

Exercice 01

Considérons un talus avec une pente inclinée à un angle $\beta=30^\circ$, une hauteur $H=10$ m, et un poids volumique du sol $\gamma=18$ kN/m³. Le sol possède une cohésion $c'=15$ kPa et un angle de frottement interne $\phi'=25^\circ$. Déterminer le coefficient de sécurité F .

Solution 01

Calcul du poids de la tranche, donné par : $W = \gamma L H \cos\beta$

Les forces normales (N) et de cisaillement (T) s'expriment respectivement par :

$$N = W \cos\beta \quad ; \quad T = W \sin\beta$$

La contrainte normale σ

$$\sigma' = \frac{N}{A} = \frac{\gamma L H \cos^2\beta}{L \cdot 1} = \gamma H \cos^2\beta = 18 \times 10 \times \cos^2(30) = 135 \text{ kPa}$$

La contrainte tangentielle τ

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{\gamma L H \cos\beta \sin\beta}{L \cdot 1} = \gamma H \cos\beta \sin\beta = 18 \times 10 \times \cos(30) \times \sin(30) = 77.94 \text{ kPa}$$

Calcul de la contrainte de cisaillement maximale $\tau_{\max}$

$$\tau_{\max} = c' + \sigma' \tan\phi' = 15 + 135 \times \tan(25) = 77.95 \text{ kPa}$$

Le coefficient de sécurité (F) est finalement : $F = \frac{\tau_{\max}}{\tau} = \frac{77.95}{77.94} = 1.00$

La pente est à la limite de stabilité. Un glissement pourrait se produire si des conditions supplémentaires, telles qu'une augmentation de la charge ou des précipitations intenses, se manifestent.

Exercice 02

Considérons un talus avec une pente inclinée à un angle $\beta=25^\circ$, une hauteur $H=5$ m, et un poids volumique du sol $\gamma=19$ kN/m³. Le sol a une cohésion $c'=25$ kPa et un angle de frottement interne $\phi'=20^\circ$.

1. Calculer le coefficient de sécurité F .
2. Déterminer la hauteur H pour obtenir un facteur de sécurité $F=3$ contre la rupture le long de l'interface sol-roche.

Solution 02

1. Calculer le coefficient de sécurité F

La contrainte normale σ :

$$\sigma' = \frac{N}{A} = \frac{\gamma L H \cos^2\beta}{L \cdot 1} = \gamma H \cos^2\beta = 19 \times 5 \times \cos^2(25) = 78.03 \text{ kPa}$$

La contrainte tangentielle τ

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{\gamma L H \cos\beta \sin\beta}{L \cdot 1} = \gamma H \cos\beta \sin\beta = 19 \times 5 \times \cos(25) \times \sin(25) = 36.39 \text{ kPa}$$

Calcul de la contrainte de cisaillement maximale

$$\tau_{\max} = c' + \sigma' \tan\phi' = 25 + 78.03 \times \tan(20) = 53.40 \text{ kPa}$$

Le coefficient de sécurité (F) est finalement

$$F = \frac{\tau_{\max}}{\tau} = \frac{53.40}{36.39} = 1.47$$

La pente est stable à la rupture au glissement plan sous l'effet du poids propre des terres.

2. Hauteur critique qui permet d'avoir un facteur de sécurité $F=3$

Première méthode : directement de la formule du facteur de sécurité F

$$F = \frac{c'}{\gamma H \cos^2 \beta \tan \beta} + \frac{tg \varphi'}{\tan \beta}$$

$$3 = \frac{25}{19 * H \cos^2 25 \tan 25} + \frac{tg 20}{\tan 25}$$

$$\frac{25}{19 * H \cos^2 25 \tan 25} = 3 - \frac{tg 20}{\tan 25} = 3 - 0.78 \approx 2.22$$

$$H_{cr} = \frac{25}{19 * \cos^2 25 \tan 25} = \frac{25}{2.22 * 19 * \cos^2 25 \tan 25} = 1.55m$$

Deuxième méthode : En utilisant la relation citée ci-dessus

$$H_{cr} = \frac{c'}{\gamma * \cos^2 \beta * (F * \tan \beta - \tan \varphi')}$$

Exercice 03

Reprendre l'exercice 02 avec une nappe en surface.

Solution 03

1. Le facteur de sécurité est déterminé par la relation

$$F = \frac{c'}{\gamma_{sat} H \cos^2 \beta \tan \beta} + \frac{tg \varphi'}{\tan \beta} = \frac{25}{19 * 5 \cos^2 25 \tan 25} + \frac{tg 20}{\tan 25} = 0.93$$

Sous l'effet de la nappe le talus est instable.

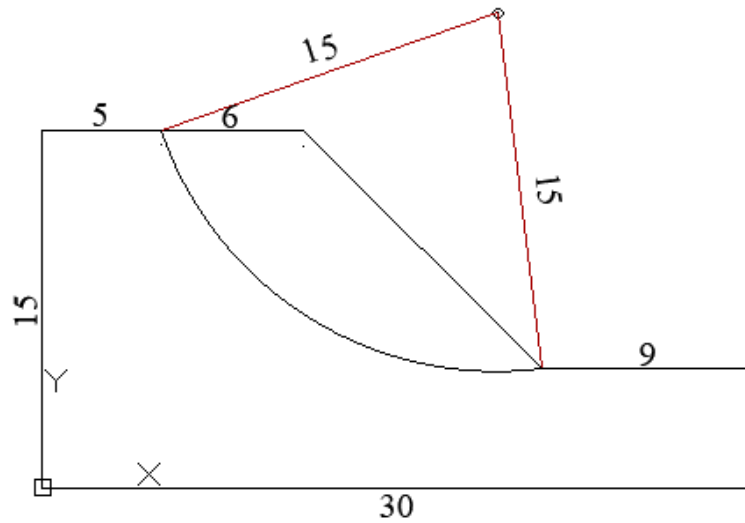
2. La hauteur critique est déterminée par la relation

$$H_{cr} = \frac{c'}{\cos^2 \beta * (F * \gamma_{sat} * \tan \beta - \gamma' * \tan \varphi')} = \frac{25}{\cos^2 25 * (3 * 19 * \tan 25 - 6 * \tan 20)} = 1.25m$$

Exercice 04

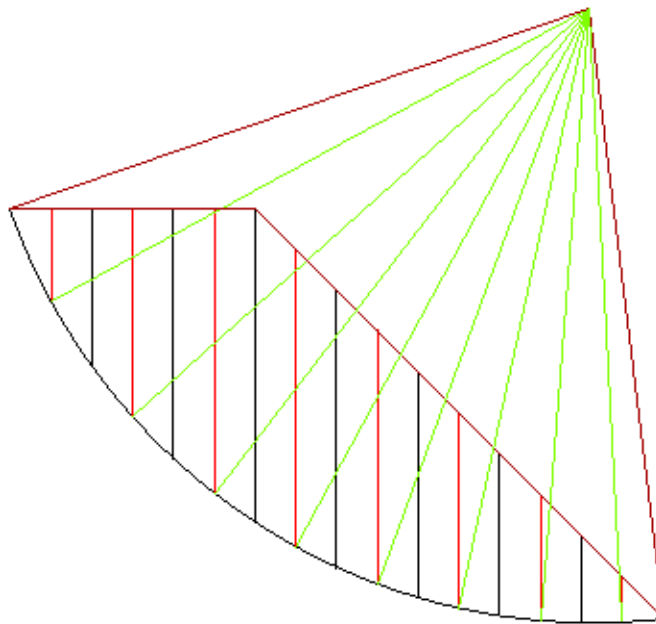
Calcul du facteur de sécurité d'un talus par la méthode de Fellenius.

Données : $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $c'=15 \text{ kPa}$, et $\phi'=30^\circ$.



Solution graphique : choisir 08 tranches

Remplir le tableau



Exo02 :

https://www.youtube.com/watch?v=ke_Yisa0PXs

<https://www.youtube.com/watch?v=ZHDiyU09Fyk>

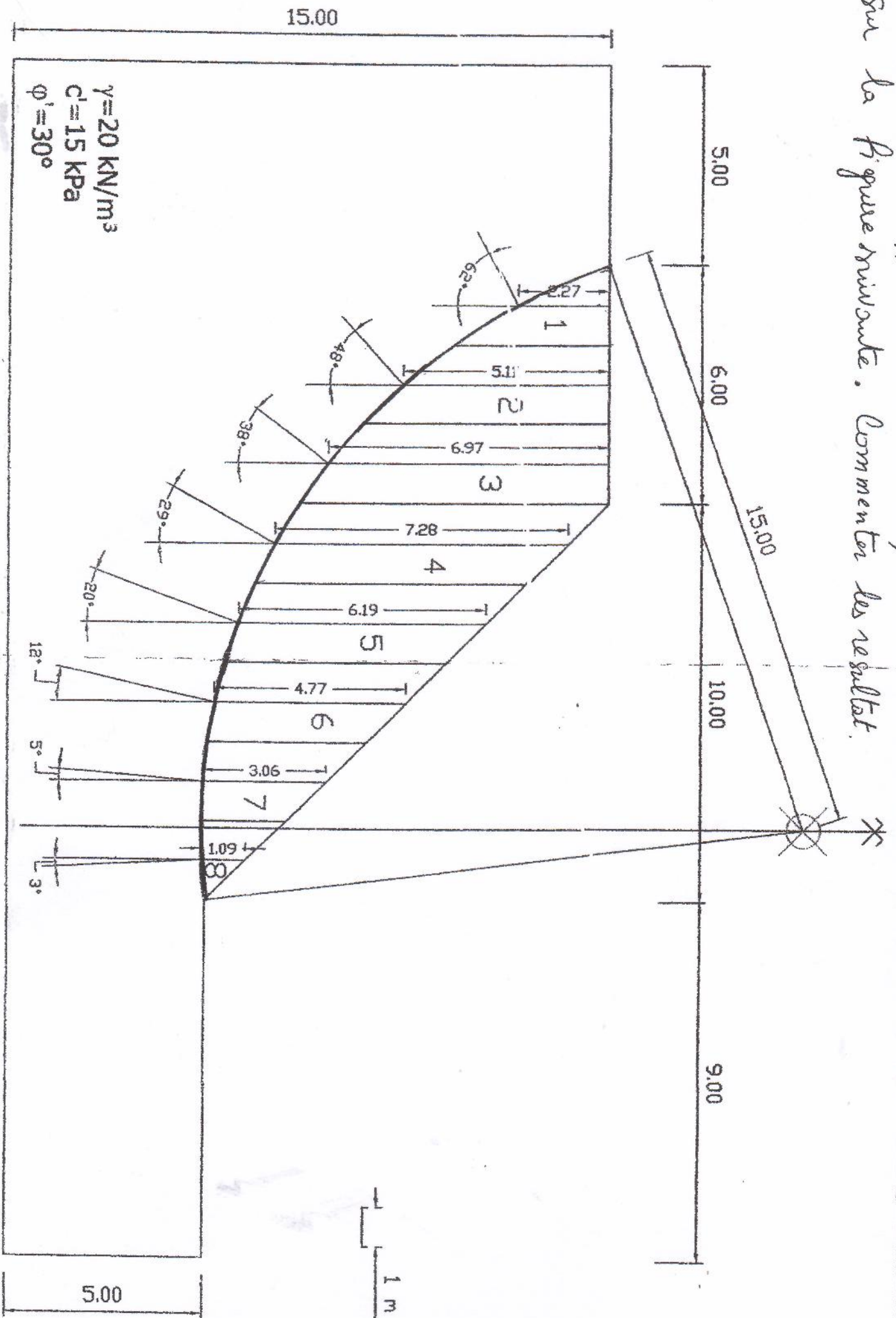
Exo03 :

Guide vidéo pour les calculs de rupture circulaire [lien vidéo](#).

Exo04 :

<https://www.youtube.com/watch?v=7HXwXYe9hFQ>

Colander le est de sécurité par la méthode de Fellens du tableau schématique sur la figure suivante. Commenter les résultats.



Solution 01

γ	20	kN/m ³
c	15	kN/m ²
ϕ	30	°

$$F = \frac{\sum [c.l + W.\cos\alpha.\tan\phi]}{\sum W.\sin\alpha} \quad L = \frac{b}{\cos\alpha}$$

	1	2	3	4	5	6
Tranche	α	cL	W	$W*\cos(\alpha)*\tan(\phi)$	$W*\sin(\alpha)$	(2)+(4)
1	62	64	91	25	80	89
2	48	45	204	79	152	124
3	38	38	279	127	172	165
4	29	34	291	147	141	181
5	20	32	248	134	85	166
6	12	31	191	108	40	138
7	5	30	122	70	11	101
8	-3	30	44	25	-2	55
					678	1019
$F = \frac{\sum 6}{\sum 5} =$						1.50

Solution 2

γ	20	kN/m ³
c	15	kN/m ²
ϕ	30	°

$$F = \frac{M_r}{M_m} = \frac{\sum [(c'.b_i + W_i.\cos^2\alpha_i.\tan\phi') \cdot \frac{1}{\cos\alpha_i}]}{\sum W_i.\sin\alpha_i}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Tranche	γ	b	h	W	α	$\sin(\alpha)$	$\cos(\alpha)$	$M_m = W*\sin(\alpha)$	$W*\cos(\alpha)$	ϕ	$\tan(\phi)$	$W*\cos^2(\alpha)$	$W*\cos^2(\alpha)*\tan(\phi)$	c	$c*b$	$c*b + W*\cos^2(\alpha)*\tan(\phi)$	M_r
1	20	2.00	2.27	90.8	62	0.88	0.47	80.17	42.63	30	0.58	20.01	11.55	15	30	41.55	88.51
2	20	2.00	5.11	204.4	48	0.743	0.669	151.90	136.77	30	0.58	91.52	52.84	15	30	82.84	123.80
3	20	2.00	6.97	278.8	38	0.616	0.788	171.65	219.70	30	0.58	173.12	99.95	15	30	129.95	164.91
4	20	2.00	7.28	291.2	29	0.485	0.875	141.18	254.69	30	0.58	222.76	128.61	15	30	158.61	181.35
5	20	2.00	6.19	247.6	20	0.342	0.940	84.68	232.67	30	0.58	218.64	126.23	15	30	156.23	166.26
6	20	2.00	4.77	190.8	12	0.208	0.978	39.67	186.63	30	0.58	182.55	105.40	15	30	135.40	138.42
7	20	2.00	3.06	122.4	5	0.087	0.996	10.67	121.93	30	0.58	121.47	70.13	15	30	100.13	100.51
8	20	2.00	1.09	43.6	-3	-0.052	0.999	-2.28	43.54	30	0.58	43.48	25.10	15	30	55.10	55.18
								678									1019
													FS	1.50			