

G.4.4. Hypothèses géotechniques

G.4.4.1. Paramètres géomécaniques

Les paramètres géotechniques de calcul retenus au stade projet sont les suivants :

N°	Sols	γ_h	γ'	E_M	pl^*	α	c_{CT}	φ_{CT}	c'	φ'
		[kN/m ³]	[kN/m ³]	[MPa]	[MPa]	[-]	[kPa]	[°]	[kPa]	[°]
F1	Remblais	20	10	4.0	0.60	0.50	5	30	0	35
F2	Moraines	20	10	10	1.20	0.50	10	30	0	30
F3	Moraines compactes	20	10	70	4.00	0.33	15	30	0	35
F4-1	Rocher très altéré	22	10	50	2.00	0.67	20	35	0	39
F4-2	Rocher sain/fracturé	23	10	140	5.00	0.50	30	35	0	39

(*) : Coefficient rhéologique

c_{CT} : cohésion « court terme » pour la durée de construction des infrastructures

φ_{CT} : angle de frottement « court terme » pour la durée de construction des infrastructures

G.4.4.2. Tirants d'ancrage

Les tirants d'ancrage sont définis à partir des résultats obtenus par le calcul du soutènement (effort, inclinaison, espacement). Ce sont des tirants à caractère provisoire, recevant une protection de type P0. Ils sont constitués de barre en acier de construction. Le prédimensionnement de leur longueur est fait de façon à assurer d'une part leur scellement dans les moraines et le rocher altéré, et d'autre part la stabilité générale du soutènement.

Pour un scellement par Injection Globale et Unitaire (IGU), suivant TA 2020, on retient les paramètres suivants :

Tirants d'ancrage

N°	Couche de sol	Tirants IGU	
		α (*)	q_s
			[kPa]
1	Remblais	1.10	60
	Moraines : argile sablo-gravreleuse	1.10	120
2	Rocher très altéré	1.10	260
3	Rocher sain et fracturé	1.10	560

(*) : Coefficient d'expansion de bulbe

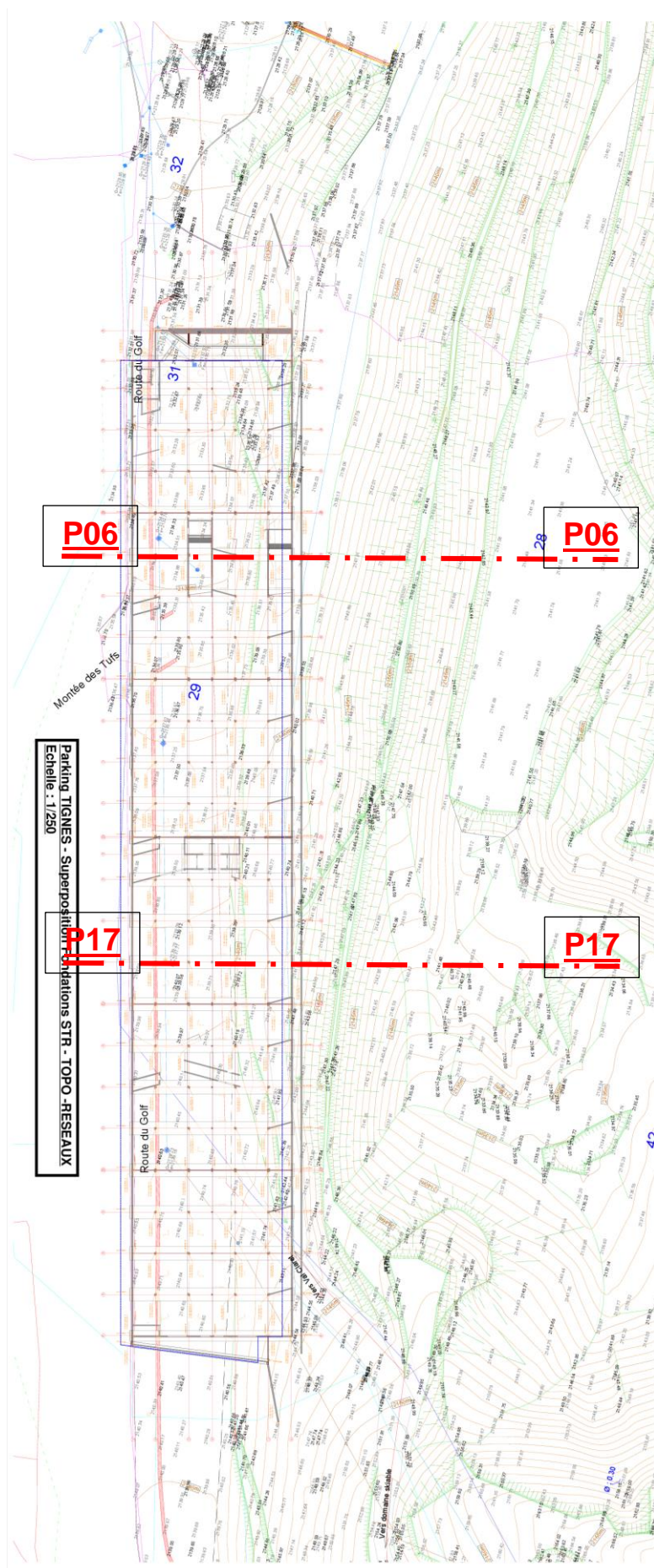
Calcul préliminaire de la valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement, à partir d'un modèle de calcul (selon tableau H.1.2.1).

G.4.4.3. Fondations profondes

Pour des pieux catégorie 6 (NF P94-262) de type foré tubé avec tube récupéré, on retient les paramètres suivants :

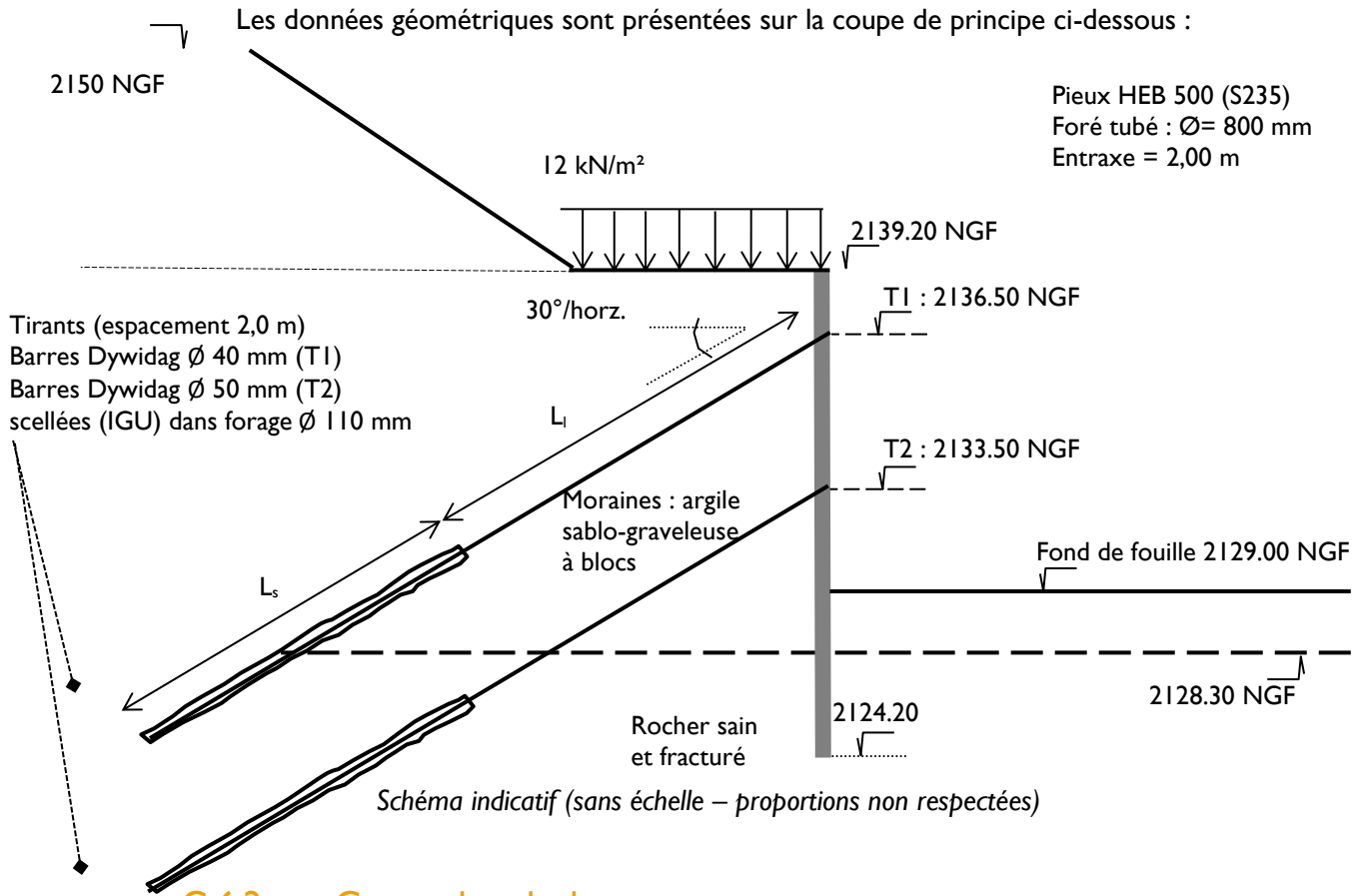
N°	Couche de sol	Z base	Pieux forés tubés (tube récupéré)		
			pl^*	k_p	q_s
			[MPa]		[kPa]
1	Moraines : argile sablo-gravreleuse		0.50	-	50
2	Rocher très altéré		2.00	1.45	150
3	Rocher sain et fracturé		3.50	1.45	200

G.5. REPERAGE DES COUPES DE CALCUL : P06 et P17

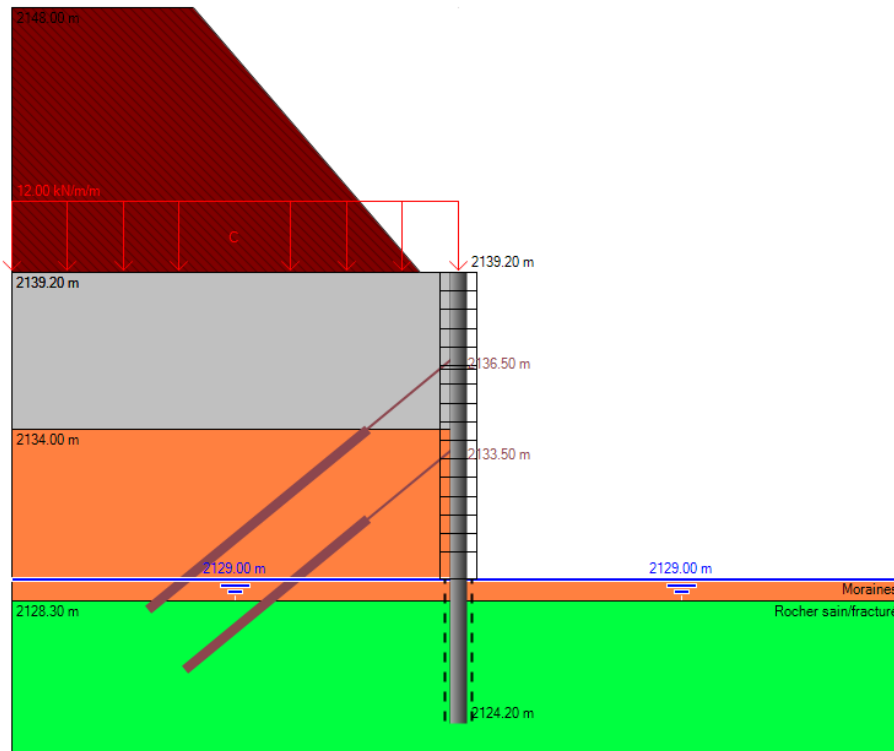


G.6. COUPE : BER-P06

G.6.1. P06



G.6.2. Coupe de calcul



G.6.3. Hypothèses de calcul

G.6.3.1. Caractéristiques de l'écran

N° phases de calcul	Z, sup.	Z,base	W	EI	
		NGF	NGF	kN/m/m	kNm ² /m
Phases travaux :	I à 3	2139.20	2124.20	I	112 560

G.6.3.2. Maquette géotechnique

Phases travaux :

Couche	Z (base)	γ	γ'	c_{CT}	ϕ_{CT}	kh	$\delta a/\phi$	$\delta p/\phi$
	m	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	°	kN/m ² /m		
Remblais	2134.00	20	10	5	30	6 628	0.333	-0.667
Moraines	2128.30	20	10	10	30	22 488	0.333	-0.667
Rocher sain et fracturé	370.50	22	12	20	35	758 774	0.333	-0.667

G.6.3.3. Niveaux d'eau

N° phases de calcul	Z_{Eau}
	NGF
Phases travaux :	I à 3
	E-rabattu 2129.00

E-rabattu : correspondant au niveau rabattu par pompage associé aux dispositions de drainage profond et de surface.

G.6.4. Phasage de calcul

Le phasage étudié est le suivant :

PHASE		Opérations modélisées
PHASES CHANTIER : SITUATIONS TRANSITOIRES D'EXECUTION	Initiale	<ul style="list-style-type: none"> - Surcharge permanente du poids du merlon paravalanche : - Pompage de rabattement à 2129,0 NGF opérationnel jusqu'à la fin de la construction de l'ouvrage du parking - Niveau d'eau E-rabattu = 2129.0 NGF
	1	<ul style="list-style-type: none"> - Activation des pieux de paroi berlinoise - Terrassement (côté droit) à 2136,00 NGF avec pose des blindages - Réalisation des tirants d'ancrage provisoires
	2	<ul style="list-style-type: none"> - Terrassement à 2133.00 NGF avec pose des blindages - Réalisation des tirants d'ancrage provisoires
	3	<ul style="list-style-type: none"> - Terrassement jusqu'au fond de fouille à 2129.0 NGF avec pose des blindages

G.6.5. Résultats : Efforts et déformations (calculs KREA)

G.6.5.1. Résultats ELS

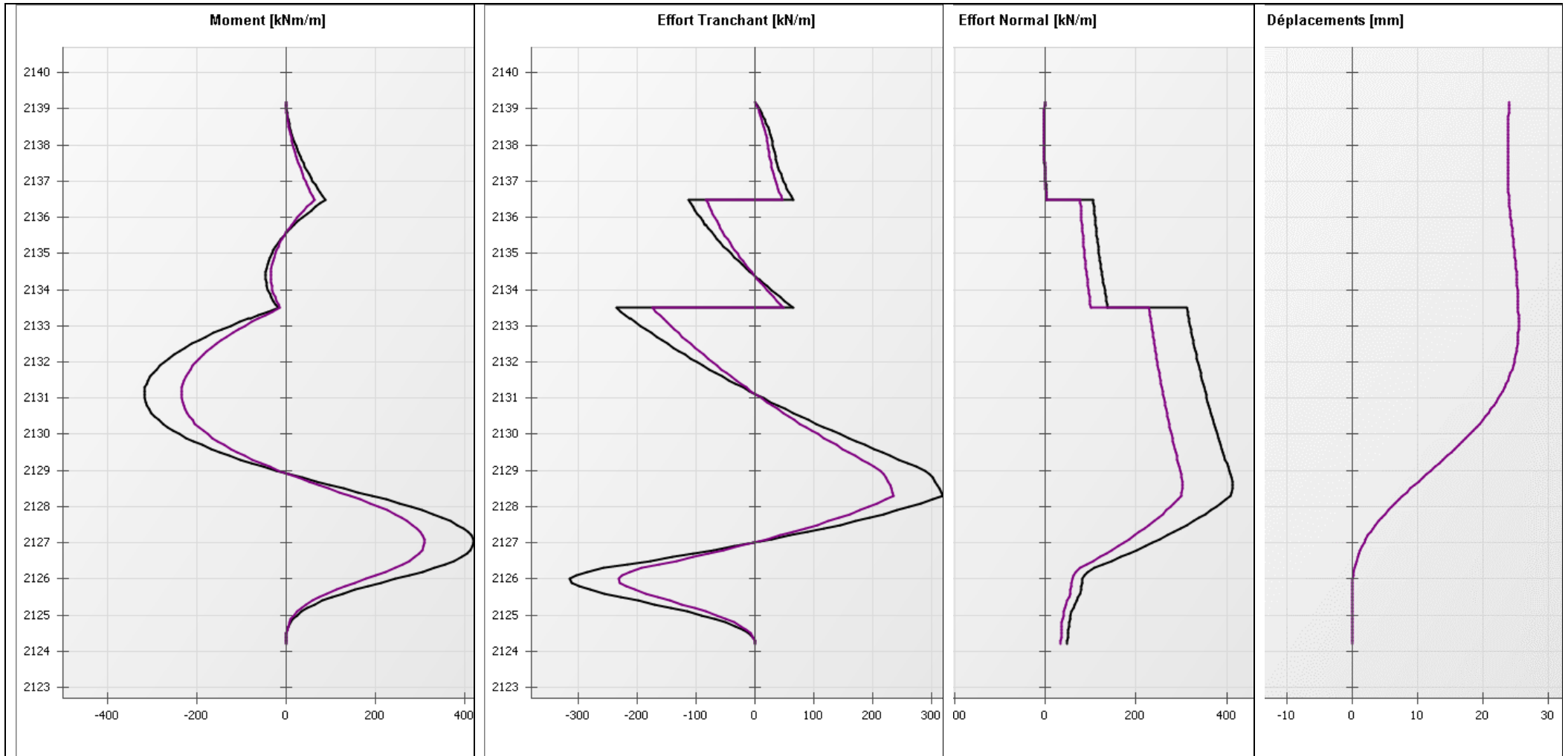
N° PHASE	Déplacement en tête	Déplacement maximal	M,k max écran	N,k max écran	V,k max écran	Rapport butées	F,k tirant n°1	F,k tirant n°2
	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
1	17.3	17.3	92.7	-75.3	42.9	5.6	0.0	-
2	28.0	28.0	125.4	88.3	94.6	4.3	109.8	0.0
3	24.0	25.4	309.5	303.6	236.0	2.0	149.9	256.8
Extrema	28.0	28.0	309.5	303.6	236.0	2.0	149.9	256.8

G.6.5.2. Résultats ELU

N° PHASE	Type	M,d max écran	N,d max écran	V,d maxi écran	F,d tirant n°1	F,d tirant n°2	Vérif. Def. Butée	Bilan Vert	Vérif. Kranz
		[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	
1	MEL	116.7	-38.8	59.7	0.0	-	OK	4.7	OK
2	MISS	172.2	121.1	128.6	150.8	0.0	OK	-47.9	OK
3	MISS	420.2	413.6	319.8	205.3	349.2	OK	46.9	OK
Extrema	MISS	420.2	413.6	319.8	205.3	349.2			

G.6.5.3. Résultats graphiques (Courbe noir = ELU-Fond)

Phases Travaux (1 à 3) :



G.6.6. Justifications

G.6.6.1. Résistance de la structure de l'écran (ELU STR)

Calcul v 2022_01

Gammes

- Laminé
- Soudé (Catalogue)
- Soudé (Dimensions)

Profils laminés v 2022_01

Séries	Profils	Conditions de livraison
IPE	HE 500 B	
HE	HE 500 A	
HL	HE 500 AA	
HD	HE 450 M	
HP	HE 450 B	
UBP	HE 450 A	
UB	HE 450 AA	
UC	HE 400 M	

Acier v 2022_01

Nuance	Qualité	Courbe de réduction
S420	J0W/J2W/K...	EN 10025-5
	MLO/ML10	EN 10225-2
	EC3	Table 3.1
S355	M/ML	EN 10025-4
	MLO/ML10	EN 10225-2
	EC3	Table 3.1
S275	M/ML	EN 10025-4
	JR/J0/J2/K2	EN 10025-2
	J0W/J2W/K...	EN 10025-5
S235	MO/MLO/ML...	EN 10225-2
	EC3	Table 3.1
	M/ML	EN 10025-4
	JR/J0/J2	EN 10025-2
	EC3	Table 3.1

fy (MPa) S235 - JR/J0/J2

t = 26 mm - fy = 225 MPa

Profils sélectionnés

Nom	Nuance	Masse (kg/m)	Critères
HE 500 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	187.331	Satisfaisant
HE 450 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	171.113	Non satisfaisant
HE 400 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	155.256	Non satisfaisant
HE 360 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	141.797	Non satisfaisant

Propriétés

Nom	HE 450 B
Type	Laminé
Nuance	S235
Qualité	JR/J0/J2
Courbe de réduction	EN 10025-2
Géométrie	
bf [mm]	300.0
tf [mm]	26.0
hw [mm]	398.0
tw [mm]	14.0
r [mm]	27.0
Propriétés	
fy [MPa]	225

OK Annuler

G.6.6.2. Stabilité vis-à-vis d'un défaut de butée (ELU GEO)

Vérifications EC7

1 : Phase 1 2 : Phase 2 3 : Phase 3

Def. Butée Vérif. Vert Kranz

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérification du défaut de butée

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : $B_{t,k} = 848.90 \text{ kN/m}$

Valeur de calcul : $B_{t,d} = 1146.01 \text{ kN/m}$

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : $B_{m,k} = 1653.29 \text{ kN/m}$

Valeur de calcul : $B_{m,d} = 1502.99 \text{ kN/m}$

$B_{t,d} < B_{m,d}$ ✓

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

OK

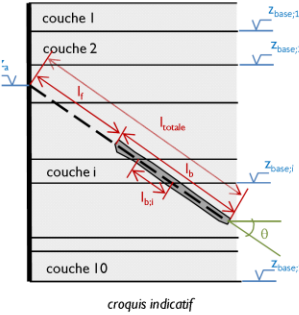
G.6.6.3. Stabilité des appuis (ELU STR/GEO) : Tirants d'ancrage

Justifications des tirants d'ancrage scellés en acier de béton armé selon la norme NF P 94-282 Prédimensionnement

Affaire :	PARKING BOUCLE-EST - TIGNES VAL CLARET (73)
Référence :	PR.RAGT.22.0214
Commentaires :	PAROI BERLINOISE - P06 / Sondage SPI 3

Données de base

Caractéristiques du tirant d'ancrage



N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Durée	caractère provisoire ou permanent du tirant		Provisoire	Provisoire	
Position	niveau d'ancrage du tirant (cote)	$z_a =$ [m]	2136.50	2133.50	
	inclinaison du tirant / horizontale	$\theta =$ [°]	30.00	30.00	
	espacement horizontal entre tirants (axe à axe)	$e_h =$ [m]	2.00	2.00	
Armature	diamètre de la barre	$\varnothing =$ [mm]	40	50	
	épaisseur sacrifiée à la corrosion (sur le rayon)	$e_{cor} =$ [mm]	0.0	0.0	
	valeur caractéristique de la limite élastique	$f_{yk} (= f_{0.2k}) =$ [MPa]	500		
	module d'Young	$E_t =$ [MPa]	200 000		
Scellement	section d'acier	$A_s =$ [mm²]	1257	1963	0
	diamètre de forage	$D =$ [mm]	110	110	
	longueur de scellement	$l_b =$ [m]	12.00	10.00	
	longueur libre	$l_f =$ [m]	5.00	5.00	
	longueur totale	$l_{totale} = l_f + l_b =$ [m]	17.00	15.00	0.00
	type d'injection d'après le T.A. 95		IGU		

Charges

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Charges	ELU (GEO/STR)	valeur de calcul de la charge axiale (par tirant) aux ELU	$P_d =$ [kN]	420.0	700.0
		valeur de calcul de la charge horizontale / ml d'écran aux ELU	$P_{h,d} =$ [kN/ml]	181.9	303.1
		valeur de calcul de la charge verticale / ml d'écran aux ELU	$P_{v,d} =$ [kN/ml]	105.0	175.0

Evaluation de la raideur du tirant (NF P 94-282 Annexe F.4)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Raideur	raideur axiale d'un tirant	$K_{MR} = (E_t A_s) / (l_f + l_b / 2) =$ [kN/m]	22 848	39 270	
		raideur axiale équivalente par ml d'écran	$K_{MR}^* = K_{MR} / e_h =$ [kN/m/ml]	11 424	19 635

Vérifications aux ELU (NF P 94-282 article 12.1)

Calcul préliminaire de la valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement, à partir d'un modèle de calcul (selon tableau H.1.2.1)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2										
N° couche	Désignation de la couche	Nature de sol (selon tableau H.1.2.1 - NF P 94-282)	$z_{base,j}$ [m]	p^{N1} [MPa]	$\alpha_{s,j}$ [-]		$q_{s,j}$ [kPa]		$l_{b,j}$ [m]		$l_{b,j}$ [m]		$l_{b,j}$ [m]	
					calculé	imposé	calculé	imposé	calculé	imposé	calculé	imposé		
1	Remblais	Sables grossiers / moyens / fins ou limoneux	2134.00	0.60	1.10		60		0.00		0.00			
2	Moraines	Sables grossiers / moyens / fins ou limoneux	2128.30	1.20	1.10		120		11.40		5.40			
3	Rocher sain/fracturé	Rocher altéré ou fragmenté	2100.00	5.00	1.10		560		0.60		4.60			

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Résistance	valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement déterminée à partir d'un modèle de calcul	$R_{s,k}(\text{modèle}) =$ [kN]	648	1226	

Vérification de la résistance à l'arrachement de l'ancrage à partir d'un modèle de calcul (pré-dimensionnement uniquement) (ELU GEO)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Résistance	valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement déterminée à partir d'un modèle de calcul	$R_{s,k}(\text{modèle}) =$ [kN]	648	1226	
	facteur partiel sur la résistance	$\gamma_a =$ [-]		1.10	
	valeur de calcul de la résistance à l'arrachement	$R_{s,d} =$ [kN]	589	1114	
	facteur partiel de modèle	$\gamma_{Rd} =$ [-]		1.40	
		$R_{s,d} / \gamma_{Rd} =$ [kN]	421	796	
Charge	valeur de calcul de la charge appliquée au tirant (ELU)	$P_d =$ [kN]	420	700	
Vérification : $P_d \leq R_{s,d} / \gamma_{Rd}$			OK	OK	

Vérification de la résistance de la structure de l'ancrage (ELU STR)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Résistance	facteur partiel de matériau	$\gamma_s =$ [-]		1.15	
	valeur de calcul de la résistance à la traction	$R_{t,d} =$ [kN]	546	854	
	facteur partiel de modèle	$\gamma_{Rd} =$ [-]		1.00	
		$R_{t,d} / \gamma_{Rd} =$ [kN]	546	854	
Charge	valeur de calcul de la charge appliquée au tirant (ELU)	$P_d =$ [kN]	420	700	
Vérification : $P_d \leq R_{t,d} / \gamma_{Rd}$			OK	OK	

Vérifications EC7

1 : Phase 1 2 : Phase 2 3 : Phase 3

Def. Butée Vérif. Vert **Kranz**

Situation	Nb de tirants	Nb Blocs	z(D) [m]	x(B) [m]	z(B) [m]	z(C) [m]	Aref [°]	Wtot [kN/m]	P1H [kN/m]	P1V [kN/m]	P2H [kN/m]	P2V [kN/m]	RH [kN/m]	RV [kN/m]	T dsb,k [kN/m]
1	2	3	2127.01	9.53	2148.00	2131.00	30.00	2385.54	754.86	130.33	626.76	0.00	414.86	1941.74	626.95
2	2	2	2127.01	8.66	2148.00	2128.50	30.00	2267.68	754.86	130.33	891.38	0.00	946.41	1669.76	935.18

Situation	T dsb,k [kN/m]	T ref,k [kN/m]	T dsb,d [kN/m]	T ref,d [kN/m]	Résultat
1	626.95	282.57	569.95	381.47	✓
2	935.18	385.40	850.17	520.29	✓

Le massif étudié est celui situé à gauche de l'écran

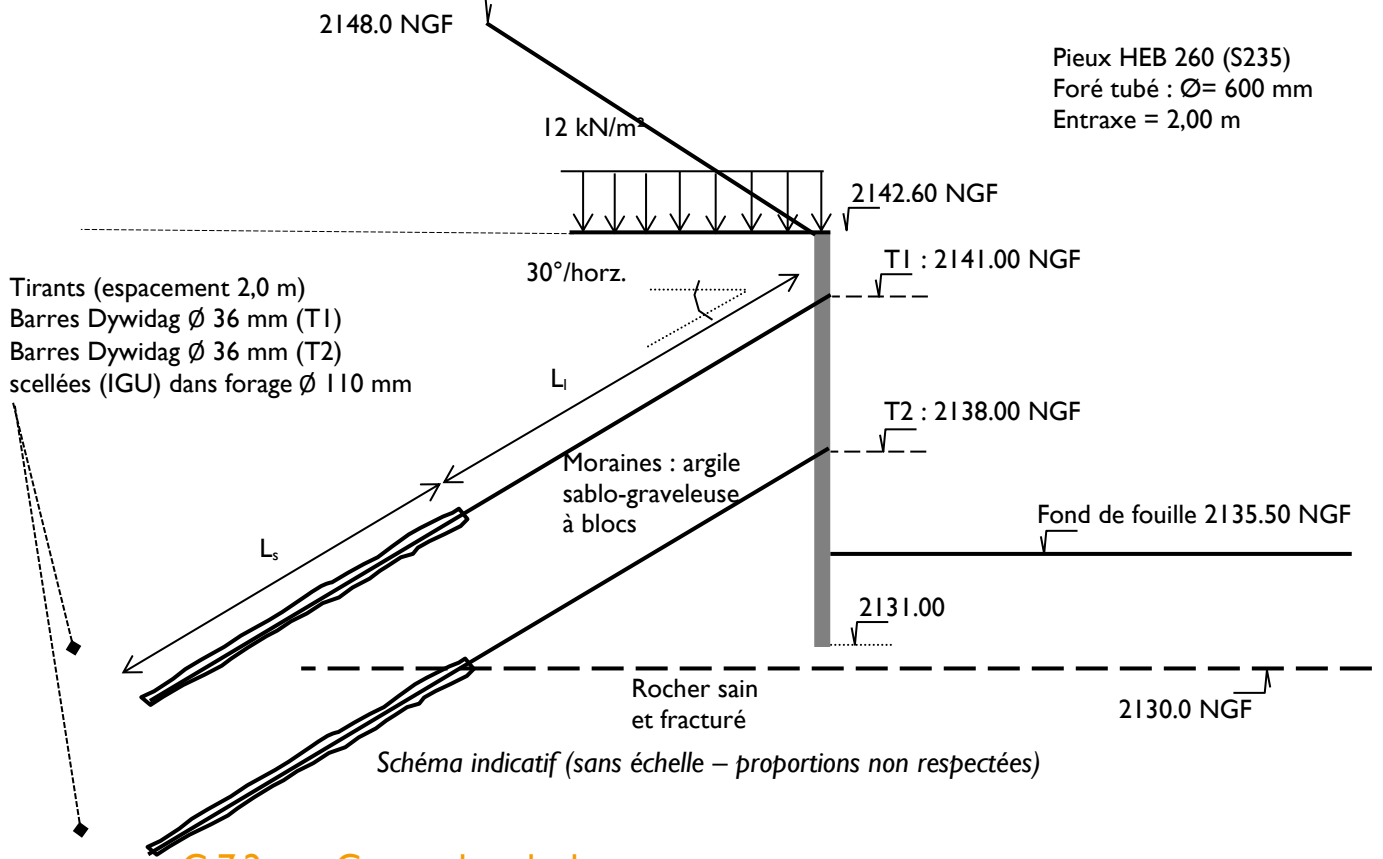
✓ La stabilité du massif d'ancrage est justifiée pour cette phase.

OK

G.7. COUPE : BER-PI7

G.7.1. Géométrie

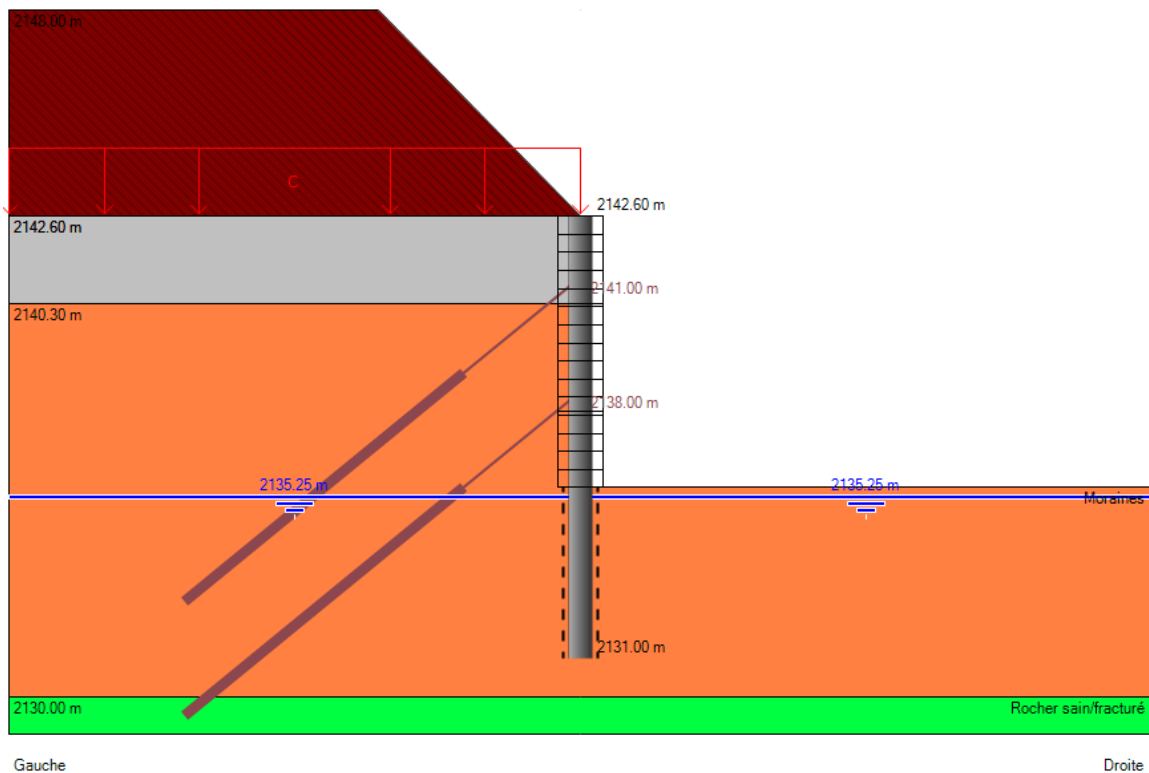
Les données géométriques sont présentées sur la coupe de principe ci-dessous :



Pieux HEB 260 (S235)
Foré tubé : Ø = 600 mm
Entraxe = 2,00 m

Tirants (espacement 2,0 m)
Barres Dywidag Ø 36 mm (T1)
Barres Dywidag Ø 36 mm (T2)
scellées (IGU) dans forage Ø 110 mm

G.7.2. Coupe de calcul



G.7.3. Hypothèses de calcul

G.7.3.1. Caractéristiques de l'écran

N° phases de calcul	Z, sup.	Z,base	W	EI	
	NGF		NGF	kN/m/m	kNm ² /m
Phases travaux :	I à 3	2139.20	2124.20	I	15 666

G.7.3.2. Maquette géotechnique

Phases travaux :

Couche	Z (base)	γ	γ'	c_{CT}	ϕ_{CT}	kh	$\delta a/\phi$	$\delta p/\phi$
	m	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	°	kN/m ² /m		
Remblais	2140.30	20	10	5	30	12 789	0.333	-0.667
Moraines	2130.00	20	10	10	30	43 393	0.333	-0.667
Rocher sain et fracturé		22	12	20	35	1 464 158	0.333	-0.667

G.7.3.3. Niveaux d'eau

N° phases de calcul	Z_{Eau}
	NGF
Phases travaux :	I à 3
	E-rabattu 2135.25

E-rabattu : correspondant au niveau rabattu par pompage associé aux dispositions de drainage profond et de surface.

G.7.4. Phasage de calcul

Le phasage étudié est le suivant :

PHASE		Opérations modélisées
PHASES CHANTIER : SITUATIONS TRANSITOIRES D'EXECUTION	Initiale	<ul style="list-style-type: none"> - Surcharge permanente du poids du merlon paravalanche : - Pompage de rabattement à 2135,25 NGF opérationnel jusqu'à la fin de la construction de l'ouvrage du parking - Niveau d'eau E-rabattu = 2135.25 NGF
	1	<ul style="list-style-type: none"> - Activation des pieux de paroi berlinoise - Terrassement (côté droit) à 2139,50 NGF avec pose des blindages - Réalisation des tirants d'ancrage provisoires
	2	<ul style="list-style-type: none"> - Terrassement à 2137.50 NGF avec pose des blindages - Réalisation des tirants d'ancrage provisoires
	3	<ul style="list-style-type: none"> - Terrassement jusqu'au fond de fouille à 2135.50 NGF avec pose des blindages

G.7.5. Résultats : Efforts et déformations (calculs KREA)

G.7.5.1. Résultats ELS

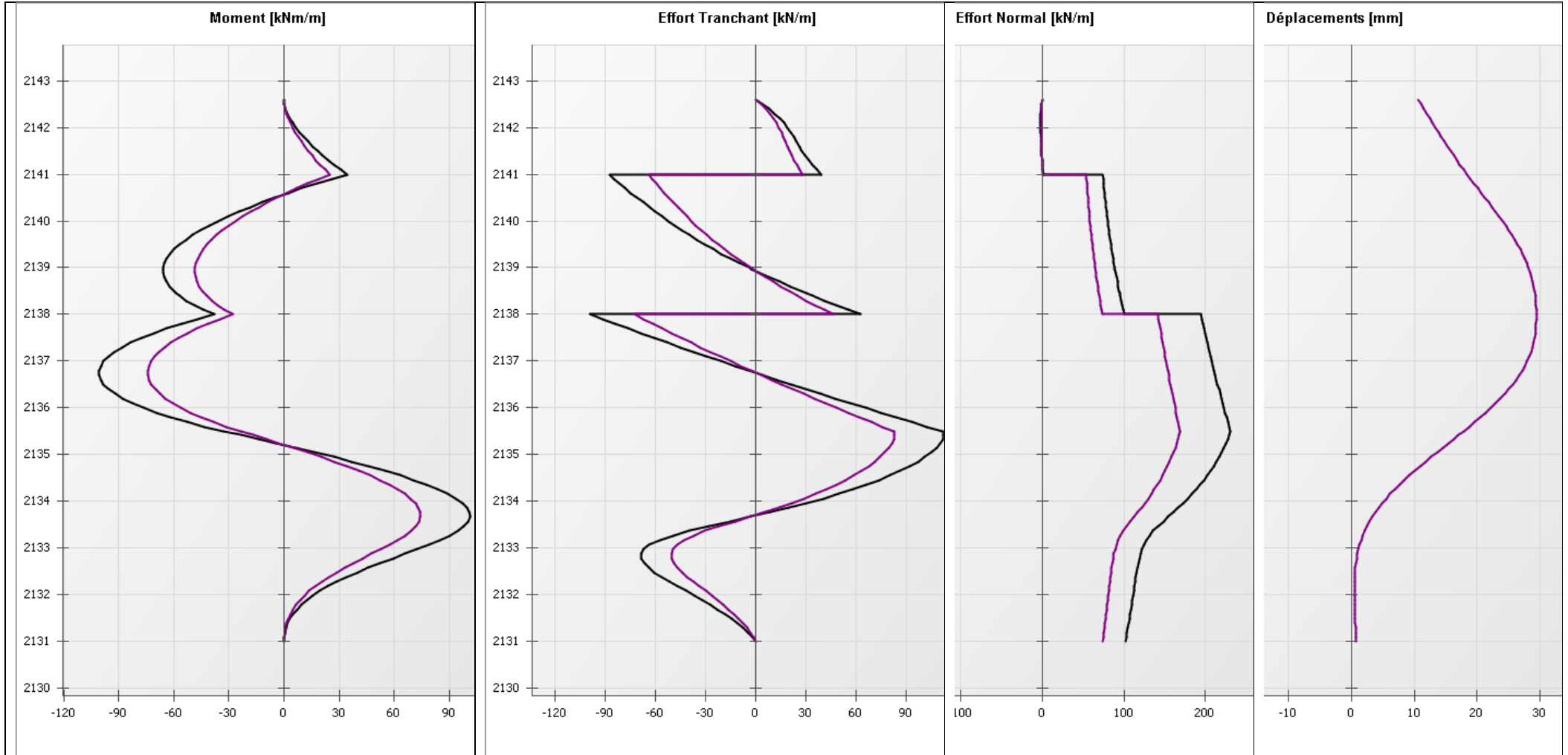
N° PHASE	Déplacement en tête	Déplacement maximal	M,k max écran	N,k max écran	V,k max écran	Rapport butées	F,k bouton n°1	F,k bouton n°2
	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]	[kN/m]
1	11.2	11.2	33.6	-43.0	32.7	4.5	0.0	-
2	13.0	17.6	58.8	70.4	77.4	2.8	87.0	0.0
3	10.6	29.4	74.2	168.7	82.7	1.6	106.3	136.7
Extrema	13.0	29.4	74.2	168.7	82.7	1.6	106.3	136.7

G.7.5.2. Résultats ELU

N° PHASE	Type	M,d max écran	N,d max écran	V,d maxi écran	F,d bouton n°1	F,d bouton n°2	Vérif. Def. Butée	Bilan Vert
		[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]
1	MEL	55.9	-38.0	-49.7	0.0	-	OK	1.9
2	MISS	80.5	96.7	105.3	119.7	0.0	OK	-21.0
3	MISS	101.1	230.5	112.1	145.9	186.4	OK	101.5
Extrema		101.1	230.5	112.1	145.9	186.4		

G.7.5.3. Résultats graphiques (Courbe noir = ELU-Fond)

Phases Travaux (1 à 3) :



G.7.1. Justifications

G.7.1.1. Résistance de la structure de l'écran (ELU STR)

Calcul

Gammes

- Laminé
- Soudé (Catalogue)
- Soudé (Dimensions)

Profils laminés

Séries

- IPE
- HE
- HL
- HD
- HP
- UBP
- UB
- UC

Profils

- HE 280 M
- HE 280 C
- HE 280 B
- HE 280 A
- HE 280 AA
- HE 260 M
- HE 260 C
- HE 260 B

Conditions de livraison

Acier

Nuance	Qualité	Courbe de réduction
S420	J0W/J2W/K...	EN 10025-5
	MLO/ML10	EN 10225-2
	EC3	Table 3.1
S355	M/ML	EN 10025-4
	MLO/ML10	EN 10225-2
	EC3	Table 3.1
S275	M/ML	EN 10025-4
	JR/J0/J2/K2	EN 10025-2
	J0W/J2W/K...	EN 10025-5
S235	MO/MLO/ML...	EN 10225-2
	EC3	Table 3.1
	JR/J0/J2	EN 10025-2
	EC3	Table 3.1

fy (MPa) vs t (mm) graph for S235 - JR/J0/J2

t = 17.5 mm - fy = 225 MPa

Profils sélectionnés

Nom	Nuance	Masse (kg/m)	Critères
HE 280 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	103.121	Satisfaisant
HE 260 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	92.979	Satisfaisant
HE 240 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	83.199	Satisfaisant
HE 220 B	S235 - JR/J0/J2 - EN 10025-2	71.467	Non satisfaisant

Propriétés

Nom	HE 260 B
Type	Laminé
Nuance	S235
Qualité	JR/J0/J2
Courbe de réduction	EN 10025-2
Géométrie	
bf [mm]	260.0
tf [mm]	17.5
hw [mm]	225.0
tw [mm]	10.0
r [mm]	24.0
Propriétés	
fy [MPa]	225

OK Annuler

G.7.1.2. Stabilité vis-à-vis d'un défaut de butée (ELU GEO)

Vérfications EC7

1 : Phase 1 2 : Phase 2 3 : Phase 3

Def. Butée Vérif. Vert Kranz

La butée pour cette phase est considérée à droite.

Vérfication du défaut de butée

Butée mobilisée :

Valeur caractéristique : $B_{t,k} = 515.66 \text{ kN/m}$

Valeur de calcul : $B_{t,d} = 696.14 \text{ kN/m}$

Butée mobilisable :

Valeur caractéristique : $B_{m,k} = 841.88 \text{ kN/m}$

Valeur de calcul : $B_{m,d} = 765.34 \text{ kN/m}$

$B_{t,d} < B_{m,d}$ ✓

Le défaut de butée est justifié pour cette phase.

OK

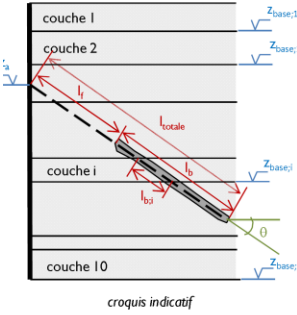
G.7.1.3. Stabilité des appuis (ELU STR/GEO) : Tirants d'ancrage

Justifications des tirants d'ancrage scellés en acier de béton armé selon la norme NF P 94-282 Prédimensionnement

Affaire :	PARKING BOUCLE-EST - TIGNES VAL CLARET (73)
Référence :	PR.RAGT.22.0214
Commentaires :	PAROI BERLINOISE - P17 / Sondage SPI 1

Données de base

Caractéristiques du tirant d'ancrage



N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Durée	caractère provisoire ou permanent du tirant		Provisoire	Provisoire	
Position	niveau d'ancrage du tirant (cote)	$z_a =$ [m]	2141.00	2138.00	
	inclinaison du tirant / horizontale	$\theta =$ [°]	30.00	30.00	
	espacement horizontal entre tirants (axe à axe)	$e_h =$ [m]	2.00	2.00	
Armature	diamètre de la barre	$\varnothing =$ [mm]	36	36	
	épaisseur sacrifiée à la corrosion (sur le rayon)	$e_{cor} =$ [mm]	0.0	0.0	
	valeur caractéristique de la limite élastique	$f_{yk} (= f_{0.2k}) =$ [MPa]	200 000		
	module d'Young	$E_s =$ [MPa]	200 000		
	section d'acier	$A_s =$ [mm²]	1018	1018	0
Scellement	diamètre de forage	$D =$ [mm]	110	110	
	longueur de scellement	$l_b =$ [m]	12.00	12.00	
	longueur libre	$l_f =$ [m]	5.00	5.00	
	longueur totale	$l_{totale} = l_f + l_b =$ [m]	17.00	17.00	0.00
	type d'injection d'après le T.A. 95		IGU		

Charges

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Charges	ELU (GEO/STR)	valeur de calcul de la charge axiale (par tirant) aux ELU	$P_d =$ [kN]	300.0	380.0
		valeur de calcul de la charge horizontale / ml d'écran aux ELU	$P_{hd} =$ [kN/ml]	129.9	164.5
		valeur de calcul de la charge verticale / ml d'écran aux ELU	$P_{vd} =$ [kN/ml]	75.0	95.0

Evaluation de la raideur du tirant (NF P 94-282 Annexe F.4)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Raideur	raideur axiale d'un tirant	$K_{Mk} = (E_s A_s) / (l_f + l_b / 2) =$ [kN/m]	18 507	18 507	
		raideur axiale équivalente par ml d'écran	$K_{Mk}^* = K_{Mk} / e_h =$ [kN/m/ml]	9 253	9 253

Vérifications aux ELU (NF P 94-282 article 12.1)

Calcul préliminaire de la valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement, à partir d'un modèle de calcul (selon tableau H.1.2.1)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2										
N° couche	Designation de la couche	Nature de sol (selon tableau H.1.2.1 - NF P 94-282)	z_{basej} [m]	$p^{1\%}$ [MPa]	α_{sij} [-]		q_{sij} [kPa]		l_{sij} [m]		l_{sij} [m]		l_{sij} [m]	
					calculé	imposé	calculé	imposé	calculé	imposé	calculé	imposé		
1	Remblais	Sables grossiers / moyens / fins ou limoneux	2140.30	0.60	1.10		60		0.00		0.00			
2	Moraines	Sables grossiers / moyens / fins ou limoneux	2130.00	1.20	1.10		120		12.00		11.00			
3	Rocher sain/fracturé	Rocher altéré ou fragmenté	2100.00	5.00	1.10		560		0.00		1.00			

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Résistance	valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement déterminée à partir d'un modèle de calcul	$R_{s,k}(\text{modèle}) =$ [kN]	547	715	

Vérification de la résistance à l'arrachement de l'ancrage à partir d'un modèle de calcul (pré-dimensionnement uniquement) (ELU GEO)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Résistance	valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement déterminée à partir d'un modèle de calcul	$R_{s,k}(\text{modèle}) =$ [kN]	547	715	
	facteur partiel sur la résistance	$\gamma_s =$ [-]		1.10	
	valeur de calcul de la résistance à l'arrachement	$R_{s,d} =$ [kN]	498	650	
	facteur partiel de modèle	$\gamma_{Rd} =$ [-]		1.40	
		$R_{s,d} / \gamma_{Rd} =$ [kN]	355	464	
Charge	valeur de calcul de la charge appliquée au tirant (ELU)	$P_d =$ [kN]	300	380	
Vérification : $P_d \leq R_{s,d} / \gamma_{Rd}$			OK	OK	

Vérification de la résistance de la structure de l'ancrage (ELU STR)

N° tirant	numéro d'identification du tirant		1	2	
Résistance	facteur partiel de matériau	$\gamma_s =$ [-]		1.15	
	valeur de calcul de la résistance à la traction	$R_{t,d} =$ [kN]	443	443	
	facteur partiel de modèle	$\gamma_{Rd} =$ [-]		1.00	
		$R_{t,d} / \gamma_{Rd} =$ [kN]	443	443	
Charge	valeur de calcul de la charge appliquée au tirant (ELU)	$P_d =$ [kN]	300	380	
Vérification : $P_d \leq R_{t,d} / \gamma_{Rd}$			OK	OK	

Vérifications EC7

1 : Phase 1 2 : Phase 2 3 : Phase 3

Def. Butée Vérif. Vert **Kranz**

Situation	Nb de tirants	Nb Blocs	z(D) [m]	x(B) [m]	z(B) [m]	z(C) [m]	Aref [°]	Wtot [kN/m]	P1H [kN/m]	P1V [kN/m]	P2H [kN/m]	P2V [kN/m]	RH [kN/m]	RV [kN/m]	T dsb,k [kN/m]
1	2	3	2133.69	9.53	2148.00	2135.50	30.00	2084.20	428.93	71.11	354.44	0.00	647.02	1596.53	833.12
2	2	1	2133.69	9.53	2148.00	2132.50	30.00	2228.75	428.93	71.11	581.10	0.00	1256.04	1520.31	1274.64

Situation	T dsb,k [kN/m]	T ref,k [kN/m]	T dsb,d [kN/m]	T ref, d [kN/m]	Résultat
1	833.12	142.20	757.38	191.97	✓
2	1274.64	246.12	1158.76	332.26	✓

Le massif étudié est celui situé à gauche de l'écran

✓ La stabilité du massif d'ancrage est justifiée pour cette phase.

OK

G.8. CARACTERISTIQUES DES PAROIS BERLINOISES ET DES TIRANTS

G.8.1. Coupe BER-P06

G.8.1.1. Eléments principaux

On envisage la réalisation d'écran de soutènement provisoire de type paroi berlinoise dont les éléments principaux sont constitués de :

- Pieux en profilé métallique HEB 500 (S235) scellé dans un pieu béton Ø800 mm.

En phase provisoire, l'écran est retenu par :

- 2 lits de tirants passifs.

En service, le mur sur tout le (long) coté Est de l'ouvrage du parking devient le mur de soutènement permanent de l'ouvrage. La structure (dont les planchers) résiste aux efforts transmis par les poussées du sol (poussées K_0/K_a , eau, séisme, surcharges, ...).

G.8.1.2. Pieux de scellement des profilés

Les éléments principaux présentent les caractéristiques suivantes :

- Pieux forés tubés de 800 mm de diamètre,
- Longueur : 15,0 m (ancrage minimal de 4.8 m sous le fond de fouille et d'au moins 4,1 m dans le rocher)
- Espacement horizontal : 2,00 m (entraxe).

G.8.1.3. Tirants d'ancrage

Les tirants passifs ou actifs provisoires présentent les caractéristiques suivantes :

Tirants d'ancrage

Lit 1 (sup.) :

- barres d'armature type Dywidag de diamètre nominal 40 mm,
- espacement horizontal : 2,00 m (entraxe),
- inclinaison de 30° par rapport à l'horizontale,
- scellement dans des forages de 110 mm de diamètre par Injection Globale et Unique (IGU) selon les recommandations T.A.2020,
- longueur totale prévisionnelle 17,0 m : dont longueur libre de 5,0 m et longueur de scellement de 12,0 m dans les moraines et le rocher.

Lit 2 (inf.) :

- barres d'armature type Dywidag de diamètre nominal 50 mm,
- espacement horizontal : 2,00 m (entraxe),
- inclinaison de 30° par rapport à l'horizontale,
- scellement dans des forages de 110 mm de diamètre par Injection Globale et Unique (IGU) selon les recommandations T.A.2020,
- longueur totale prévisionnelle 15,0 m : dont longueur libre de 5,0 m et longueur de scellement de 10,0 m dans l'argile sableuse et les couches de l'altération rocheuse.

NBI : Il s'agit d'un prédimensionnement – à valider par un ou des essais de conformité sur tirants sacrificiels à réaliser en début de chantier.

G.8.2. Coupe BER-PI7

G.8.2.1. Eléments principaux

On envisage la réalisation d'écran de soutènement provisoire de type paroi berlinoise dont les éléments principaux sont constitués de :

- Pieux en profilé métallique HEB 260 (S235) scellé dans un pieu béton Ø600 mm.

En phase provisoire, l'écran est retenu par :

- 2 lits de tirants passifs.

En service, le mur sur tout le (long) coté Est de l'ouvrage du parking devient le mur de soutènement permanent de l'ouvrage. La structure (dont les planchers) résiste aux efforts transmis par les poussées du sol (poussées K_0/K_a , eau, séisme, surcharges, ...).

G.8.2.2. Pieux de scellement des profilés

Les éléments principaux présentent les caractéristiques suivantes :

- Pieux forés tubés de 600 mm de diamètre,
- Longueur : 11,6 m (ancrage minimal de 4.5 m sous le fond de fouille et d'au moins 4,5 m dans les moraines)
- Espacement horizontal : 2,00 m (entraxe).

G.8.2.3. Tirants d'ancrage

Les tirants passifs ou actifs provisoires présentent les caractéristiques suivantes :

Tirants d'ancrage

Lit 1 (sup.) :

- barres d'armature type Dywidag de diamètre nominal 36 mm,
- espacement horizontal : 2,00 m (entraxe),
- inclinaison de 30° par rapport à l'horizontale,
- scellement dans des forages de 110 mm de diamètre par Injection Globale et Unique (IGU) selon les recommandations T.A.2020,
- longueur totale prévisionnelle 17,0 m : dont longueur libre de 5,0 m et longueur de scellement de 12,0 m dans les moraines et le rocher.

Lit 2 (inf.) :

- barres d'armature type Dywidag de diamètre nominal 36 mm,
- espacement horizontal : 2,00 m (entraxe),
- inclinaison de 30° par rapport à l'horizontale,
- scellement dans des forages de 110 mm de diamètre par Injection Globale et Unique (IGU) selon les recommandations T.A.2020,
- longueur totale prévisionnelle 17,0 m : dont longueur libre de 5,0 m et longueur de scellement de 12,0 m dans les moraines et le rocher.

NBI : Il s'agit d'un prédimensionnement – à valider par un ou des essais de conformité sur tirants sacrificiels à réaliser en début de chantier.

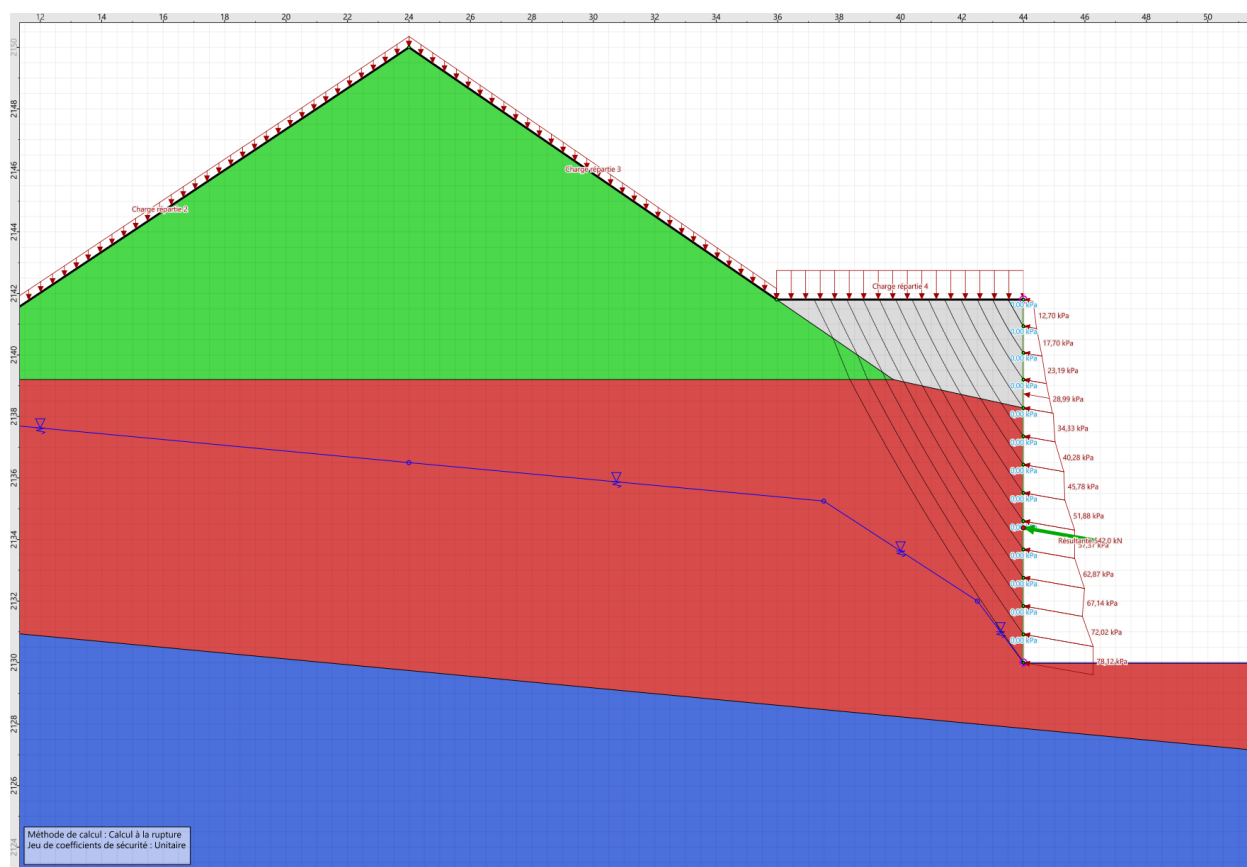
H. POUSSEES DES TERRES CONTRE L'OUVRAGE DU PARKING

H.1. METHODOLOGIE ET HYPOTHESES

- Calculs à la rupture par tranches permettant de définir diagramme de poussée active en tenant compte de la complexité du chargement amont ;
- Situations statiques : diagramme de poussée ELS obtenue suivant jeu de coef. approche 2 ;
- Situations sismiques : diagramme de poussée ELU-sismique obtenu suivant jeu de coef. approche 3 ;
- Efforts avec ou sans neige pour prise en compte par BET des actions souhaitées ;
- Hypothèses géotechniques : idem étude paroi clouée, avec sismique = court terme. Non prise en compte ouvrage drainant intercalé (à concevoir) ;
- Hypothèses hydrogéologiques : niveau EB rabattu en pied de d'écran par l'effet du drainage.

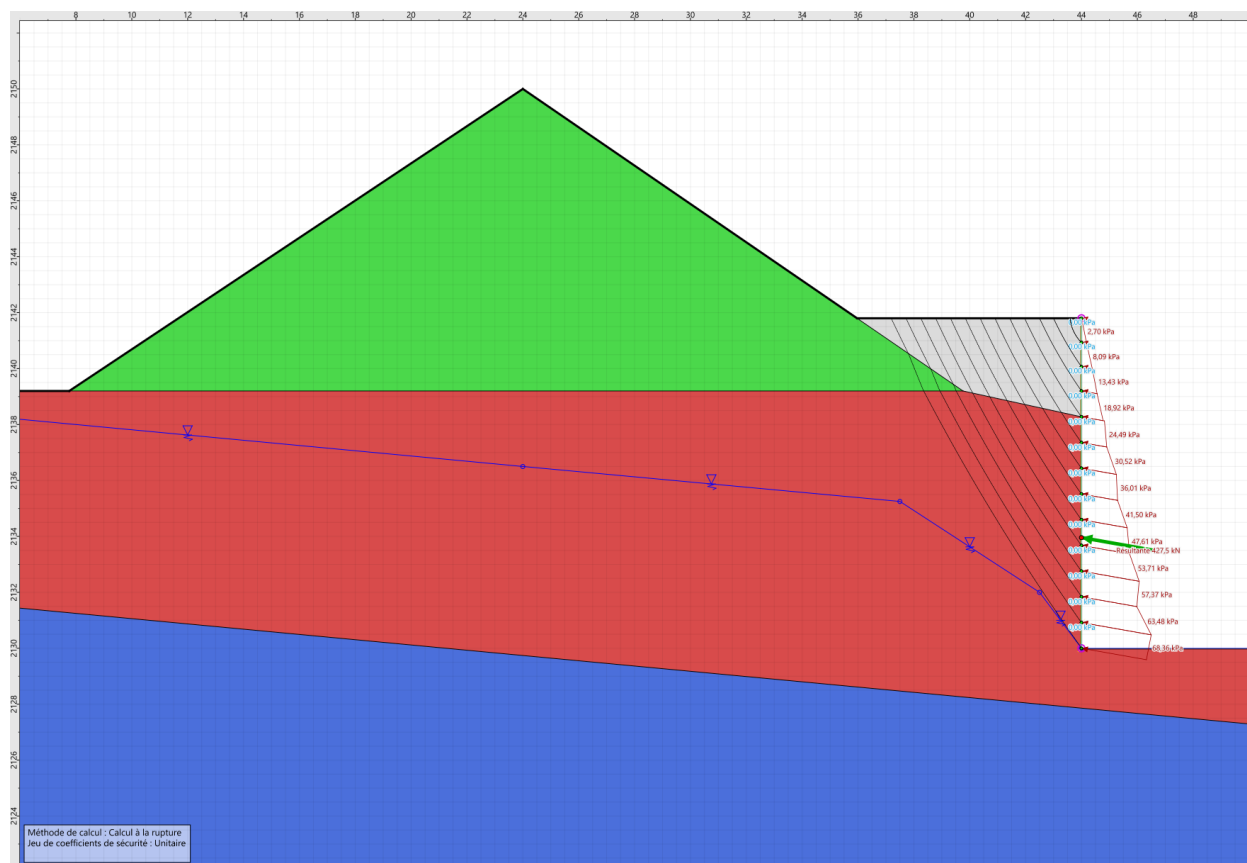
H.2. POUSSEES EN P06 (Hauteur de soutènement modélisée = 11,80 m)

H.2.1. Poussées (ELS) statiques – AVEC surcharges de neige + ratrack



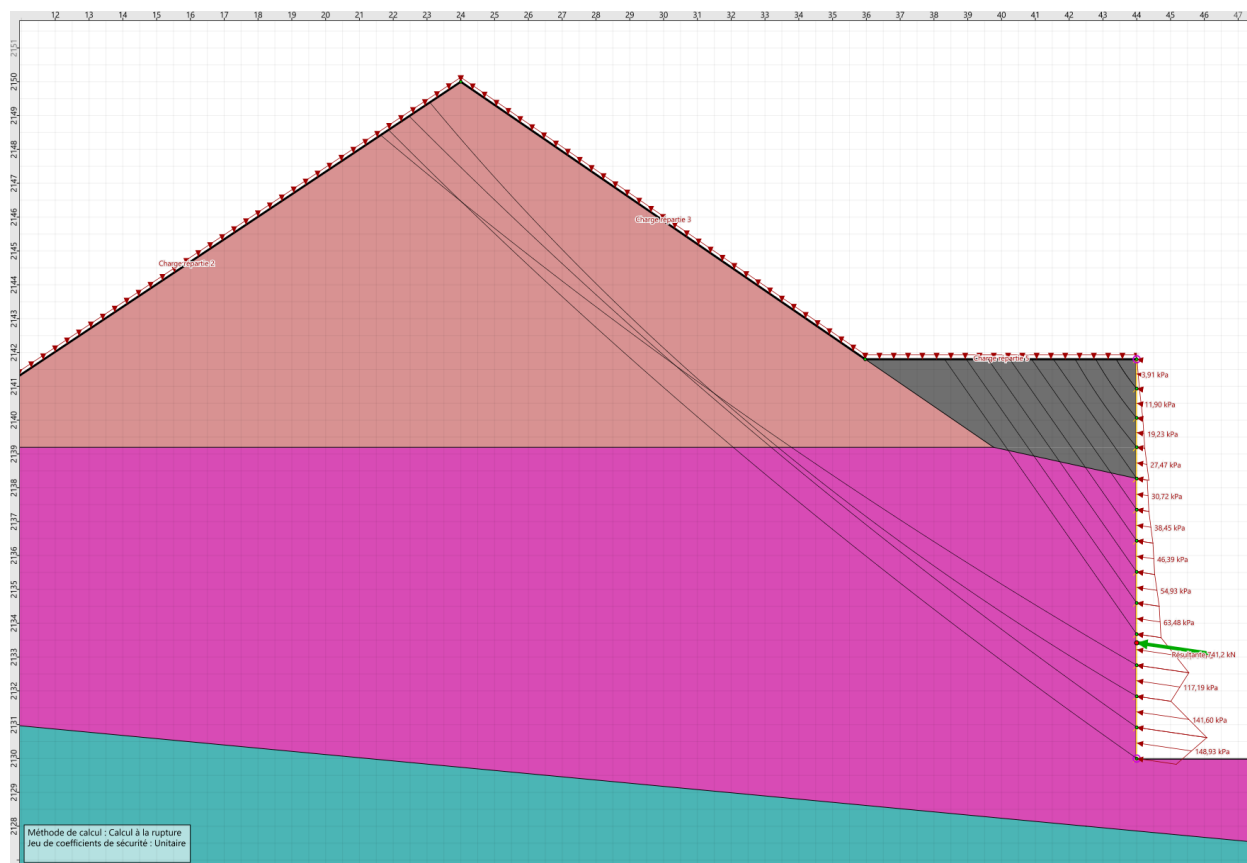
N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaisonsol [°]	Couche
1	44.000	2141.800	-5.8	1.0	0.0	-5.8	1.0	-9.99	Remblais(LT)
1	44.000	2140.933	-10.2	1.8	0.0	-10.2	1.8	-9.99	Remblais(LT)
2	44.000	2140.933	-10.2	1.8	0.0	-10.2	1.8	-9.99	Remblais(LT)
2	44.000	2140.067	-16.2	2.9	0.0	-16.2	2.9	-9.99	Remblais(LT)
3	44.000	2140.067	-16.2	2.9	0.0	-16.2	2.9	-9.99	Remblais(LT)
3	44.000	2139.200	-20.4	3.6	0.0	-20.4	3.6	-9.99	Remblais(LT)
4	44.000	2139.200	-20.4	3.6	0.0	-20.4	3.6	-9.99	Remblais(LT)
4	44.000	2138.275	-27.7	4.9	0.0	-27.7	4.9	-9.99	Remblais(LT)
5	44.000	2138.275	-28.3	5.0	0.0	-28.3	5.0	-9.99	Moraines(LT)
5	44.000	2137.356	-31.3	5.5	0.0	-31.3	5.5	-9.99	Moraines(LT)
6	44.000	2137.356	-31.3	5.5	0.0	-31.3	5.5	-9.99	Moraines(LT)
6	44.000	2136.436	-38.5	6.8	0.0	-38.5	6.8	-9.99	Moraines(LT)
7	44.000	2136.436	-38.5	6.8	0.0	-38.5	6.8	-9.99	Moraines(LT)
7	44.000	2135.517	-43.3	7.6	0.0	-43.3	7.6	-9.99	Moraines(LT)
8	44.000	2135.517	-43.3	7.6	0.0	-43.3	7.6	-9.99	Moraines(LT)
8	44.000	2134.597	-50.5	8.9	0.0	-50.5	8.9	-9.99	Moraines(LT)
9	44.000	2134.597	-50.5	8.9	0.0	-50.5	8.9	-9.99	Moraines(LT)
9	44.000	2133.678	-52.9	9.3	0.0	-52.9	9.3	-9.99	Moraines(LT)
10	44.000	2133.678	-52.9	9.3	0.0	-52.9	9.3	-9.99	Moraines(LT)
10	44.000	2132.758	-62.5	11.0	0.0	-62.5	11.0	-9.99	Moraines(LT)
11	44.000	2132.758	-62.5	11.0	0.0	-62.5	11.0	-9.99	Moraines(LT)
11	44.000	2131.839	-60.1	10.6	0.0	-60.1	10.6	-9.99	Moraines(LT)
12	44.000	2131.839	-60.1	10.6	0.0	-60.1	10.6	-9.99	Moraines(LT)
12	44.000	2130.919	-74.5	13.1	0.0	-74.5	13.1	-9.99	Moraines(LT)
13	44.000	2130.919	-74.5	13.1	0.0	-74.5	13.1	-9.99	Moraines(LT)
13	44.000	2130.000	-69.7	12.3	0.0	-69.7	12.3	-9.99	Moraines(LT)

H.2.2. Poussées (ELS) statiques – SANS surcharge



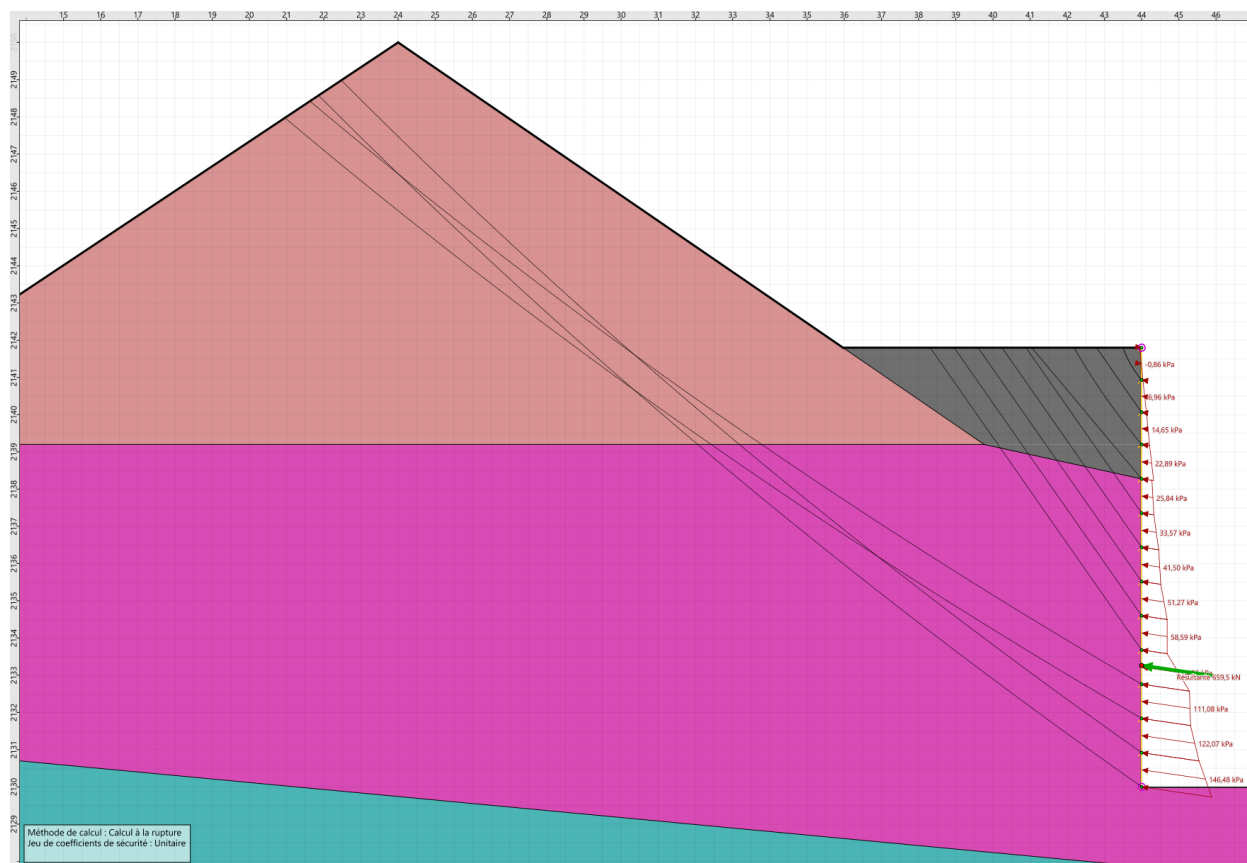
N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaison sol [°]	Couche
1	44.000	2141.800	-0.2	0.0	0.0	-0.2	0.0	-9.99	Remblais(LT)
1	44.000	2140.933	-5.1	0.9	0.0	-5.1	0.9	-9.99	Remblais(LT)
2	44.000	2140.933	-5.1	0.9	0.0	-5.1	0.9	-9.99	Remblais(LT)
2	44.000	2140.067	-10.8	1.9	0.0	-10.8	1.9	-9.99	Remblais(LT)
3	44.000	2140.067	-10.8	1.9	0.0	-10.8	1.9	-9.99	Remblais(LT)
3	44.000	2139.200	-15.6	2.8	0.0	-15.6	2.8	-9.99	Remblais(LT)
4	44.000	2139.200	-15.6	2.8	0.0	-15.6	2.8	-9.99	Remblais(LT)
4	44.000	2138.275	-21.6	3.8	0.0	-21.6	3.8	-9.99	Remblais(LT)
5	44.000	2138.275	-23.0	4.0	0.0	-23.0	4.0	-9.99	Moraines(LT)
5	44.000	2137.356	-25.2	4.4	0.0	-25.2	4.4	-9.99	Moraines(LT)
6	44.000	2137.356	-25.2	4.4	0.0	-25.2	4.4	-9.99	Moraines(LT)
6	44.000	2136.436	-34.9	6.1	0.0	-34.9	6.1	-9.99	Moraines(LT)
7	44.000	2136.436	-34.9	6.1	0.0	-34.9	6.1	-9.99	Moraines(LT)
7	44.000	2135.517	-36.1	6.4	0.0	-36.1	6.4	-9.99	Moraines(LT)
8	44.000	2135.517	-36.1	6.4	0.0	-36.1	6.4	-9.99	Moraines(LT)
8	44.000	2134.597	-45.7	8.0	0.0	-45.7	8.0	-9.99	Moraines(LT)
9	44.000	2134.597	-45.7	8.0	0.0	-45.7	8.0	-9.99	Moraines(LT)
9	44.000	2133.678	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
10	44.000	2133.678	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
10	44.000	2132.758	-57.7	10.2	0.0	-57.7	10.2	-9.99	Moraines(LT)
11	44.000	2132.758	-57.7	10.2	0.0	-57.7	10.2	-9.99	Moraines(LT)
11	44.000	2131.839	-55.3	9.7	0.0	-55.3	9.7	-9.99	Moraines(LT)
12	44.000	2131.839	-55.3	9.7	0.0	-55.3	9.7	-9.99	Moraines(LT)
12	44.000	2130.919	-69.7	12.3	0.0	-69.7	12.3	-9.99	Moraines(LT)
13	44.000	2130.919	-69.7	12.3	0.0	-69.7	12.3	-9.99	Moraines(LT)
13	44.000	2130.000	-64.9	11.4	0.0	-64.9	11.4	-9.99	Moraines(LT)

H.2.3. Poussées (ELU) sismiques – AVEC surcharge de neige



N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaison sol [°]	Couche
1	44.000	2141.800	-0.5	0.1	0.0	-0.5	0.1	-8.26	Remblais(CT)
1	44.000	2140.933	-7.2	1.1	0.0	-7.2	1.1	-8.26	Remblais(CT)
2	44.000	2140.933	-7.2	1.1	0.0	-7.2	1.1	-8.26	Remblais(CT)
2	44.000	2140.067	-16.3	2.4	0.0	-16.3	2.4	-8.26	Remblais(CT)
3	44.000	2140.067	-16.3	2.4	0.0	-16.3	2.4	-8.26	Remblais(CT)
3	44.000	2139.200	-21.7	3.2	0.0	-21.7	3.2	-8.26	Remblais(CT)
4	44.000	2139.200	-21.7	3.2	0.0	-21.7	3.2	-8.26	Remblais(CT)
4	44.000	2138.275	-32.6	4.7	0.0	-32.6	4.7	-8.26	Remblais(CT)
5	44.000	2138.275	-28.2	4.1	0.0	-28.2	4.1	-8.26	Moraines(CT)
5	44.000	2137.356	-32.6	4.7	0.0	-32.6	4.7	-8.26	Moraines(CT)
6	44.000	2137.356	-32.6	4.7	0.0	-32.6	4.7	-8.26	Moraines(CT)
6	44.000	2136.436	-43.5	6.3	0.0	-43.5	6.3	-8.26	Moraines(CT)
7	44.000	2136.436	-43.5	6.3	0.0	-43.5	6.3	-8.26	Moraines(CT)
7	44.000	2135.517	-48.3	7.0	0.0	-48.3	7.0	-8.26	Moraines(CT)
8	44.000	2135.517	-48.3	7.0	0.0	-48.3	7.0	-8.26	Moraines(CT)
8	44.000	2134.597	-60.4	8.8	0.0	-60.4	8.8	-8.26	Moraines(CT)
9	44.000	2134.597	-60.4	8.8	0.0	-60.4	8.8	-8.26	Moraines(CT)
9	44.000	2133.678	-65.2	9.5	0.0	-65.2	9.5	-8.26	Moraines(CT)
10	44.000	2133.678	-65.2	9.5	0.0	-65.2	9.5	-8.26	Moraines(CT)
10	44.000	2132.758	-140.1	20.3	0.0	-140.1	20.3	-8.26	Moraines(CT)
11	44.000	2132.758	-140.1	20.3	0.0	-140.1	20.3	-8.26	Moraines(CT)
11	44.000	2131.839	-91.8	13.3	0.0	-91.8	13.3	-8.26	Moraines(CT)
12	44.000	2131.839	-91.8	13.3	0.0	-91.8	13.3	-8.26	Moraines(CT)
12	44.000	2130.919	-188.5	27.4	0.0	-188.5	27.4	-8.26	Moraines(CT)
13	44.000	2130.919	-188.5	27.4	0.0	-188.5	27.4	-8.26	Moraines(CT)
13	44.000	2130.000	-106.3	15.4	0.0	-106.3	15.4	-8.26	Moraines(CT)

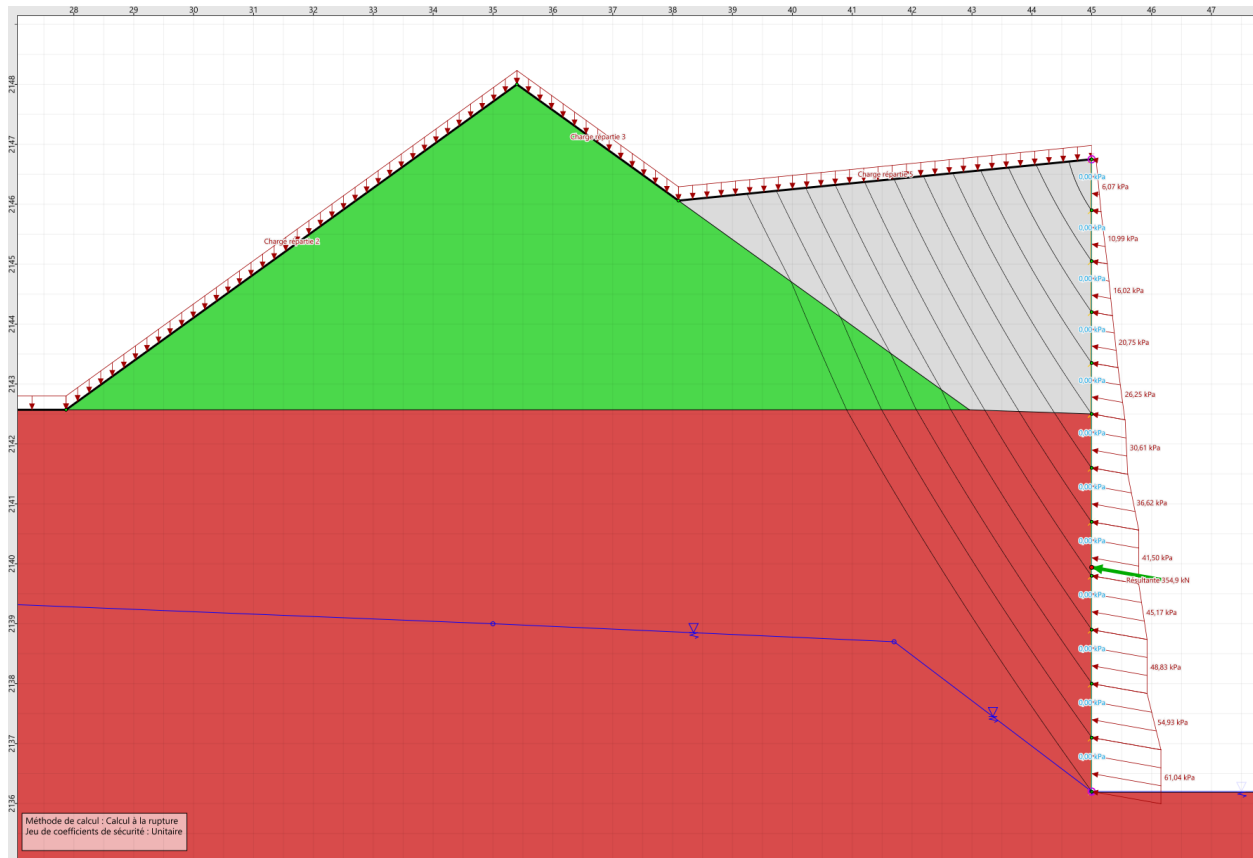
H.2.4. Poussées (ELU) sismiques – SANS surcharge



N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaison sol [°]	Couche
1	44.000	2141.800	4.6	-0.7	0.0	4.6	-0.7	-8.26	Remblais(CT)
1	44.000	2140.933	-2.9	0.4	0.0	-2.9	0.4	-8.26	Remblais(CT)
2	44.000	2140.933	-2.9	0.4	0.0	-2.9	0.4	-8.26	Remblais(CT)
2	44.000	2140.067	-10.9	1.6	0.0	-10.9	1.6	-8.26	Remblais(CT)
3	44.000	2140.067	-10.9	1.6	0.0	-10.9	1.6	-8.26	Remblais(CT)
3	44.000	2139.200	-18.1	2.6	0.0	-18.1	2.6	-8.26	Remblais(CT)
4	44.000	2139.200	-18.1	2.6	0.0	-18.1	2.6	-8.26	Remblais(CT)
4	44.000	2138.275	-27.2	3.9	0.0	-27.2	3.9	-8.26	Remblais(CT)
5	44.000	2138.275	-23.4	3.4	0.0	-23.4	3.4	-8.26	Moraines(CT)
5	44.000	2137.356	-27.8	4.0	0.0	-27.8	4.0	-8.26	Moraines(CT)
6	44.000	2137.356	-27.8	4.0	0.0	-27.8	4.0	-8.26	Moraines(CT)
6	44.000	2136.436	-38.7	5.6	0.0	-38.7	5.6	-8.26	Moraines(CT)
7	44.000	2136.436	-38.7	5.6	0.0	-38.7	5.6	-8.26	Moraines(CT)
7	44.000	2135.517	-43.5	6.3	0.0	-43.5	6.3	-8.26	Moraines(CT)
8	44.000	2135.517	-43.5	6.3	0.0	-43.5	6.3	-8.26	Moraines(CT)
8	44.000	2134.597	-58.0	8.4	0.0	-58.0	8.4	-8.26	Moraines(CT)
9	44.000	2134.597	-58.0	8.4	0.0	-58.0	8.4	-8.26	Moraines(CT)
9	44.000	2133.678	-58.0	8.4	0.0	-58.0	8.4	-8.26	Moraines(CT)
10	44.000	2133.678	-58.0	8.4	0.0	-58.0	8.4	-8.26	Moraines(CT)
10	44.000	2132.758	-108.7	15.8	0.0	-108.7	15.8	-8.26	Moraines(CT)
11	44.000	2132.758	-108.7	15.8	0.0	-108.7	15.8	-8.26	Moraines(CT)
11	44.000	2131.839	-111.1	16.1	0.0	-111.1	16.1	-8.26	Moraines(CT)
12	44.000	2131.839	-111.1	16.1	0.0	-111.1	16.1	-8.26	Moraines(CT)
12	44.000	2130.919	-130.5	18.9	0.0	-130.5	18.9	-8.26	Moraines(CT)
13	44.000	2130.919	-130.5	18.9	0.0	-130.5	18.9	-8.26	Moraines(CT)
13	44.000	2130.000	-159.5	23.1	0.0	-159.5	23.1	-8.26	Moraines(CT)

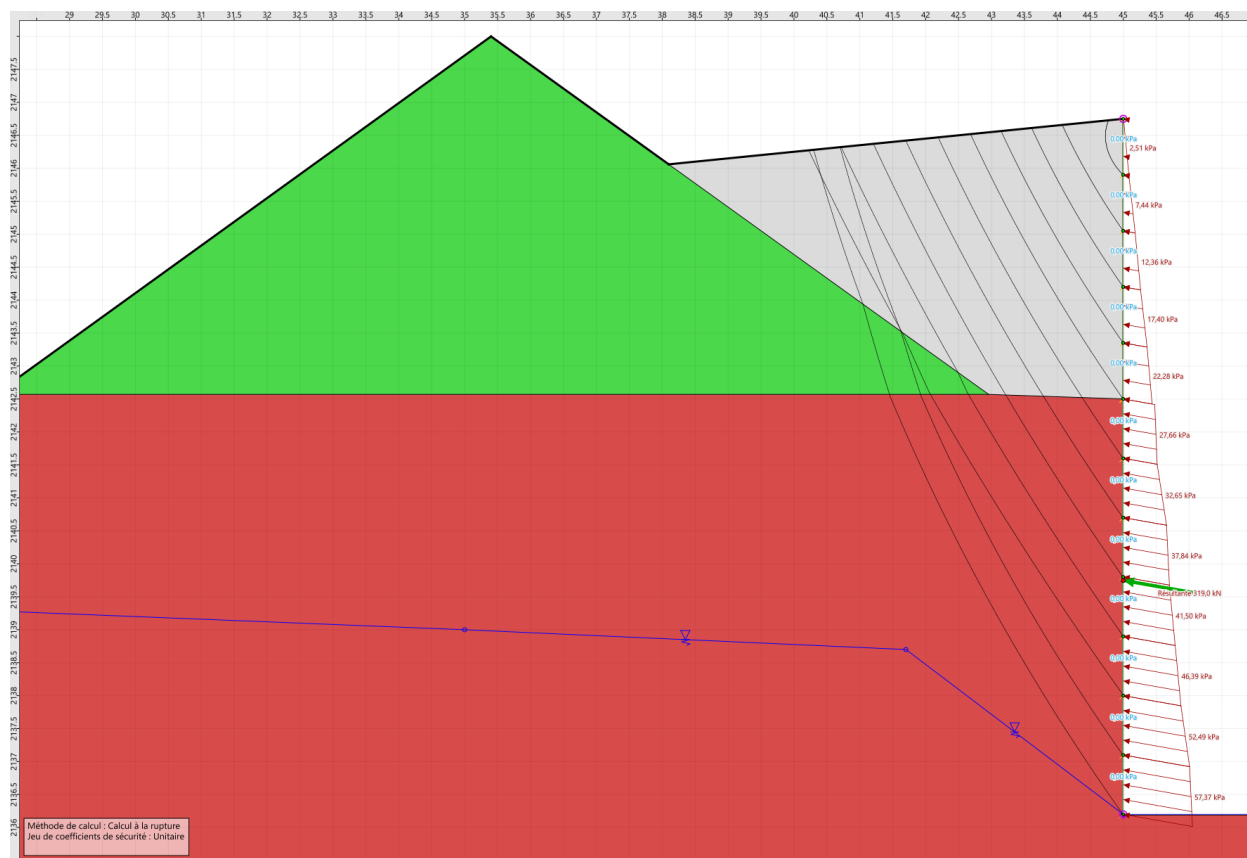
H.3. POUSSEES EN P17 (Hauteur de soutènement modélisée = 10,55 m)

H.3.1. Poussées (ELS) statiques – AVEC surcharge de neige



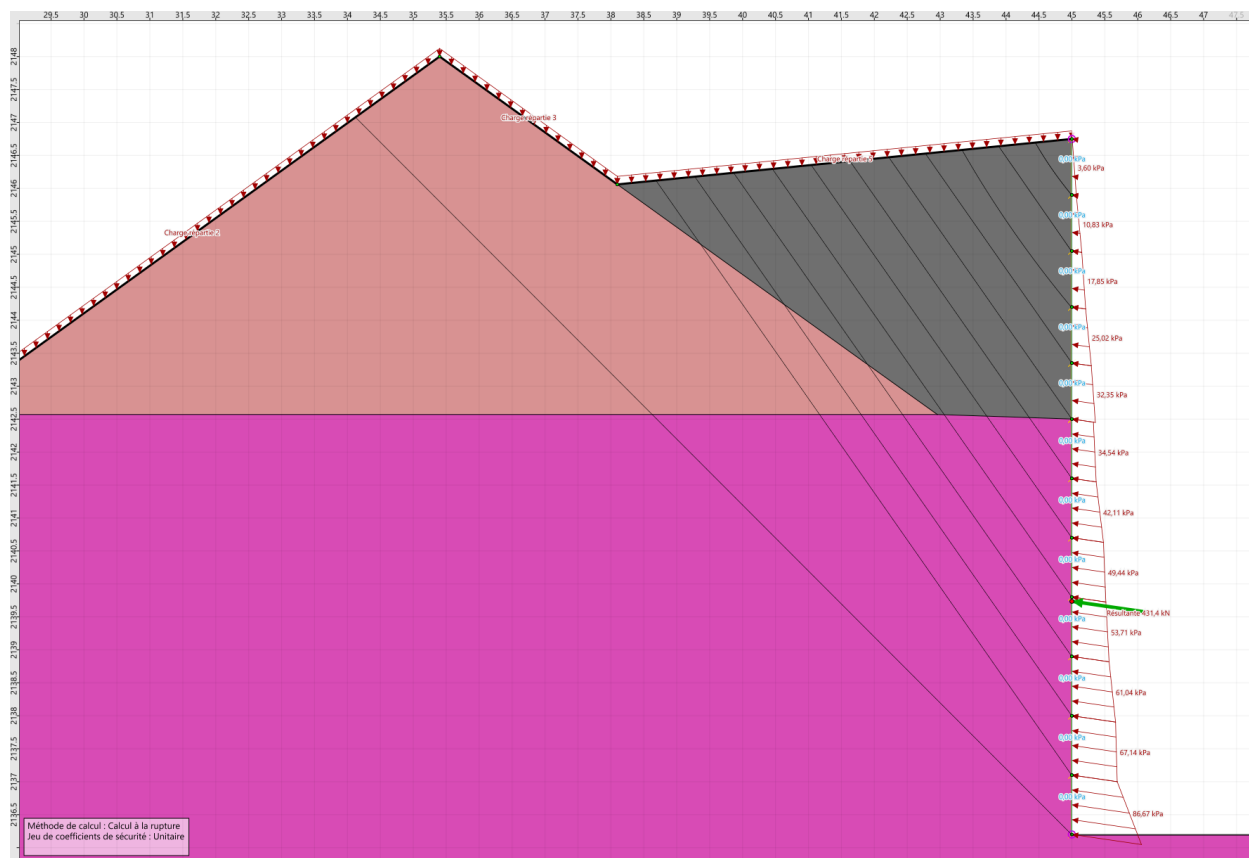
N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaison sol [°]	Couche
1	45.000	2146.750	-5.5	1.0	0.0	-5.5	1.0	-9.99	Remblais(LT)
1	45.000	2145.900	-9.6	1.7	0.0	-9.6	1.7	-9.99	Remblais(LT)
2	45.000	2145.900	-9.6	1.7	0.0	-9.6	1.7	-9.99	Remblais(LT)
2	45.000	2145.050	-15.0	2.6	0.0	-15.0	2.6	-9.99	Remblais(LT)
3	45.000	2145.050	-15.0	2.6	0.0	-15.0	2.6	-9.99	Remblais(LT)
3	45.000	2144.201	-19.8	3.5	0.0	-19.8	3.5	-9.99	Remblais(LT)
4	45.000	2144.201	-19.8	3.5	0.0	-19.8	3.5	-9.99	Remblais(LT)
4	45.000	2143.351	-24.0	4.2	0.0	-24.0	4.2	-9.99	Remblais(LT)
5	45.000	2143.351	-24.0	4.2	0.0	-24.0	4.2	-9.99	Remblais(LT)
5	45.000	2142.501	-30.1	5.3	0.0	-30.1	5.3	-9.99	Remblais(LT)
6	45.000	2142.501	-31.3	5.5	0.0	-31.3	5.5	-9.99	Moraines(LT)
6	45.000	2141.601	-33.7	5.9	0.0	-33.7	5.9	-9.99	Moraines(LT)
7	45.000	2141.601	-33.7	5.9	0.0	-33.7	5.9	-9.99	Moraines(LT)
7	45.000	2140.701	-40.9	7.2	0.0	-40.9	7.2	-9.99	Moraines(LT)
8	45.000	2140.701	-40.9	7.2	0.0	-40.9	7.2	-9.99	Moraines(LT)
8	45.000	2139.801	-42.1	7.4	0.0	-42.1	7.4	-9.99	Moraines(LT)
9	45.000	2139.801	-42.1	7.4	0.0	-42.1	7.4	-9.99	Moraines(LT)
9	45.000	2138.900	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
10	45.000	2138.900	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
10	45.000	2138.000	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
11	45.000	2138.000	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
11	45.000	2137.100	-62.5	11.0	0.0	-62.5	11.0	-9.99	Moraines(LT)
12	45.000	2137.100	-62.5	11.0	0.0	-62.5	11.0	-9.99	Moraines(LT)
12	45.000	2136.200	-57.7	10.2	0.0	-57.7	10.2	-9.99	Moraines(LT)

H.3.2. Poussées (ELS) statiques – SANS surcharge



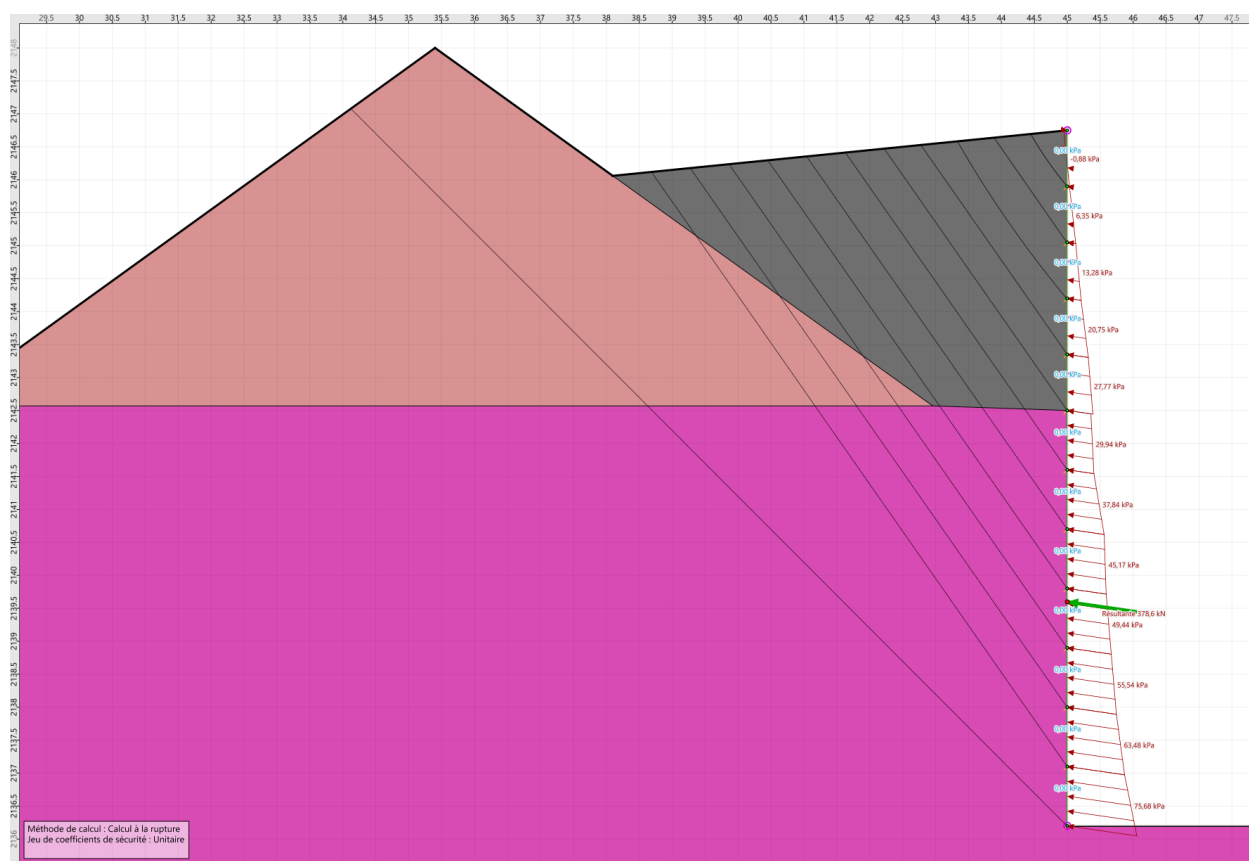
N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaisonsol [°]	Couche
1	45.000	2146.750	-0.2	0.0	0.0	-0.2	0.0	-9.99	Remblais(LT)
1	45.000	2145.900	-4.7	0.8	0.0	-4.7	0.8	-9.99	Remblais(LT)
2	45.000	2145.900	-4.7	0.8	0.0	-4.7	0.8	-9.99	Remblais(LT)
2	45.000	2145.050	-9.9	1.7	0.0	-9.9	1.7	-9.99	Remblais(LT)
3	45.000	2145.050	-9.9	1.7	0.0	-9.9	1.7	-9.99	Remblais(LT)
3	45.000	2144.201	-14.4	2.5	0.0	-14.4	2.5	-9.99	Remblais(LT)
4	45.000	2144.201	-14.4	2.5	0.0	-14.4	2.5	-9.99	Remblais(LT)
4	45.000	2143.351	-19.8	3.5	0.0	-19.8	3.5	-9.99	Remblais(LT)
5	45.000	2143.351	-19.8	3.5	0.0	-19.8	3.5	-9.99	Remblais(LT)
5	45.000	2142.501	-24.0	4.2	0.0	-24.0	4.2	-9.99	Remblais(LT)
6	45.000	2142.501	-26.2	4.6	0.0	-26.2	4.6	-9.99	Moraines(LT)
6	45.000	2141.601	-28.3	5.0	0.0	-28.3	5.0	-9.99	Moraines(LT)
7	45.000	2141.601	-28.3	5.0	0.0	-28.3	5.0	-9.99	Moraines(LT)
7	45.000	2140.701	-36.1	6.4	0.0	-36.1	6.4	-9.99	Moraines(LT)
8	45.000	2140.701	-36.1	6.4	0.0	-36.1	6.4	-9.99	Moraines(LT)
8	45.000	2139.801	-38.5	6.8	0.0	-38.5	6.8	-9.99	Moraines(LT)
9	45.000	2139.801	-38.5	6.8	0.0	-38.5	6.8	-9.99	Moraines(LT)
9	45.000	2138.900	-43.3	7.6	0.0	-43.3	7.6	-9.99	Moraines(LT)
10	45.000	2138.900	-43.3	7.6	0.0	-43.3	7.6	-9.99	Moraines(LT)
10	45.000	2138.000	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
11	45.000	2138.000	-48.1	8.5	0.0	-48.1	8.5	-9.99	Moraines(LT)
11	45.000	2137.100	-55.3	9.7	0.0	-55.3	9.7	-9.99	Moraines(LT)
12	45.000	2137.100	-55.3	9.7	0.0	-55.3	9.7	-9.99	Moraines(LT)
12	45.000	2136.200	-57.7	10.2	0.0	-57.7	10.2	-9.99	Moraines(LT)

H.3.3. Poussées (ELU) sismiques – AVEC surcharge de neige + rattrack



N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaisonsol [°]	Couche
1	45.000	2146.750	-0.5	0.1	0.0	-0.5	0.1	-8.26	Remblais(CT)
1	45.000	2145.900	-6.6	1.0	0.0	-6.6	1.0	-8.26	Remblais(CT)
2	45.000	2145.900	-6.6	1.0	0.0	-6.6	1.0	-8.26	Remblais(CT)
2	45.000	2145.050	-14.8	2.1	0.0	-14.8	2.1	-8.26	Remblais(CT)
3	45.000	2145.050	-14.8	2.1	0.0	-14.8	2.1	-8.26	Remblais(CT)
3	45.000	2144.201	-20.5	3.0	0.0	-20.5	3.0	-8.26	Remblais(CT)
4	45.000	2144.201	-20.5	3.0	0.0	-20.5	3.0	-8.26	Remblais(CT)
4	45.000	2143.351	-29.0	4.2	0.0	-29.0	4.2	-8.26	Remblais(CT)
5	45.000	2143.351	-29.0	4.2	0.0	-29.0	4.2	-8.26	Remblais(CT)
5	45.000	2142.501	-35.0	5.1	0.0	-35.0	5.1	-8.26	Remblais(CT)
6	45.000	2142.501	-32.1	4.7	0.0	-32.1	4.7	-8.26	Moraines(CT)
6	45.000	2141.601	-36.2	5.3	0.0	-36.2	5.3	-8.26	Moraines(CT)
7	45.000	2141.601	-36.2	5.3	0.0	-36.2	5.3	-8.26	Moraines(CT)
7	45.000	2140.701	-47.1	6.8	0.0	-47.1	6.8	-8.26	Moraines(CT)
8	45.000	2140.701	-47.1	6.8	0.0	-47.1	6.8	-8.26	Moraines(CT)
8	45.000	2139.801	-50.7	7.4	0.0	-50.7	7.4	-8.26	Moraines(CT)
9	45.000	2139.801	-50.7	7.4	0.0	-50.7	7.4	-8.26	Moraines(CT)
9	45.000	2138.900	-55.6	8.1	0.0	-55.6	8.1	-8.26	Moraines(CT)
10	45.000	2138.900	-55.6	8.1	0.0	-55.6	8.1	-8.26	Moraines(CT)
10	45.000	2138.000	-65.2	9.5	0.0	-65.2	9.5	-8.26	Moraines(CT)
11	45.000	2138.000	-65.2	9.5	0.0	-65.2	9.5	-8.26	Moraines(CT)
11	45.000	2137.100	-67.7	9.8	0.0	-67.7	9.8	-8.26	Moraines(CT)
12	45.000	2137.100	-67.7	9.8	0.0	-67.7	9.8	-8.26	Moraines(CT)
12	45.000	2136.200	-103.9	15.1	0.0	-103.9	15.1	-8.26	Moraines(CT)

H.3.4. Poussées (ELU) sismiques – SANS surcharge



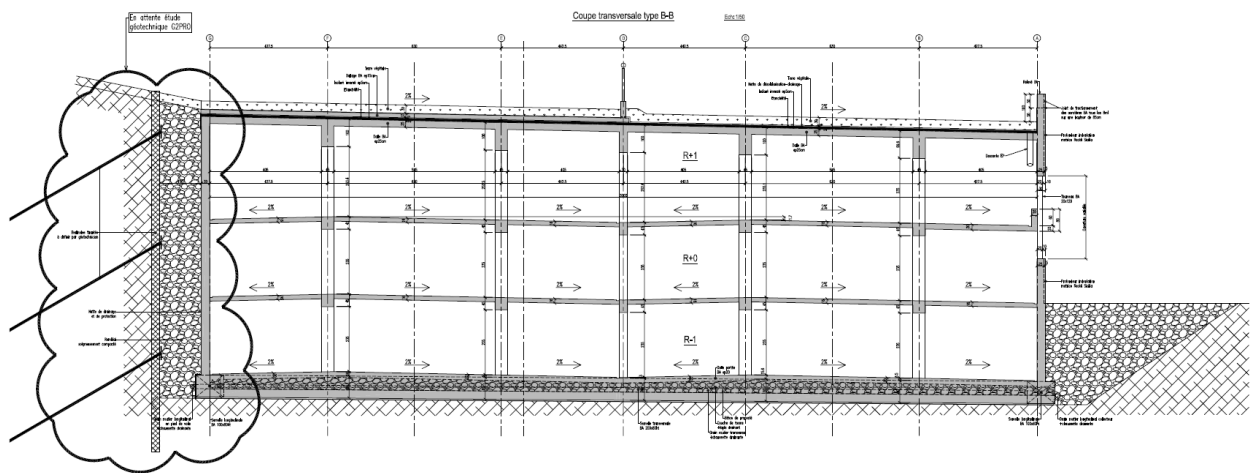
N° tronçon	X [m]	Y [m]	Ph,sol [kPa]	Pv,sol [kPa]	Ph,eau [kPa]	Ph,total [kPa]	Pv,total [kPa]	Inclinaisonsol [°]	Couche
1	45.000	2146.750	4.4	-0.6	0.0	4.4	-0.6	-8.26	Remblais(CT)
1	45.000	2145.900	-2.6	0.4	0.0	-2.6	0.4	-8.26	Remblais(CT)
2	45.000	2145.900	-2.6	0.4	0.0	-2.6	0.4	-8.26	Remblais(CT)
2	45.000	2145.050	-10.0	1.4	0.0	-10.0	1.4	-8.26	Remblais(CT)
3	45.000	2145.050	-10.0	1.4	0.0	-10.0	1.4	-8.26	Remblais(CT)
3	45.000	2144.201	-16.3	2.4	0.0	-16.3	2.4	-8.26	Remblais(CT)
4	45.000	2144.201	-16.3	2.4	0.0	-16.3	2.4	-8.26	Remblais(CT)
4	45.000	2143.351	-24.8	3.6	0.0	-24.8	3.6	-8.26	Remblais(CT)
5	45.000	2143.351	-24.8	3.6	0.0	-24.8	3.6	-8.26	Remblais(CT)
5	45.000	2142.501	-30.2	4.4	0.0	-30.2	4.4	-8.26	Remblais(CT)
6	45.000	2142.501	-27.9	4.0	0.0	-27.9	4.0	-8.26	Moraines(CT)
6	45.000	2141.601	-31.4	4.6	0.0	-31.4	4.6	-8.26	Moraines(CT)
7	45.000	2141.601	-31.4	4.6	0.0	-31.4	4.6	-8.26	Moraines(CT)
7	45.000	2140.701	-43.5	6.3	0.0	-43.5	6.3	-8.26	Moraines(CT)
8	45.000	2140.701	-43.5	6.3	0.0	-43.5	6.3	-8.26	Moraines(CT)
8	45.000	2139.801	-45.9	6.7	0.0	-45.9	6.7	-8.26	Moraines(CT)
9	45.000	2139.801	-45.9	6.7	0.0	-45.9	6.7	-8.26	Moraines(CT)
9	45.000	2138.900	-51.9	7.5	0.0	-51.9	7.5	-8.26	Moraines(CT)
10	45.000	2138.900	-51.9	7.5	0.0	-51.9	7.5	-8.26	Moraines(CT)
10	45.000	2138.000	-58.0	8.4	0.0	-58.0	8.4	-8.26	Moraines(CT)
11	45.000	2138.000	-58.0	8.4	0.0	-58.0	8.4	-8.26	Moraines(CT)
11	45.000	2137.100	-67.7	9.8	0.0	-67.7	9.8	-8.26	Moraines(CT)
12	45.000	2137.100	-67.7	9.8	0.0	-67.7	9.8	-8.26	Moraines(CT)
12	45.000	2136.200	-82.1	11.9	0.0	-82.1	11.9	-8.26	Moraines(CT)

I. ETUDE DES SEMELLES FILANTES DE FONDATION DU PARKING

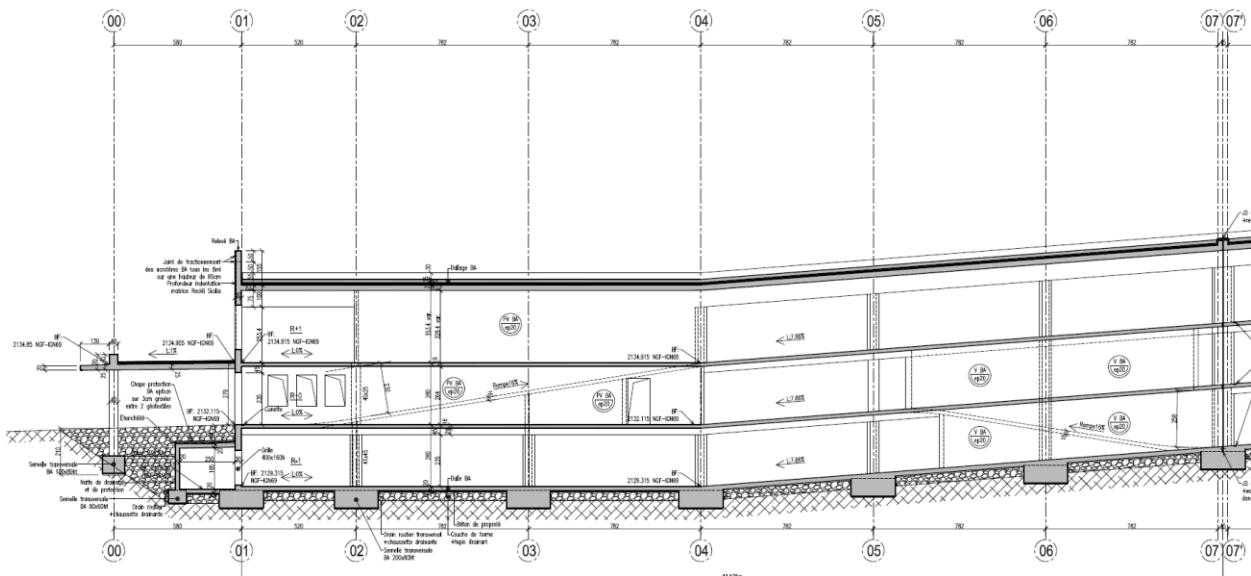
I.1. DONNEES DU PROJET DE FONDATION

I.1.1. Plans de fondation A.I.A.

Coupe Transversale type B-B :

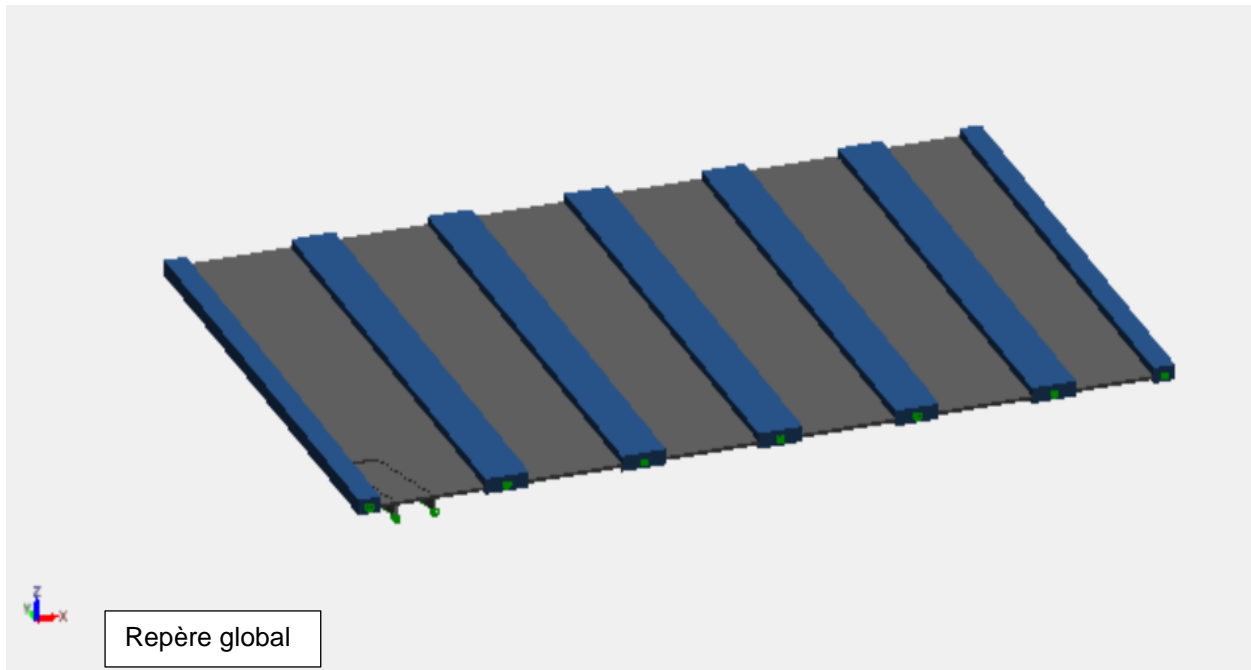


Coupe Longitudinale type A-A :



I.1.2. Descente de charges (DdC) A.I.A. du 25/10/2023

Vue de la modélisation structurelle des semelles de fondations par A.I.A. :



Dimension des semelles types

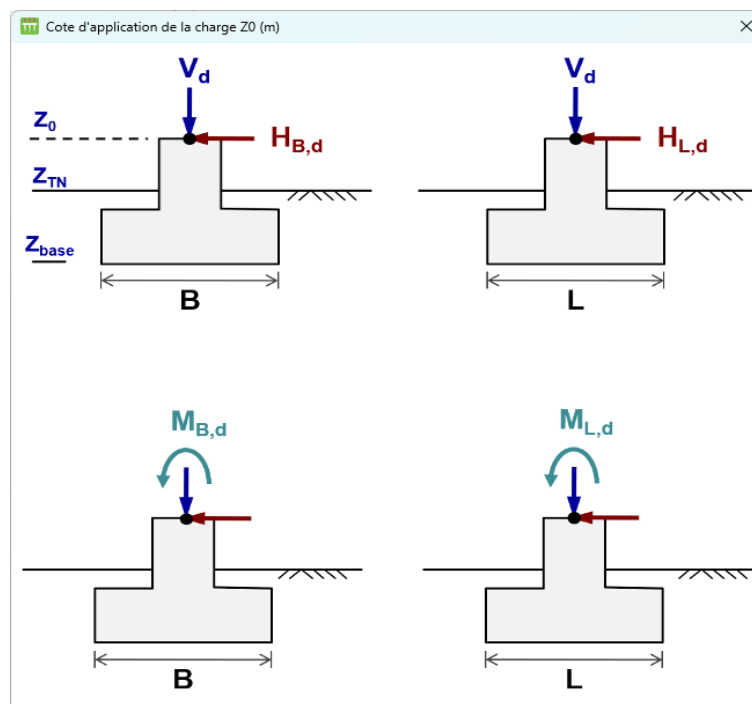
Longueur dans le sens Y : 30.30 m
Largeur dans le sens X : 2.50 m
Hauteur : 0.80 m

Réactions d'appuis dans le repère local de la fondation

F_x dans le sens de la longueur de la semelle

$F_z < 0$: force verticale descendante

Convention du logiciel FOXTA – FondSup :



I.1.2.1.DdC N°01

		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	V _d	H _{B,d}	H _{L,d}	M _{B,d}	M _{L,d}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]
Cas de charges / Combinaisons												
Charges permanentes/poussées des terres	1	2 388	5	-10 392	0	-2 373	2 281	10 392	306	2 388	0	-2 373
Surcharges parking / surcharges sur remblais	2	284	5	-4 434	0	509	427	4 434	61	284	0	509
Incrément poussée dynamique	8	1 079	-52	-202	0	5 785	2 377	202	366	1 079	0	5 785
Séisme dans le sens X	4 (CQC)	211	1 774	558	0	8 787	4 075	-558	2 312	211	0	8 787
Séisme dans le sens Y	5 (CQC)	1 095	148	247	0	8 478	2 551	-247	485	1 095	0	8 478
		0	0	0		0	0					
ELU Fondamental	107	3 224	7	-14 029	0	-3 203	3 079	14 029	413	3 224	0	-3 203
ELU Fondamental	108	3 650	15	-20 680	0	-2 440	3 720	20 680	506	3 650	0	-2 440
		0	0	0		0	0					
ELU Sismique accidentel	111	2 599	1 779	-9 834	0	6 414	6 356	9 834	2 618	2 599	0	6 414
ELU Sismique accidentel	112	2 927	1 823	-9 760	0	8 958	7 121	9 760	2 763	2 927	0	8 958
ELU Sismique accidentel	113	2 270	1 734	-9 908	0	3 871	5 591	9 908	2 472	2 270	0	3 871
ELU Sismique accidentel	114	3 483	154	-10 145	0	6 106	4 831	10 145	792	3 483	0	6 106
ELU Sismique accidentel	115	3 546	686	-9 978	0	8 742	6 054	9 978	1 485	3 546	0	8 742
ELU Sismique accidentel	116	3 419	-379	-10 313	0	3 470	3 609	10 313	855	3 419	0	3 470
ELU Sismique accidentel	119	2 769	1 782	-12 495	0	6 719	6 612	12 495	2 655	2 769	0	6 719
ELU Sismique accidentel	120	3 097	1 827	-12 421	0	9 263	7 378	12 421	2 801	3 097	0	9 263
ELU Sismique accidentel	121	2 441	1 738	-12 569	0	4 176	5 847	12 569	2 510	2 441	0	4 176
ELU Sismique accidentel	122	3 653	157	-12 806	0	6 411	5 088	12 806	829	3 653	0	6 411
ELU Sismique accidentel	123	3 716	689	-12 639	0	9 047	6 310	12 639	1 522	3 716	0	9 047
ELU Sismique accidentel	124	3 590	-375	-12 973	0	3 775	3 865	12 973	885	3 590	0	3 775
ELU Sismique accidentel	125	2 177	-1 769	-10 950	0	-11 159	-1 795	10 950	2 006	2 177	0	-11 159
ELU Sismique accidentel	126	1 294	-143	-10 638	0	-10 851	-270	10 638	179	1 294	0	-10 851
ELU Sismique accidentel	127	2 177	-1 769	-10 950	0	-11 159	-1 795	10 950	2 006	2 177	0	-11 159
ELU Sismique accidentel	128	1 849	-1 813	-11 023	0	-13 703	-2 560	11 023	2 151	1 849	0	-13 703
ELU Sismique accidentel	129	2 506	-1 724	-10 876	0	-8 616	-1 030	10 876	1 860	2 506	0	-8 616
ELU Sismique accidentel	130	1 294	-143	-10 638	0	-10 851	-270	10 638	179	1 294	0	-10 851
ELU Sismique accidentel	131	1 230	-675	-10 806	0	-13 487	-1 493	10 806	872	1 230	0	-13 487
ELU Sismique accidentel	132	1 357	389	-10 471	0	-8 215	953	10 471	515	1 357	0	-8 215
ELU Sismique accidentel	133	2 348	-1 765	-13 610	0	-10 854	-1 538	13 610	1 968	2 348	0	-10 854
ELU Sismique accidentel	134	1 464	-140	-13 299	0	-10 546	-14	13 299	142	1 464	0	-10 546
ELU Sismique accidentel	135	2 348	-1 765	-13 610	0	-10 854	-1 538	13 610	1 968	2 348	0	-10 854
ELU Sismique accidentel	136	2 019	-1 810	-13 684	0	-13 398	-2 304	13 684	2 114	2 019	0	-13 398
ELU Sismique accidentel	137	2 676	-1 721	-13 536	0	-8 311	-773	13 536	1 823	2 676	0	-8 311
ELU Sismique accidentel	138	1 464	-140	-13 299	0	-10 546	-14	13 299	142	1 464	0	-10 546
ELU Sismique accidentel	139	1 401	-672	-13 466	0	-13 182	-1 236	13 466	835	1 401	0	-13 182
ELU Sismique accidentel	140	1 527	392	-13 132	0	-7 910	1 209	13 132	552	1 527	0	-7 910
ELU Sismique accidentel												
ELS Caractéristique	144	2 388	5	-10 392	0	-2 373	2 281	10 392	306	2 388	0	-2 373
ELS Caractéristique	145	2 672	11	-14 826	0	-1 864	2 708	14 826	368	2 672	0	-1 864
ELS Quasi-permanent	146	2 388	5	-10 392	0	-2 373	2 281	10 392	306	2 388	0	-2 373
ELS Quasi-permanent	147	2 558	8	-13 052	0	-2 068	2 537	13 052	343	2 558	0	-2 068

I.1.2.2.DdC N°02

		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	V _d	H _{B,d}	H _{L,d}	M _{B,d}	M _{L,d}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]	[kN.m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN.m]	[kN.m]
Cas de charges / Combinaisons												
Charges permanentes/poussées des terres	1	2 661	-33	-10 372	0	-2 306	6 406	10 372	879	2 661	0	-2 306
Surcharges parking / surcharges sur remblais	2	283	-7	-4 423	0	519	1 238	4 423	170	283	0	519
Incrément poussée dynamique	8	1 106	-148	-221	0	5 898	5 973	221	937	1 106	0	5 898
Séisme dans le sens X	4 (CQC)	184	1 693	595	0	7 006	12 682	-595	3 367	184	0	7 006
Séisme dans le sens Y	5 (CQC)	1 090	273	230	0	8 438	6 152	-230	1 085	1 090	0	8 438
ELU Fondamental	107	3 592	-44	-14 002	0	-3 113	8 648	14 002	1 186	3 592	0	-3 113
ELU Fondamental	108	4 016	-55	-20 637	0	-2 335	10 506	20 637	1 442	4 016	0	-2 335
ELU Sismique accidentel	111	2 845	1 661	-9 777	0	4 700	19 088	9 777	4 181	2 845	0	4 700
ELU Sismique accidentel	112	3 172	1 743	-9 707	0	7 231	20 934	9 707	4 506	3 172	0	7 231
ELU Sismique accidentel	113	2 518	1 579	-9 846	0	2 168	17 242	9 846	3 855	2 518	0	2 168
ELU Sismique accidentel	114	3 751	241	-10 141	0	6 132	12 558	10 141	1 899	3 751	0	6 132
ELU Sismique accidentel	115	3 806	749	-9 963	0	8 234	16 363	9 963	2 909	3 806	0	8 234
ELU Sismique accidentel	116	3 695	-267	-10 320	0	4 030	8 754	10 320	1 423	3 695	0	4 030
ELU Sismique accidentel	119	3 015	1 657	-12 431	0	5 011	19 831	12 431	4 275	3 015	0	5 011
ELU Sismique accidentel	120	3 342	1 738	-12 361	0	7 543	21 677	12 361	4 600	3 342	0	7 543
ELU Sismique accidentel	121	2 688	1 575	-12 500	0	2 480	17 986	12 500	3 949	2 688	0	2 480
ELU Sismique accidentel	122	3 920	236	-12 795	0	6 444	13 301	12 795	1 992	3 920	0	6 444
ELU Sismique accidentel	123	3 976	744	-12 617	0	8 545	17 106	12 617	3 002	3 976	0	8 545
ELU Sismique accidentel	124	3 865	-272	-12 974	0	4 342	9 497	12 974	1 526	3 865	0	4 342
ELU Sismique accidentel	125	2 477	-1 726	-10 967	0	-9 312	-6 275	10 967	2 554	2 477	0	-9 312
ELU Sismique accidentel	126	1 571	-306	-10 602	0	-10 744	255	10 602	340	1 571	0	-10 744
ELU Sismique accidentel	127	2 477	-1 726	-10 967	0	-9 312	-6 275	10 967	2 554	2 477	0	-9 312
ELU Sismique accidentel	128	2 150	-1 808	-11 036	0	-11 843	-8 121	11 036	2 880	2 150	0	-11 843
ELU Sismique accidentel	129	2 804	-1 644	-10 898	0	-6 780	-4 430	10 898	2 229	2 804	0	-6 780
ELU Sismique accidentel	130	1 571	-306	-10 602	0	-10 744	255	10 602	340	1 571	0	-10 744
ELU Sismique accidentel	131	1 516	-814	-10 781	0	-12 846	-3 550	10 781	1 283	1 516	0	-12 846
ELU Sismique accidentel	132	1 626	202	-10 423	0	-8 643	4 059	10 423	738	1 626	0	-8 643
ELU Sismique accidentel	133	2 646	-1 730	-13 621	0	-9 000	-5 532	13 621	2 460	2 646	0	-9 000
ELU Sismique accidentel	134	1 741	-310	-13 256	0	-10 433	998	13 256	442	1 741	0	-10 433
ELU Sismique accidentel	135	2 646	-1 730	-13 621	0	-9 000	-5 532	13 621	2 460	2 646	0	-9 000
ELU Sismique accidentel	136	2 319	-1 812	-13 690	0	-11 532	-7 378	13 690	2 786	2 319	0	-11 532
ELU Sismique accidentel	137	2 973	-1 648	-13 552	0	-6 469	-3 687	13 552	2 135	2 973	0	-6 469
ELU Sismique accidentel	138	1 741	-310	-13 256	0	-10 433	998	13 256	442	1 741	0	-10 433
ELU Sismique accidentel	139	1 686	-818	-13 435	0	-12 535	-2 807	13 435	1 189	1 686	0	-12 535
ELU Sismique accidentel	140	1 796	198	-13 078	0	-8 331	4 802	13 078	832	1 796	0	-8 331
ELS Caractéristique	144	2 661	-33	-10 372	0	-2 306	6 406	10 372	879	2 661	0	-2 306
ELS Caractéristique	145	2 944	-40	-14 795	0	-1 787	7 645	14 795	1 049	2 944	0	-1 787
ELS Quasi-permanent	146	2 661	-33	-10 372	0	-2 306	6 406	10 372	879	2 661	0	-2 306
ELS Quasi-permanent	147	2 831	-37	-13 026	0	-1 995	7 149	13 026	981	2 831	0	-1 995

I.2. Type et niveaux d'assise des fondations

I.2.1. Type/mode de fondation

Il est retenu un mode de fondation superficiel suivant la NF P 94-261. Le type de fondation retenu par blocs structurel de l'ouvrage du parking est :

Semelles de fondations superficielles, avec dimensionnement à la condition de fontis.

I.2.2. Profondeur hors-gel à atteindre

Mise hors-gel des fondations (annexe O, NF P94-261) :

$$H = H_0 + (A - 150)/4000 = 0.70 + (2140 - 150) / 4000$$

$$H = 1.20 \text{ m de profondeur de mise hors-gel}$$

I.2.3. Niveaux d'assise des semelles de fondation

On étudie une solution de fondations superficielles filantes, répondant aux conditions d'ancrage suivantes :

- Ancrage d'au minimum 0,30 m de profondeur dans les moraines (formation 3),
 - Encastrement minimal de 0,80 m / arase inférieure dalle portée niveau base,
 - Ancrage d'au minimum 1,20 m par rapport au niveau fini extérieur fini de l'ouvrage du parking, afin de respecter la garde hors-gel des fondations ;
 - La condition de fontis est prise en compte dans la modélisation structure.
- Pour rappel : diamètre fontis de calcul = 5m.

I.3. Préconisations d'exécution

Dans le cas de niveaux d'assise décalés entre fondations voisines (pour s'adapter aux variations du toit de la formation d'ancrage par exemple), étant en zone de sismicité 3, on limitera les redans ou le décalage d'assise entre fondations en respectant les schémas suivants :

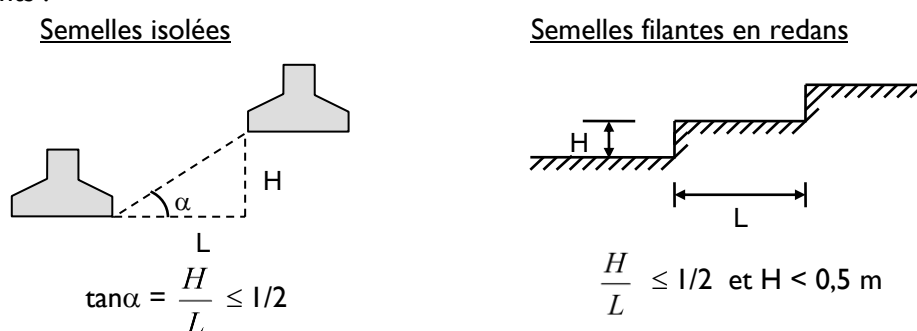


Schéma de principe de la règle relative aux fondations posées à différents niveaux

Les travaux seront réalisés en dehors des périodes de pluie.

Avant de couler les fondations, l'homogénéité des fonds de fouille sera soigneusement contrôlée. Les épaisseurs de terrains de couverture et/ou terrains douteux non repérés par nos sondages (par exemple poches de remblais ou sols comportant des éléments végétaux ...) ainsi que les terrains altérés par les engins ou les intempéries devront conduire à un approfondissement du plan de pose des fondations afin de garantir l'ancrage requis dans les sols en place. Le rattrapage se fera par du gros béton. L'avis des géotechniciens G3 et G4 sera sollicité pour s'assurer de la nature et de l'état des terrains en fonds de fouille.

Une mission G3 phase suivi aura pour objectif d'effectuer un suivi à l'avancement des terrassements en déblai, de manière à déceler le cas échéant tout indice de décompression pouvant traduire une activité de fontis en profondeur.

Les fonds de fouille devront être parfaitement curés et nettoyés avant le coulage.

Les fondations seront coulées pleine-fouille immédiatement après ouverture.

En cas de venues d'eau ponctuelles, on les évacuera aussitôt par pompage. Les dispositifs seront adaptés et contrôlés pour s'assurer de l'absence de tout départ de fines.

I.4. Critères de dimensionnement des fondations

Le dimensionnement des fondations se base sur la norme NF P94-261 et l'EN1998-5.

I.4.1. Stabilités externes : Glissement

On vérifie que l'effort horizontal global sous la fondation H_d reste inférieur à la valeur limite $R_{h;d}$:

$$H_d < R_{h;d} + R_{p;d}$$

$R_{p;d}$: résistance frontale/tangentielle de la fondation à l'effet de H_d , non pris en compte
 $R_{h;d}$: résistance au glissement de la fondation sur le terrain

- **Glissement (ELU-STR/GEO et ELU-ACCIDENTEL) :**

$$R_{h;d} = V_d * \tan(\delta_{a;k}) / (\gamma_{R;h} * \gamma_{R;d;h})$$

$$\gamma_{R;h} = 1.1 \text{ (ELUf)}$$

$$\gamma_{R;h} = 1.0 \text{ (ELUacc)}$$

$$\gamma_{R;d;h} = 1.1$$

$$\delta_{a;k} = 30^\circ \text{ (angle de frottement sol / semelle)}$$

V_d : valeur de la composante verticale de la charge transmise au sol par la fondation.

- **Glissement (ELU-sismique) :**

$$R_{h;d} = N_{Ed} * \tan(\delta_{a;k}) / \gamma_M$$

$$\gamma_M = 1.25 \text{ pour un sol frottant}$$

$$\delta_{a;k} = 30^\circ \text{ (angle de frottement sol / fondation)}$$

N_{Ed} : valeur de la composante verticale de la charge transmise au sol par la fondation.

NB1 : Dans le cas où le non-glissement ne serait pas vérifié, il sera procédé à une évaluation du déplacement du bâtiment par rapport au sol en cas de glissement.

NB2 : Conformément à l'Eurocode 8 (EN1998-1), il est possible de vérifier le glissement en condition non drainée.

I.4.2. Stabilités externes : Renversement

On vérifie que l'excentricité des charges respecte les critères suivants :

$$[1 - (2 * e_b / B)] * [1 - (2 * e_l / L)] > 1/2 \quad \text{(ELSc)}$$

$$[1 - (2 * e_b / B)] * [1 - (2 * e_l / L)] > 2/3 \quad \text{(ELSqp et ELSf)}$$

$$[1 - (2 * e_b / B)] * [1 - (2 * e_l / L)] > 1/15 \quad \text{(ELUf, ELUacc et ELUsis)}$$

e_b : excentricité de la charge suivant la largeur B

e_l : excentricité de la charge suivant la longueur L

I.4.3. Stabilités externes : Mobilisation du sol (contraintes de calcul)

I.4.3.1. Situations statiques

Le calcul et le dimensionnement des fondations en situation statique seront conduits aux ELS quasi-permanentes, ELS caractéristiques et à l'ELU fondamental suivant les recommandations de l'Eurocode 7 et sa norme d'application NF P 94-261.

Pour une semelle filante ancrée conformément aux préconisations du paragraphe I.2, on étudie la capacité portante du sol en vérifiant que la contrainte de référence q_{ref} obtenue sous la fondation est inférieure à la contrainte admissible suivante.

Nous retenons les valeurs suivantes :

$$P_{le}^* = 1200 \text{ kPa}$$

$$k_p = 0.89 \text{ (pour } De/B = 0,80/2,50)$$

$$i\delta = \text{variable entre 0 et 1.0 (suivant inclinaison de la charge)}$$

$$i\beta = 1.0 \text{ (charges éloignées de tout talus)}$$

On a alors la contrainte nette évaluée à : $q_{net} = k_p \cdot P l e^* \cdot i_\delta \cdot i_\beta = 1068 \text{ kPa}$
(avec $i_\delta = i_\beta = 1.00$)

En considérant $q_0 = (2133 - 2129) \times \gamma h = 4 \times 20 = 80 \text{ kPa}$

Contrainte caractéristique : $q_{v;k} = q_{net} / 1.2 = 890 \text{ kPa}$
à l'ELU : $q'_{ELU} - q_0 = q_{v;k} / 1.4 = 715 \text{ kPa}$ (avec $i_\delta = 1.00$)
à l'ELS : $q'_{ELS} - q_0 = q_{v;k} / 2.3 = 434 \text{ kPa}$ (avec $i_\delta = 1.00$)

$q'_{ELU} - q_0 = 0,715 i_\delta$ (en MPa)
$q'_{ELS} - q_0 = 0,467 i_\delta$ (en MPa)

avec i_δ un coefficient lié à l'inclinaison de la charge ($i_\delta=1$ pour une charge verticale et <1 pour une charge inclinée).

Ces contraintes de calculs s'entendent pour des fonds de fouilles sains et non remaniés.

I.4.3.2. Situations sismiques

Le calcul et le dimensionnement des fondations en situation sismique seront conduits suivant l'approche proposée par la CNJOG (note du 12/10/2022), proposant une adaptation simplificatrice de l'annexe F de l'EC8-5. Celle-ci consiste à réaliser le dimensionnement des fondations avec les mêmes principes et équations qu'en statique, en y intégrant un coefficient de réduction i_g rendant compte de l'effet des forces d'inertie dans le terrain.

Pour les sols frottants : $i_g = (1 - \bar{F}^{1.5})^{0.5}$

Où : $\bar{F} = \frac{a_g}{g \tan \varphi'_d}$ est la force d'inertie du sol (sans dimension)

a_g est la valeur de calcul de l'accélération du sol pour un sol de classe A

g est l'accélération de la pesanteur

φ'_d est la valeur de calcul de l'angle de frottement du sol sous la fondation (qui inclut le paramètre partiel de matériau en situation sismique γ_M)

Avec : $\varphi' = 30^\circ$
 $\varphi'_d = 24.8^\circ$, donc $i_g = 0,94$.

Pour une fondation isolée ou filante descendue et ancrée conformément aux préconisations du paragraphe I.2, nous retenons :

$q'_{ELU} \text{ Sismique} = 0,67 i_\delta$ (en MPa)
--

avec i_δ un coefficient lié à l'inclinaison de la charge ($i_\delta=1$ pour une charge verticale et <1 pour une charge inclinée).

Le liaisonnement horizontal entre fondations devra être conforme aux exigences de l'Eurocode 8.

Résistance au cisaillement du sol support de fondation

Les semelles filantes de fondation de l'ouvrage du parking seront ancrées dans les moraines, de compacité telle que $\varphi' = 30^\circ$ et correspond à un sol frottant pour les calculs statiques.

Pour les calculs sismiques, les valeurs de résistance au cisaillement à considérer pour les études PRO pourront être :

$$\begin{aligned} \varphi_u &= 30^\circ \\ C_u &= 10 \text{ kPa} \end{aligned}$$

I.4.4. Tassements et déformations admissibles [ELS]

Nous avons recherché une limitation des tassements, sous chargement ELS-CAR, à la valeur suivante :

Tassement absolu sous semelle :	20 mm
Tassement différentiel :	Déflexion de la semelle filante $< 1/500$

Hors déplacement accidentel lié à l'apparition du fontis de calcul.

Ces éléments sont à valider par le BE structure et le bureau de contrôle.

I.5. CALCULS/RESULTATS :VERIFICATIONS DES SEMELLES DE FONDATION

Le dimensionnement PRO des semelles est réalisé conformément aux normes NF P94-261 et EN 1998-5 avec le logiciel FOXTA.

La capacité portante et la résistance au glissement des semelles filantes de 2,50 m de largeur sont vérifiées pour les descentes de charges présentées au paragraphe 0 (cf. détail des calculs en annexe).

Les tassements calculés sont inférieurs à 0,5 cm. Rappelons que les tassements sont essentiellement conditionnés par le soin porté à l'exécution des fondations (homogénéité du fond de fouille, ancrage, ...), et hors configuration/situation ELU accidentelle d'apparition de fontis.

Le BET structure devra se prononcer sur l'admissibilité de ces tassements.

Les descentes de charges transmises sont issues d'une modélisation en appuis fixes et que si le BET souhaite intégrer une souplesse d'appuis, sous sollicitations sismiques (et éventuellement statique), la répartition des efforts dans la structure s'en trouvera modifiée.

Les efforts sont issus d'une première hypothèse de poussées statiques et sismiques sur les voiles enterrés, et que les éléments du présent rapport (chapitre H) devront être intégrés à la modélisation de la structure ; les descentes de charges en seront modifiées.

En fonction des écarts de descente de charges, il pourra être jugé nécessaire de reprendre le dimensionnement des fondations et leur vérifications géotechniques.

I.5.1. Avec DdC N°01

N° cas de charge	Combinaison	Vd [kN]	Hd [kN]	R0 [kN]	Seff/Stot	Rvd [kN]	Rhd [kN]	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement [cm]
1	ELU-Fondamentales	14029.00	3250.40	1060.50	0.98	27320.00	6693.90	Ok	Ok	Ok	
2	ELU-Fondamentales	20680.00	3684.90	1060.50	0.99	31317.00	9867.40	Ok	Ok	Ok	
3	ELU-Sismiques	9834.00	3689.10	1060.50	0.96	18427.00	4542.10	Ok	Ok	Ok	
4	ELU-Sismiques	9760.00	4025.20	1060.50	0.94	16397.00	4508.00	Ok	Ok	Ok	
5	ELU-Sismiques	9908.00	3356.20	1060.50	0.97	20625.00	4576.30	Ok	Ok	Ok	
6	ELU-Sismiques	10145.00	3571.90	1060.50	0.96	19638.00	4685.80	Ok	Ok	Ok	
7	ELU-Sismiques	9978.00	3844.50	1060.50	0.94	17665.00	4608.60	Ok	Ok	Ok	
8	ELU-Sismiques	10313.00	3524.40	1060.50	0.98	20540.00	4763.40	Ok	Ok	Ok	
9	ELU-Sismiques	12495.00	3836.10	1060.50	0.96	22153.00	5771.20	Ok	Ok	Ok	
10	ELU-Sismiques	12421.00	4175.70	1060.50	0.95	20262.00	5737.00	Ok	Ok	Ok	
11	ELU-Sismiques	12569.00	3501.10	1060.50	0.98	24146.00	5805.40	Ok	Ok	Ok	
12	ELU-Sismiques	12806.00	3745.80	1060.50	0.97	23045.00	5914.80	Ok	Ok	Ok	
13	ELU-Sismiques	12639.00	4015.60	1060.50	0.95	21292.00	5837.70	Ok	Ok	Ok	
14	ELU-Sismiques	12973.00	3697.50	1060.50	0.98	23822.00	5992.00	Ok	Ok	Ok	
15	ELU-Sismiques	10950.00	2960.20	1060.50	0.93	23507.00	5057.60	Ok	Ok	Ok	
16	ELU-Sismiques	10638.00	1306.30	1060.50	0.93	33489.00	4913.50	Ok	Ok	Ok	
17	ELU-Sismiques	10950.00	2960.20	1060.50	0.93	23507.00	5057.60	Ok	Ok	Ok	
18	ELU-Sismiques	11023.00	2836.40	1060.50	0.92	23899.00	5091.30	Ok	Ok	Ok	
19	ELU-Sismiques	10876.00	3120.80	1060.50	0.95	22906.00	5023.40	Ok	Ok	Ok	
20	ELU-Sismiques	10638.00	1306.30	1060.50	0.93	33489.00	4913.50	Ok	Ok	Ok	
21	ELU-Sismiques	10806.00	1507.80	1060.50	0.92	31707.00	4991.10	Ok	Ok	Ok	
22	ELU-Sismiques	10471.00	1451.40	1060.50	0.95	32834.00	4836.30	Ok	Ok	Ok	
23	ELU-Sismiques	13610.00	3063.70	1060.50	0.95	26705.00	6286.20	Ok	Ok	Ok	
24	ELU-Sismiques	13299.00	1470.90	1060.50	0.95	34982.00	6142.50	Ok	Ok	Ok	
25	ELU-Sismiques	13610.00	3063.70	1060.50	0.95	26705.00	6286.20	Ok	Ok	Ok	
26	ELU-Sismiques	13684.00	2923.30	1060.50	0.94	27115.00	6320.40	Ok	Ok	Ok	
27	ELU-Sismiques	13536.00	3238.00	1060.50	0.96	26126.00	6252.00	Ok	Ok	Ok	
28	ELU-Sismiques	13299.00	1470.90	1060.50	0.95	34982.00	6142.50	Ok	Ok	Ok	
29	ELU-Sismiques	13466.00	1631.10	1060.50	0.94	33714.00	6219.70	Ok	Ok	Ok	
30	ELU-Sismiques	13132.00	1623.60	1060.50	0.96	34412.00	6065.40	Ok	Ok	Ok	
31	ELS-Characteristiques	10392.00	2407.50	1060.50	0.98	16631.00		Ok	Ok	-	
32	ELS-Characteristiques	14826.00	2697.30	1060.50	0.99	18884.00		Ok	Ok	-	
33	ELS-Quasi-permanentes	10392.00	2407.50	1060.50	0.98	16631.00		Ok	Ok	-	0.38
34	ELS-Quasi-permanentes	13052.00	2580.90	1060.50	0.99	18144.00		Ok	Ok	-	0.59

I.5.2. Avec DdC N°02

N° cas de charge	Combinaison	Vd [kN]	Hd [kN]	R0 [kN]	Seff/Stot	Rvd [kN]	Rhd [kN]	Portance	Excentrement	Glissement	Tassement [cm]
1	ELU-Fondamentales	14002.00	3782.70	1515.00	0.99	26320.00	6681.00	Ok	Ok	Ok	
2	ELU-Fondamentales	20637.00	4267.00	1515.00	0.99	30712.00	9846.90	Ok	Ok	Ok	
3	ELU-Sismiques	9777.00	5057.20	1515.00	0.97	14178.00	4515.80	Ok	Ok	Non valide(*)	
4	ELU-Sismiques	9707.00	5510.50	1515.00	0.95	12309.00	4483.50	Ok	Ok	Non valide(*)	
5	ELU-Sismiques	9846.00	4604.50	1515.00	0.99	16303.00	4547.70	Ok	Ok	Non valide(*)	
6	ELU-Sismiques	10141.00	4204.30	1515.00	0.96	18099.00	4683.90	Ok	Ok	Ok	
7	ELU-Sismiques	9963.00	4790.40	1515.00	0.95	15142.00	4601.70	Ok	Ok	Non valide(*)	
8	ELU-Sismiques	10320.00	3959.50	1515.00	0.97	19810.00	4766.60	Ok	Ok	Ok	
9	ELU-Sismiques	12431.00	5231.20	1515.00	0.97	18071.00	5741.60	Ok	Ok	Ok	
10	ELU-Sismiques	12361.00	5685.90	1515.00	0.96	16180.00	5709.30	Ok	Ok	Ok	
11	ELU-Sismiques	12500.00	4777.00	1515.00	0.99	20142.00	5773.50	Ok	Ok	Ok	
12	ELU-Sismiques	12795.00	4397.10	1515.00	0.97	21666.00	5909.80	Ok	Ok	Ok	
13	ELU-Sismiques	12617.00	4982.00	1515.00	0.96	18901.00	5827.50	Ok	Ok	Ok	
14	ELU-Sismiques	12974.00	4155.30	1515.00	0.98	23186.00	5992.40	Ok	Ok	Ok	
15	ELU-Sismiques	10967.00	3557.90	1515.00	0.94	22160.00	5065.40	Ok	Ok	Ok	
16	ELU-Sismiques	10602.00	1607.40	1515.00	0.93	32682.00	4896.90	Ok	Ok	Ok	
17	ELU-Sismiques	10967.00	3557.90	1515.00	0.94	22160.00	5065.40	Ok	Ok	Ok	
18	ELU-Sismiques	11036.00	3594.00	1515.00	0.93	21747.00	5097.30	Ok	Ok	Ok	
19	ELU-Sismiques	10898.00	3582.00	1515.00	0.96	22281.00	5033.60	Ok	Ok	Ok	
20	ELU-Sismiques	10602.00	1607.40	1515.00	0.93	32682.00	4896.90	Ok	Ok	Ok	
21	ELU-Sismiques	10781.00	1986.00	1515.00	0.92	30006.00	4979.50	Ok	Ok	Ok	
22	ELU-Sismiques	10423.00	1785.60	1515.00	0.95	31689.00	4814.20	Ok	Ok	Ok	
23	ELU-Sismiques	13621.00	3612.90	1515.00	0.96	25844.00	6291.30	Ok	Ok	Ok	
24	ELU-Sismiques	13256.00	1796.20	1515.00	0.95	34401.00	6122.70	Ok	Ok	Ok	
25	ELU-Sismiques	13621.00	3612.90	1515.00	0.96	25844.00	6291.30	Ok	Ok	Ok	
26	ELU-Sismiques	13690.00	3624.90	1515.00	0.94	25548.00	6323.10	Ok	Ok	Ok	
27	ELU-Sismiques	13552.00	3660.20	1515.00	0.97	25875.00	6259.40	Ok	Ok	Ok	
28	ELU-Sismiques	13256.00	1796.20	1515.00	0.95	34401.00	6122.70	Ok	Ok	Ok	
29	ELU-Sismiques	13435.00	2063.10	1515.00	0.94	32726.00	6205.40	Ok	Ok	Ok	
30	ELU-Sismiques	13078.00	1979.40	1515.00	0.96	33571.00	6040.50	Ok	Ok	Ok	
31	ELS-Caractéristiques	10372.00	2802.40	1515.00	0.99	16019.00		Ok	Ok	-	
32	ELS-Caractéristiques	14795.00	3125.30	1515.00	0.99	18495.00		Ok	Ok	-	
33	ELS-Quasi-permanentes	10372.00	2802.40	1515.00	0.99	16019.00		Ok	Ok	-	0.26
34	ELS-Quasi-permanentes	13026.00	2996.20	1515.00	0.99	17675.00		Ok	Ok	-	0.47

(*) : les cas où le non-glissement n'est pas vérifié, il devra être procédé à une évaluation du déplacement de l'ouvrage par rapport au sol. Sinon, les descentes de charges devront être précisées avec l'orientation et la direction de la résultante qui engendre ce glissement pour tenir compte d'une éventuelle résistance de butée de l'ouvrage dans les sols et remblais contre les hauteurs des semelles, voir sur les hauteurs des murs d'extrémités s'ils sont dimensionnés pour résister aux efforts de butée.

I.5.3. Raideurs des semelles de fondation

I.5.3.1. Méthodologie et hypothèses

Estimation des raideurs horizontales et rotationnelles :

Les raideurs horizontales et rotationnelles sont déduites de la raideur verticale calculée précédemment à partir des solutions analytiques de Gazetas (1991).

Les résultats fournis sont une estimation des raideurs sous des charges de « courte durée » et « sismique » en appliquant les corrélations usuelles suivantes :

- $KCT = 2 KLT$
- $KSISM = 3 \text{ à } 6 KLT$ (selon intensité du séisme)

Où KLT , KCT et $KSISM$ désignent les raideurs de la fondation respectivement sous un chargement de « long durée », de « courte durée » et « sismique ».

Suivant EN1998-5 Tab.4.1, les hypothèses de fourchette de module $E_{sismique}$ retenues sont :

$$G/G_{max} = 0,60$$

Rapport d'accélération du sol, $\alpha.S$	Coefficient d'amortissement max.	$\frac{V_s}{V_{s,max}}$	$\frac{G}{G_{max}}$
0.10	0.03	0.90 (±0,07)	0.80 (±0,10)
0.20	0.06	0.70 (±0,15)	0.50 (±0,20)
0.30	0.10	0.60 (±0,15)	0.36 (±0,20)
0.168	0.05	0.76	0.60

I.5.3.1. Résultats : raideurs K_v , K_{HB} , K_{HL} , K_{MB} , K_{ML}

Type	K_v [kN/m]	K_{HB} [kN/m]	K_{HL} [kN/m]	K_{MB} [kNm/rad]	K_{ML} [kNm/rad]
Raideurs statiques LT	1 254 500	1 196 900	768 730	3 276 400	119 950 000
Raideurs statiques CT	2 508 900	2 393 800	1 537 500	6 552 700	239 900 000
Raideurs sismiques Min	3 763 400	3 590 700	2 306 200	9 829 100	359 840 000
Raideurs sismiques Max	7 526 800	7 181 400	4 612 400	19 658 000	719 690 000

K_v : Raideurs verticales

K_{HB} : Raideurs horizontales transversales à la fondation

K_{HL} : Raideurs horizontales longitudinales à la fondation

K_{MB} : Raideurs rotationnelles transversales à la fondation

K_{ML} : Raideurs rotationnelles longitudinales à la fondation

Le présent rapport conclut la phase PRO de la mission d'étude géotechnique de projet G2 confiée à FONDASOL.

Selon la norme NF P94-500, elle doit être suivie de la phase d'Assistance à Contrat de Travaux limitée aux seuls ouvrages géotechniques consistant notamment en :

- rédaction des éléments géotechniques nécessaires à l'élaboration d'un DCE (soit éléments de CCTP, BPU, et DQE),
- assistance pour l'analyse technique des offres des entreprises.

Fondasol reste à la disposition du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre pour réaliser cette prestation.

Au stade des travaux, une mission de supervision d'étude et de suivi géotechnique d'exécution G4 doit être confiée à un géotechnicien pour :

- valider les méthodes de construction, ainsi que les adaptations et optimisations des ouvrages géotechniques, proposées par l'entreprise,
- vérifier le dimensionnement des ouvrages géotechniques de l'entreprise,
- valider le programme d'auscultations et d'investigations proposé par l'entreprise,
- s'assurer du bon comportement des ouvrages et des avoisinants en cours de travaux, et de la maîtrise par l'entreprise des éventuels aléas résiduels dans le cadre de la mission d'étude et de conception G3 qui reste à sa charge.

FONDASOL est à la disposition du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre pour réaliser cette mission.



ANNEXES

ANNEXE I : ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P94-500)

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 ci-après. 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.

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, Esquisse, APS	Études 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 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Études géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (<i>en interaction avec la phase suivi</i>)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (<i>en interaction avec la phase supervision du suivi</i>)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (<i>en interaction avec la Phase Étude</i>)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (<i>en interaction avec la phase Supervision de l'étude</i>)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante

Février 2014

ANNEXE 2 : MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P94-500)

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 GEOTECHNIQUE 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 GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GEOTECHNIQUE 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.

A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

Février 2014



fondasol

www.groupefondasol.com

AGENCE CONCEPTION GRANDS PROJETS

231, route de Morières
Z.A. Saint Montange
84270 VEDENE

☎ 04.90.31.54.76

📠 04 90 25 08 94

✉ grands-projets@fondasol.fr

ANNEXE 3 - Etude hydrogéologique

FONDASOL – 18/01/2024



fondasel

**- Mission G5 au stade PRO-
Estimation des niveaux caractéristiques et des
débits de mise hors d'eau**

Rapport n° PR.RAGT.22.0214-DTHY.004.D- 18/01/2024

INDIGO PARK

INDIGO

**Construction du parking automobile « Boucle Est »
Val Claret
73 320 TIGNES**

CELLULE HYDROGEOLOGIE LYON

106 avenue Franklin Roosevelt
69120 VAULX-EN-VELIN

SUIVI DES MODIFICATIONS ET MISES A JOUR

FTQ.261-B

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
-	13/10/2023	43	1 ^{ère} diffusion	A.BENOIT	F.GUIRAUD
A	23/10/2023	43	Retour suite première diffusion	A.BENOIT	
B	13/12/2023	47	2 ^{ème} campagne de relevés piézométriques et de mesures de perméabilité	A.BENOIT	F.GUIRAUD
C	14/12/2023	47	Modifications mineures	A.BENOIT	F. GUIRAUD
D	18/01/2024	47	Modifications mineures	A.BENOIT	F. GUIRAUD

REV PAGE	-	A	B	C	D	REV PAGE	-	A	B	C	D	REV PAGE	-	A	B	C
1	X	X	X	X	X	41	X					81				
2	X	X	X	X	X	42	X					82				
3	X	X	X		X	43	X					83				
4	X	X	X		X	44						84				
5	X	X	X		X	45						85				
6	X	X	X			46						86				
7	X					47						87				
8	X					48						88				
9	X					49						89				
10	X					50						90				
11	X					51						91				
12	X				X	52						92				
13	X					53						93				
14	X					54						94				
15	X					55						95				
16	X					56						96				
17	X					57						97				
18	X					58						98				
19	X					59						99				
20	X		X			60						100				
21	X		X			61						101				
22	X		X			62						102				
23	X		X			63						103				
24	X		X			64						104				
25	X		X			65						105				
26	X		X			66						106				
27	X		X			67						107				
28	X	X	X			68						108				
29	X		X		X	69						109				
30	X		X			70						110				
31	X		X			71						111				
32	X		X			72						112				
33	X		X			73						113				
34	X		X			74						114				
35	X		X			75						115				
36	X		X	X		76						116				
37	X		X	X		77						117				
38	X					78						118				
39	X					79						119				
40	X					80						120				

SOMMAIRE

A.	Présentation de notre mission	5
A.1.	Description sommaire du projet	5
A.2.	Mission selon la norme NF P 94-500	7
A.3.	Intervenants	8
A.4.	Documents utilisés	8
B.	Descriptif général du site et approche documentaire	9
B.1.	Topographie, occupation du site et avoisinants	9
B.1.1.	Contexte géologique du site	9
B.2.	Contexte hydrogéologique	11
B.2.1.	Aquifères en présence	11
B.2.2.	Remontée de nappes	11
B.2.3.	Points d'observation recensés à proximité du projet	12
B.2.4.	Suivi piézométrique d'archive	14
B.2.5.	Usage de la ressource	14
B.3.	Contexte hydrologique	14
B.3.1.	Les cours d'eau	14
B.3.2.	Inondation	15
B.4.	Contexte pluviométrique	15
C.	Investigations in-situ	17
C.1.	Investigations in-situ	17
C.2.	Nivellement des sondages	18
D.	Synthèse hydrogéotechnique du projet	19
D.1.	Lithologie	19
D.2.	Hydrogéologie	20
D.2.1.	Nappe présente au droit du site	20
D.2.2.	Cote de la nappe	20
D.2.3.	Perméabilités des formations rencontrées	23
E.	Estimation des niveaux de référence	26
E.1.	Paramètres retenus	26
E.1.1.	Battement saisonnier et interannuel (B)	27
E.1.2.	Niveau d'étiage (NA)	28
E.1.3.	Influence des pompes voisins (R)	28
E.1.4.	Transmission de l'onde de crue (A)	28
E.2.	Estimation des niveaux caractéristiques selon les Eurocodes	29
F.	Avis sur les risques d'interférence avec le projet	31
G.	Estimation du débit de mise hors d'eau en phase travaux	32
G.1.	Hypothèse de calcul	32
G.2.	Méthodes de calcul	33
G.3.	Calcul théorique des débits de mise hors d'eau	34
G.4.	Synthèse	36