



## Calcul des pentes renforcées

### Données d'entrée

#### Projet

Date : 28.10.2015

#### Paramètres

Standard- coefficients de sécurité

#### Matériaux et normes

Structures en béton : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficients EN 1992-1-1 : standard

#### Calcul des murs

Calcul de la pression active : Théorie de Coulomb (norme CSN 730037)

Calcul de la pression passive : Théorie de Caquot-Kerisel

Calcul du séisme : Mononobe-Okabe

Forme du coin de sol : calculer comme incliné

Excentricité admissible : 0,333

Stabilité interne : Standard - surface de glissement plane

Méthode de vérification : coefficients de sécurité

Coefficients de sécurité			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de sécurité au renversement :	$SF_o =$	1,50	[-]
Coefficient de sécurité au glissement :	$SF_s =$	1,50	[-]
Coefficient de sécurité de la capacité portante du sol de fondation :	$SF_b =$	1,50	[-]
Coefficient de sécurité au glissement le long du géosynthétique :	$SF_{sr} =$	1,50	[-]
Coefficient de sécurité de la résistance à la rupture du géosynthétique :	$SF_{st} =$	1,50	[-]
Coefficient de sécurité de la résistance à l'arrachement du géosynthétique :	$SF_{po} =$	1,50	[-]
Coefficient de sécurité de la rupture de la jointure :	$SF_{con} =$	1,50	[-]

#### Calcul de la stabilité

Méthode de vérification : coefficients de sécurité

Coefficients de sécurité			
Situation de calcul permanente			
Coefficient de sécurité :	$SF_s =$	1,50	[-]

#### Géométrie de la structure

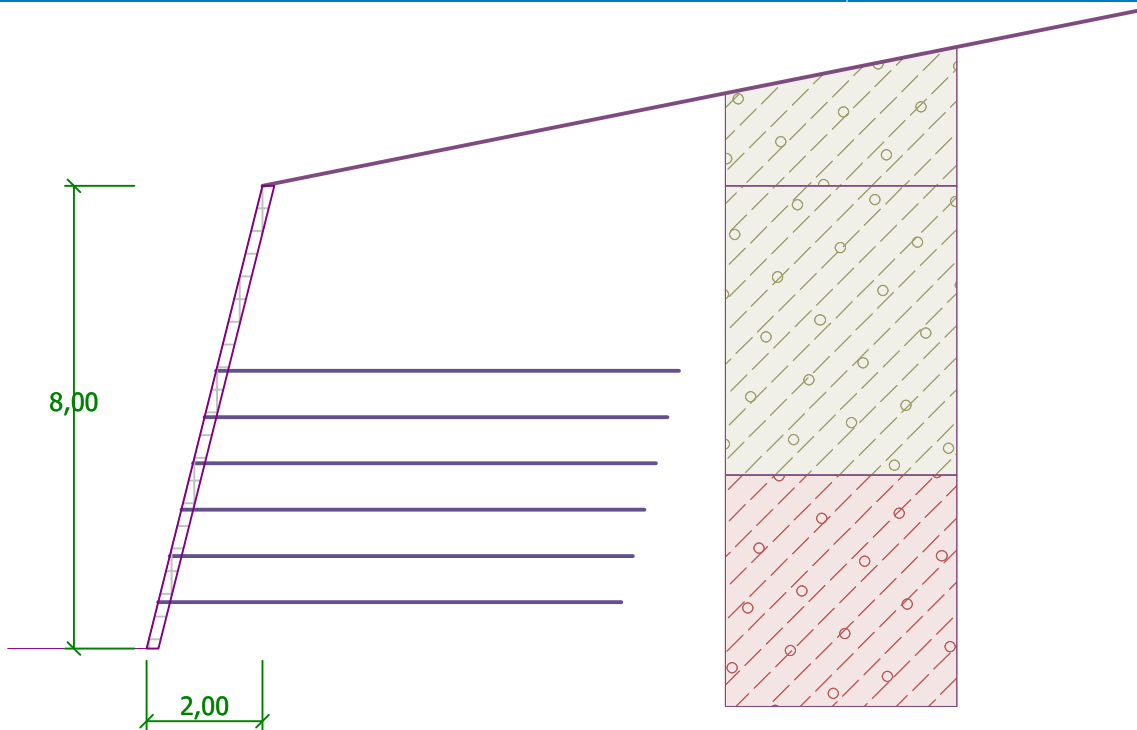
Hauteur du remblai  $h_n = 8,00$  m

Long. du remblai  $l_n = 2,00$  m

Epais. de l'enrobage  $t_c = 0,20$  m

Nom : Géométrie

Phase - calcul : 1 - 0



Matériau

Matériau de l'enrobage

Poids volumique  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$   
Résistance au cisaillement  $R_s = 0,00 \text{ kPa}$

Types des renforcements

Num.	Nom	Type du renforcement	Typ. lign.	Résist. du renforcement		Coefficient	
				$T_{ult}[\text{kN/m}]$	$R_t[\text{kN/m}]$	$C_{ds}[-]$	$C_i[-]$
1	Fortrac R 400/50-30	Fortrac R 400/50-30	—————	400,00	120,59	0,60	0,70

Détails des renforcements

1. Fortrac R 400/50-30

Résistance caractéristique à court terme  $T_{ult} = 400,00 \text{ kN/m}$   
Résistance de calcul à long terme  $R_t = 120,59 \text{ kN/m}$   
Total de l'incertitude du modèle  $FS_{UNC} = 1,50$

Coefficients de réduction calculés

Durée de vie : 120 ans  
Creep  $RF_{CR} = 1,83$   
Liaison chimique : pH 4.0-9.0  
Effet chimique/biologique de l'environnement  $RF_D = 1,14$   
Taille des grains :  $D_{90} \leq 40 \text{ mm}$   
Rupture du géosynthétique par compactation  $RF_{ID} = 1,06$

Armature

Num.	Nombre des renforcements	Type du renforcement	Dist. des renforc. $h_r[\text{m}]$	Haut. du premier renforc. $h[\text{m}]$	Géométrie des renforcements
1	6	Fortrac R 400/50-30	0,80	0,80	long. des renforcements identique



## Détails de l'armature

### Armature numéro 1

Type du renforcement : Fortrac R 400/50-30

Nombre des renforcement 6

Géométrie des renforcements: long. des renforcements identique

Long. des renfor. : 8,00 m

Numéro de renforcement	Origine $l_1$ [m]	Fin $l_2$ [m]	Hauteur à partir du bas $h$ [m]	Long. $l$ [m]
1	-1,80	6,20	0,80	8,00
2	-1,60	6,40	1,60	8,00
3	-1,40	6,60	2,40	8,00
4	-1,20	6,80	3,20	8,00
5	-1,00	7,00	4,00	8,00
6	-0,80	7,20	4,80	8,00

## Paramètres des sols

### Soil No. 1

Poids volumique :  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Angle de frottement interne :  $\varphi_{ef} = 29,00^\circ$

Cohésion du sol :  $c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$

Angle de frot. structure-sol :  $\delta = 10,00^\circ$

Poids volumique du sol saturé :  $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

### Soil No. 2

Poids volumique :  $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$



Angle de frottement interne :  $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$

Cohésion du sol :  $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$

Angle de frot. structure-sol :  $\delta = 12,00^\circ$

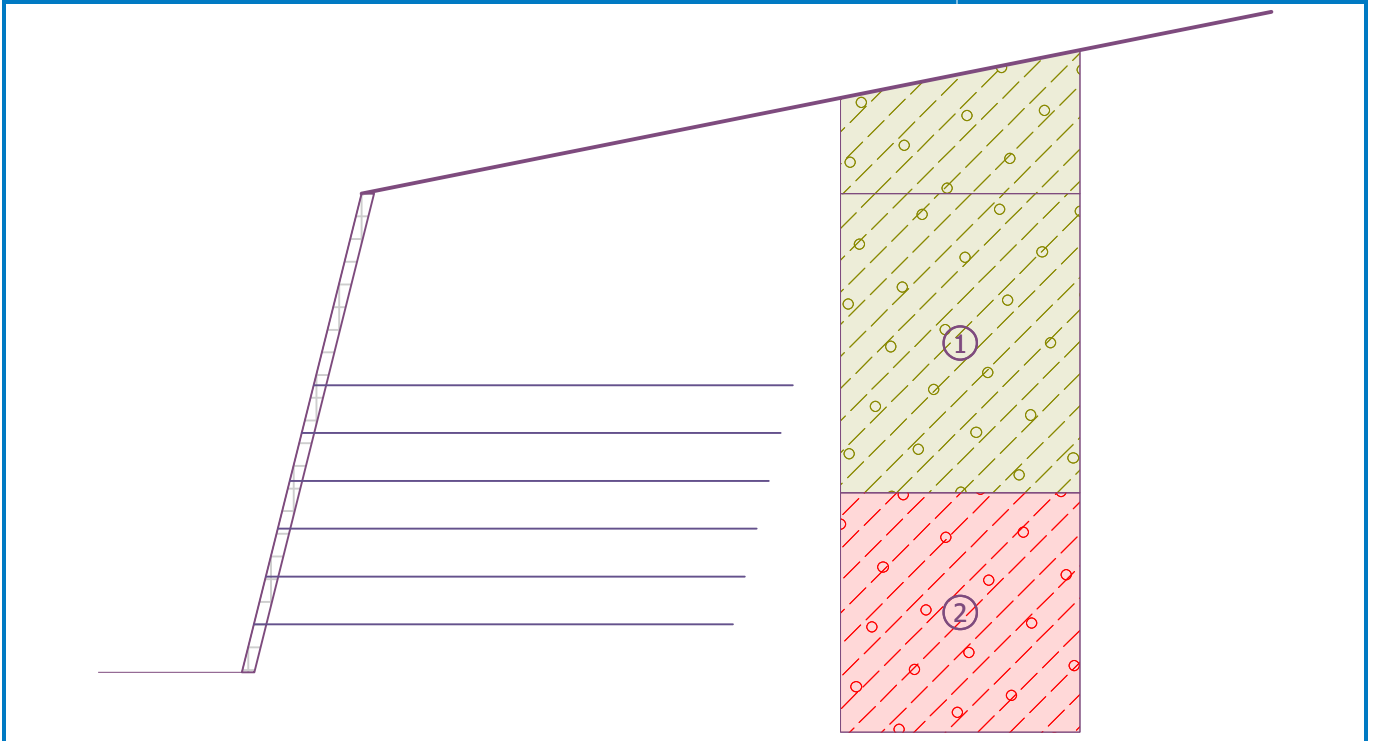
Poids volumique du sol saturé :  $\gamma_{sat} = 21,50 \text{ kN/m}^3$

## Coupe géologique et assignation des sols

Num.	Couche [m]	Sol assigné	Echantillon
1	5,00	Soil No. 1	
2	-	Soil No. 2	

**Nom : Profil et assignation**

**Phase - calcul : 1 - 0**



**Profil du terrain**

L'inclinaison du terrain derrière la structure est de 1: 5,00 (angle d'inclinaison est 11,31 °).

**Effet de l'eau**

La nappe phréatique n'est pas considérée.

**Pression à l'avant de la structure**

Pression à l'avant de la structure non prise en compte.

**Paramètres du calcul de la phase**

Situation de calcul : permanente

**Vérification n° 1**

**Somme des forces appliquées à la structure**

Nom	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Point d'application z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Point d'application x [m]	Partiel coefficient
Poids	0,00	-4,22	1315,14	5,04	1,000
Pression active	144,89	-2,65	61,13	8,30	1,000

**Vérification du mur entier**

**Vérification de la résistance au renversement**

Moment résistant  $M_{res} = 7131,86$  kNm/m

Moment de renversement  $M_{ovr} = 384,16$  kNm/m

Coefficient de sécurité= 18,56 > 1,50

**Résistance du mur au renversement ADMISSIBLE**

**Vérification de la résistance au glissement**

Force horizontale résistante  $H_{res} = 890,59$  kN/m

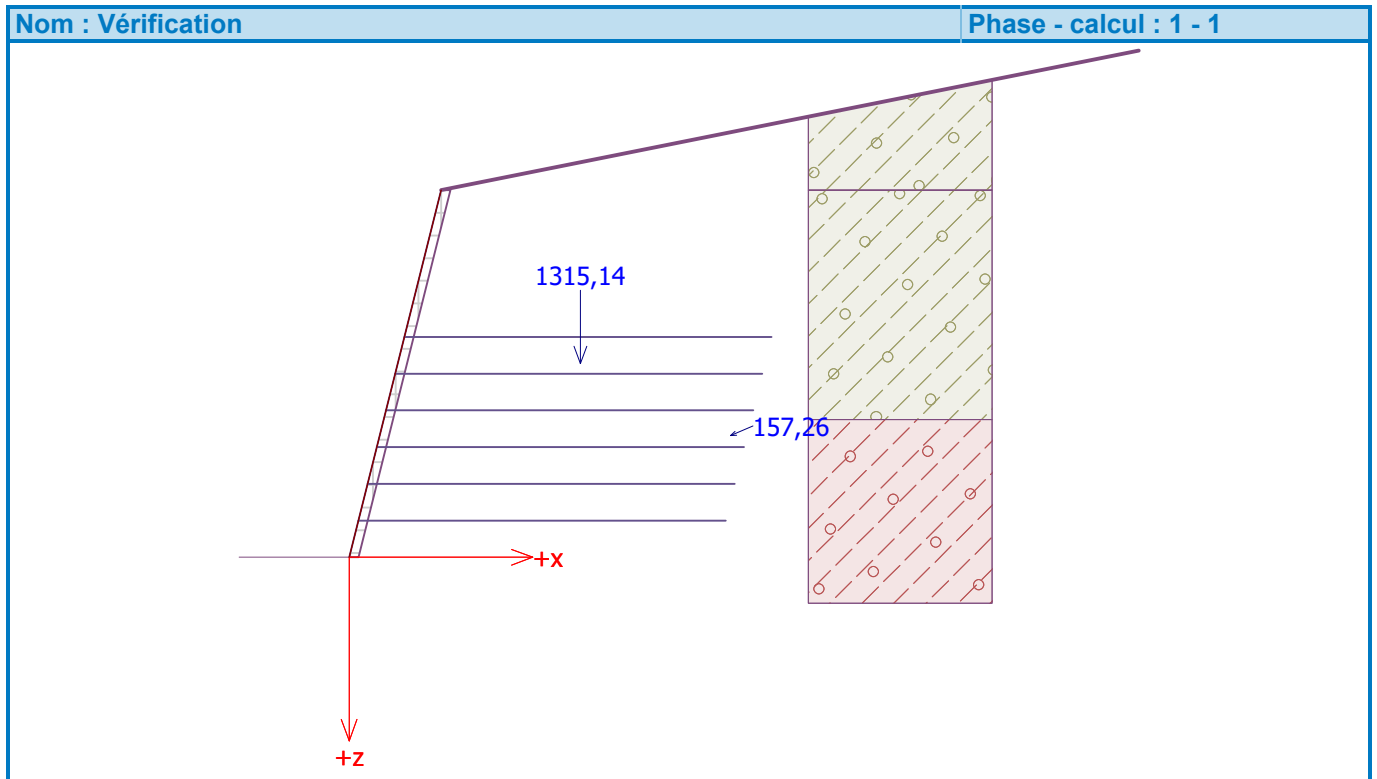
Force horizontale sollicitante  $H_{act} = 144,89$  kN/m



Coefficient de sécurité = 6,15 > 1,50

**Résistance du mur au glissement ADMISSIBLE**

**Vérification globale - MUR ADMISSIBLE**



### Capac. port. du sol de fondation

Forces appliquées au centre de la base de la fondation

Num.	Moment [kNm/m]	Effort normal [kN/m]	Force mot. [kN/m]	Excentricité [-]	Contrainte [kPa]
1	-1242,64	1376,27	144,89	0,000	172,03

Forces standards appliquées au centre de la base de fondation (calcul du tassement)

Num.	Moment [kNm/m]	Effort normal [kN/m]	Force mot. [kN/m]
1	-1242,64	1376,27	144,89

### Vérification de la capacité portante du sol de fondation

#### Vérification de l'excentricité

Excentricité max. de l'effort normal  $e = 0,000$

Excentricité maximale permise  $e_{alw} = 0,333$

**Excentricité de l'effort normal ADMISSIBLE**

#### Vérification de la capacité portante de la base de la fondation

Contrainte maximale à la base de la fondation  $\sigma = 172,03$  kPa

Capac. port. du sol de fondation  $R_d = 300,00$  kPa

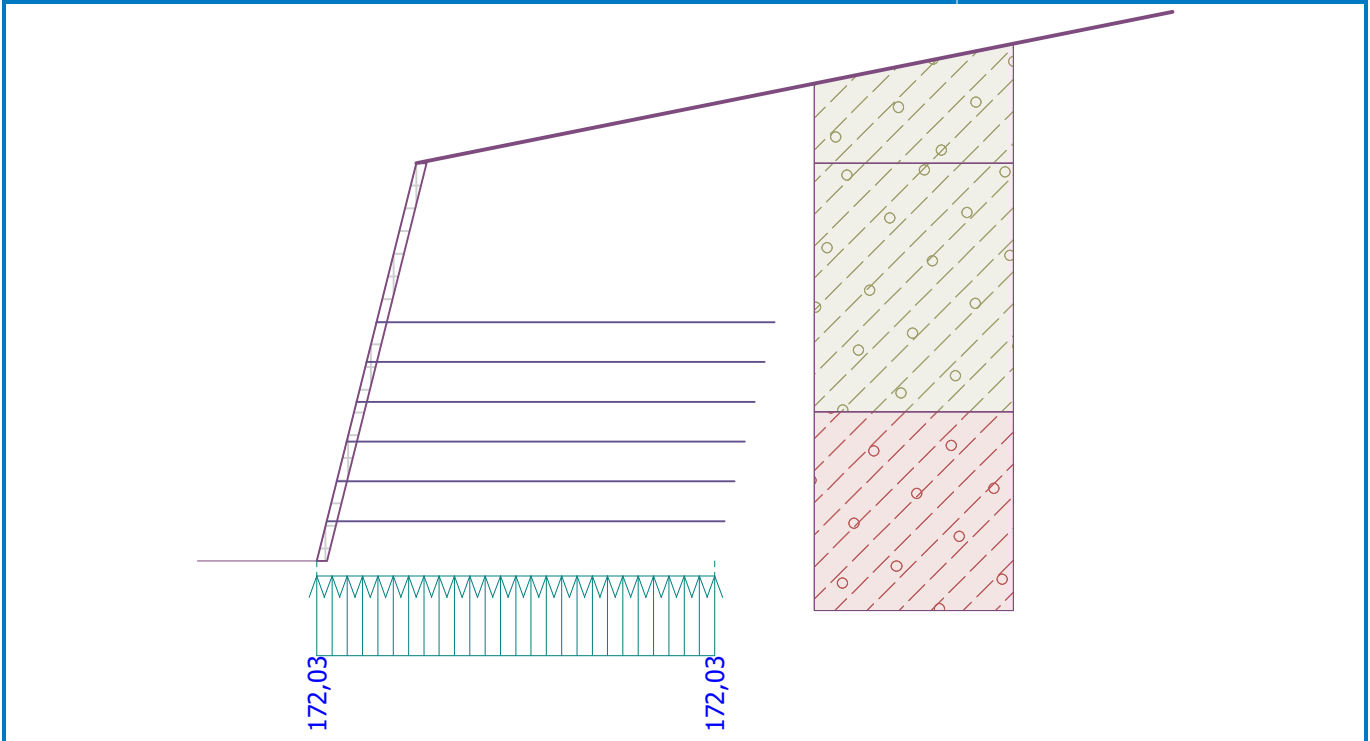
Coefficient de sécurité = 1,74 > 1,50

**Capac. port. du sol de fondation ADMISSIBLE**

**Vérification globale- capacité portante du sol de fondation ADMISSIBLE**

Nom : Capacité portante

Phase - calcul : 1 - -1



Vérification du glissement sur l'armature n° 1

Somme des forces appliquées à la structure (vérification du géosynthétique à l'utilisation maximale)

Nom	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Point d'application z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Point d'application x [m]	Partiel coefficient
Pression active	117,26	-2,11	51,44	8,56	1,000
Poids	0,00	-3,95	1257,09	5,12	1,000
Renforcement	-0,06	-0,80	0,00	8,20	1,000
Renforcement	-0,12	-1,60	0,00	8,40	1,000
Renforcement	-0,15	-2,40	0,00	8,60	1,000
Renforcement	-0,17	-3,20	0,00	8,80	1,000
Renforcement	-0,18	-4,00	0,00	9,00	1,000

Vérification de la résistance au glissement le long du géosynthétique à l'utilisation maximale (géosynthétique n°: 1)

Inclin. de la surface de glissement = 76,00 °  
 Effort normal total appliqué sur le renforcement = 1308,54 kN/m  
 Coefficient de réduction du glissement sur le géosynthétique = 0,60  
 Résistance du mur = 0,00 kN/m  
 Capacité portante totale des renforcements = 0,68 kN/m  
 Résistance du géosynthétique = 453,29 kN/m

Vérification de la résistance au glissement :

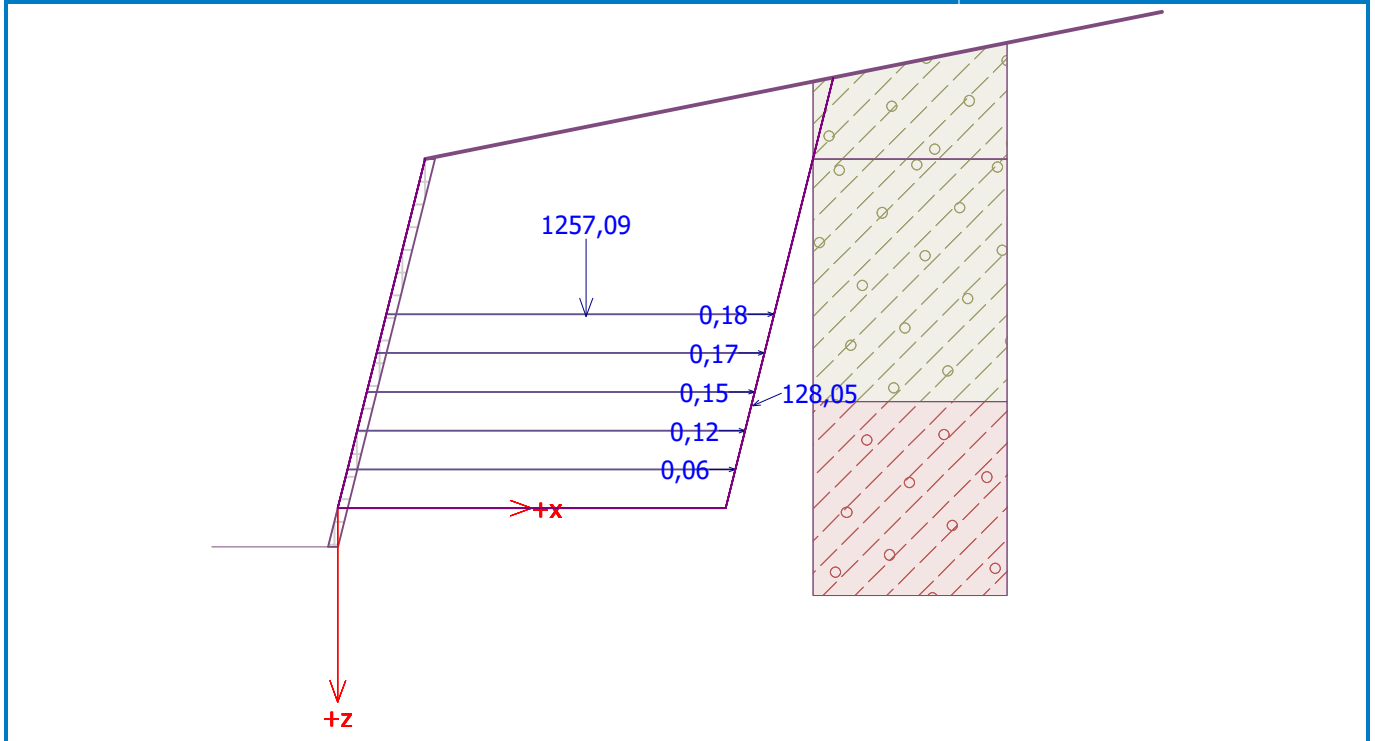
Force horizontale résistante H<sub>res</sub> = 453,97 kN/m  
 Force horizontale sollicitante H<sub>act</sub> = 117,26 kN/m

Coefficient de sécurité = 3,87 > 1,50

**Glissement du géosynthétique ADMISSIBLE**

Nom : Gliss. sur l'arm.

Phase - calcul : 1 - 1



### Calcul de la stabilité interne n° 1

#### Forces et capacités portantes calculées des géosynthétiques

Num.	Nom	$F_x$ [kN/m]	Profondeur $z$ [m]	$R_t$ [kN/m]	Utilisation [%]	$T_p$ [kN/m]	Utilisation [%]
1	Fortrac R 400/50-30	-26,50	7,21	120,59	32,96	926,29	4,29
2	Fortrac R 400/50-30	-14,32	6,41	120,59	17,82	787,60	2,73
3	Fortrac R 400/50-30	-11,36	5,60	120,59	14,13	657,22	2,59
4	Fortrac R 400/50-30	-11,76	4,80	120,59	14,63	519,29	3,40
5	Fortrac R 400/50-30	-10,13	4,00	120,59	12,60	422,71	3,60
6	Fortrac R 400/50-30	-21,41	3,20	120,59	26,63	334,82	9,59

#### Vérification de la résistance à la rupture (Géosynthétique n°1)

Résistance à la rupture  $R_t = 120,59$  kN/m

Force du géosynthétique  $F_x = 26,50$  kN/m

Coefficient de sécurité =  $4,55 > 1,50$

**Résistance du géosynthétique à la rupture ADMISSIBLE**

#### Vérification de la résistance à l'arrachement (Géosynthétique n°6)

Résistance à l'arrachement  $T_p = 334,82$  kN/m

Force du géosynthétique  $F_x = 21,41$  kN/m

Coefficient de sécurité =  $15,64 > 1,50$

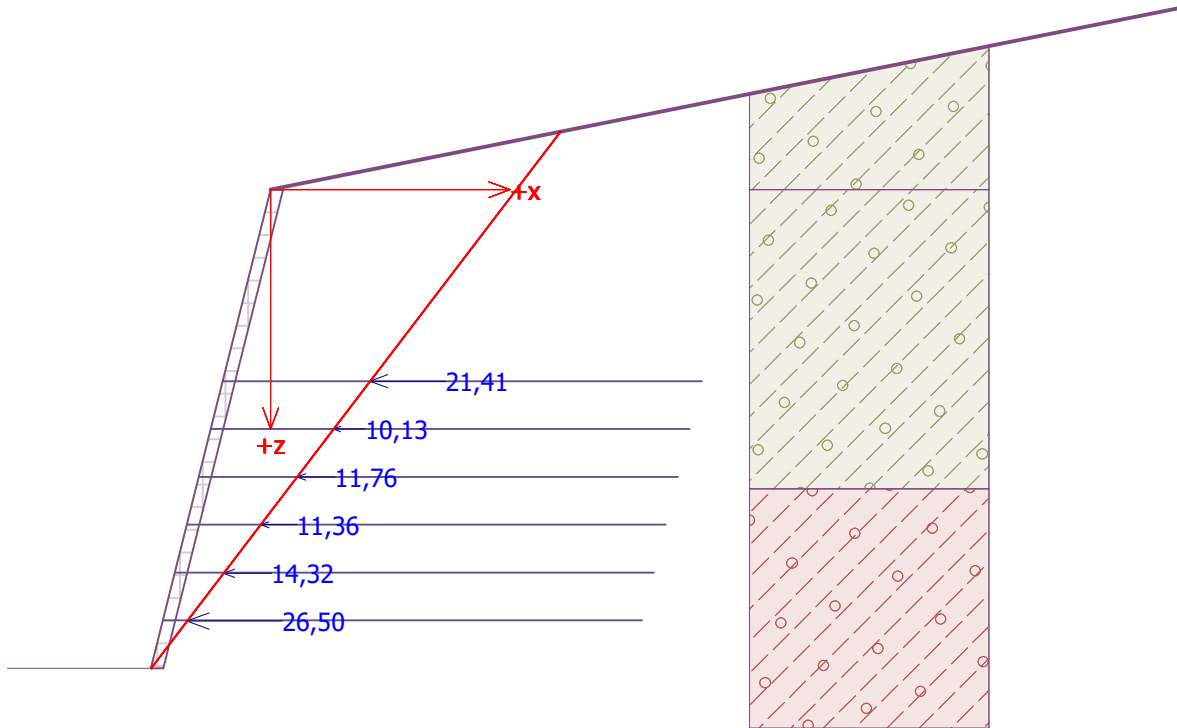
**Résistance du géosynthétique à l'arrachement ADMISSIBLE**

**Vérification globale - géosynthétique ADMISSIBLE**



Nom : Stabilité interne

Phase - calcul : 1 - 1



### Calcul de la stabilité globale n° 1

#### Paramètres de la surface de glissement

(la surface de glissement pour l'optimisation)

Centre S = (-1,85;-9,05) m

Rayon r = 18,14 m

Angle  $\alpha_1$  = -19,96 °

$\alpha_2$  = 70,70 °

#### Vérification de la stabilité des pentes (Bishop)

FS = 1,79 > 1,50

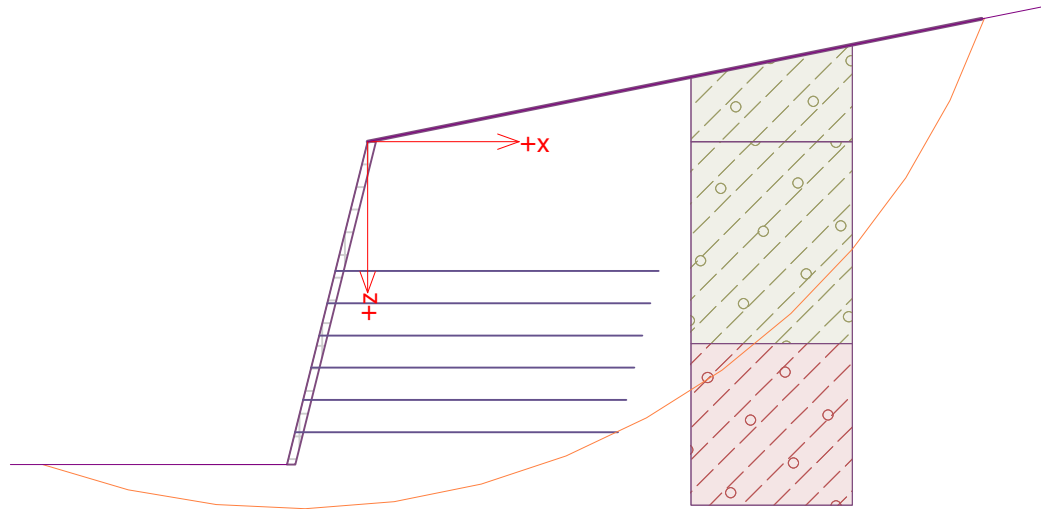
**Stabilité des pentes ADMISSIBLE**





Nom : Stabilité globale

Phase - calcul : 1 - 1



## Calcul de la stabilité de pente

### Données d'entrée

#### Projet

#### Paramètres

Standard- coefficients de sécurité

#### Calcul de la stabilité

Calcul du séisme : Standard

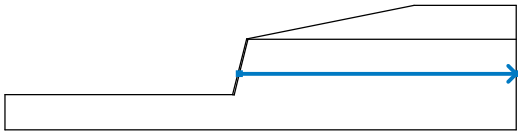
Méthode de vérification : coefficients de sécurité

Coefficients de sécurité	
Situation de calcul permanente	
Coefficient de sécurité :	SF <sub>s</sub> = 1,50 [-]



#### Interface

Num.	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-34,67	-8,00	-2,00	-8,00	0,00	0,00
		24,00	4,80	38,67	4,80		
2		0,00	0,00	0,19	-0,05		
3		-2,00	-8,00	-1,81	-8,05	-1,05	-5,00
		0,19	-0,05	38,67	-0,05		





Num.	Placement de l'interface	Coordonnées des points de l'interface [m]					
		x	z	x	z	x	z
4		-1,05	-5,00	38,67	-5,00		

#### Paramètres des sols - état de contraintes effectif

Num.	Nom	Echantillon	$\phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Soil No. 1		29,00	8,00	19,00
2	Soil No. 2		30,00	12,00	21,00

#### Paramètres des sols - soulèvement hydraulique

Num.	Nom	Echantillon	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Soil No. 1		19,00		
2	Soil No. 2		21,50		

#### Paramètres des sols

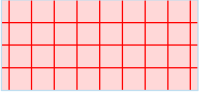

##### Soil No. 1

Poids volumique :  $\gamma = 19,00$  kN/m<sup>3</sup>  
 Etat de contraintes : effective  
 Angle de frottement interne :  $\phi_{ef} = 29,00$  °  
 Cohésion du sol :  $c_{ef} = 8,00$  kPa  
 Poids volumique du sol saturé :  $\gamma_{sat} = 19,00$  kN/m<sup>3</sup>

##### Soil No. 2

Poids volumique :  $\gamma = 21,00$  kN/m<sup>3</sup>  
 Etat de contraintes : effective  
 Angle de frottement interne :  $\phi_{ef} = 30,00$  °  
 Cohésion du sol :  $c_{ef} = 12,00$  kPa  
 Poids volumique du sol saturé :  $\gamma_{sat} = 21,50$  kN/m<sup>3</sup>

#### Corps rigides

Num.	Nom	Echantillon	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Couvercle		23,00
2	Matériau de l'enrobage		23,00



### Assignation et surfaces

Num.	Placement de la surface	Coordonnées des points de la surface [m]				Assignée sol
		x	z	x	z	
1		38,67	-0,05	38,67	4,80	Soil No. 1 
		24,00	4,80	0,00	0,00	
		0,19	-0,05			
2		38,67	-5,00	38,67	-0,05	Soil No. 1 
		0,19	-0,05	-1,05	-5,00	
3		-1,81	-8,05	-1,05	-5,00	Couvercle 
		0,19	-0,05	0,00	0,00	
		-2,00	-8,00			
4		-1,05	-5,00	-1,81	-8,05	Soil No. 2 
		-2,00	-8,00	-34,67	-8,00	
		-34,67	-13,05	38,67	-13,05	
		38,67	-5,00			

### Renforc.

Num.	Point à gauche		Point à droite		Long. L [m]	Résistance R <sub>t</sub> [kN/m]	Rés. à l'arrach.	Installation de renforcement
	x [m]	z [m]	x [m]	z [m]				
1	-0,80	-3,20	7,20	-3,20	8,00	120,59	T <sub>p</sub> = 67,40 kN/m <sup>2</sup>	Solide
2	-1,00	-4,00	7,00	-4,00	8,00	120,59	T <sub>p</sub> = 84,25 kN/m <sup>2</sup>	Solide
3	-1,20	-4,80	6,80	-4,80	8,00	120,59	T <sub>p</sub> = 101,11 kN/m <sup>2</sup>	Solide
4	-1,40	-5,60	6,60	-5,60	8,00	120,59	T <sub>p</sub> = 124,25 kN/m <sup>2</sup>	Solide
5	-1,60	-6,40	6,40	-6,40	8,00	120,59	T <sub>p</sub> = 143,64 kN/m <sup>2</sup>	Solide
6	-1,80	-7,20	6,20	-7,20	8,00	120,59	T <sub>p</sub> = 163,04 kN/m <sup>2</sup>	Solide

### 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 =	-1,82 [m]	Angles :
	z =	8,78 [m]	
		$\alpha_1 =$	-20,29 [°]
		$\alpha_2 =$	71,23 [°]

Surface de glissement après l'optimisation.



### Paramètres de la surface de glissement

Rayon : R = 17,89 [m]  
Surface de glissement après l'optimisation.

### Forces des renforcements

Renforcement	Force [kN/m]
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00

### Vérification de la stabilité de pente (Bishop)

Sommation des forces actives :  $F_a = 905,00$  kN/m

Sommation des forces passives :  $F_p = 1619,60$  kN/m

Moment de glissement :  $M_a = 16190,46$  kNm/m

Moment résistant :  $M_p = 28974,68$  kNm/m

Coefficient de sécurité =  $1,79 > 1,50$

**Stabilité de pente ADMISSIBLE**

Nom : Calcul

Phase - calcul : 1 - 1

