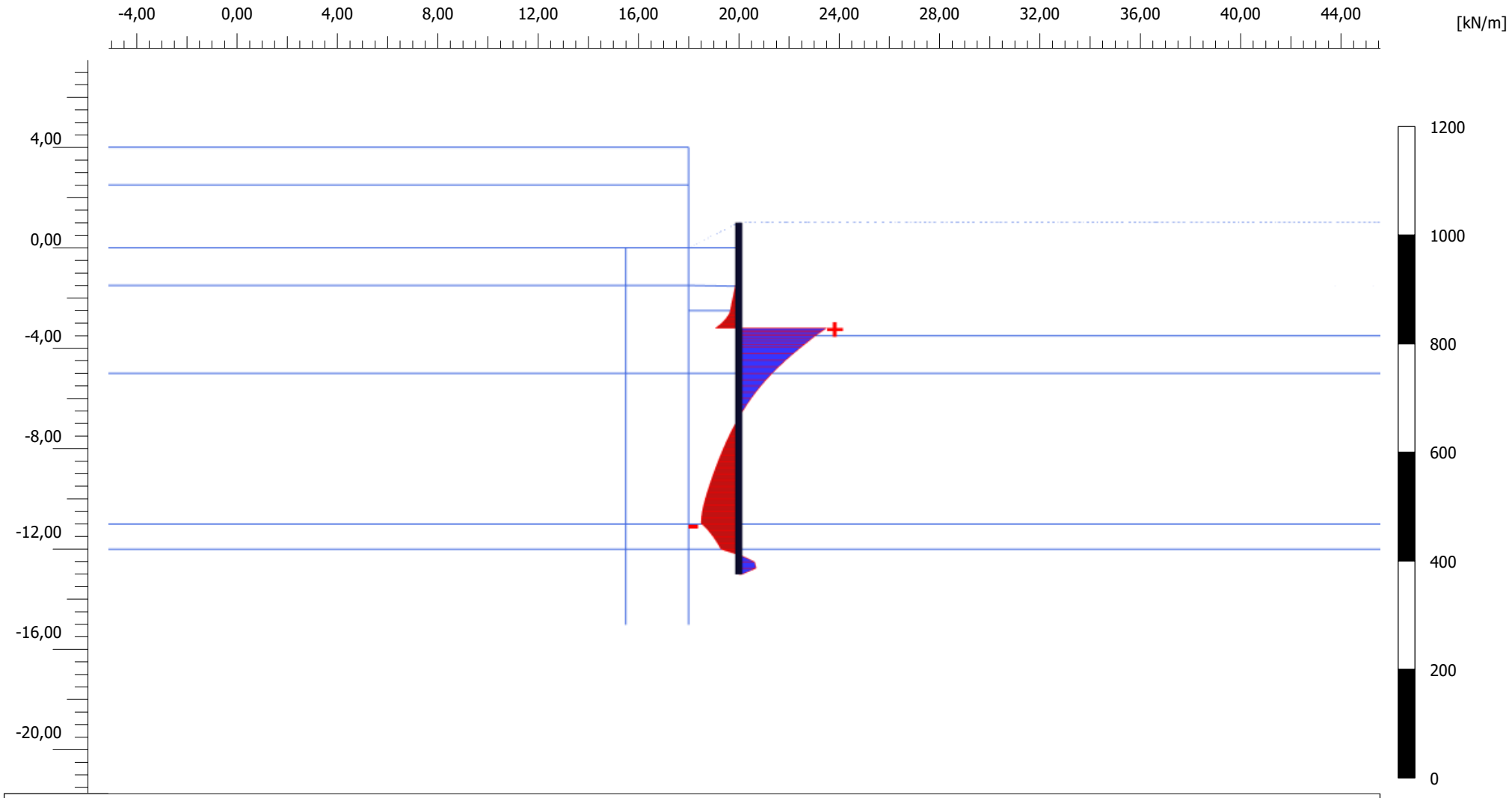


Shear forces Q (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 167,8 kN/m (Element 24 at Node 3633)

Minimum value = -76,62 kN/m (Element 40 at Node 8795)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 144	*Company* GEOTEC	

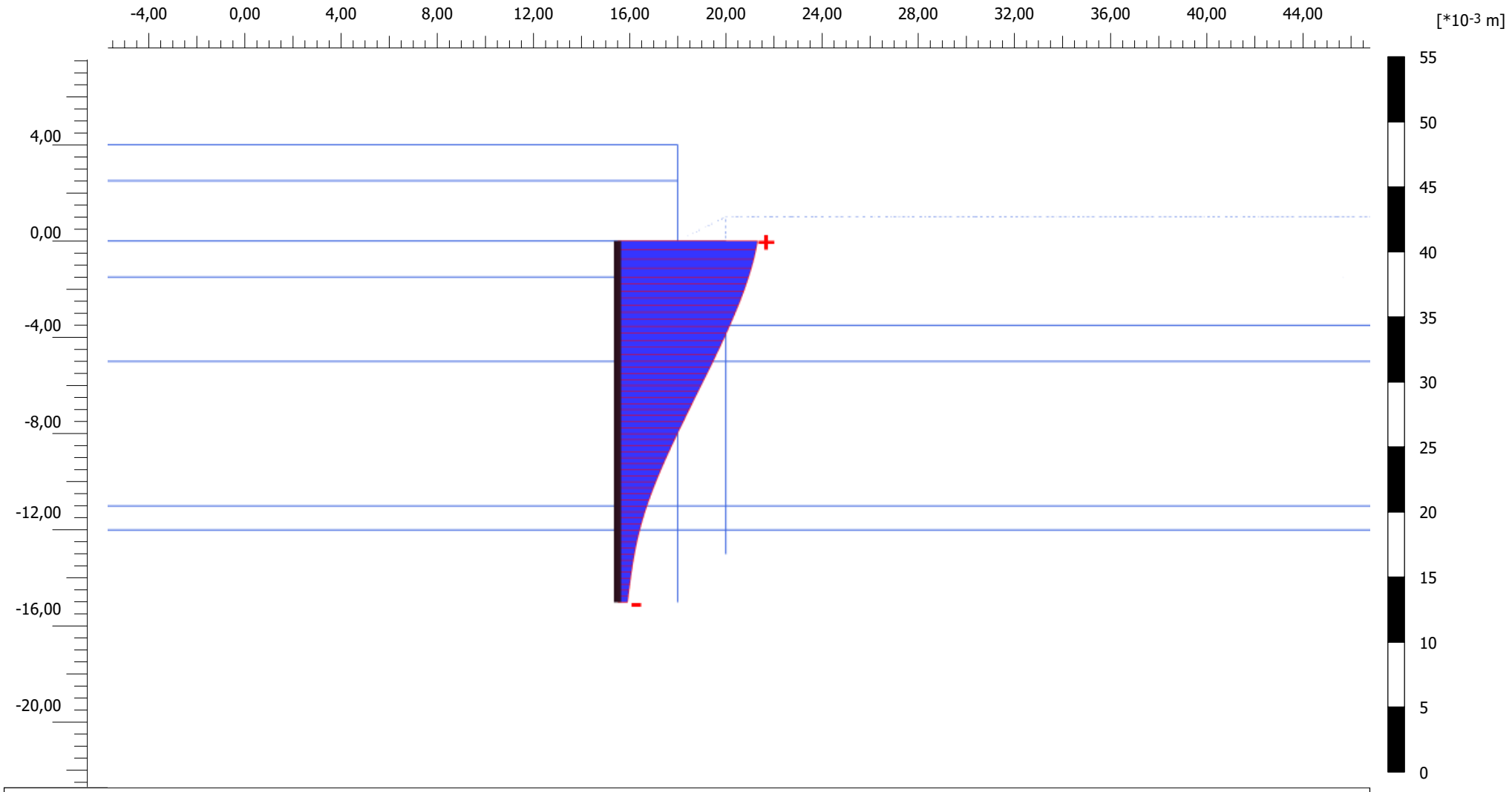


Shear forces Q (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 174,3 kN/m (Element 24 at Node 3633)

Minimum value = -74,71 kN/m (Element 40 at Node 8795)

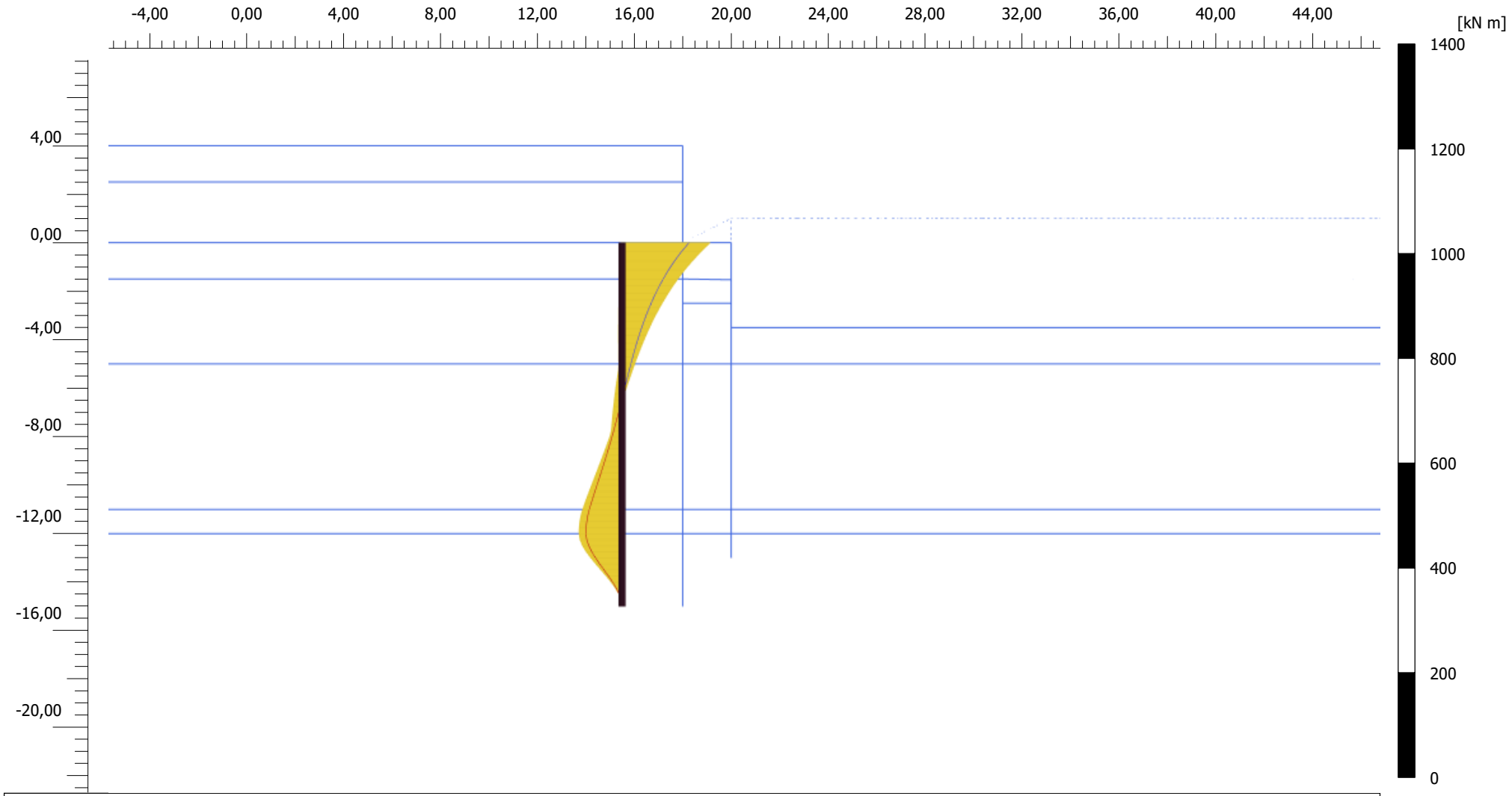
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 16/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	



Total displacements |u| (scaled up 500 times)

Maximum value = 0,01164 m (Element 1 at Node 16570)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

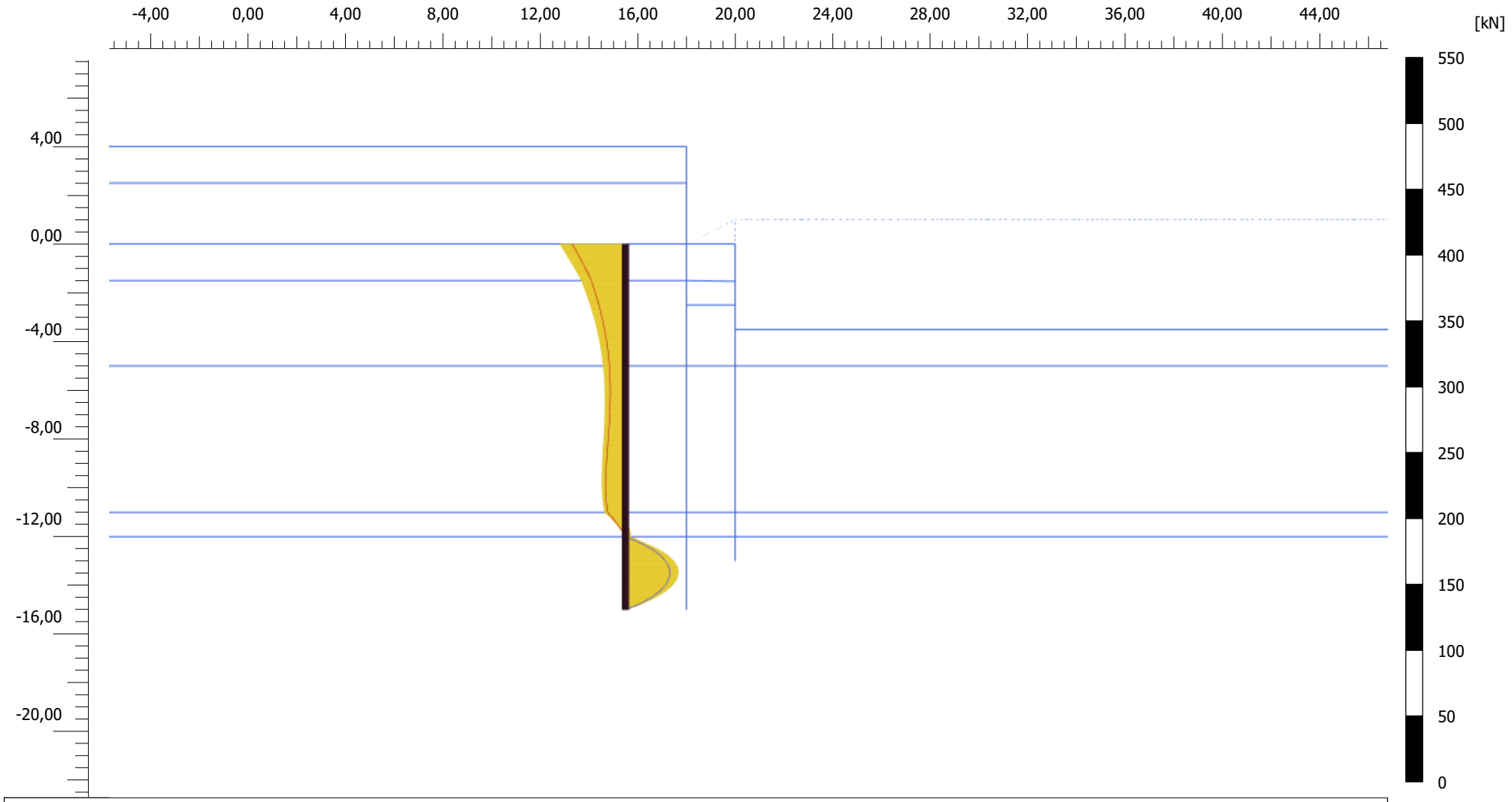


Envelope of Bending moments M (scaled up 0,0200 times) per structural element

Maximum value = 182,0 kN m (Element 1 at Node 16570)

Minimum value = -88,92 kN m

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

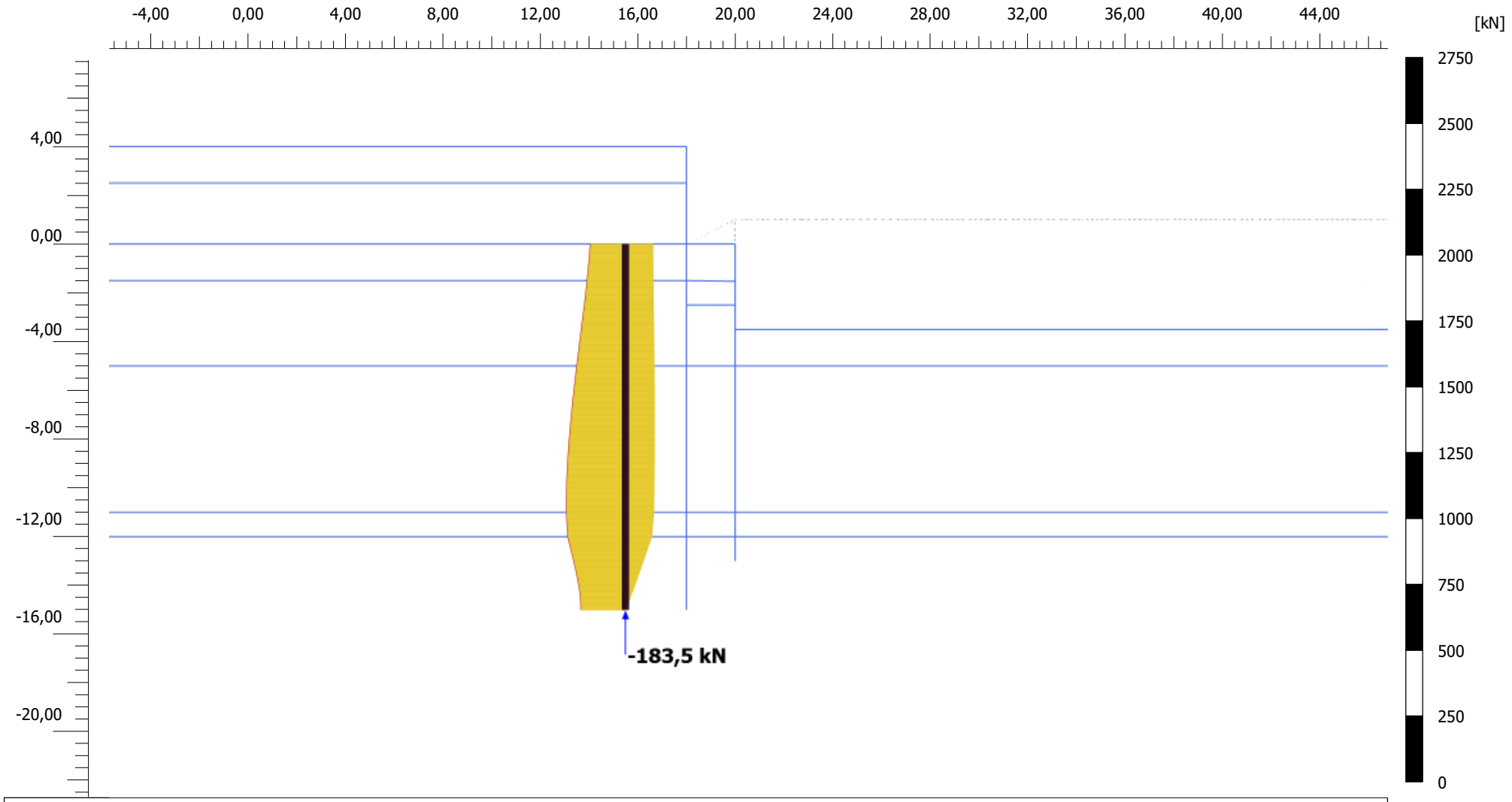


Envelope of Shear forces Q (scaled up 0,0500 times) per structural element

Maximum value = 43,43 kN (Element 13 at Node 16620)

Minimum value = -53,76 kN

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

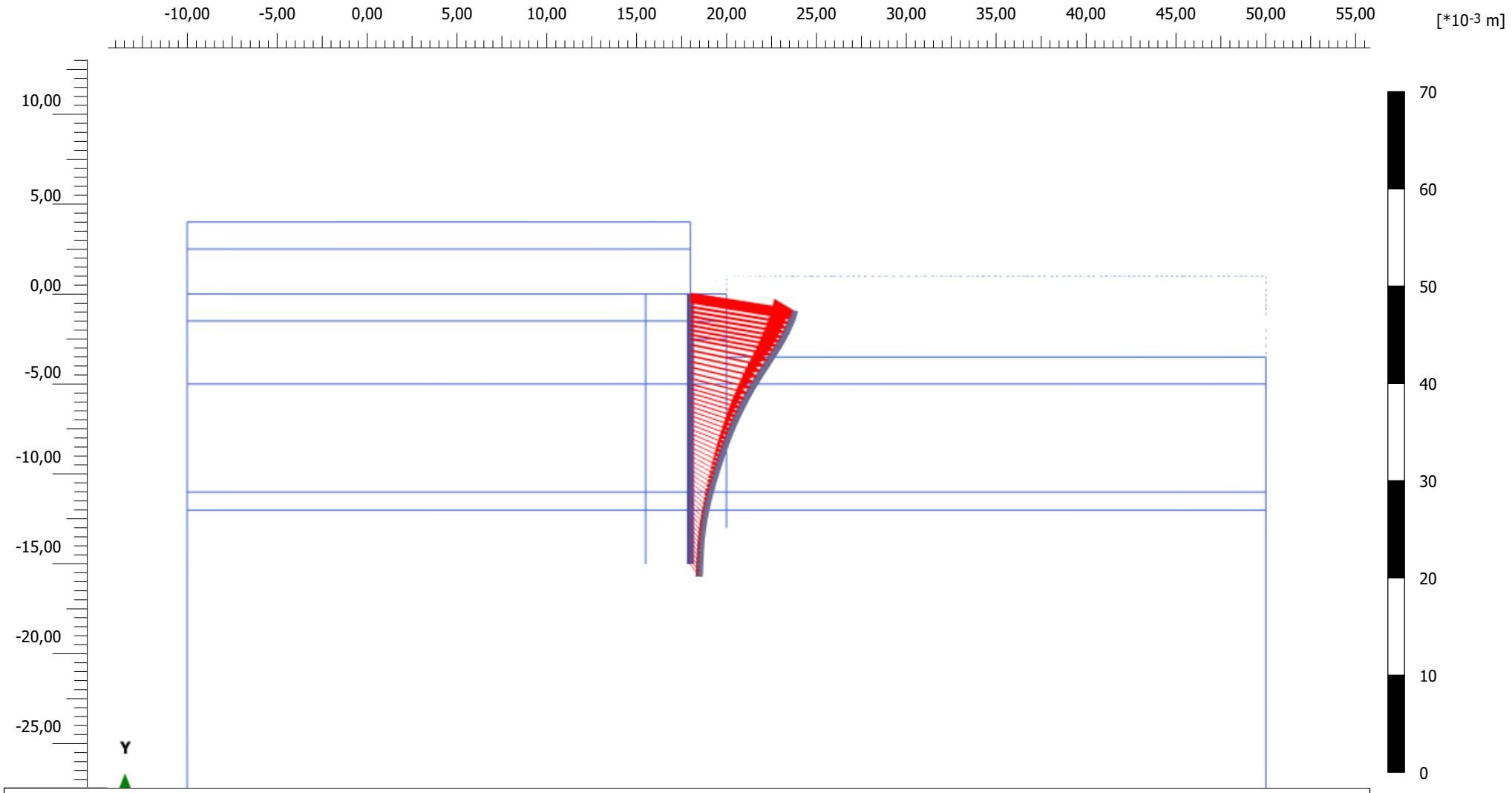


Envelope of Axial forces N (scaled up 0,0100 times) per structural element

Maximum value = 119,1 kN (Element 7 at Node 16596)

Minimum value = -243,1 kN

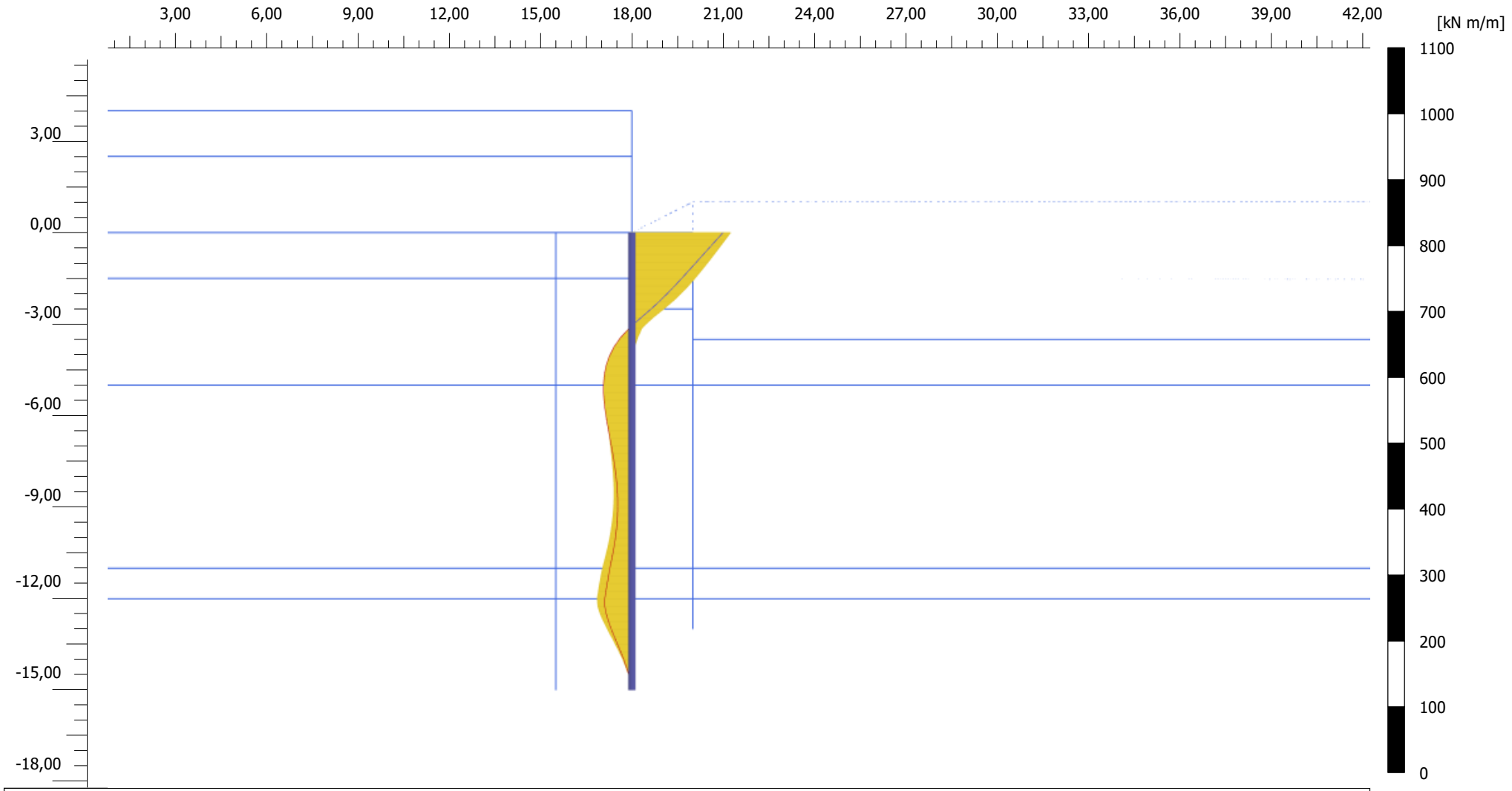
Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	



Total displacements |u| (scaled up 500 times)

Maximum value = 0,01174 m (Element 14 at Node 1023)

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

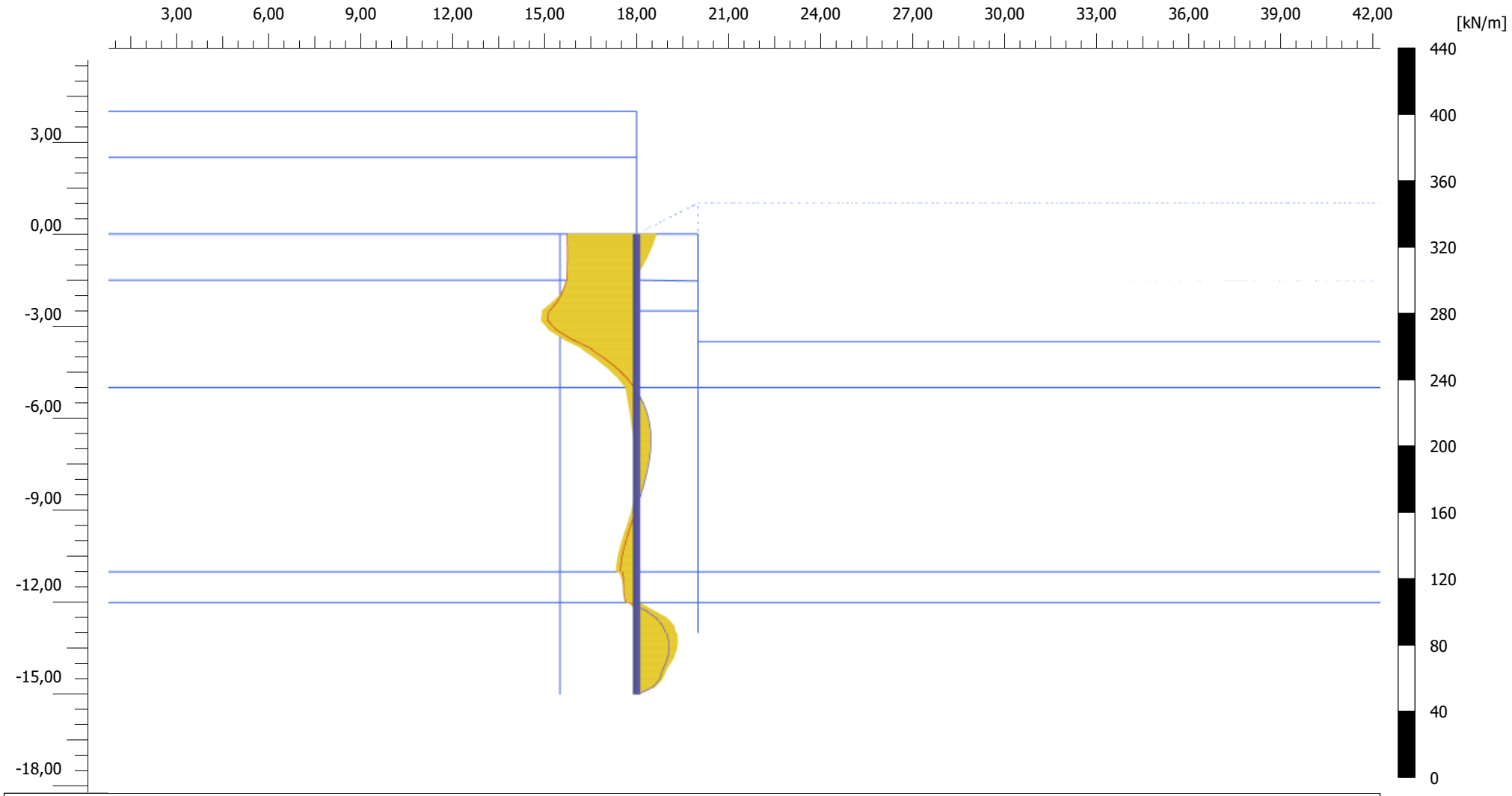


Envelope of Bending moments M (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 162,1 kN m/m (Element 14 at Node 1023)

Minimum value = -56,93 kN m/m

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

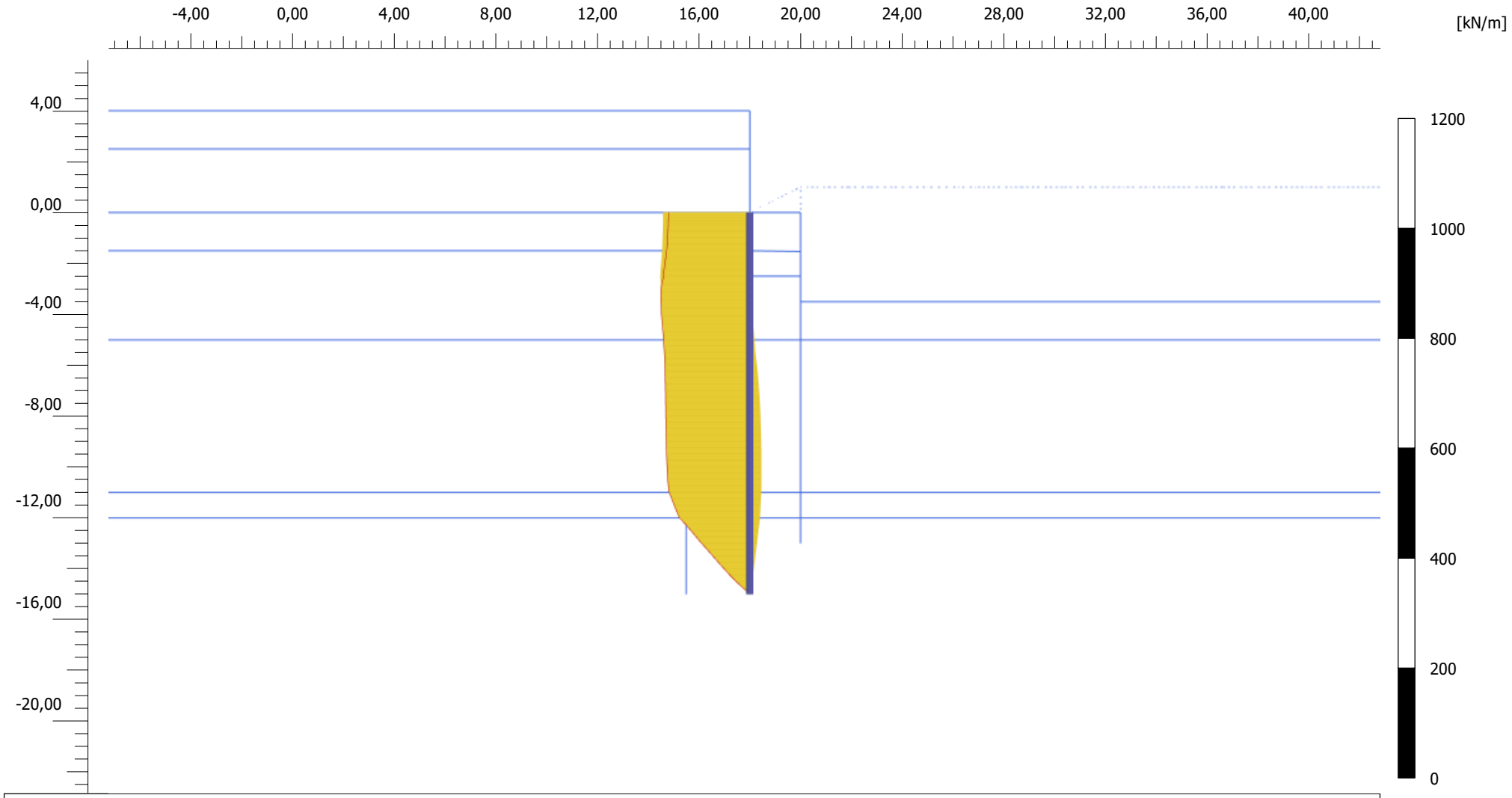


Envelope of Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = 26,72 kN/m (Element 45 at Node 8858)

Minimum value = -62,28 kN/m

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	



Envelope of Axial forces N (scaled up 0,0200 times)

Maximum value = 22,48 kN/m (Element 34 at Node 6302)

Minimum value = -175,6 kN/m

Project description Surélevation Rue Zoccola - Marseille			*Date* 30/10/2024
Project filename Surélevation Rue Zoccola - ...	*Step* 18	*Company* GEOTEC	

GROUPE

GÉOTEC

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE

GROUPE

GÉOTEC

ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE