

Enoncés exercices des chapitres 2 et 3

Exercice 2/3-1

Sur un échantillon d'argile raide, on a mesuré les paramètres suivants :

- masse totale : 129,1 g
- masse sèche (après passage à l'étuve à 105° pendant 24 h) : 121,5 g
- volume total : 56,4 cm³
- on connaît $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$,

Calculer γ , γ_d , w , e , S_r .

Exercice 2/3-2

Connaissant γ_s , γ_w et e pour un sol saturé, calculer w et γ . Même question si le sol n'est pas saturé (à condition de connaître S_r).

Exercice 2/3-3

Sur un échantillon d'argile saturée, on connaît les paramètres suivants :

- masse totale : 1526 g
- masse sèche : 1053 g
- $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$,

calculer w , e , n , γ , γ_d .

Exercice 2/3-4

Pour un sable en place, on connaît $\gamma = 17,4 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3$, $w = 8,60\%$. On a déterminé au laboratoire que les indices des vides, dans l'état le plus compact et dans l'état le moins compact, étaient respectivement de 0,462 et de 0,642. Calculer e et C_r pour le sable naturel. En supposant maintenant que cette couche de sable a une épaisseur de 3 m et que, par suite d'une sollicitation extérieure, la compacité relative atteigne 60%, quel sera le tassement de la couche de sable ?

Exercice 2/3-5

Une argile saturée est caractérisée par $w_L = 70$, $w_P = 30$. En supposant que l'indice de liquidité soit égal à 0,25 ; calculer l'indice des vides et la porosité si l'argile est saturée ($\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$)

Exercice 2/3-6

Un laboratoire a transmis les résultats d'essais ci-dessous. Analyser et critiquer ces résultats :

Ech.	w%	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
1	30	14,9	27
2	20	18	25
3	10	16	26
4	22	17,3	28
5	22	18	27
6	95	7,2	23
7	3	14	28
8	20	17	28
9	15	17	20
10	50	11,5	27

Exercice 2/3-7

Exprimer :

$$w = f(\gamma \text{ et } \gamma_d)$$

$$n = f(\gamma_s \text{ et } \gamma_d)$$

$$\gamma = f(n, w, \gamma_s)$$

$$n = f(\gamma, \gamma_s, w)$$

$$e = f(\gamma_s, \gamma, w)$$

Exercice 2/3-8

Un échantillon a un diamètre de 38mm, une hauteur de 76 mm (dimensions classiques pour un essai triaxial).

Sa masse humide est de 183,4 g et sa masse sèche de 157,7 g.

Déterminer : -les masses et poids volumiques humide et sec ;

- la teneur en eau ;

-indice des vides, porosité, degré de saturation (on prend $G=2,72$).

Exercice 2/3-9

Pour un sol ayant un $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$, dessiner un graphe avec e en abscisse (échelle 0,2 - 1,8) et γ en ordonnée (échelle 10 - 25). Représenter trois cas de degré de saturation 0 ; 50 et 100%.

Enoncés exercices des chapitres 4 et 5

Exercice 4/5-1

Soit un sol qui est initialement dans les conditions suivantes : $\gamma_d = 15,2 \text{ kN/m}^3$, $S_r = 40\%$. Par un compactage à teneur en eau constante, on augmente γ_d de 20%, si $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$, calculer w et le S_r final. Quelle est la valeur maximale théorique de γ_d si w est constant ?

Exercice 4/5-2

On considère deux sols :

- une argile grasse : $w_L = 70$, $w_p = 30$
- un limon sableux : $w_L = 30$, $w_p = 20$

En supposant que ces deux sols ont initialement un indice de consistance égal à 1, calculer la variation d'indice de consistance si leur teneur en eau augmente de 2%. Que peut-on en conclure ?

Exercice 4/5-3

On réalise 2 essais de compactage sur le même sol : un essai Proctor normal (E_1) et un essai Proctor modifié (E_2), qui donnent les résultats ci-dessous :

Teneur en eau w %	Poids volumique γ [kN/m ³]	
	E_1	E_2
11,2	19,30	20,40
12,9	20,03	21,28
14,0	20,50	21,77
16,3	21,20	21,44
18,8	20,83	20,98
20,5	20,38	20,48

- 1) Tracer dans un diagramme les résultats des expériences et déterminer dans les deux cas, les valeurs de w_{opt} et de γ_{dmax} .
- 2) Sur le même diagramme, tracer les courbes d'isodegré de saturation pour les valeurs $S_r = 80, 90$ et 100 %.
- 3) Déterminer les valeurs des degrés de saturation pour les optima.
- 4) En supposant que l'échantillon de l'essai E_1 a une teneur en eau de 16 % et un volume initial de 950 cm^3 , quelle est la quantité d'eau à ajouter pour l'amener, à volume constant, à la saturation ?
- 5) Les caractéristiques d'identification et d'état du sol sont les suivantes :
Passant à $80 \mu\text{m} = 70$ % ; $w_l = 35$ % ; $w_p = 17$ % et $w_{nat} = 17$ %

Exercice 4/5-4

Détermination de la limite de liquidité et de la limite de plasticité d'un sol.

Limite de liquidité :

nombre de coups	12	20	26	28	31
w%	48,3	44	40	38,8	37,1

Limite de plasticité :

Essai 1 : w% : 17,5 - 18

Essai 2 : w% : 18,3 - 19.

On calculera l'indice de plasticité du sol et on donnera sa dénomination dans la classification LPC.

Exercice 4/5-5.

On dispose pour trois sols des résultats d'essais suivants :

	Passing à 80 µm	D max	Passing à 2mm	Valeur de bleu	Ip
1	5 %	25 mm	60 %	0,15	/
2	25 %	10 mm	80 %	/	10
3	57 %	3 mm	95 %	/	18

Donner la classification RTR des sols.

Exercice 4/5-6

Donner, d'après la classification LPC, la dénomination des 7 sols pour lesquels on dispose des informations suivantes.

sol	Passing(%) à 80 µm	Passing(%) à 2 mm	d ₁₀ (mm)	d ₃₀ (mm)	d ₆₀ (mm)	Limite de liquidité	Limite de plasticité
1	0	28	0,6	2,5	10	/	/
2	2	54	0,2	0,8	2,5	/	/
3	15	70	/	/	/	48	20
4	30	90	/	/	/	45	32
5	2	60	0,2	0,35	0,7	/	/
6	80	100	/	/	/	42	15
7	95	100	/	/	/	83	32

Exercice 4/5-7

Classez, si possible, les sols dont les courbes granulométriques sont données sur la figure 3.1 du cours.

Enoncés exercices du chapitre 7

Exercice 7-1

Etablir les formules permettant de calculer les coefficients de perméabilité d'un sol dans le cas, respectivement, d'un essai au perméamètre à charge constante et d'un essai au perméamètre à charge variable.

a) Perméamètre à charge constante (fig.7.13 du cours) :

- A est la section de l'échantillon
- h_1 , sa longueur
- h, la charge constante
- l'essai dure un temps t pendant lequel s'écoule la quantité d'eau Q.

b) Perméamètre à charge variable (fig.7.14a du cours):

- A, section de l'échantillon
- h_1 , sa hauteur
- a, section du tube supérieur
- h_0 , hauteur initiale de l'eau dans le tube supérieur au temps t_0
- h_f , hauteur finale de l'eau dans le tube au temps t_f .

Application numérique 1: Un échantillon de sable grossier a 15 cm de hauteur et 5,5 cm de diamètre. Il est placé dans un perméamètre à charge constante. L'eau percole à travers l'échantillon sous une charge de 40 cm. En 6 secondes, on recueille 40 g d'eau, quelle est la valeur du coefficient de perméabilité k ?

Application numérique 2 : Un échantillon d'argile a 2,5 cm de hauteur et 6,5 cm de diamètre. Il est placé dans un perméamètre à charge variable. On observe l'écoulement de l'eau dans un tube de 1,7 mm de diamètre ; ce tube porte une graduation en centimètres du haut vers le bas, le zéro de la graduation est à 35 cm au-dessus de la base du perméamètre. Au début de l'expérience, le niveau de l'eau dans le tube gradué est à la division 0, six minutes et trente-cinq secondes plus tard, le niveau de l'eau est descendu à la division 2.

On demande le coefficient de perméabilité k de l'argile.

Exercice 7-2

On définit ϵ la porosité efficace d'un sol comme le pourcentage volumique en eau d'un sol saturé qui peut être récupéré par essorage gravitaire lors de la baisse de la nappe phréatique. Pour un sable avec $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$, $e = 0,1$ et $\epsilon = 0,1$; calculer w , γ et S_r au-dessus et au-dessous du niveau de la nappe. Même question pour un limon avec $\gamma_s = 27 \text{ kN/m}^3$, $e = 1$, $\epsilon = 0,03$.

Exercice 7-3

On introduit un tube capillaire propre à la surface d'un réservoir contenant de l'eau pure.

Quelle est la hauteur d'ascension capillaire de l'eau si le tube a un diamètre de 0,1 ; 0,01 et 0,001 mm ? Calculer la pression capillaire maximale dans ces tubes ?

Exercice 7-4

Perméamètre à charge constante

Diamètre échantillon : 73 mm

Charge constante : 750 mm

Distance $l = 168$ mm

En 1 mn, on recueille 945,7 g d'eau.

Calculer le coefficient de perméabilité.

Exercice 7-5

Perméamètre à charge variable

Diamètre de l'échantillon : 100 mm

Largeur de l'échantillon : 10 mm

Diamètre du tube supérieur : 3 mm

Mesures effectuées

Temps	0	15	30	49	70	96
Hauteur	1 000	900	800	700	600	500

Exercice 7-6

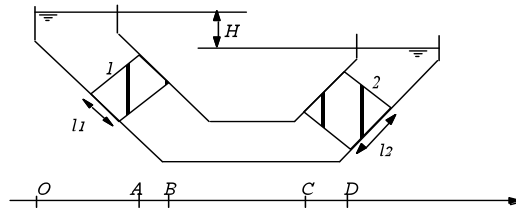
Un sol est constitué de trois couches, homogènes et isotropes, d'épaisseur h_1, h_2, h_3 , ayant respectivement une perméabilité k_1, k_2, k_3 . Déterminez la perméabilité équivalente dans le cas d'un écoulement horizontal et dans le cas d'un écoulement vertical.

A.N. : On considèrera trois couches d'égale épaisseur l , la valeur de k , pour les couches inférieures et supérieures est de 10^{-4} cm/s et pour la couche médiane de 10^{-2} cm/s. Déterminez la valeur du rapport kh/kv .

Exercice 7-7

On considère l'écoulement schématisé sur la figure ci-dessous avec :

$H = 20$ cm, $l_1 = 15$ cm, $l_2 = 25$ cm, $k_1 = 10^{-4}$ cm/s, $k_2 = 2 \cdot 10^{-3}$ cm/s. Calculer la quantité d'eau écoulee en 1 mn pour une section de 100 cm². Construire sur un axe parallèle à Ox la valeur de la charge hydraulique.



Exercice 7-8

Un sable est formé de grains solides de densité 2,66. La porosité dans l'état le plus léger est 45%, le plus dense 37%.

Quel est le gradient hydraulique critique pour ces deux états ?

Exercice 7-9

Une excavation doit être réalisée dans un sol qui a une porosité $n = 0,35$ et un $\gamma_s = 26,5 \text{ kn/m}^3$. Définir le gradient hydraulique critique et le calculer pour ce sol.

Une couche de 1,25 m de ce sol est soumise à un écoulement vertical ascendant avec une charge de 1,85 m. Quelle épaisseur de sable grossier faut-il placer en surcharge pour éviter le phénomène de renard ?

On supposera que le sable grossier a les mêmes caractéristiques (n , γ_s) que le sable fin et que la perte de charge dans ce sable est négligeable. On demande d'atteindre un coefficient de sécurité égal à 2.

Exercice 7-10

Un échantillon de sol saturé, de hauteur h , est recouvert d'une lame d'eau, de hauteur l ; cet échantillon est placé dans un récipient à fond perforé, on suppose qu'il s'établit un écoulement vertical parallèle.

Calculez le temps de filtration de l'eau à travers le matériau (on connaît k et n pour le sol).

Exercice 7-11

Soit une pente infinie inclinée de β sur l'horizontale. On suppose que le sol a un poids volumique γ (identique au-dessus et en-dessous de la nappe par simplification,

voir exercice 5). Il existe dans le sol un écoulement plan parallèle à la pente et dont la surface libre est à la cote z_0 au-dessous de la surface du sol.

a) Déterminez σ la contrainte totale en un point M situé à la cote $z > z_0$ sur un plan parallèle à la surface extérieure.

b) Déterminez u à la profondeur z , puis σ' .

c) Calculez le gradient hydraulique.

Exercice 7 -12

Construire un réseau d'écoulement correspondant aux conditions de la figure E 7.12, rideau de palplanches ancré.

Calculer la quantité d'eau passant sous les palplanches en $\text{m}^3/\text{min}/\text{mètre linéaire}$ d'ouvrage si la perméabilité du sable est égale à $18 \cdot 10^{-6}$ m/s.

En supposant que le poids volumique saturé du sable $\gamma_{\text{sat}} = 18,5 \text{ kN/m}^3$, vérifier la stabilité aval des terres.

Exercice 7 -13

Un dépôt d'argile silteuse est compris entre deux couches de sable (figure E 7.13). Dans la couche inférieure de sable existe une nappe en charge (niveau piézométrique à 3m au dessus de la surface du sol), et le niveau de la nappe est à 1,5m au dessous du terrain naturel.

Déterminer 1) le débit à travers l'argile en $\text{m}^3/\text{jour}/\text{m}^2$

2) le diagramme des contraintes dans le sol jusqu'à la base de la couche d'argile ;

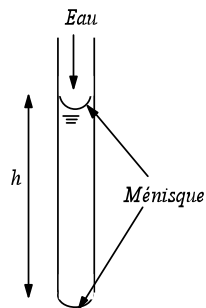
3) quelle serait la pression interstitielle dans la couche inférieure de sable qui provoquerait le soulèvement de la couche d'argile ?

Propriétés des sols

	sable	argile
Poids volumique saturé (kN/m^3)	20	19
Poids volumique sec (kN/m^3)	18	17
Coefficient de perméabilité (m/s)	10^{-5}	10^{-8}

Exercice 4 : Un échantillon de sable à granulométrie étalée et à grains arrondis a un indice des vides de 0,62 et un coefficient de perméabilité de $2,5 \cdot 10^{-2}$ cm/s. Estimer la valeur du coefficient de perméabilité de ce matériau pour un indice des vides de 0,73 en utilisant les formules de Casagrande et de Terzaghi.

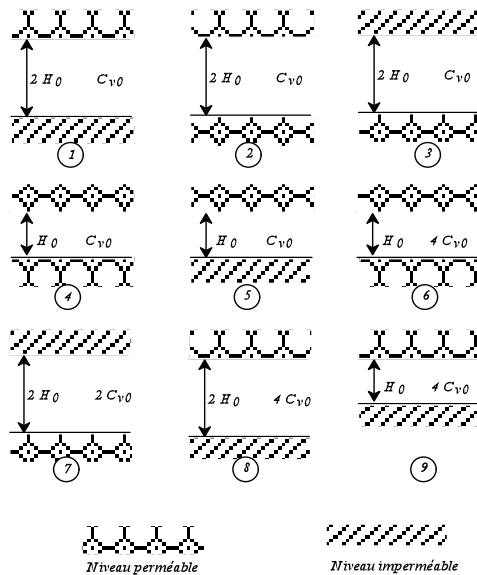
Exercice 13 : Le tube présenté sur la figure ci-dessous a un diamètre intérieur de 0,002 mm et est ouvert aux deux extrémités. On le maintient verticalement et on y verse de l'eau par son extrémité supérieure. Quelle sera la hauteur maximale h de la colonne d'eau qui s'y maintiendra ?



Enoncés exercices du chapitre 8

Exercice 8-1

Classer par ordre de vitesse de consolidation croissante les cas représentés sur la figure ci-dessous.



Exercice 8-2

Une couche d'argile de 6 m d'épaisseur est comprise entre deux couches de sable. Par suite d'un chargement en surface, il apparaît un supplément de pression interstitielle dans la couche d'argile engendrant un tassement. En supposant que $C_v = 5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$, au bout de combien de temps atteindra-t-on la moitié du tassement total ?

Exercice 8-3

En supposant maintenant que la couche d'argile de l'exercice précédent contienne à l, 5 m de surface supérieure une petite couche de sable qui permette le drainage, au bout de combien de temps atteindra-t-on la moitié du tassement total ?

Exercice 8-4

Les résultats d'un essai de consolidation sur un échantillon d'argile de 2 cm d'épaisseur drainé sur ses deux faces montrent que la moitié de la compression totale se produit en 5 mn. Combien de temps faudra-t-il pour que le tassement d'un immeuble fondé sur une couche de la même argile de 4m d'épaisseur, dans les mêmes conditions de consolidation, atteigne la moitié du tassement total ?

Exercice 8-5

L'indice des vides de l'argile A est passé de 0,572 à 0,505 pour une variation de contrainte effective de 120 à 180 kPa. Pour la même variation, l'indice des vides de l'argile B est passé de 0,612 à 0,597. Le temps au bout duquel on a obtenu 50 % de la consolidation est trois fois plus grand pour l'échantillon B que pour l'échantillon A, et la couche A est 1,5 fois plus épaisse que la couche B. Calculez le rapport des coefficients de perméabilité des couches A et B.

Exercice 8-6

Une couche d'argile de 8 m d'épaisseur est drainée des deux côtés. A l'instant initial, on impose une surcharge en surface qui génère une pression interstitielle de 100 kPa dans l'ensemble de la couche ($C_v = 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$).

Tracez sur un diagramme les courbes décroissantes de la pression interstitielle en fonction du temps à 1 ; 2 et 4 m de profondeur dans la couche, tracez également la courbe donnant la valeur du degré de consolidation global de la couche.

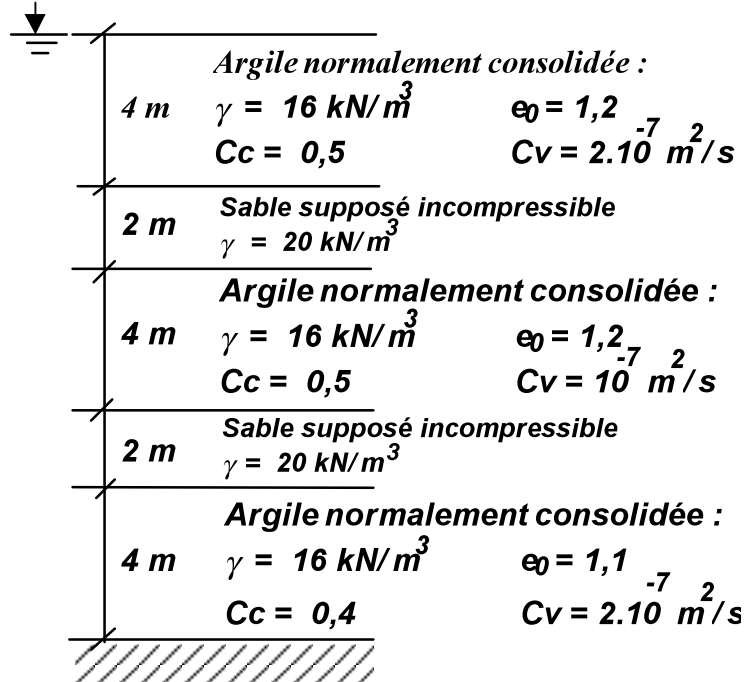
Exercice 8-7

Reprendre la coupe de sol de l'exercice 6-2 et les résultats de calcul de suppléments de contrainte effective liés au rabattement de nappe. En considérant que la couche d'argile est normalement consolidée et que $C_c = 0,30$, calculer le tassement final de cette couche.

Exercice 8.8

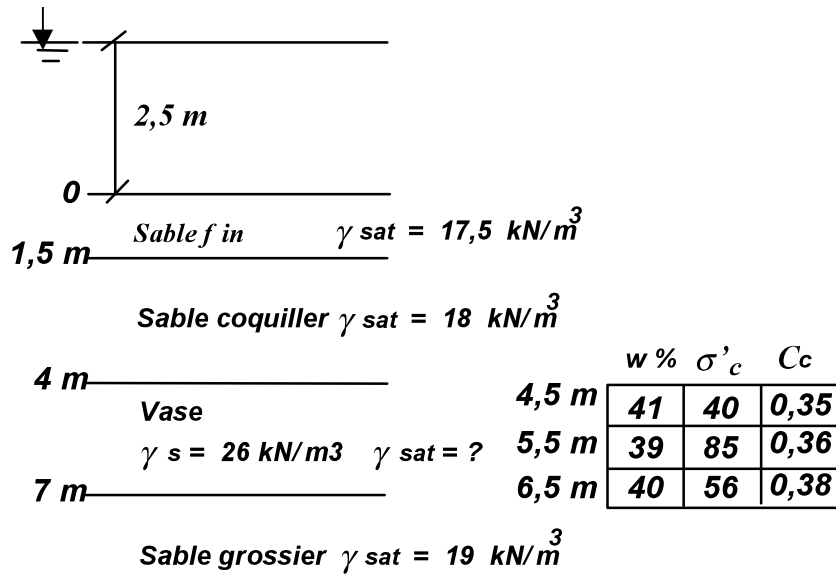
La surface d'un dépôt de sols compressibles, dont la coupe est représentée sur la figure ci-dessous, reçoit une surcharge uniforme de 50 kPa, la nappe est à la surface du terrain naturel.

- 1) Calculez le tassement final à la surface du sol.
- 2) Tracez la courbe de tassement en fonction du temps.



Exercice 8.9

On veut réaliser un remblaiement sur le site pour lequel la coupe du sol est représentée sur la figure ci-dessous. Calculer les contraintes effectives verticales existant dans la couche de vase à 4,5, 5,5, et 6,5 m de profondeur et les comparer avec les valeurs de la pression de consolidation aux mêmes profondeurs. Qu'en pensez-vous ?



1) En admettant que les tassements se produisent essentiellement dans la couche de vase, déterminez le tassement entraîné par un remblaiement de 4 m d'épaisseur avec un matériau dont le poids volumique $\gamma_{sat} = 21 \text{ kN/m}^3$ et le γ (au-dessus de la nappe) = 20 kN/m^3 .

2) La couche de vase possède un $C_v = 5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$, quelle sera la valeur du tassement au bout d'un an ?

Exercice 8.10

On considère la coupe de sol suivante :

- de 0 à 4m : sable $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, nappe à 1m de profondeur
- de 4 à 16m : argile molle ; $e = 0,62$; $w = 23,2$; $\gamma_s = 26,6 \text{ kN/m}^3$; $C_v = 8 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$.
- au-delà : sable dense.

On applique à la surface du sol sur une très grande largeur un remblai qui provoque dans tout le sol une surcharge égale à 100 kPa. Calculer, au bout de 5 ans les valeurs de la pression interstitielle à 7, 10, 13 et 16m de profondeur.

Exercice 8.11

On donne dans le tableau suivant les résultats d'un essai de consolidation ; il s'agit de déterminer la valeur de C_v en utilisant les deux constructions expliquées dans le cours.

Temps (minute)	Tassement (mm)
0	0
0,25	0,206
1	0,414
2,25	0,624
4	0,829
9	1,233

16	1,497
25	1,685
36	1,807
49	1,872
3600	1,920

Pendant cet intervalle de chargement, la contrainte totale passe de 100 à 200 kPa, initialement l'éprouvette d'essai a une hauteur de 20mm, le drainage se fait sur les deux faces de l'éprouvette. On admettra qu'à 24 h le tassement de consolidation primaire est achevé.

Table simplifiée de la fonction $U(T_v)$

T_v	U	T_v	U	T_v	U
0,02	0,160	0,3	0,613	0,8	0,887
0,06	0,276	0,4	0,697	0,9	0,912
0,10	0,356	0,5	0,764	1	0,931
0,15	0,437	0,6	0,816	2	0,994
0,20	0,504	0,7	0,856	∞	1,000

Table de la fonction $T_v(U)$

U	10 %	20 %	30 %	40 %	60 %
T_v	0,008	0,031	0,071	0,127	0,289

Enoncés exercices du chapitre 9

Exercice 9-1

- On connaît l'angle de frottement interne d'un sable sec. Ce sable est soumis à un essai de cisaillement à la boîte de Casagrande. On connaît σ_n et τ au moment de la rupture, dans le plan de cisaillement. Déterminez graphiquement et analytiquement les valeurs des contraintes principales et la direction des plans principaux.

Exercice 9-2

- Deux séries d'essais drainés à la boîte de cisaillement ont été réalisés sur des échantillons d'argile saturée. Dans la première série, les argiles sont consolidées sous des contraintes normales de 200, 400 et 600 kPa puis cisailées dans les mêmes conditions. Dans la deuxième série, les trois éprouvettes sont consolidées sous 600 kPa puis on ramène la contrainte normale respectivement à 50, 200 et 300 kPa et le cisaillement a lieu sous cette même contrainte normale. Les résultats des essais figurent ci-dessous. Déterminez pour les deux séries d'essais les courbes enveloppes et les valeurs de c_d et ϕ_d .

Résultats des essais (valeurs en kPa) :

Pression de consolidation	200	400	600	600	600	600
σ_n (cisaillement)	200	400	600	50	200	300
τ (cisaillement)	90	185	275	65	125	170

Exercice 9-3

- On réalise à l'appareil triaxial un essai de cisaillement sur un sable dense. A la rupture, l'état de contrainte est : $\sigma_3 = 100$ kPa, $\sigma_1 = 400$ kPa.

Déterminer l'angle de frottement interne, l'orientation du plan de rupture et les valeurs des contraintes normales et tangentielles dans le plan de rupture.

Exercice 9-4

- On connaît l'angle de frottement interne d'un sable qui est égal à 30° . Deux éprouvettes de ce sable sont consolidées sous une pression isotrope égale à 500 kPa. La première éprouvette est amenée à la rupture par augmentation de la contrainte axiale, la seconde, par diminution de la contrainte radiale. Déterminer, dans chaque cas, l'état des contraintes à la rupture.

Exercice 9-5

Un échantillon de sable compact est soumis à un essai triaxial, on suppose que l'angle de frottement interne ϕ est voisin de 36° , si la contrainte principale minimale σ_3 est de 300 kPa, pour quelle valeur de la contrainte maximale σ_1 l'échantillon se rompra-t-il?

Exercice 9-6

Résoudre le problème précédent en supposant que le sable possède une légère cohésion égale à 12 kPa.

Exercice 9-7

Dans un essai triaxial drainé sur un échantillon de sable propre et sec, la rupture survient pour une contrainte verticale totale de 423 kPa et une contrainte latérale de 138 kPa. Déterminer graphiquement et par le calcul:

- a) la valeur de ϕ' pour le sable ;
- b) l'effort normal et l'effort de cisaillement agissant sur le plan de rupture ;
- c) l'inclinaison du plan de rupture sur l'horizontale.

Exercice 9-8

La définition de s et de t dans la représentation de Lambe permet de formuler le critère de rupture de Mohr-Coulomb sous la forme d'une relation entre s et t faisant intervenir un angle α (voir figure 9-8 E.) : $t = s \cdot \tan \alpha$. Calculer la relation entre α et ϕ , dans le cas où la cohésion du sol est nulle.

Démontrez l'équivalence des deux écritures du critère.

Exercice 9-9

Considérez les chemins de contrainte de l'exercice A-2 (en contraintes effectives) et supposez qu'ils soient appliqués à un sol dont l'angle de frottement interne drainé est égal à 35° et la cohésion nulle. Donnez, si possible, pour les cinq chemins les valeurs du couple (s, t) à la rupture.

Exercice 9-10

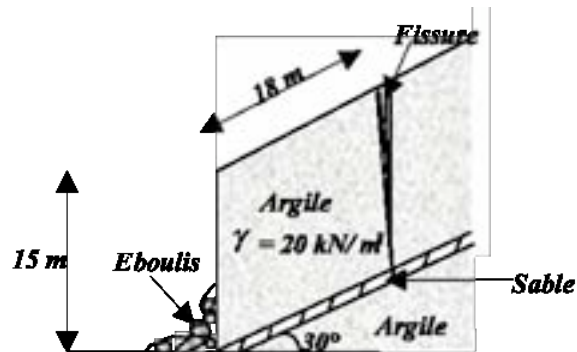
- Soit un terrain pesant (poids volumique γ) à surface libre horizontale, élastique (E, ν), s'étendant infiniment dans le sens horizontal.
 - Tracez le cercle de Mohr d'un état de contrainte à une profondeur z dans le sol.
 - Calculez la profondeur à partir de laquelle la roche se fissure, en supposant qu'il s'agit d'un matériau pour lequel $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$, $E = 104 \text{ MPa}$, $\nu = 0,20$ et dont le critère de rupture est $\tau_{\max} = 4000 \text{ kPa}$.

Exercice 9-11

- On considère le sol correspondant au schéma de la figure ci-dessous. En temps normal, il n'y a pas d'accumulation d'eau dans la couche de sable; par contre, lors de

fortes précipitations la capacité de drainage des éboulis est faible et de l'eau peut s'accumuler dans la couche de sable avec une alimentation par la fissure.

- Calculez σ_n et τ sur la couche de sable.
- Vérifiez la stabilité en l'absence d'eau.
- Quelle est la hauteur d'eau dans la fissure pour mettre en mouvement le bloc compris entre la falaise et la fissure ?



Exercice 9-12

On suppose, lors de la réalisation d'un essai au scissomètre, que les contraintes de cisaillement le long des surfaces de rupture se répartissent comme indiqué sur la figure ci-dessous; en supposant que la cohésion c du sol est homogène, que la hauteur et le diamètre des pales sont respectivement h et d , calculez le couple T nécessaire pour arriver à la rupture.

A.N. : Si $d = 100$ mm, $h = 150$ mm et $T = 190$ N.m, quelle est la cohésion ?

b) Interprétation d'un essai triaxial non-drainé : les trois premières colonnes du tableau ci-dessous présentent les données obtenues au cours d'un essai triaxial non-drainé avec une pression de confinement constante $\sigma_3 = 300$ kPa et $\Delta v = 0$. Au début de l'essai, l'éprouvette a un diamètre de 38 mm, une hauteur de 76 mm, un volume spécifique de $v = 2,19$ ($v = V/V_s = 1+e$) et une pression interstitielle $u_i = 100$ kPa.

Force axiale F_a [N]	Δl [mm]	u [kPa]	ϵ_a	ϵ_v	v	σ'_r	σ'_a	s'	t'	p'	q'
0	0	100									
58	-1,95	165									
96	-4,29	200									
124	-9,36	224									
139	-14,04	232									
148	-19,50	232									

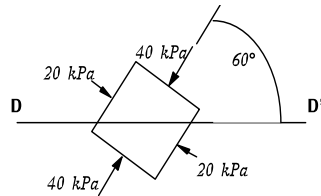
Construire les courbes suivantes : $\sigma'_a - \sigma'_r = f(\epsilon_a)$. Tracer les cercles de Mohr à la rupture dans le plan de Mohr et calculer ϕ' . Tracer également les chemins de contraintes dans le plan $s' - t'$ et calculer α . Présenter les chemins de contraintes dans le plan $p' - q'$.

Enoncés exercice de l'annexe

Exercice A-1

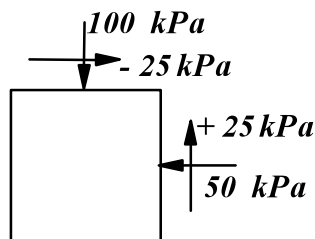
Utilisation pratique de la représentation de Mohr.

a) Soit, autour d'un point, l'état de contrainte défini pour les deux plans principaux (figure ci-dessous).



Déterminer la valeur σ_n et τ sur le plan DD. Solution graphique et analytique.

b) Connaissant autour du point M les valeurs des contraintes normales et tangentielles sur une facette verticale et sur une facette horizontale (figure ci-dessous), tracer le cercle de Mohr, déterminer les valeurs et l'orientation des contraintes principales.

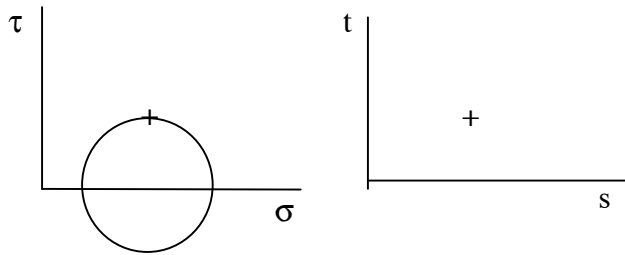


Exercice A-2

Chemins de contraintes

Pour représenter les états successifs de la contrainte dans un massif de sol, le dessin des cercles de Mohr successifs devient rapidement illisible. On choisit alors de représenter l'état de contrainte par un point dans le plan des contraintes.

Plusieurs types de représentation sont utilisés assez classiquement. La plus simple consiste à se placer dans un plan s, t où $s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ et $t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$



En utilisant cette représentation, on dessinera les cas suivants :

- a) Etat initial $\sigma_1 = \sigma_3 = 20 \text{ kPa}$
 puis $\sigma_3 = \text{constante}$ et σ_1 augmente jusqu'à 60 kPa ;
- b) Etat initial $\sigma_1 = \sigma_3 = 100 \text{ kPa}$
 puis $\sigma_1 = \text{constante}$ et σ_3 diminue jusqu'à 50 kPa ;
- c) Etat initial $\sigma_1 = \sigma_3 = 100 \text{ kPa}$
 puis $\Delta\sigma_1 = -\Delta\sigma_3$;
- d) Etat initial $\sigma_1 = \sigma_3 = 20 \text{ kPa}$
 puis σ_1 et σ_3 augmentent avec $\Delta\sigma_1 = 3 \Delta\sigma_3$.
- e) Etat initial $\sigma_1 = \sigma_3 = 100 \text{ kPa}$
 puis σ_1 et σ_3 augmentent avec $\Delta\sigma_1 = 2 \Delta\sigma_3$.