

Introduction générale aux techniques de clouage



Christian TREVE, Groupe CFE (ctreve@cfe.be)



Journée d'étude SBGIMR – Namur – 10/03/2015
Les techniques de clouage des parois



Nous allons parler de ...

- Lexique et définitions
- Massifs renforcés
- Paramètres géomécaniques
- Stabilité externe



1- Lexique - Définitions



3

Lexique - Définitions

Paroi clouée :

Paroi de sol ou de roche renforcée en déblai par apport successif de rangées d'inclusions rigides – généralement métalliques, mais pas seulement – peu inclinées, soit par forage et injection de coulis ou par battage puis pose d'un revêtement de surface

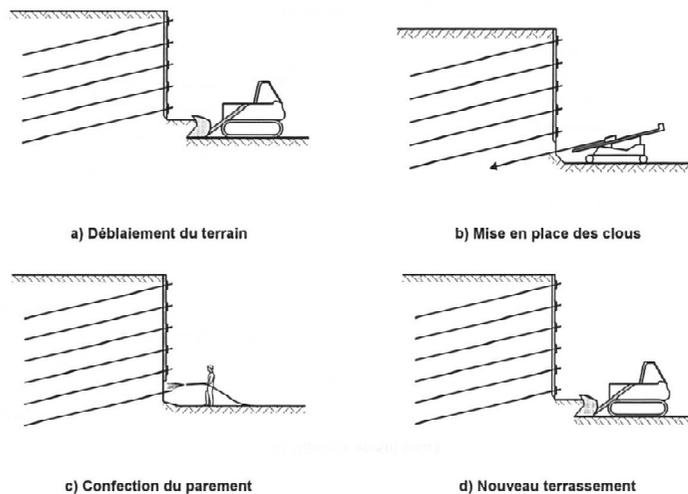


Figure 4.2.2 - Réalisation d'un ouvrage en sol cloué



Lexique - Définitions

Cloutage :

Opération consistant à durcir et rendre rugueuse la surface d'une chaussée en lui incorporant des gravillons durs.



Cloutage :

Action de poser des clous en maroquinerie.



Cloutage :

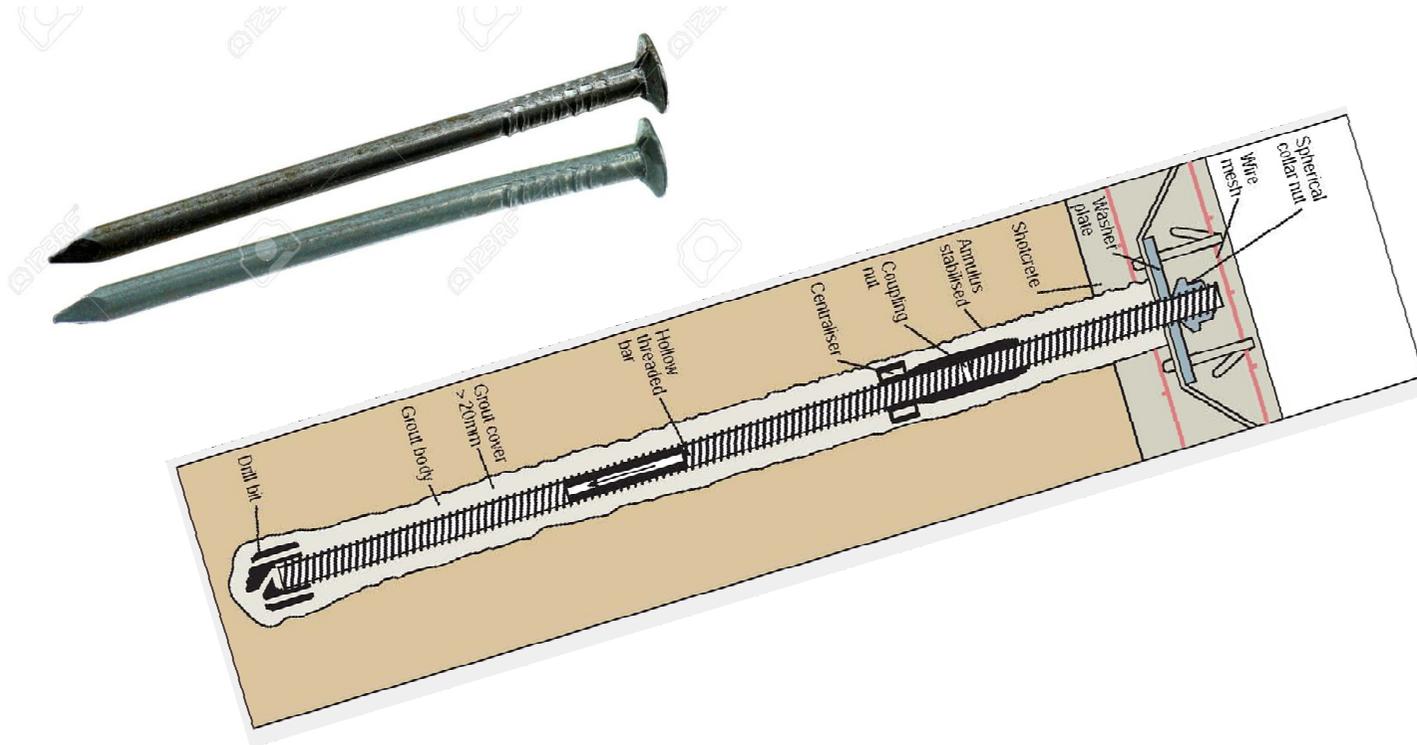
Synonyme pour **Clouage**.



Lexique - Définitions

Clou :

Élément de renforcement constitué par un élément le plus souvent métallique scellé (frottant) sur toute sa longueur.



Lexique - Définitions

Tirant :

Élément de renforcement permettant de relier en traction deux points fixes.

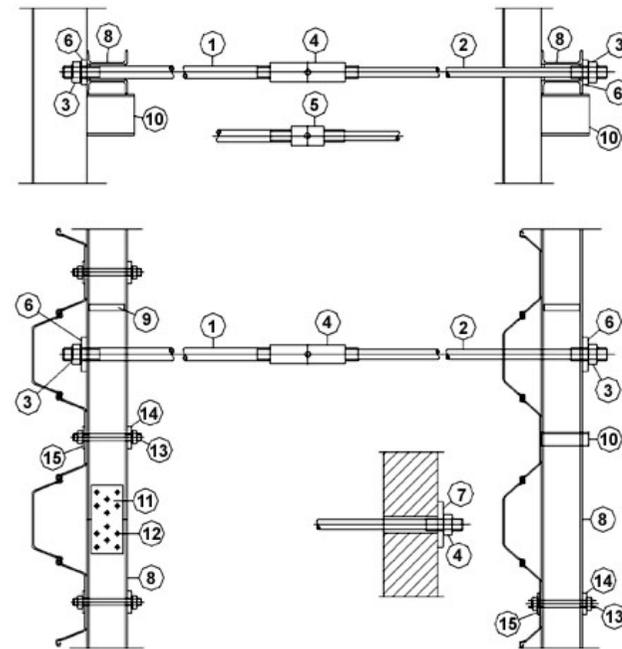
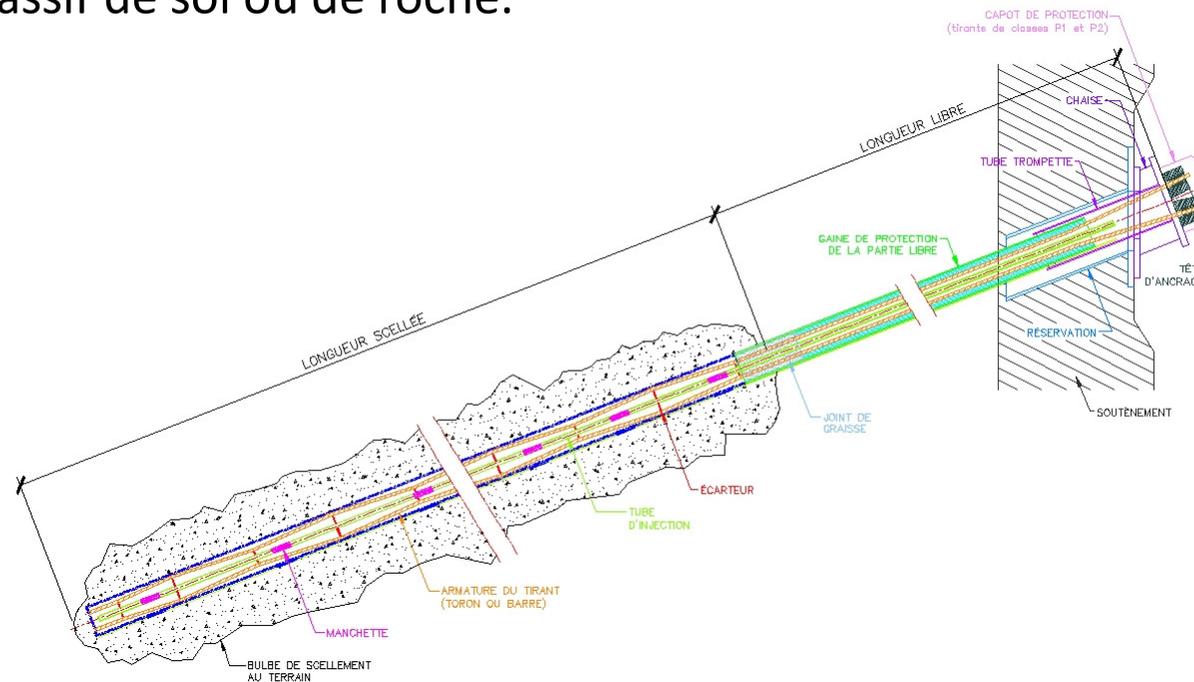


Schéma Arcelor Mittal

Lexique - Définitions

Ancrage :

En géotechnique, élément reliant une tête d'ancrage solidaire de la paroi à stabiliser et une zone de scellement liaisonnant le tirant au massif de sol ou de roche.



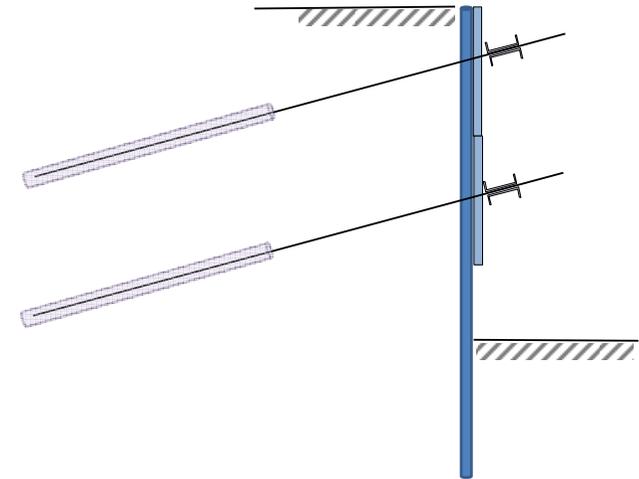
Lexique - Définitions

Paroi tirantée :

Paroi renforcée non pas par des clous mais par des tirants



Centre commercial Kremlin-Bicêtre – Botte Fondations (Groupe VINCI)



Lexique - Définitions

Epinglage :

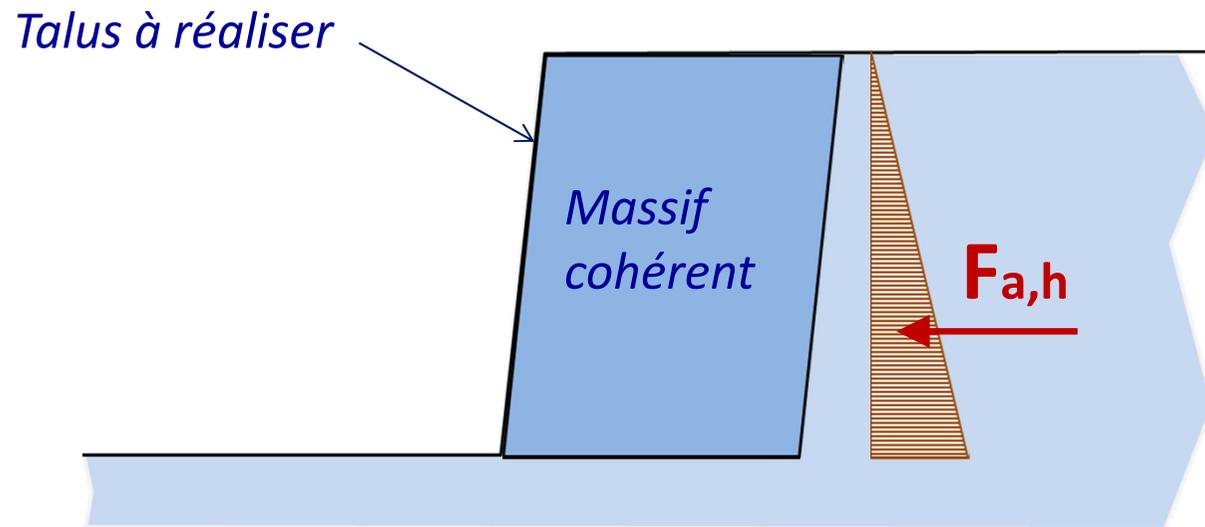
Technique visant à stabiliser une paroi rocheuse en liaisonnant les blocs rocheux instables au substrat stable à l'aide d'épingles métalliques – avec ou sans écran complémentaire. Il s'agit d'un renforcement local.



2- Les Massifs renforcés



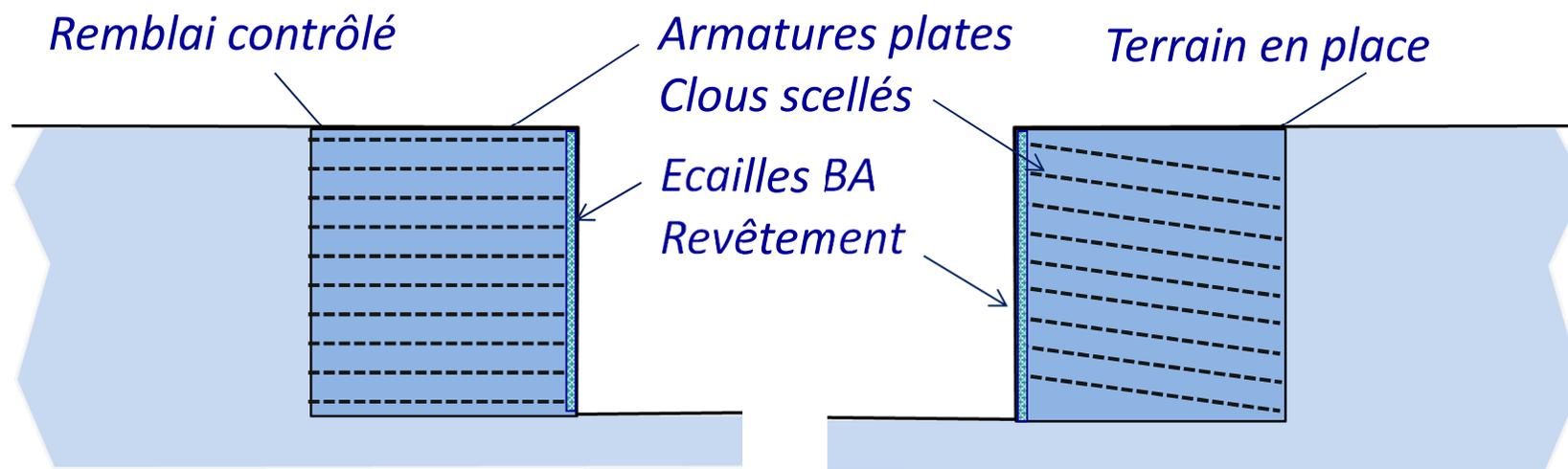
Principe du mur poids



Terre armée



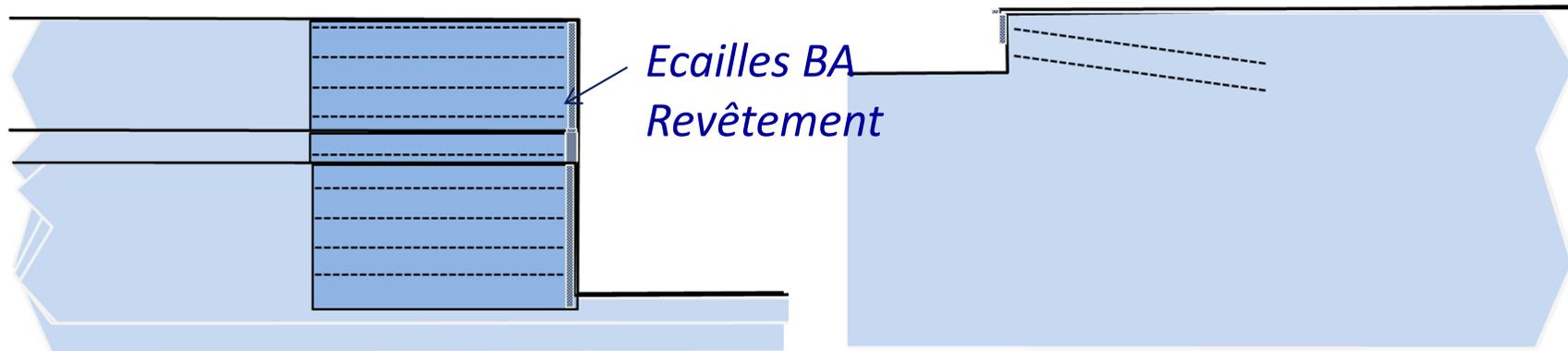
Paroi clouée



Terre armée



Paroi clouée



Dimensionnement

La similitude de ces types de structure cache cependant des différences fondamentales :

Terre armée :

- Les paramètres géomécaniques du remblai sont parfaitement contrôlables et maîtrisables (compactage)
- Le remblai est libre de toute mauvaise surprise
- Les armatures sont disposées soigneusement avant remblais et leur frottement dans le remblais peut être vérifié sur place ou en laboratoire.
- Les éléments de parement de la face sont montés les uns sur les autres
- La face avant du remblai n'est jamais exposée sans renforcement



Dimensionnement

La similitude de ces types de structure cache cependant des différences fondamentales :

Paroi clouée :

- Les paramètres géomécaniques du massif ne peuvent qu'être estimés dans le cadre d'une étude géotechnique plus ou moins détaillée
- Le massif peut cacher des zones de faiblesse non reconnues
- Les armatures sont mise en place par forage ou battage.
La résistance à l'arrachement ne peut être contrôlée qu'à posteriori (min 7j pour les scellements au coulis).
- Les éléments de parement de la face sont systématiquement repris en sous-œuvre. Leur stabilité à court terme est estimée a priori.
- Avant revêtement, la face avant est excavée sans renforcement possible



Dimensionnement

Conclusions :

- Plus que la terre armée, les parois clouées demandent une étude géotechniques très approfondie
- Les armatures sont dimensionnées et mises en place sur base d'une évaluation a priori conservative
- Une révision à posteriori des armatures déjà posées est difficile voir impossible.
- Une grande prudence s'impose donc dans le dimensionnement des armatures qui devra couvrir toutes les « mauvaises surprises » géotechniques qui pourraient être découvertes en cours de chantier.



3- Paramètres Géomécaniques

Détermination des caractéristiques géomécaniques du massif



Massif meuble homogène

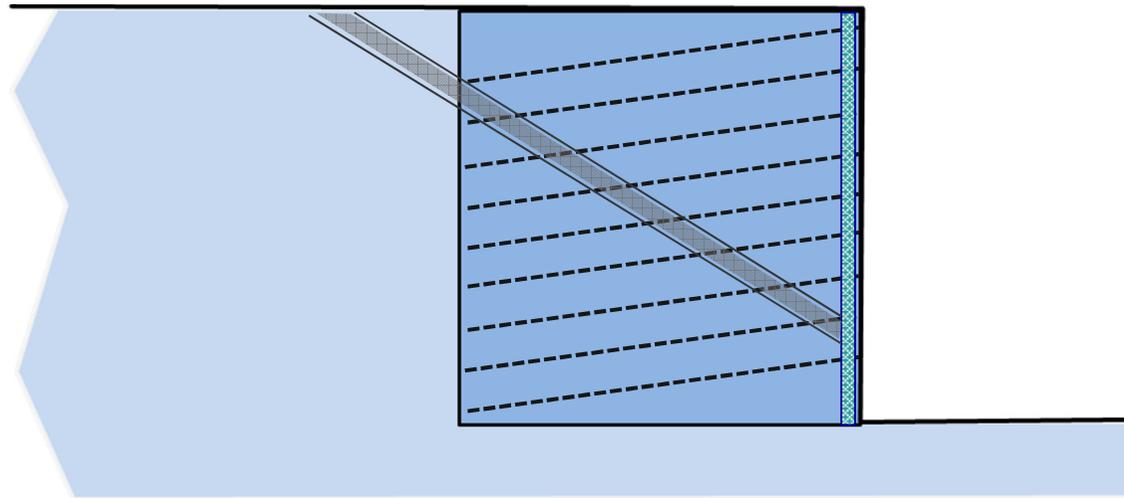
Hypothèse de base de la plupart des méthodes de calcul analytiques

Grondsoort	Bijmenging	Pakkingsdichtheid/ consistentie	q_c (MPa)	R_f (%)	γ_s boven F.O. (kN/m ³)	γ_s beneden F.O. (kN/m ³)	φ'_k (°)	c'_k (kPa)	$c_{u,k}$ (kPa)
grind	-	matig dicht	< 20 > 20	< 1%	18 19	20 21	35 40	0 0	- -
		leem- of kleihoudend	matig dicht	< 20 > 20	1-2%	19 20	21 22	32 37	0 0
zand	-	los matig dicht zeer dicht	2-4	< 1%	16	18	27	0	-
			4-10		17	19	30	0	-
			10-15		18	20	32	0	-
			> 15		19	20	35	0	-
leem- of kleihoudend	-	los matig dicht zeer dicht	2-4	1-2%	16	18	25	0	-
			4-10		17	19	27	0	-
			10-15		18	20	30	0	-
			> 15		19	20	32	0	-
leem	-	Weinig vast	0.4-1	2-4%	16	16	22	0	10
		matig vast	1-2		17	17	22	2	25
		vrij vast	2-4		18	18	22	4	50
		vast	> 4		19	19	22	8	100
	zandhoudend	Weinig vast	0.4-1	1-3%	16	16	25	0	10
		matig vast	1-2		17	17	25	2	25
klei	-	Weinig vast	0.4-1	3-6%	16	16	20	2	20
		matig vast	1-2		17	17	20	4	50
		vrij vast	2-4		18	18	20	8	100
		vast	> 4		19	19	20	15	200
	zandhoudend	Weinig vast	0.4-1	2-5%	16	16	22	2	20
		matig vast	1-2		17	17	22	4	50
veen	-	Weinig vast	0.2-0.5	>6%	10	10	15	2	10
		Matig vast	0.5-1		12	12	15	5	20
		Vast	>1		14	14	15	10	40



Massif meuble hétérogène

Prise en compte obligatoire de l'hétérogénéité, de l'anisotropie du massif : risques de plans de rupture préférentiels



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Le massif est traité comme un matériau meuble dont les caractéristiques peuvent être définies par les méthodes de la mécanique des roches.

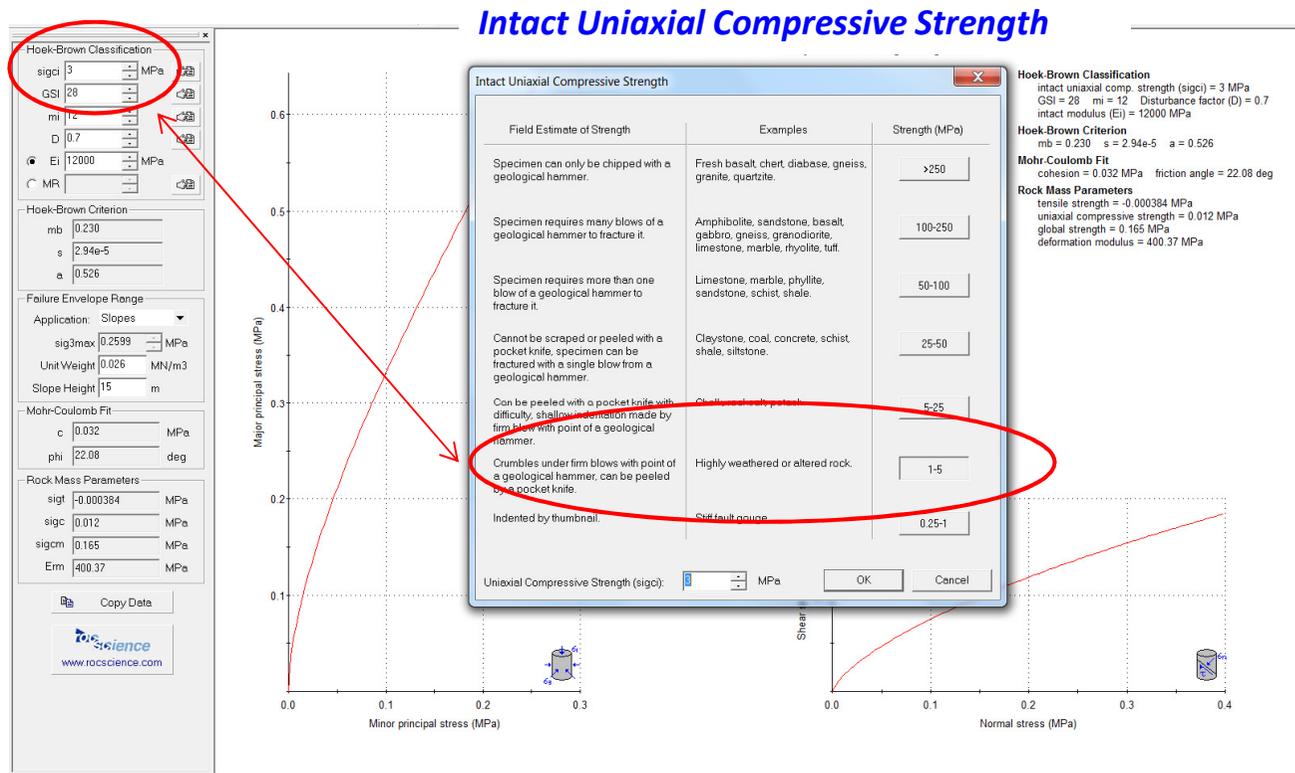
Exemple :
Méthode semi-empirique : RocLab



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Exemple :

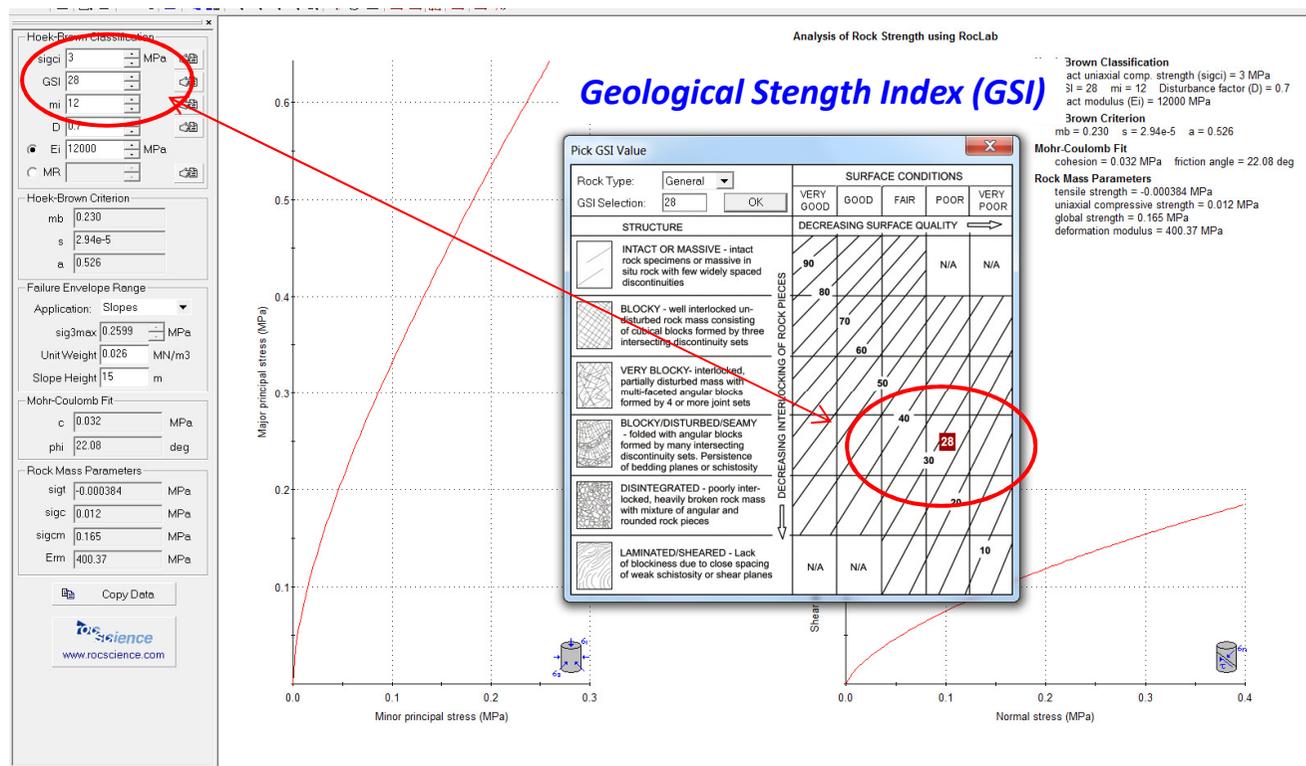
Méthode semi-empirique Roclab (RocScience – Evert Hoek)



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Exemple :

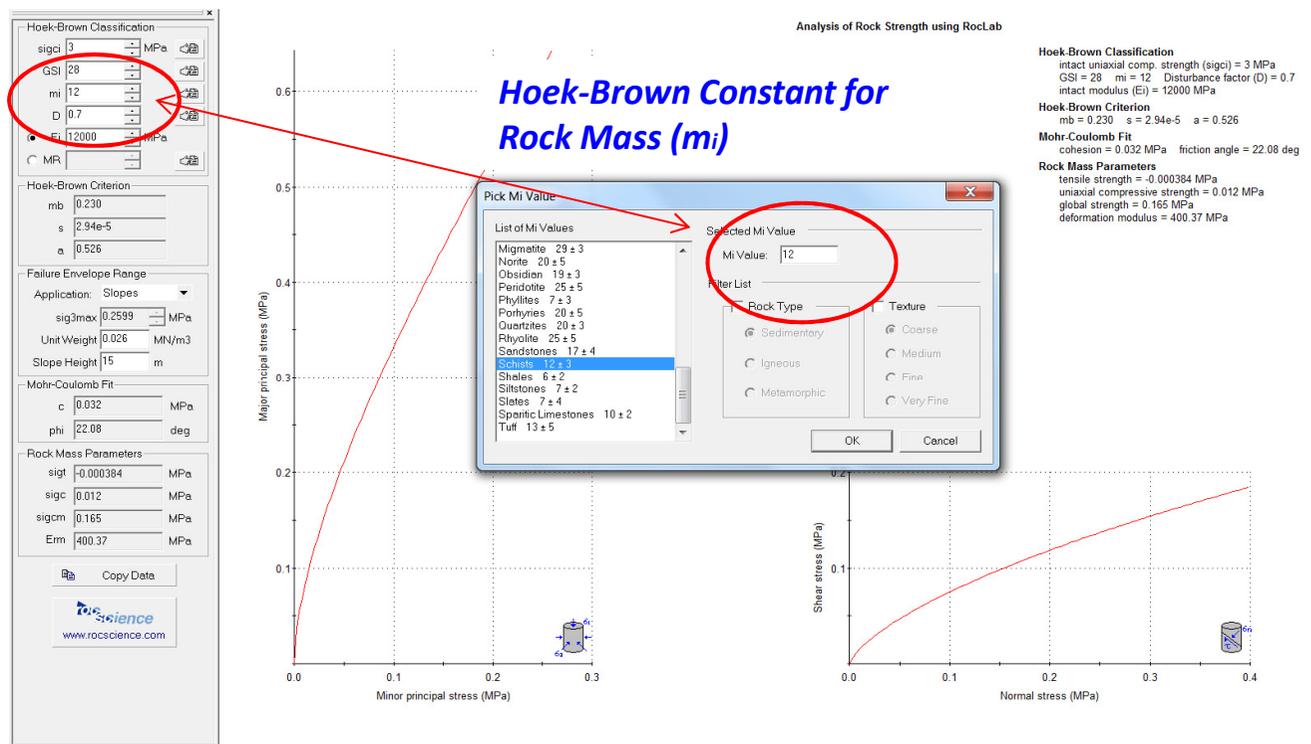
Méthode semi-empirique Roclab (RocScience – Evert Hoek)



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Exemple :

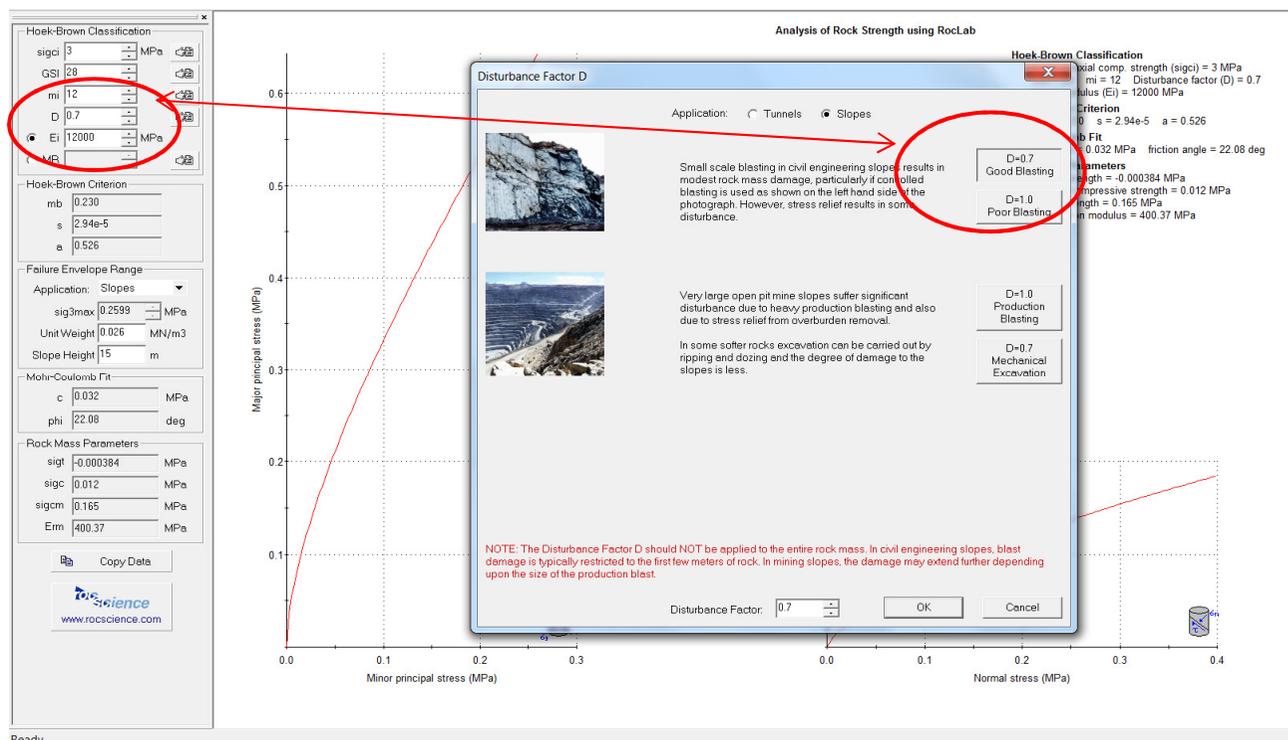
Méthode semi-empirique Roclab (RocScience – Evert Hoek)



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Exemple :

Méthode semi-empirique Roclab (RocScience – Evert Hoek)



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Exemple :

Méthode semi-empirique Roclab (RocScience – Evert Hoek)

Hoek-Brown Classification

sigci 3 MPa
 GSI 28
 mi 12
 D 0.7
 Ei 12000 MPa
 MR

Hoek-Brown Criterion

mb 0.230
 s 2.94e-5
 a 0.526

Failure Envelope Range

Application Slopes

sig3max 0.2599 MPa
 Unit Weight 0.026 MN/m³
 Slope Height 15 m

Mohr-Coulomb Fit

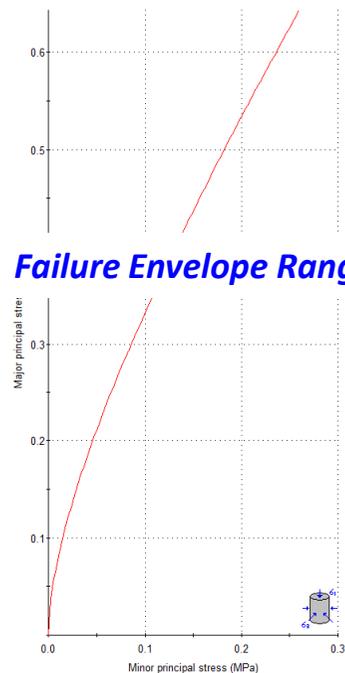
c 0.032 MPa
 phi 22.08 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.000384 MPa
 sigc 0.012 MPa
 sigcm 0.165 MPa
 Erm 400.37 MPa

Copy Data

RocScience
 www.rocsience.com



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (sigci) = 3 MPa
 GSI = 28 mi = 12 Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (Ei) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

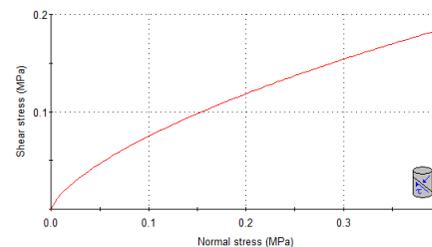
mb = 0.230 s = 2.94e-5 a = 0.526

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.032 MPa friction angle = 22.08 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.000384 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.012 MPa
 global strength = 0.165 MPa
 deformation modulus = 400.37 MPa



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Exemple :

Méthode semi-empirique Roclab (RocScience – Evert Hoek)

Hoek-Brown Classification

sigci 3 MPa
 GSI 28
 mi 12
 D 0.7
 E_i 12000 MPa
 MR

Hoek-Brown Criterion

mb 0.230
 s 2.94e-5
 a 0.526

Failure Envelope Range

Application: Slopes
 sig3max 0.2599 MPa
 Unit Weight 0.026 MN/m³
 Slope Height 15 m

Mohr-Coulomb Fit

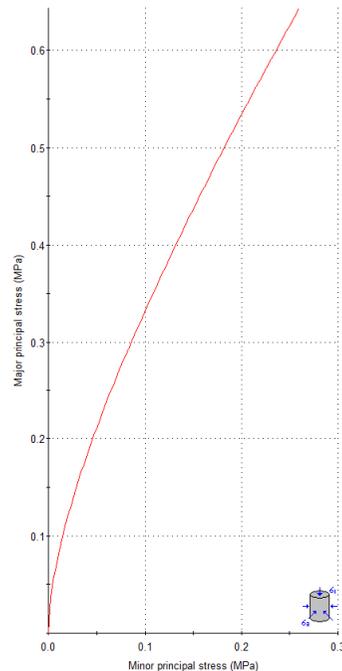
c 0.032 MPa
 phi 22.08 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.000384 MPa
 sigc 0.012 MPa
 sigcm 0.165 MPa
 E_{rm} 400.37 MPa

Copy Data

RocScience
 www.rocsience.com



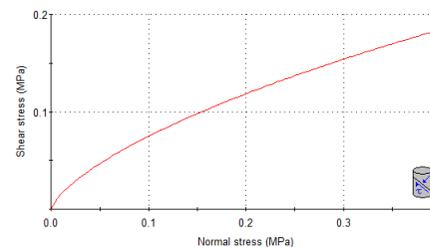
Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 3 MPa
 GSI = 28 mi = 12 Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion
 mb = 0.230 s = 2.94e-5 a = 0.526

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.032 MPa friction angle = 22.08 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.000384 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.012 MPa
 global strength = 0.165 MPa
 deformation modulus = 400.37 MPa



Massif rocheux homogène ou hétérogènes très fracturés

Exemple :

Méthode semi-empirique Roclab (RocScience – Evert Hoek)

RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 3 MPa
GSI = 28 m_i = 12 Disturbance factor (D) = 0.7
intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

m_b = 0.230 s = 2.94e-5 a = 0.526

Mohr-Coulomb Fit

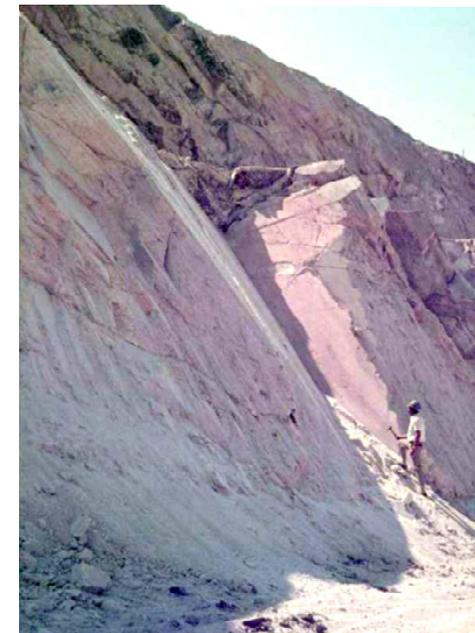
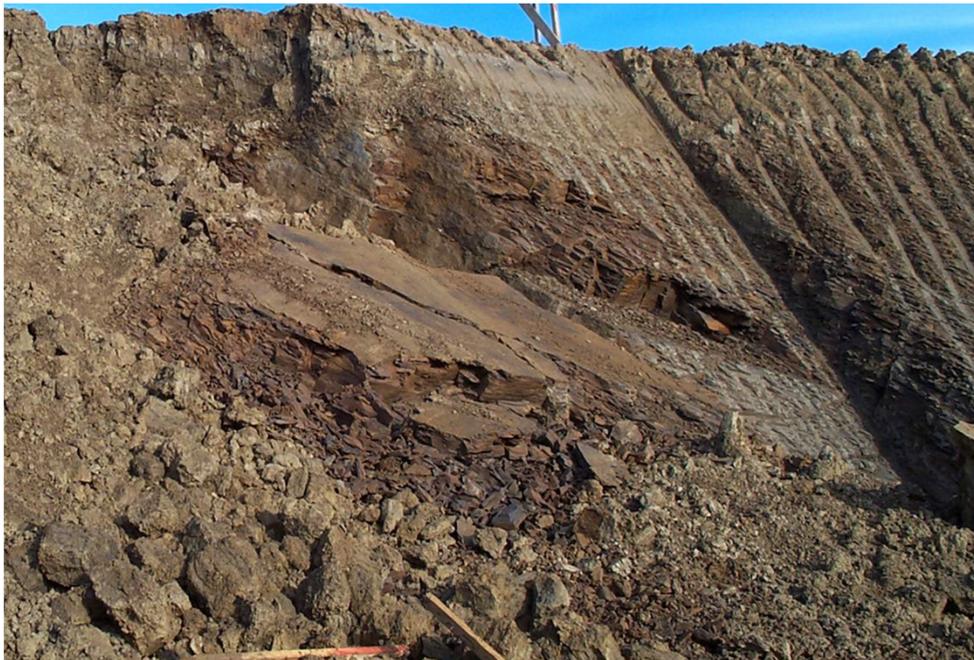
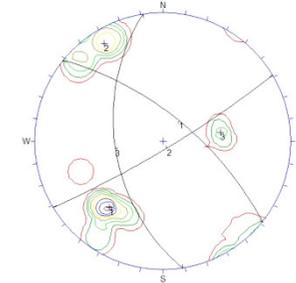
cohesion = 0.032 MPa friction angle = 22.08 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.000384 MPa
uniaxial compressive strength = 0.012 MPa
global strength = 0.165 MPa
deformation modulus = 400.37 MPa



Massif rocheux stratifié ou présentant des plans de rupture préférentiels (clivage, failles, schistosité, stratigraphie)



4- Stabilité générale externe



Dimensionnement

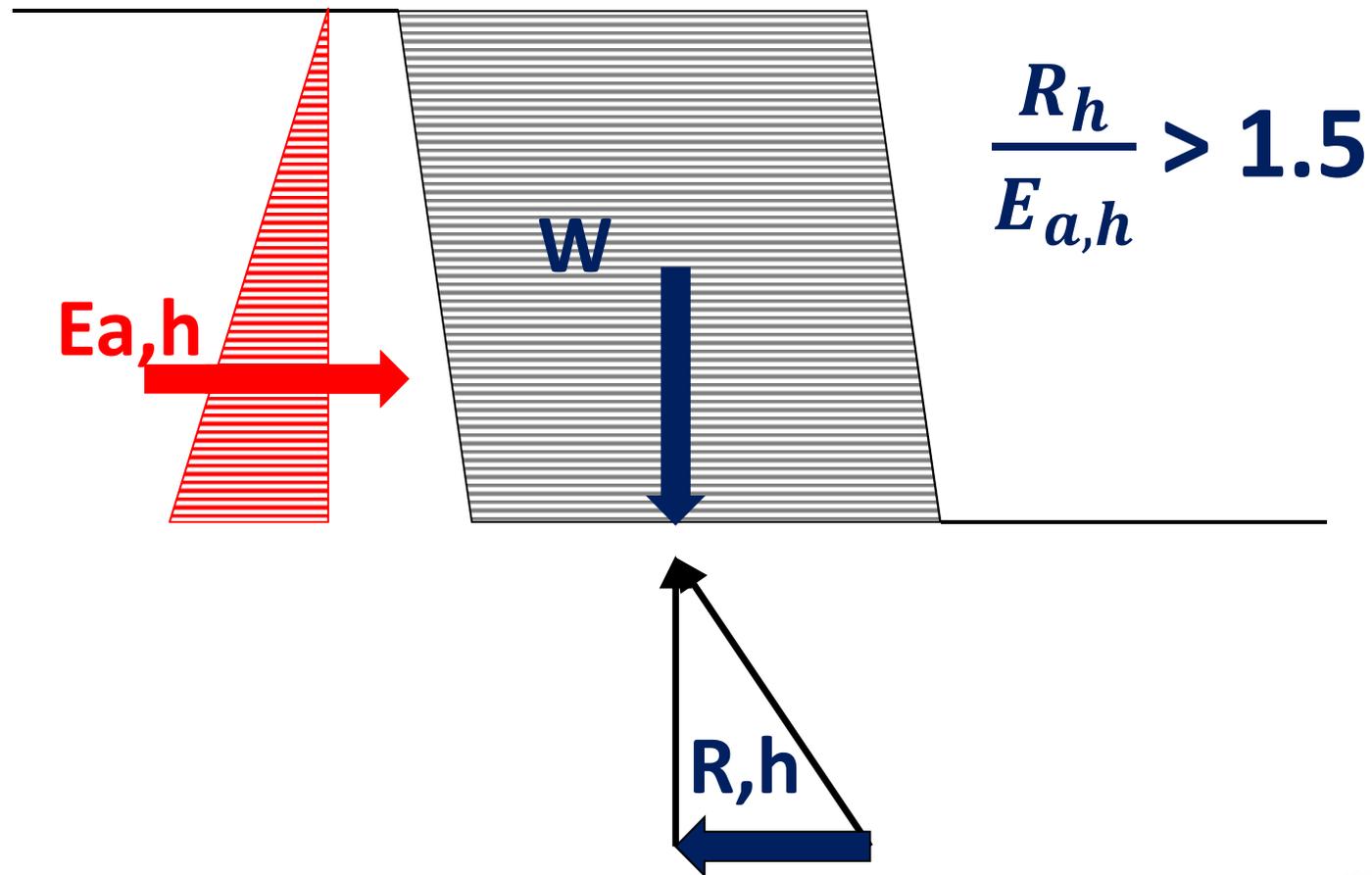
Le calcul du massif cloué calcul s'organise sur 3 plans :

- Stabilité générale externe
- Dimensionnement organique des armatures : densité, longueur résistance et frottement mobilisable
- Dimensionnement du parement



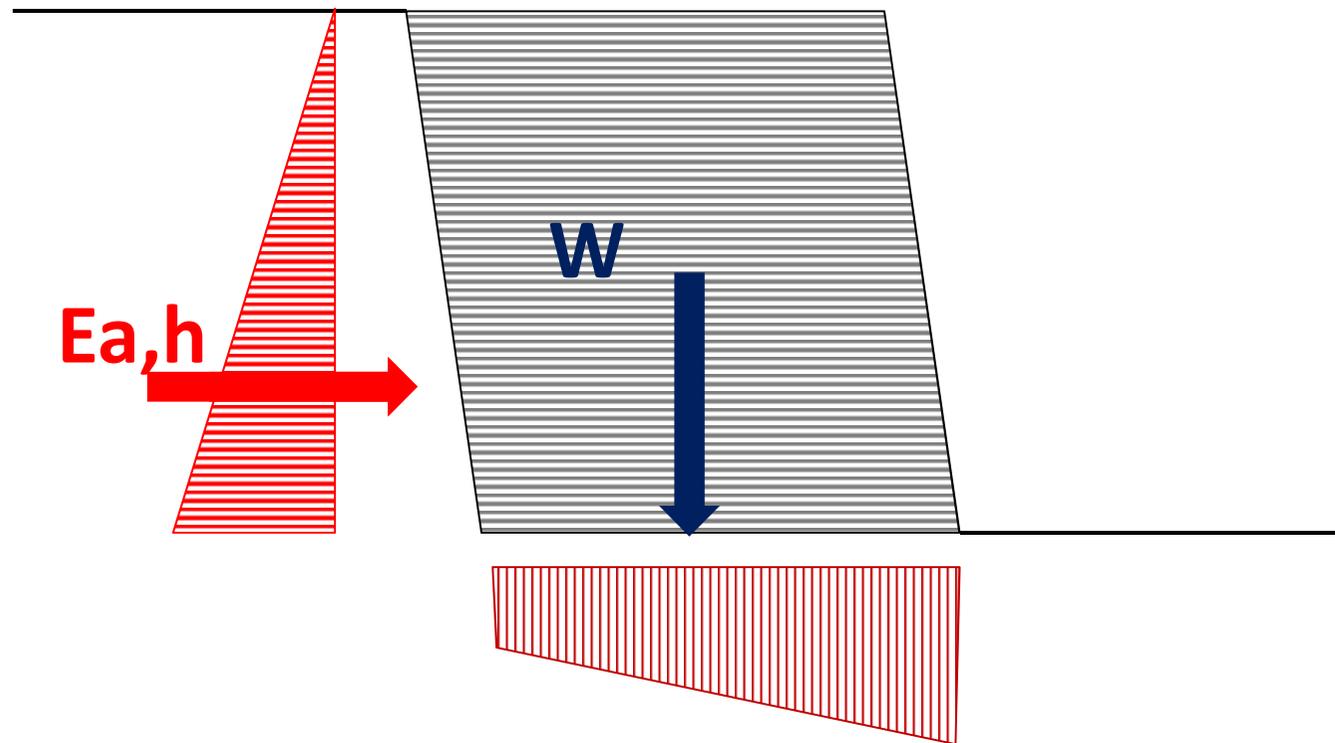
Stabilité générale externe

1 Stabilité au glissement



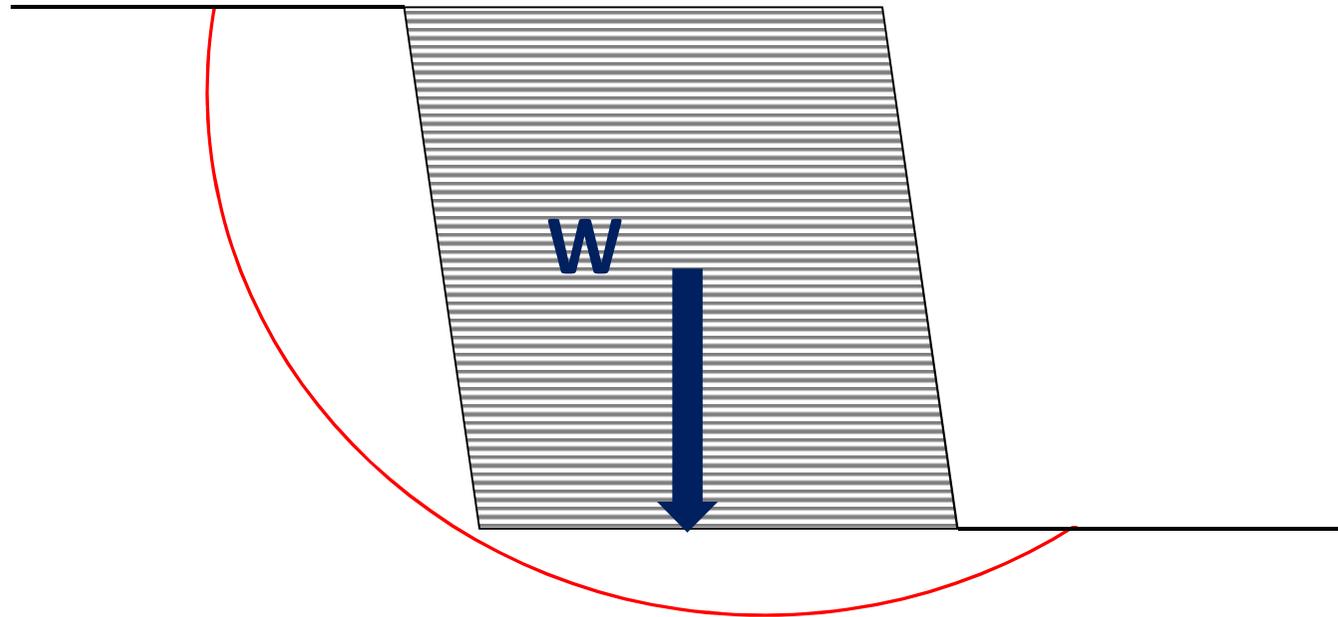
Stabilité générale externe

2 Stabilité de la fondation



Stabilité générale externe

3 Stabilité au grand glissement extérieur



Stabilité organique

Ce point sera traité par M Fahd Cuirra (Terrasol)



Merci pour votre attention

Question ?

