



Vérification de l'ouvrage de soutènement

Données d'entrée

Projet

Date : 28.10.2015

Paramètres

(saisie pour l'étude actuelle)

Matériaux et normes

Structures en béton : CSN 73 1201 R
Structures en acier : EN 1993-1-1 (EC3)
Coefficient partiel de capacité portante de la section en acier : $\gamma_{M0} = 1,00$

Calcul des pressions

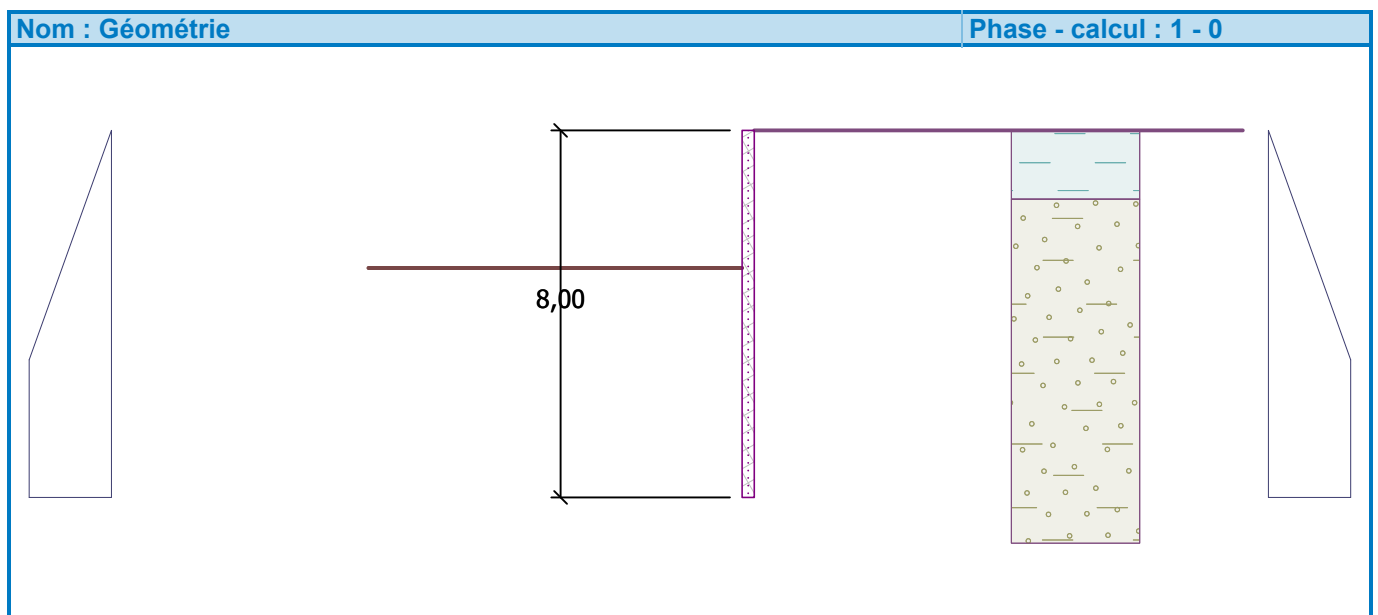
Calcul de la pression active : Théorie de Coulomb (norme CSN 730037)
Calcul de la pression passive : Théorie de Caquot-Kerisel
Méthode de calcul : pressions dépendants
Calcul du séisme : Mononobe-Okabe
Module de réact. du sol de fond. : saisir
Méthode de vérification : coefficients de sécurité

Coefficients de sécurité		
Situation de calcul permanente		
Coefficient de sécurité de la stabilité de l'ancrage :	$SF_a =$	1,50 [-]

Géométrie de la structure

Long. de la structure = 8,00 m

Nom de section : Mur en béton armé h = 0,30 m
Surface de la section A = 3,00E-01 m²/m
Moment d'inertie I = 2,25E-03 m⁴/m
Module d'élasticité E = 27000,00 MPa
Module d'élasticité en cisaillement G = 11340,00 MPa



Matériau de la structure

Le calcul des structures en béton a été effectué selon la norme CSN 73 1201 R.

Béton : B 20
Résistance en compression $R_{bd} = 11,50$ MPa





Résistance à la traction $R_{btd} = 0,90$ MPa
 Module d'élasticité $E_b = 27000,00$ MPa
 Module d'élasticité en cisaillement $G = 11340,00$ MPa
 Acier longitudinal : 10 216 E
 Résistance en compression $R_{scd} = 190,00$ MPa
 Résistance à la traction $R_{sd} = 190,00$ MPa



Diagramme du module de réaction du sol de fondation (devant et derrière la paroi)

Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]
0.00	0.00	0.00
5.00	10.00	10.00
8.00	10.00	10.00

Paramètres de base des sols

Num.	Nom	Echantillon	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Clayey sand		29,00	5,00	18,00	10,00	15,00
2	Clay with high plasticity		15,00	5,00	20,50	10,50	15,00

Paramètres des sols employés pour calculer la pression au repos

Num.	Nom	Echantillon	Type du calcul	φ_{ef} [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	Clayey sand		cohérent	-	0,30	-	-
2	Clay with high plasticity		cohérent	-	0,30	-	-

Paramètres des sols

Clayey sand

Poids volumique : $\gamma = 18,00$ kN/m³
 Etat de contraintes : effective
 Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 29,00$ °
 Cohésion du sol : $c_{ef} = 5,00$ kPa
 Angle de frot. structure-sol : $\delta = 15,00$ °
 Sol : cohérent
 Coefficient de Poisson : $\nu = 0,30$
 Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 20,00$ kN/m³

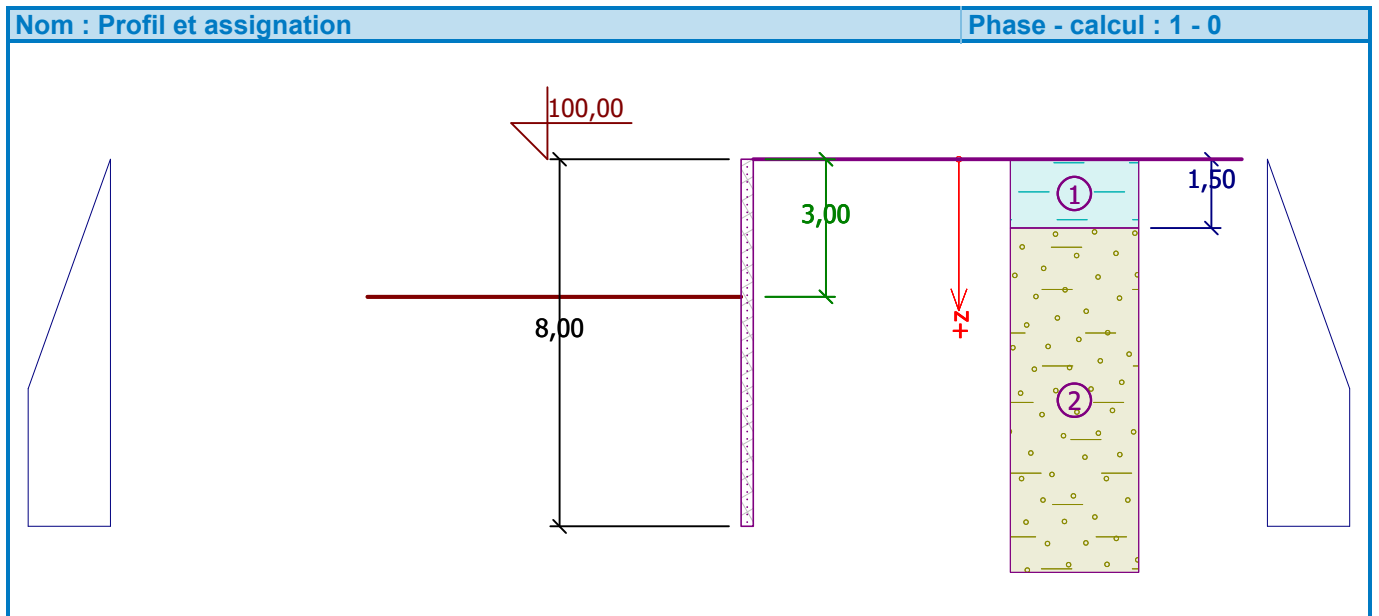
Clay with high plasticity

Poids volumique : $\gamma = 20,50$ kN/m³
 Etat de contraintes : effective
 Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 15,00$ °
 Cohésion du sol : $c_{ef} = 5,00$ kPa
 Angle de frot. structure-sol : $\delta = 15,00$ °
 Sol : cohérent
 Coefficient de Poisson : $\nu = 0,30$
 Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 20,50$ kN/m³



Coupe géologique et assignation des sols

Num.	Couche [m]	Sol assigné	Echantillon
1	1,50	Clay with high plasticity	
2	-	Clayey sand	



Excavation

Le sol devant le mur a été excavé en profondeur 3,00 m.

Profil du terrain

Le terrain derrière la structure est plan.

Effet de l'eau

La nappe phréatique est en dessous de la structure.

Paramètres globaux du calcul

Le nombre des éléments finis qui constituent le mur = 30

La valeur $\sigma_{a,min}$ considérée pour la pression dimensionnante minimale = $0,20\sigma_z$

Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente

Résultats de calcul (Phase de construction 1)

Diagrammes des pressions appliquées à la structure (devant et derrière la paroi)

Profondeur [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	14.29
0.61	0.00	0.00	0.00	2.49	5.33	40.61
1.50	-0.00	-0.00	-0.00	9.15	13.18	79.34
1.50	0.00	0.00	0.00	6.15	13.18	158.04
3.00	-0.00	-0.00	-0.00	12.48	24.75	278.58
3.00	-0.00	-0.00	-20.77	12.48	24.75	278.58



Profondeur [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
3.92	-0.00	-7.07	-94.36	17.46	31.82	352.17
8.00	-22.23	-38.57	-422.55	39.69	63.32	680.36

Diagrammes du module de réaction du sol de fondation et des forces internes appliquées à la structure

Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-10.69	0.00	0.00	-0.00
0.27	0.00	0.00	-10.14	1.09	-0.15	0.01
0.53	0.00	0.00	-9.60	2.19	-0.58	0.10
0.80	0.00	0.00	-9.05	3.93	-1.40	0.36
1.07	0.00	0.00	-8.51	5.92	-2.71	0.89
1.33	0.00	0.00	-7.97	7.91	-4.56	1.85
1.60	0.00	0.00	-7.43	6.57	-6.49	3.33
1.87	0.00	0.00	-6.89	7.70	-8.39	5.31
2.13	0.00	0.00	-6.35	8.82	-10.59	7.83
2.40	0.00	0.00	-5.83	9.95	-13.09	10.98
2.67	0.00	0.00	-5.32	11.07	-15.90	14.84
2.93	0.00	0.00	-4.82	12.20	-19.00	19.49
2.99	0.00	0.00	-4.72	12.44	-19.70	20.59
3.01	0.00	0.00	-4.68	-9.04	-19.73	20.98
3.20	6.40	0.00	-4.35	-15.79	-17.27	24.40
3.47	6.93	0.00	-3.90	-15.59	-13.08	28.43
3.73	7.47	0.00	-3.47	-15.13	-8.97	31.36
4.00	8.00	0.00	-3.09	-14.49	-5.01	33.21
4.27	8.53	0.00	-2.73	-13.73	-1.25	34.03
4.53	9.07	0.00	-2.42	-12.92	2.31	33.88
4.80	9.60	0.00	-2.14	-12.12	5.65	32.81
5.07	10.00	0.00	-1.89	-11.12	8.75	30.88
5.33	10.00	10.00	-1.68	-8.77	11.54	28.00
5.60	10.00	10.00	-1.49	-5.08	13.37	24.66
5.87	10.00	10.00	-1.33	-1.92	14.29	20.95
6.13	10.00	10.00	-1.20	0.80	14.43	17.11
6.40	10.00	10.00	-1.08	3.16	13.90	13.32
6.67	10.00	10.00	-0.98	5.23	12.77	9.75
6.93	10.00	10.00	-0.88	7.10	11.13	6.55
7.20	10.00	10.00	-0.80	8.82	9.00	3.86
7.47	10.00	10.00	-0.71	10.46	6.43	1.79
7.73	10.00	10.00	-0.63	12.05	3.43	0.47
8.00	10.00	10.00	-0.56	13.64	0.00	0.00


Force motrice maximale = 19,73 kN/m
Moment maximal = 34,03 kNm/m
Déformation maximale = 10,7 mm

Données d'entrée (Phase de construction 2)

Coupe géologique et assignation des sols

Num.	Couche [m]	Sol assigné	Echantillon
1	1,50	Clay with high plasticity	



Num.	Couche [m]	Sol assigné	Echantillon
2	-	Clayey sand	

Excavation

Le sol devant le mur a été excavé en profondeur 2,00 m.

Profil du terrain

Le terrain derrière la structure est plan.

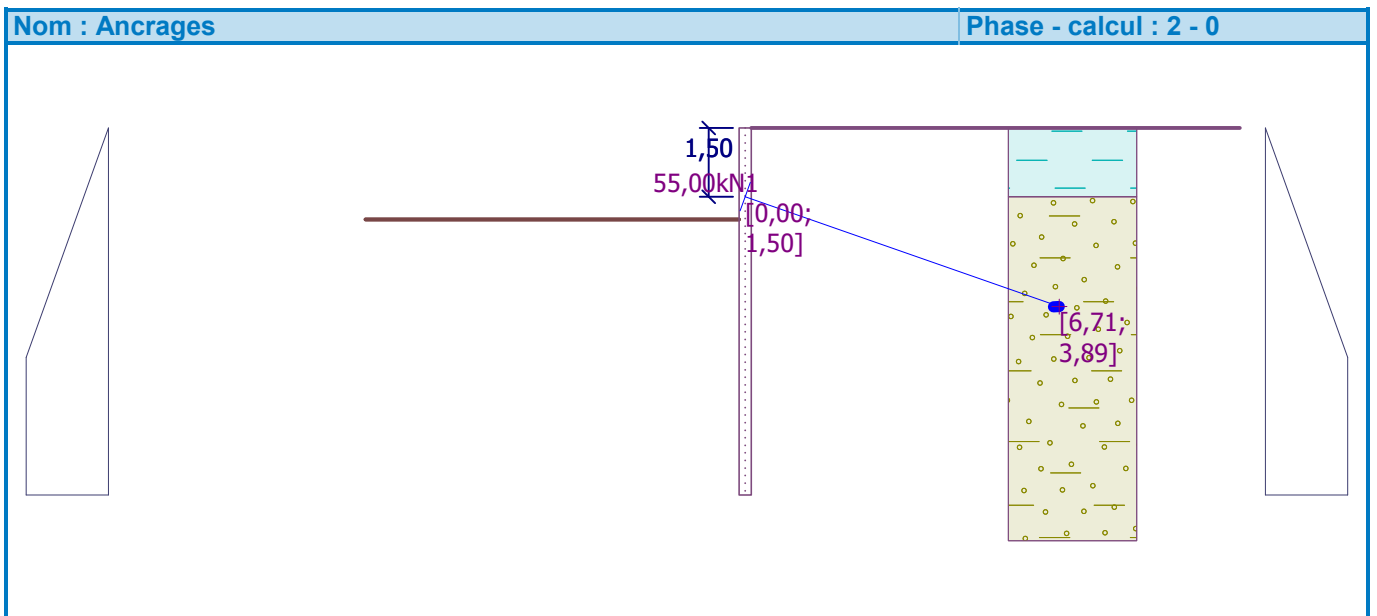
Effet de l'eau

La nappe phréatique est en dessous de la structure.

Ancrages saisis

Num.	Nouv. ancrage	Profondeur z [m]	Long. l [m]	Scellement l _k [m]	Inclin. α [°]	Distance entre b [m]
1	Oui	1,50	7,00	0,01	20,00	1,00

Num.	Rigidité k [kN/m]	Diamètre d [mm]	Surface A [mm ²]	Module d'élast. E [MPa]	Mise en tens.	Force F [kN]
1		20,0		210000,00		55,00



Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente

Résultats de calcul (Phase de construction 2)

Diagrammes des pressions appliquées à la structure (devant et derrière la paroi)

Profondeur [m]	T _{a,p} [kPa]	T _{k,p} [kPa]	T _{p,p} [kPa]	T _{a,z} [kPa]	T _{k,z} [kPa]	T _{p,z} [kPa]
0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	14.29
0.61	0.00	0.00	0.00	2.49	5.33	40.61
1.50	-0.00	-0.00	-0.00	9.15	13.18	79.34



Profondeur [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
1.50	0.00	0.00	0.00	6.15	13.18	158.04
2.00	-0.00	-0.00	-0.00	7.95	17.04	198.22
2.00	-0.00	-0.00	-20.77	7.95	17.04	198.23
2.92	-0.00	-7.07	-94.36	12.80	24.10	271.81
8.00	-27.67	-46.29	-502.91	39.69	63.32	680.36

Diagrammes du module de réaction du sol de fondation et des forces internes appliquées à la structure

Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-1.91	0.01	-0.00	-0.00
0.27	0.00	0.53	-1.89	5.50	-0.73	0.04
0.53	0.00	1.07	-1.86	10.44	-2.86	0.47
0.80	0.00	1.60	-1.84	15.48	-6.31	1.64
1.07	0.00	2.13	-1.81	20.21	-11.07	3.90
1.33	0.00	2.67	-1.79	24.37	-17.01	7.60
1.50	0.00	3.00	-1.79	24.49	-21.09	10.77
1.50	0.00	3.00	-1.79	24.49	30.60	10.77
1.60	0.00	3.20	-1.78	24.56	28.14	7.84
1.87	0.00	3.73	-1.78	26.53	21.33	1.21
1.99	0.00	3.98	-1.78	27.26	18.01	-1.21
2.01	4.02	4.02	-1.78	20.15	17.54	-1.57
2.13	4.27	4.27	-1.78	19.56	15.09	-3.58
2.40	4.80	4.80	-1.77	17.93	10.09	-6.94
2.67	5.33	5.33	-1.76	15.89	5.59	-9.03
2.93	5.87	5.87	-1.74	13.54	1.67	-9.99
3.20	6.40	6.40	-1.71	10.96	-1.59	-10.00
3.47	6.93	6.93	-1.67	8.25	-4.15	-9.22
3.73	7.47	7.47	-1.62	5.53	-5.98	-7.86
4.00	8.00	8.00	-1.56	2.85	-7.09	-6.11
4.27	8.53	8.53	-1.49	0.29	-7.50	-4.15
4.53	9.07	9.07	-1.42	-2.10	-7.25	-2.17
4.80	9.60	9.60	-1.35	-4.30	-6.39	-0.34
5.07	10.00	10.00	-1.28	-6.20	-4.99	1.19
5.33	10.00	10.00	-1.21	-7.18	-3.21	2.29
5.60	10.00	10.00	-1.14	-5.82	-1.48	2.91
5.87	10.00	10.00	-1.08	-4.52	-0.10	3.11
6.13	10.00	10.00	-1.02	-3.29	0.94	2.99
6.40	10.00	10.00	-0.96	-2.12	1.66	2.64
6.67	10.00	10.00	-0.90	-1.01	2.08	2.13
6.93	10.00	10.00	-0.85	0.05	2.21	1.56
7.20	10.00	10.00	-0.80	1.07	2.06	0.98
7.47	10.00	10.00	-0.75	2.08	1.64	0.48
7.73	10.00	10.00	-0.70	3.07	0.95	0.13
8.00	10.00	10.00	-0.65	4.05	-0.00	0.00

Force motrice maximale = 30,60 kN/m
Moment maximal = 10,77 kNm/m
Déformation maximale = 1,9 mm



Forces des ancrages

Num.	Profondeur [m]	Déformation [mm]	Force de l'ancrage [kN]
1	1,50	-1,8	55,00

Stabilité interne du système d'ancrage- résultats partiels

$$E_A = 13,43 \text{ kN/m} \quad \delta = 11,93^\circ$$

Profondeur de la pointe théorique sous le fond de la fouille $H_0 = 0,42 \text{ m}$

Rangée l'ancrage	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Calculés rangée des ancrages	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK_{MAX} [kN]
1	35,22	23,96	398,85	33,73	-12,64		417,22	309,75	309,75

Vérification de la stabilité interne du système d'ancrage

Numéro	Force de l'ancrage [kN]	Force de l'ancrage max. admissible [kN]	Coefficient de la sécurité
1	55,00	309,75	5,63



Rangée des ancrages cruciale : 1

Coefficient de sécurité nécessaire $CS = 1,50 < 5,63 = CS_{\text{minim.}}$

Vérification globale de la stabilité interne ADMISSIBLE

Données d'entrée (Phase de construction 3)

Coupe géologique et assignation des sols

Num.	Couche [m]	Sol assigné	Echantillon
1	1,50	Clay with high plasticity	
2	-	Clayey sand	

Excavation

Le sol devant le mur a été excavé en profondeur 5,00 m.

Profil du terrain

Le terrain derrière la structure est plan.

Effet de l'eau

La nappe phréatique est en dessous de la structure.

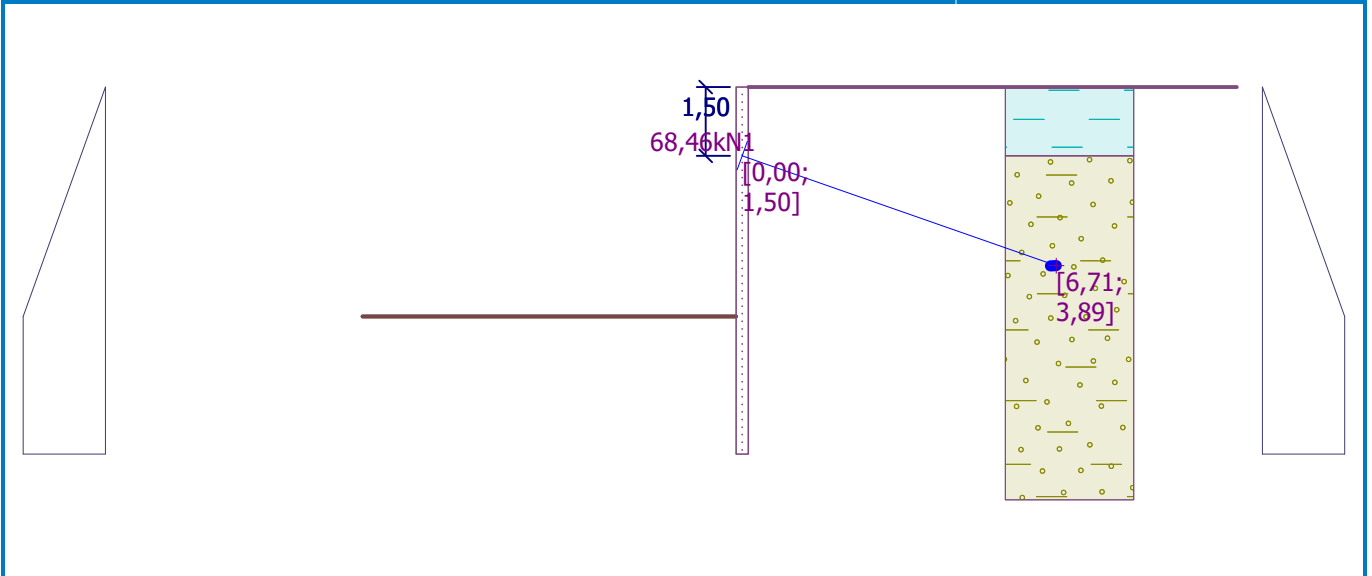
Ancrages saisis

Num.	Nouv. ancrage	Profondeur z [m]	Long. l [m]	Scellement l_k [m]	Inclin. α [°]	Distance entre b [m]
1	Non	1,50	7,00	0,01	20,00	1,00

Num.	Rigidité k [kN/m]	Diamètre d [mm]	Surface A [mm ²]	Module d'élast. E [MPa]	Mise en tens.	Force F [kN]
1		20,0		210000,00		68,46

Nom : Ancrages

Phase - calcul : 3 - 0



Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente

Résultats de calcul (Phase de construction 3)

Diagrammes des pressions appliquées à la structure (devant et derrière la paroi)

Profondeur [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	14.29
0.61	0.00	0.00	0.00	2.49	5.33	40.61
1.50	-0.00	-0.00	-0.00	9.15	13.18	79.34
1.50	0.00	0.00	0.00	6.15	13.18	158.04
5.00	-0.00	-0.00	-0.00	23.37	40.18	439.29
5.00	-0.00	-0.00	-20.77	23.37	40.18	439.30
5.92	-0.00	-7.07	-94.36	28.35	47.24	512.88
8.00	-11.34	-23.14	-261.84	39.69	63.32	680.36

Diagrammes du module de réaction du sol de fondation et des forces internes appliquées à la structure

Profondeur [m]	kh,p [MN/m³]	kh,z [MN/m³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-2.02	0.01	0.00	0.00
0.27	0.00	0.53	-2.23	5.32	-0.72	0.04
0.53	0.00	1.07	-2.44	9.83	-2.74	0.45
0.80	0.00	1.60	-2.65	14.18	-5.95	1.56
1.07	0.00	2.13	-2.86	17.98	-10.25	3.67
1.33	0.00	2.67	-3.08	20.95	-15.45	7.05
1.50	0.00	3.00	-3.21	20.18	-18.88	9.91
1.50	0.00	3.00	-3.21	20.18	45.45	9.91
1.60	0.00	3.20	-3.30	19.71	43.45	5.47
1.87	0.00	3.73	-3.53	20.01	38.15	-5.43
2.13	0.00	4.27	-3.75	20.69	32.72	-14.91
2.40	0.00	4.80	-3.96	21.91	27.03	-22.91
2.67	0.00	5.33	-4.15	22.19	21.15	-29.35
2.93	0.00	5.87	-4.30	20.92	15.40	-34.24
3.20	0.00	6.40	-4.42	19.20	10.05	-37.64



Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
3.47	0.00	6.93	-4.50	17.17	5.20	-39.68
3.73	0.00	0.00	-4.54	17.13	0.65	-40.18
4.00	0.00	0.00	-4.53	18.45	-4.10	-39.72
4.27	0.00	0.00	-4.49	19.76	-9.19	-37.96
4.53	0.00	0.00	-4.40	21.07	-14.64	-34.79
4.80	0.00	0.00	-4.28	22.38	-20.43	-30.12
4.99	0.00	0.00	-4.17	23.32	-24.77	-25.83
5.01	0.00	0.00	-4.16	1.85	-25.02	-25.33
5.07	0.00	0.00	-4.13	-2.39	-25.01	-23.91
5.33	10.00	0.00	-3.95	-16.86	-22.32	-17.83
5.60	10.00	0.00	-3.75	-15.49	-18.00	-12.46
5.87	10.00	0.00	-3.54	-13.99	-14.07	-8.19
6.13	10.00	0.00	-3.32	-12.40	-10.55	-4.92
6.40	10.00	0.00	-3.09	-10.76	-7.46	-2.53
6.67	10.00	0.00	-2.87	-9.10	-4.81	-0.90
6.93	10.00	0.00	-2.64	-7.42	-2.60	0.08
7.20	10.00	0.00	-2.41	-5.75	-0.85	0.53
7.47	10.00	10.00	-2.18	-3.52	0.54	0.36
7.73	10.00	10.00	-1.96	1.01	0.87	0.14
8.00	10.00	10.00	-1.73	5.54	0.00	0.00

Force motrice maximale = 45,45 kN/m
Moment maximal = 40,18 kNm/m
Déformation maximale = 4,5 mm

Forces des ancrages

Num.	Profondeur [m]	Déformation [mm]	Force de l'ancrage [kN]
1	1,50	-3,2	68,46

Stabilité interne du système d'ancrage- résultats partiels

$E_A = 97,31 \text{ kN/m}$ $\delta = 14,04^\circ$

Profondeur de la pointe théorique sous le fond de la fouille $H_0 = 1,32 \text{ m}$

Rangée l'ancrage:	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Calculés rangée des ancrages	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK _{MAX} [kN]
1	35,22	23,96	629,90	35,07	20,22		549,74	190,56	190,56

Vérification de la stabilité interne du système d'ancrage

Numéro	Force de l'ancrage [kN]	Force de l'ancrage max. admissible [kN]	Coefficient de la sécurité
1	68,46	190,56	2,78

Rangée des ancrages cruciale : 1

Coefficient de sécurité nécessaire $CS = 1,50 < 2,78 = CS_{\text{minim}}$.

Vérification globale de la stabilité interne ADMISSIBLE



Données d'entrée (Phase de construction 4)

Coupe géologique et assignation des sols

Num.	Couche [m]	Sol assigné	Echantillon
1	1,50	Clay with high plasticity	
2	-	Clayey sand	

Excavation

Le sol devant le mur a été excavé en profondeur 5,00 m.

Profil du terrain

Le terrain derrière la structure est plan.

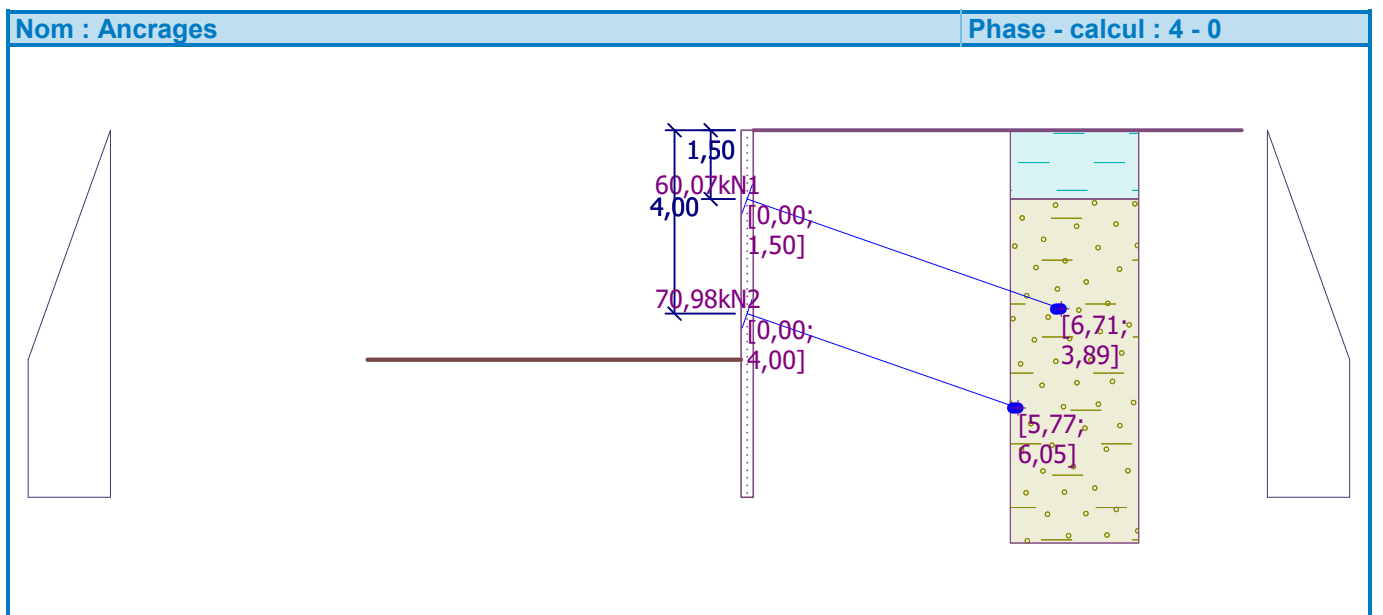
Effet de l'eau

La nappe phréatique est en dessous de la structure.

Ancrages saisis

Num.	Nouv. ancrage	Profondeur z [m]	Long. l [m]	Scellement l _k [m]	Inclin. α [°]	Distance entre b [m]
1	Non	1,50	7,00	0,01	20,00	1,00
2	Oui	4,00	6,00	0,01	20,00	1,00

Num.	Rigidité k [kN/m]	Diamètre d [mm]	Surface A [mm ²]	Module d'élast. E [MPa]	Mise en tens.	Force F [kN]
1		20,0		210000,00		60,07
2		20,0		210000,00		70,98



Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente



Résultats de calcul (Phase de construction 4)

Diagrammes des pressions appliquées à la structure (devant et derrière la paroi)

Profondeur [m]	Ta,p [kPa]	Tk,p [kPa]	Tp,p [kPa]	Ta,z [kPa]	Tk,z [kPa]	Tp,z [kPa]
0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	14.29
0.61	0.00	0.00	0.00	2.49	5.33	40.61
1.50	-0.00	-0.00	-0.00	9.15	13.18	79.34
1.50	0.00	0.00	0.00	6.15	13.18	158.04
5.00	-0.00	-0.00	-0.00	23.37	40.18	439.29
5.00	-0.00	-0.00	-20.77	23.37	40.18	439.30
5.92	-0.00	-7.07	-94.36	28.35	47.24	512.88
8.00	-11.34	-23.14	-261.84	39.69	63.32	680.36

Diagrammes du module de réaction du sol de fondation et des forces internes appliquées à la structure

Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-1.90	0.01	0.00	-0.00
0.27	0.00	0.53	-1.97	5.45	-0.73	0.04
0.53	0.00	1.07	-2.04	10.25	-2.83	0.46
0.80	0.00	1.60	-2.12	15.03	-6.20	1.61
1.07	0.00	2.13	-2.19	19.40	-10.79	3.83
1.33	0.00	2.67	-2.27	23.10	-16.46	7.42
1.50	0.00	3.00	-2.32	22.87	-20.30	10.48
1.50	0.00	3.00	-2.32	22.87	36.15	10.48
1.60	0.00	3.20	-2.36	22.73	33.87	6.98
1.87	0.00	3.73	-2.45	24.03	27.63	-1.25
2.13	0.00	4.27	-2.55	25.84	20.98	-7.76
2.40	0.00	4.80	-2.63	28.30	13.76	-12.42
2.67	0.00	5.33	-2.70	29.89	6.00	-15.08
2.93	0.00	5.87	-2.76	29.96	-1.98	-15.63
3.20	0.00	6.40	-2.80	29.56	-9.92	-14.06
3.47	0.00	6.93	-2.83	28.76	-17.69	-10.38
3.73	0.00	7.47	-2.84	29.77	-25.50	-4.65
4.00	0.00	8.00	-2.86	31.86	-33.71	3.21
4.00	0.00	8.00	-2.86	31.86	32.99	3.21
4.27	0.00	8.53	-2.87	33.56	24.26	-4.45
4.53	0.00	9.07	-2.88	34.88	15.14	-9.73
4.80	0.00	9.60	-2.88	35.84	5.71	-12.53
4.99	0.00	9.98	-2.87	36.33	-1.15	-12.97
5.01	0.00	10.00	-2.87	14.78	-1.66	-12.94
5.07	0.00	10.00	-2.86	10.23	-2.37	-12.82
5.33	10.00	10.00	-2.84	5.34	-4.42	-12.13
5.60	10.00	10.00	-2.80	3.54	-5.60	-10.77
5.87	10.00	10.00	-2.75	1.83	-6.31	-9.17
6.13	10.00	10.00	-2.69	0.22	-6.58	-7.43
6.40	10.00	10.00	-2.62	-1.29	-6.43	-5.68
6.67	10.00	10.00	-2.55	-2.72	-5.89	-4.02
6.93	10.00	10.00	-2.47	-4.07	-4.98	-2.56
7.20	10.00	10.00	-2.39	-5.38	-3.72	-1.38
7.47	10.00	0.00	-2.31	-5.37	-2.34	-0.36
7.73	10.00	10.00	-2.23	-4.47	-0.98	-0.12



Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
8.00	10.00	10.00	-2.15	-2.86	0.00	-0.00

Force motrice maximale = 36,15 kN/m
Moment maximal = 15,63 kNm/m
Déformation maximale = 2,9 mm

Forces des ancrages

Num.	Profondeur [m]	Déformation [mm]	Force de l'ancrage [kN]
1	1,50	-2,3	60,07
2	4,00	-2,9	70,98

Stabilité interne du système d'ancrage- résultats partiels

$E_A = 97,31 \text{ kN/m}$ $\delta = 14,04^\circ$

Profondeur de la pointe théorique sous le fond de la fouille $H_0 = 1,32 \text{ m}$

Rangée l'ancrage	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Calculés rangée des ancrages	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK _{MAX} [kN]
1	35,22	23,96	629,90	35,07	20,22		549,74	190,56	190,56
2	88,84	26,32	649,57	28,25	2,70	1	485,58	274,70	274,70

Vérification de la stabilité interne du système d'ancrage

Numéro	Force de l'ancrage [kN]	Force de l'ancrage max. admissible [kN]	Coefficient de la sécurité
1	60,07	190,56	3,17
2	70,98	274,70	3,87



Rangée des ancrages cruciale : 1

Coefficient de sécurité nécessaire $CS = 1,50 < 3,17 = CS_{\text{minim.}}$

Vérification globale de la stabilité interne ADMISSIBLE

Données d'entrée (Phase de construction 5)

Coupe géologique et assignation des sols

Num.	Couche [m]	Sol assigné	Echantillon
1	1,50	Clay with high plasticity	
2	-	Clayey sand	

Excavation

Le sol devant le mur a été excavé en profondeur 6,50 m.

Profil du terrain

Le terrain derrière la structure est plan.

Effet de l'eau

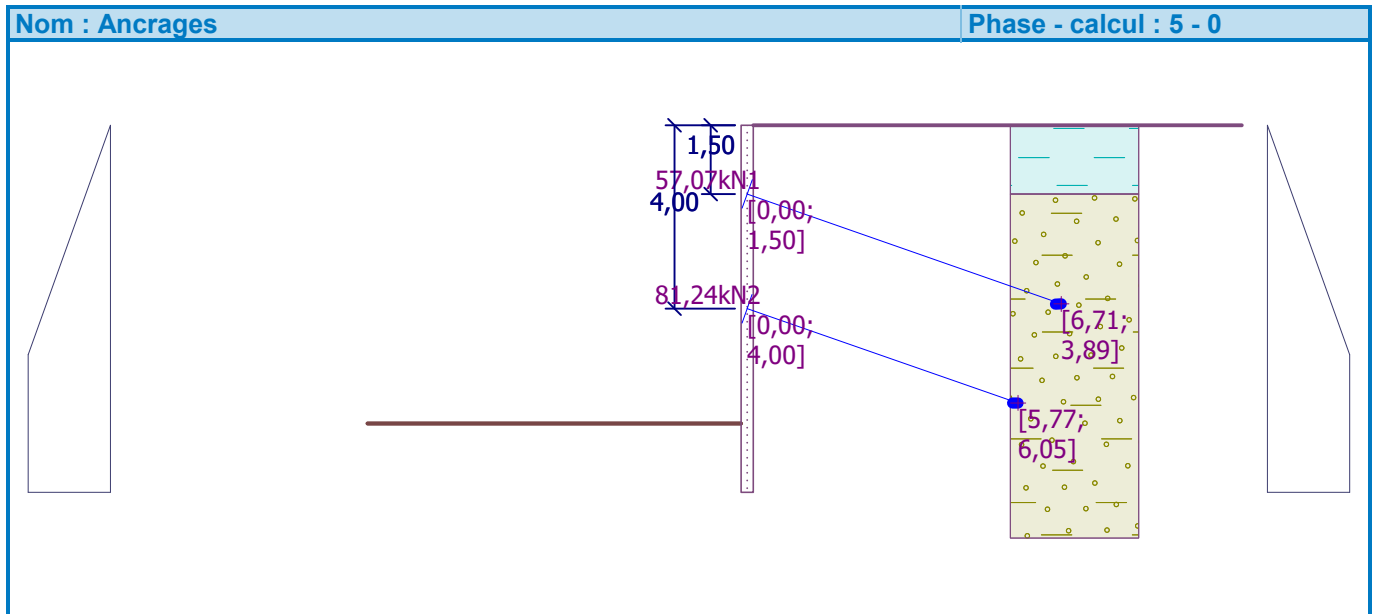
La nappe phréatique est en dessous de la structure.



Ancrages saisis

Num.	Nouv. ancrage	Profondeur z [m]	Long. l [m]	Scellement l _k [m]	Inclin. α [°]	Distance entre b [m]
1	Non	1,50	7,00	0,01	20,00	1,00
2	Non	4,00	6,00	0,01	20,00	1,00

Num.	Rigidité k [kN/m]	Diamètre d [mm]	Surface A [mm ²]	Module d'élast. E [MPa]	Mise en tens.	Force F [kN]
1		20,0		210000,00		57,07
2		20,0		210000,00		81,24



Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente

Résultats de calcul (Phase de construction 5)

Diagrammes des pressions appliquées à la structure (devant et derrière la paroi)

Profondeur [m]	T _{a,p} [kPa]	T _{k,p} [kPa]	T _{p,p} [kPa]	T _{a,z} [kPa]	T _{k,z} [kPa]	T _{p,z} [kPa]
0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00	14.29
0.61	0.00	0.00	0.00	2.49	5.33	40.61
1.50	-0.00	-0.00	-0.00	9.15	13.18	79.34
1.50	0.00	0.00	0.00	6.15	13.18	158.04
6.50	-0.00	-0.00	-0.00	31.53	51.75	559.83
6.50	-0.00	-0.00	-20.77	31.53	51.75	559.83
7.42	-0.00	-7.07	-94.36	36.52	58.82	633.42
8.00	-3.18	-11.57	-141.30	39.69	63.32	680.36

Diagrammes du module de réaction du sol de fondation et des forces internes appliquées à la structure

Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-0.95	0.01	0.00	0.00
0.27	0.00	0.53	-1.14	5.90	-0.79	0.05



Profondeur [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Déformation [mm]	Pression [kPa]	Force mot. [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.53	0.00	1.07	-1.32	11.02	-3.06	0.51
0.80	0.00	1.60	-1.50	16.01	-6.67	1.76
1.07	0.00	2.13	-1.69	20.47	-11.54	4.13
1.33	0.00	2.67	-1.88	24.14	-17.49	7.96
1.50	0.00	3.00	-2.01	23.81	-21.49	11.21
1.50	0.00	3.00	-2.01	23.81	32.13	11.21
1.60	0.00	3.20	-2.08	23.61	29.76	8.11
1.87	0.00	3.73	-2.29	24.62	23.32	1.02
2.13	0.00	4.27	-2.50	26.02	16.56	-4.33
2.40	0.00	4.80	-2.71	27.92	9.36	-7.82
2.67	0.00	5.33	-2.91	28.80	1.80	-9.33
2.93	0.00	5.87	-3.10	27.99	-5.78	-8.81
3.20	0.00	6.40	-3.27	26.53	-13.05	-6.30
3.47	0.00	6.93	-3.45	24.48	-19.86	-1.92
3.73	0.00	7.47	-3.62	24.02	-26.33	4.23
4.00	0.00	8.00	-3.79	24.39	-32.80	12.09
4.00	0.00	8.00	-3.79	24.39	43.54	12.09
4.27	0.00	8.53	-3.98	24.13	37.07	1.32
4.53	0.00	9.07	-4.16	23.23	30.75	-7.74
4.80	0.00	0.00	-4.34	22.90	24.70	-14.79
5.07	0.00	0.00	-4.50	24.25	18.42	-20.55
5.33	0.00	0.00	-4.64	25.61	11.77	-24.58
5.60	0.00	0.00	-4.75	26.96	4.76	-26.79
5.87	0.00	0.00	-4.83	28.32	-2.61	-27.09
6.13	0.00	0.00	-4.88	29.67	-10.34	-25.37
6.40	0.00	0.00	-4.90	31.02	-18.43	-21.54
6.49	0.00	0.00	-4.90	31.49	-21.31	-19.71
6.51	0.00	0.00	-4.90	10.16	-21.64	-19.37
6.67	0.00	0.00	-4.89	-1.72	-22.31	-15.85
6.93	10.00	0.00	-4.86	-18.07	-19.66	-10.55
7.20	10.00	0.00	-4.82	-18.29	-14.80	-5.95
7.47	10.00	0.00	-4.78	-18.45	-9.90	-2.65
7.73	10.00	0.00	-4.73	-18.57	-4.97	-0.66
8.00	10.00	0.00	-4.68	-18.69	0.00	-0.00

Force motrice maximale = 43,54 kN/m
Moment maximal = 27,09 kNm/m
Déformation maximale = 4,9 mm

Forces des ancrages

Num.	Profondeur [m]	Déformation [mm]	Force de l'ancrage [kN]
1	1,50	-2,0	57,07
2	4,00	-3,8	81,24



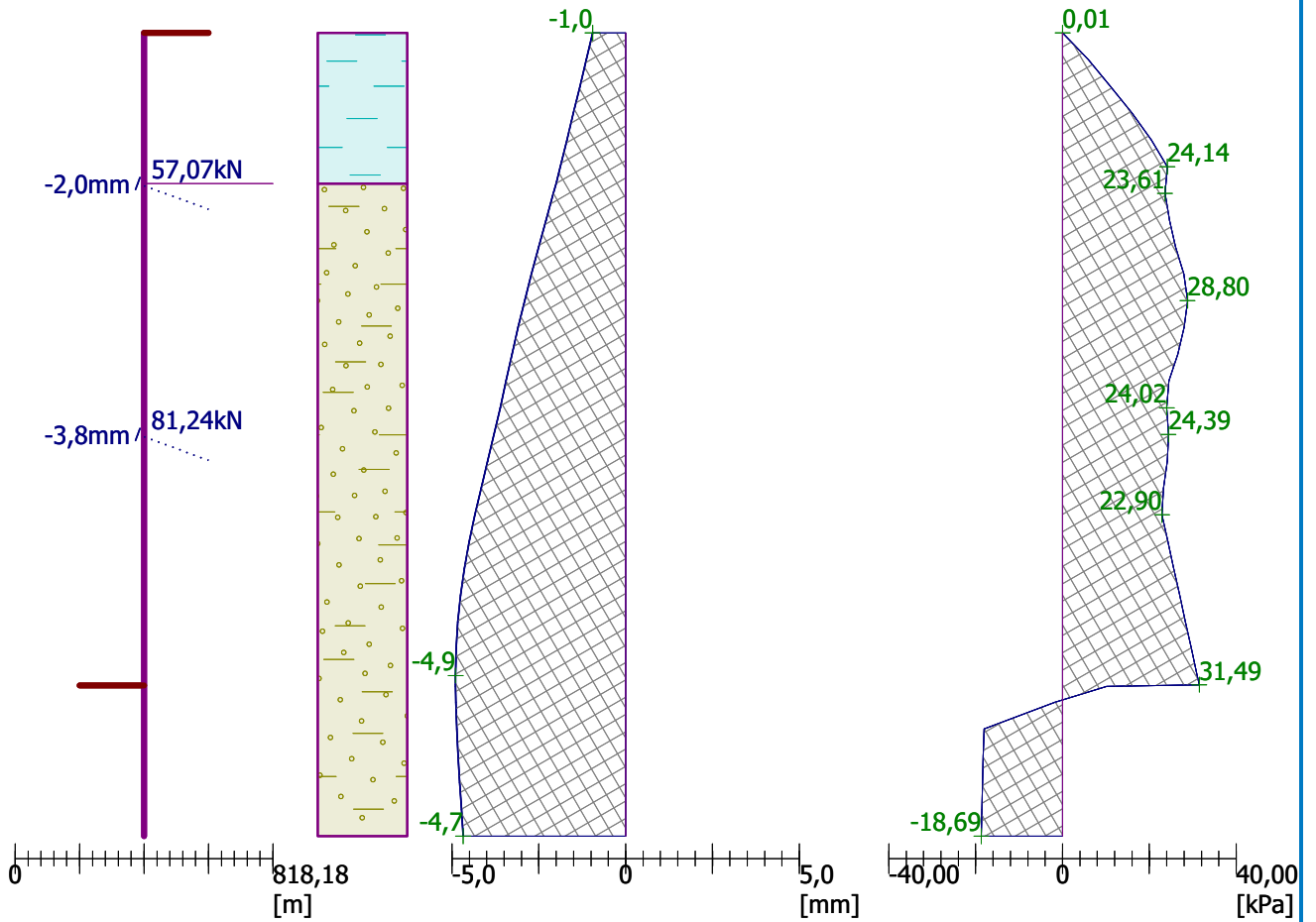
Nom : Calcul

Phase - calcul : 5 - -1

Géométrie de la structure
Long. de la structure = 8,00m

Déformation de la structure
Déf. maximale = 4,9 mm

Pression appliquée à la structure
Pression max. = 31,49 kPa





Nom : Calcul

Phase - calcul : 5 - -1

Géométrie de la structure

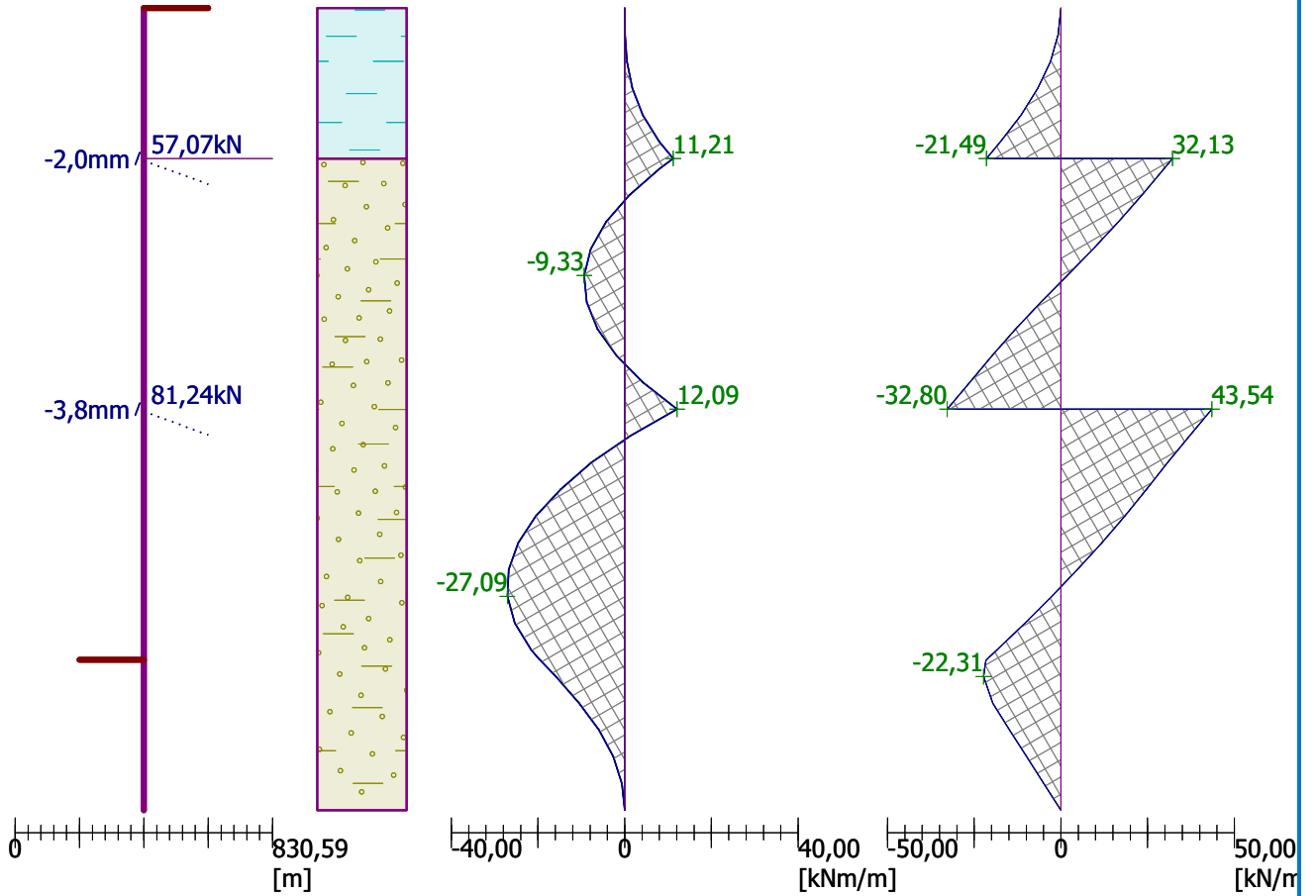
Long. de la structure = 8,00m

Moment de flexion

Max. M = 27,09 kNm/m

Force motrice

Q max. = 43,54 kN/m



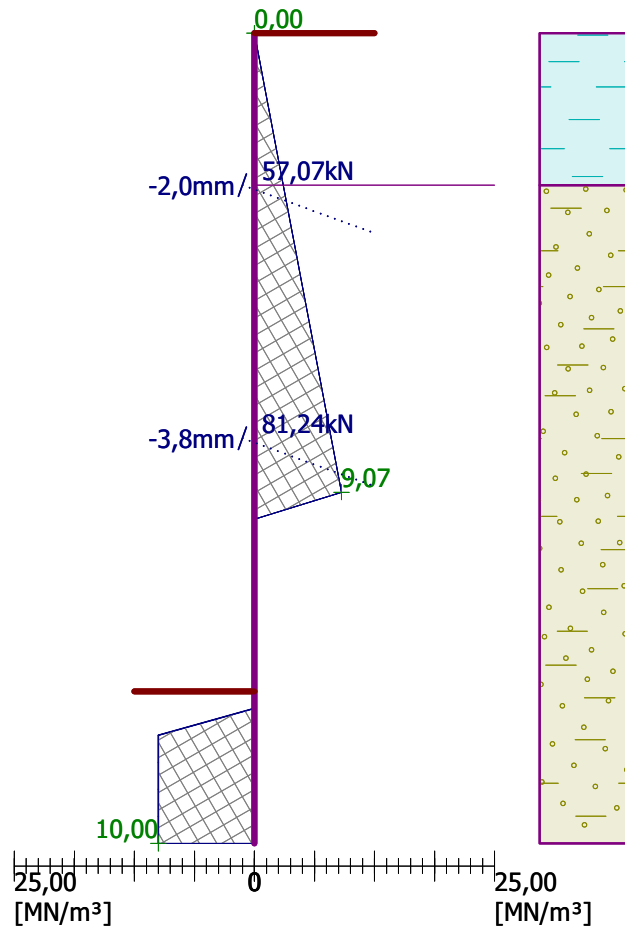


Nom : Calcul

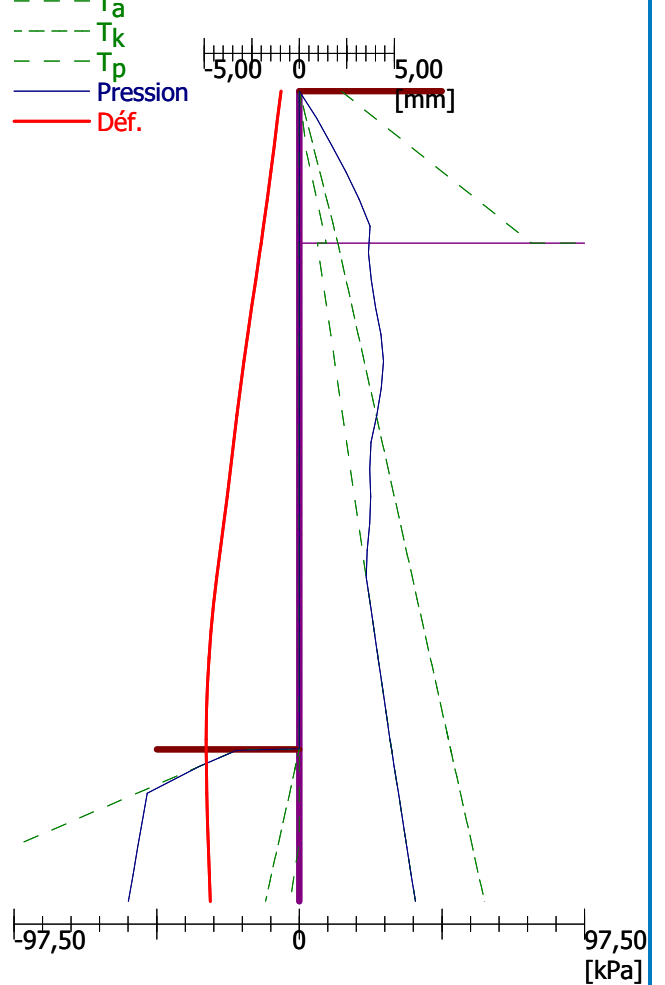
Phase - calcul : 5 - -1

Module de réaction du sol de fondation

Long. de la structure = 8,00m



Pressions des terres + déformation



Stabilité interne du système d'ancrage- résultats partiels

$E_A = 159,89 \text{ kN/m}$ $\delta = 14,27^\circ$

Profondeur de la pointe théorique sous le fond de la fouille $H_0 = 1,50 \text{ m}$

Rangée l'ancrage:	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Calculés rangée des ancrages	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK_{MAX} [kN]
1	35,22	23,96	729,43	38,79	31,94		639,93	130,70	130,70
2	88,84	26,32	734,89	29,85	19,03	1	346,32	173,99	173,99

Vérification de la stabilité interne du système d'ancrage

Numéro	Force de l'ancrage [kN]	Force de l'ancrage max. admissible [kN]	Coefficient de la sécurité
1	57,07	130,70	2,29
2	81,24	173,99	2,14

Rangée des ancrages cruciale : 2

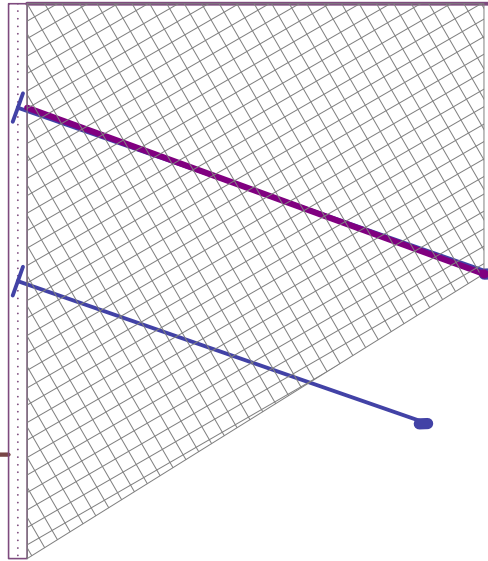
Coefficient de sécurité nécessaire $CS = 1,50 < 2,14 = CS_{minim.}$

Vérification globale de la stabilité interne ADMISSIBLE



Nom : **Stabilité interne**

Phase - calcul : **5 - -1**



Calcul de la stabilité de pente

Données d'entrée

Projet

Paramètres

(saisie pour l'étude actuelle)

Calcul de la stabilité

Calcul du séisme : Standard

Méthode de vérification : calcul selon EN1997

Approche de calcul : 2 - réduction de la charge et de la résistance

Coefficient de réduction de la charge (F)

Situation de calcul permanente

		Défavorables	Favorables
Charge permanente :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]
Charge variable :	$\gamma_Q =$	1,50 [-]	0,00 [-]
Action de l'eau :	$\gamma_w =$	1,35 [-]	

Coefficient de réduction de la résistance (R)

Situation de calcul permanente

Coefficient de réduction de la résist. sur la surface de glissement. :	$\gamma_{Rs} =$	1,10 [-]
--	-----------------	----------

Interface

Num.	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-20,00	93,50	-0,30	93,50	-0,30	100,00
		0,00	100,00	24,00	100,00		



Num.	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
2		-0,30	93,50	-0,30	92,00	0,00	92,00
		0,00	98,50	0,00	100,00		
3		0,00	98,50	24,00	98,50		

Paramètres des sols - état de contraintes effectif

Num.	Nom	Echantillon	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Clayey sand		29,00	5,00	18,00
2	Clay with high plasticity		15,00	5,00	20,50

Paramètres des sols - soulèvement hydraulique

Num.	Nom	Echantillon	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Clayey sand		20,00		
2	Clay with high plasticity		20,50		

Paramètres des sols

Clayey sand

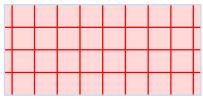
Poids volumique : $\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
 Etat de contraintes : effective
 Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$
 Cohésion du sol : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Clay with high plasticity

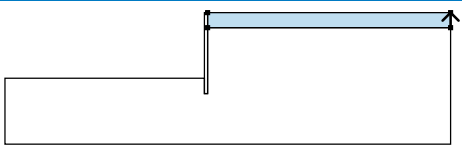

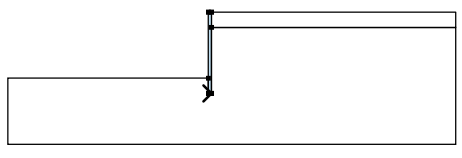
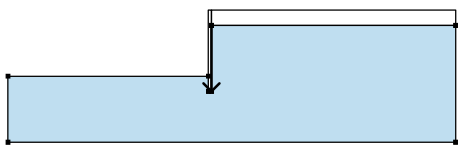

Poids volumique : $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$
 Etat de contraintes : effective
 Angle de frottement interne : $\varphi_{ef} = 15,00^\circ$
 Cohésion du sol : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
 Poids volumique du sol saturé : $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$



Corps rigides

Num.	Nom	Echantillon	γ [kN/m ³]
1	Matériau du mur		23,00

Assignment et surfaces

Num.	Placement de la surface	Coordonnées des points de la surface [m]				Assignée sol
		x	z	x	z	
1		24,00	98,50	24,00	100,00	Clay with high plasticity 
		0,00	100,00	0,00	98,50	
2		-0,30	92,00	0,00	92,00	Matériau du mur 
		0,00	98,50	0,00	100,00	
		-0,30	100,00	-0,30	93,50	
3		0,00	98,50	0,00	92,00	Clayey sand 
		-0,30	92,00	-0,30	93,50	
		-20,00	93,50	-20,00	87,00	
		24,00	87,00	24,00	98,50	

Ancrages

Num.	Origine		Long. et inclin. / coordonnées		Dist. d'ancrages b [m]	diamètre/sur d [mm] / A [mm ²]	Module d'élast. E [MPa]	Effort trac. limit. F _c [kN]	Agit en compression	Force F [kN]
	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	α [°] / z [m]						
1	-0,30	98,50	l = 7,00	$\alpha = 20,00$	1,00	d =			Non	57,07
2	-0,30	96,00	l = 6,00	$\alpha = 20,00$	1,00	d =			Non	81,24

Eau

Type : Pas d'eau

Fissure de traction

La fissure de traction n'est pas saisie.

Séisme

Le séisme n'est pas considéré.

Paramètres du calcul de la phase

Situation de calcul : permanente

Résultats (Phase de construction 1)

Calcul 1

Surface de glissement circulaire

Paramètres de la surface de glissement							
Centre :	x =	-0,74	[m]	Angles :	$\alpha_1 =$	-32,43	[°]
	z =	102,05	[m]		$\alpha_2 =$	78,32	[°]
Rayon :	R =	10,13	[m]				

Calcul sans l'optimisation de la surface de glissement.

Vérification de la stabilité de pente (toutes méthodes)



Bishop : Utilisation = 70,3 % **ADMISSIBLE**
 Fellenius / Petterson : Utilisation = 80,4 % **ADMISSIBLE**
 Spencer : Utilisation = 70,3 % **ADMISSIBLE**
 Janbu : Utilisation = 70,3 % **ADMISSIBLE**
 Morgenstern-Price : Utilisation = 70,3 % **ADMISSIBLE**

Dimensionnement n° 1

	Déf. min. [mm]	Déf. max. [mm]	Force motr. min. [kN/m]	Force motr. max. [kN/m]	Moment min. [kNm/m]	Moment max. [kNm/m]
0.00	-10.69	-0.95	-0.00	0.00	-0.00	0.00
0.27	-10.14	-1.14	-0.79	-0.15	0.01	0.05
0.53	-9.60	-1.32	-3.06	-0.58	0.10	0.51
0.80	-9.05	-1.50	-6.67	-1.40	0.36	1.76
1.07	-8.51	-1.69	-11.54	-2.71	0.89	4.13
1.33	-7.97	-1.79	-17.49	-4.56	1.85	7.96
1.50	-7.63	-1.79	-21.49	-5.76	2.78	11.21
1.50	-7.63	-1.79	-5.76	45.45	2.78	11.21
1.60	-7.43	-1.78	-6.49	43.45	3.33	8.11
1.87	-6.89	-1.78	-8.39	38.15	-5.43	5.31
1.99	-6.64	-1.78	-9.41	35.64	-9.82	6.48
2.01	-6.60	-1.78	-9.57	35.23	-10.53	6.67
2.13	-6.35	-1.78	-10.59	32.72	-14.91	7.83
2.40	-5.83	-1.77	-13.09	27.03	-22.91	10.98
2.67	-5.32	-1.76	-15.90	21.15	-29.35	14.84
2.93	-4.82	-1.74	-19.00	15.40	-34.24	19.49
2.99	-4.72	-1.74	-19.70	14.26	-34.96	20.59
3.01	-4.68	-1.73	-19.73	13.86	-35.22	20.98
3.20	-4.42	-1.71	-17.27	10.05	-37.64	24.40
3.47	-4.50	-1.67	-19.86	5.20	-39.68	28.43
3.73	-4.54	-1.62	-26.33	0.65	-40.18	31.36
4.00	-4.53	-1.56	-33.71	-4.10	-39.72	33.21
4.00	-4.53	-1.56	-7.09	43.54	-39.72	33.21
4.27	-4.49	-1.49	-9.19	37.07	-37.96	34.03
4.53	-4.40	-1.42	-14.64	30.75	-34.79	33.88
4.80	-4.34	-1.35	-20.43	24.70	-30.12	32.81
4.99	-4.46	-1.30	-24.77	20.22	-25.83	31.43
5.01	-4.47	-1.30	-25.02	19.75	-25.33	31.29
5.07	-4.50	-1.28	-25.01	18.42	-23.91	30.88
5.33	-4.64	-1.21	-22.32	11.77	-24.58	28.00
5.60	-4.75	-1.14	-18.00	13.37	-26.79	24.66
5.87	-4.83	-1.08	-14.07	14.29	-27.09	20.95
6.13	-4.88	-1.02	-10.55	14.43	-25.37	17.11
6.40	-4.90	-0.96	-18.43	13.90	-21.54	13.32
6.49	-4.90	-0.94	-21.31	13.51	-19.71	12.08
6.51	-4.90	-0.94	-21.64	13.44	-19.37	11.87
6.67	-4.89	-0.90	-22.31	12.77	-15.85	9.75
6.93	-4.86	-0.85	-19.66	11.13	-10.55	6.55
7.20	-4.82	-0.80	-14.80	9.00	-5.95	3.86
7.47	-4.78	-0.71	-9.90	6.43	-2.65	1.79
7.73	-4.73	-0.63	-4.97	3.43	-0.66	0.47
8.00	-4.68	-0.56	-0.00	0.00	-0.00	0.00



Valeurs maximales des déformations et des efforts internes

Déformation maximale = -10,7 mm
 Déformation min. = -0,6 mm
 Moment de flexion maximal = 34,03 kNm/m
 Moment de flexion minimal = -40,18 kNm/m
 Force motrice maximale = 45,45 kN/m

Vérification de la section en béton (Mur en béton armé h = 0,30 m)

Toutes les phases de construction considérées dans le calcul.
 Coefficient de calcul des sollicitations de la section = 1,00

Pourcentage d'armature $\mu_{st} = 1,41 \% > 0,16 \% = \mu_{st,min}$
 Situation de l'axe neutre $x_u = 0,07 \text{ m} < 0,13 \text{ m} = x_{u,lim}$
 Force motrice limite ultime $Q_u = 108,00 \text{ kN} > 45,45 \text{ kN} = Q_d$
 Moment limite ultime $M_u = 159,53 \text{ kNm} > 40,18 \text{ kNm} = M_d$

Section ADMISSIBLE.

