

CIV3415 : MÉCANIQUE DES SOLS

Correction Examen de mi-session (Automne 2012)

LE GÉNIE EN PREMIÈRE CLASSE

POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL



26/10/2012

1

Un échantillon d'argile est prélevé à la surface du site. Il possède un volume total de $1\,250\text{ cm}^3$ et une masse totale de $2\,210\text{ g}$. Sa teneur en eau est de $7,5\%$ et la densité relative des grains est de $2,70$.

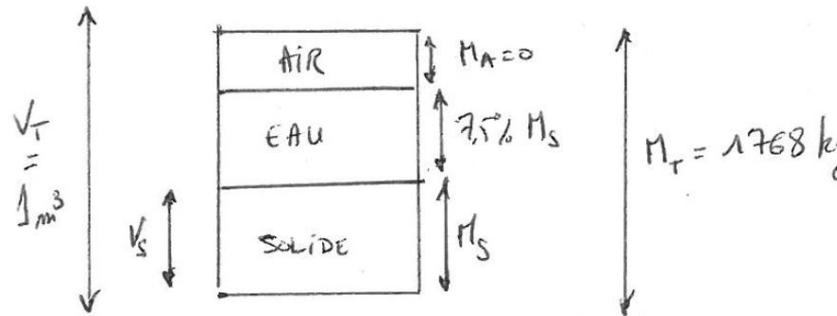
1) Déterminer :

- la masse volumique du sol humide, $\longrightarrow \rho = \frac{M_T}{V_T} = \frac{2\,210}{1\,250} = 1.768\text{ Mg/m}^3$
- la masse volumique du sol sec,
- l'indice des vides,
- la porosité,
- le degré de saturation.

2) Déterminer la masse volumique de l'argile lorsqu'elle est saturée.



Masse volumique du sol sec ? \longrightarrow **Diagramme des phases**



D'où: $1.075 M_s = 1768 \rightarrow M_s = 1644,65 \text{ kg} \rightarrow \rho_d = \frac{M_s}{V_T} = 1644.65 \text{ kg/m}^3$

et

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = 0.64$$

$$S_r = \frac{w \rho_s}{e \rho_w} = 31.64 \%$$

$$n = \frac{e}{1 + e} = 0.39$$

$$\rho_{sat} = \rho_d + n \cdot \rho_w = 2034.65 \text{ kg/m}^3$$



3) a. CLASSIFICATION DU REMBLAI

- ~90% recueillis sur le tamis 200. → grains grossiers.
- 100% passent le tamis 4 → sables.

• fines ~ 12% ⇒ double classification.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,4}{0,06} = 6,67 > 6$$

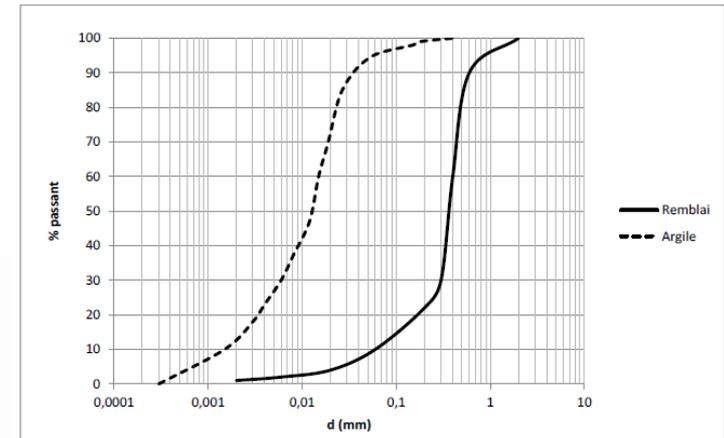
$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} = \frac{0,3^2}{0,06 \times 0,4} = 3,75 > 3$$

Ne remplit pas tous les critères SW.

⇒ Sable SP.

$$\left. \begin{array}{l} F_p = 25 - 15 = 10 \\ w_L = 25 \end{array} \right\} \text{sable SC.}$$

⇒ Classification SP-SC.



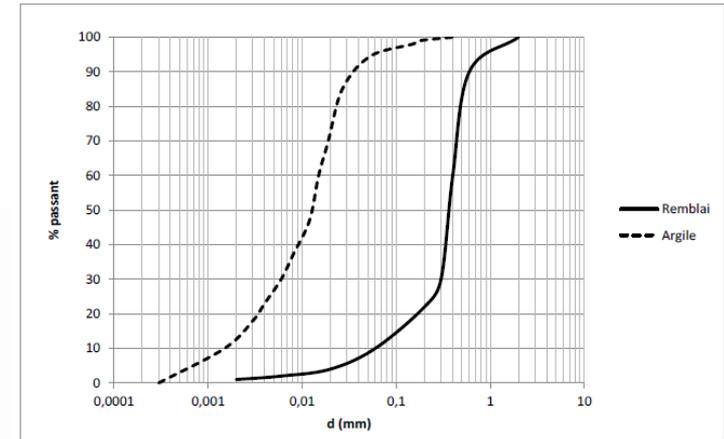
3) b. CLASSIFICATION DE L'ARGILE

• $\sim 95\%$ passent le tamis 200 \rightarrow grains fins.

• $w_L = 55\% > 50\%$

• $I_p = 55 - 25 = 30$
 $w_L = 55$ } CH.

\Rightarrow Classification CH (Argile inorganique de plasticité élevée).



4) Volume à excaver sur le banc d'emprunt

• Volume compacté = $V_{comp} = 200 \times 100 \times 0,5 = 10\ 000\ m^3$

Dimensions de la plateforme

• $\rho_d^{naturel} = \frac{\rho_s}{1+e} = \frac{2700}{1+0,8} = 1500\ kg/m^3$

• $\rho_d^{compacté} = 0,95 \times 1900 = 1805\ kg/m^3$

on: $\rho_d^{naturel} \times V_{exc} = \rho_d^{compacté} \times V_{comp}$

$$V_{exc} = \frac{\rho_d^{comp} \times V_{comp}}{\rho_d^{naturel}} = \frac{1805 \times 10\ 000}{1500} = \underline{\underline{12\ 033\ m^3}}$$



5) Nombre de camions

Avant excavation, la masse volumique du matériau est :

$$\rho = \rho_s \frac{1}{1+e} \frac{100+w}{100} = 2700 \frac{1}{1+0,8} \frac{100+8}{100} = 1620 \text{ kg/m}^3$$

d'où $M_{\text{exc}} = \rho \cdot V_{\text{exc}} = 1620 \times 12033 = 19\,493\,460 \text{ kg} \approx 19\,493 \text{ T}$

et Nombre de camions = $\frac{19493}{18} \approx 1093 \text{ Camions}$



6) Matériel de compactage

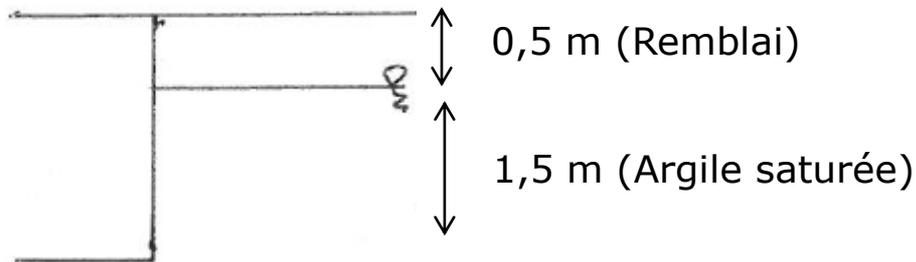
Tableau 3.4 (suite)

Groupes principaux (1)	(2)	Symboles			Possibilité de drainage (12)	Matériel de compactage (13)	Masse volumique du sol sec	Valeurs types de conception		
		Lettre (3)	Représentation graphique (4)	Couleur (5)			Mg/m ³ (14)	CBR (15)	Module de réaction k (MN/m ²) (16)	
Sols à grains grossiers	Graviers et sols graveleux	GW		rouge	Excellente	Rouleau à pneus multiples, lisse, vibrant	2,00 – 2,24	40-80	80 – 135	
		GP		rouge	Excellente	Rouleau à pneus multiples, lisse, vibrant	1,76 – 2,24	30-60	80 – 135	
		GM		jaune	Bonne à faible	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton; contrôle strict de l'humidité	2,00 – 2,32	40-60	80 – 135	
					Faible à impraticable	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,84 – 2,16	20-30	50 – 135	
	GC		jaune	Faible à impraticable	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	2,08 – 2,32	20-40	50 – 135		
	Sables et sols sableux	Sables et sols sableux	SW		rouge	Excellente	Rouleau à pneus multiples, lisse, vibrant	1,76 – 2,08	20-40	50 – 100
			SP		rouge	Excellente	Rouleau à pneus multiples, lisse, vibrant	1,68 – 2,16	10-40	40 – 100
		SM		jaune	Bonne à faible	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton; contrôle strict de l'humidité	1,92 – 2,16	15-40	40 – 100	
					Faible à impraticable	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,60 – 2,08	10-20	25 – 80	
		SC		jaune	Faible à impraticable	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,60 – 2,16	5-20	25 – 80	
Sols à grains fins		Sils et argiles avec w _L < 50	ML		vert	Bonne à faible	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton; contrôle strict de l'humidité	1,44 – 2,08	15 ou moins	25 – 50
	CL			Impraticable		Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,44 – 2,08	15 ou moins	10 – 40	
	OL			Faible		Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,44 – 1,68	5 ou moins	10 – 25	
	Sils et argiles avec w _L > 50	MH		bleu	Bonne à faible	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,28 – 1,68	10 ou moins	10 – 25	
		CH			Impraticable	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,44 – 1,84	15 ou moins	10 – 40	
		OH			Impraticable	Rouleau à pneus multiples, à pieds de mouton	1,28 – 1,76	5 ou moins	5 – 25	
Sols fortement organiques	Pt		orange	Bonne à faible	Impraticable					



ROULEAUX À PNEUS MULTIPLES

7) Contraintes sur la paroi verticale en période de hautes eaux



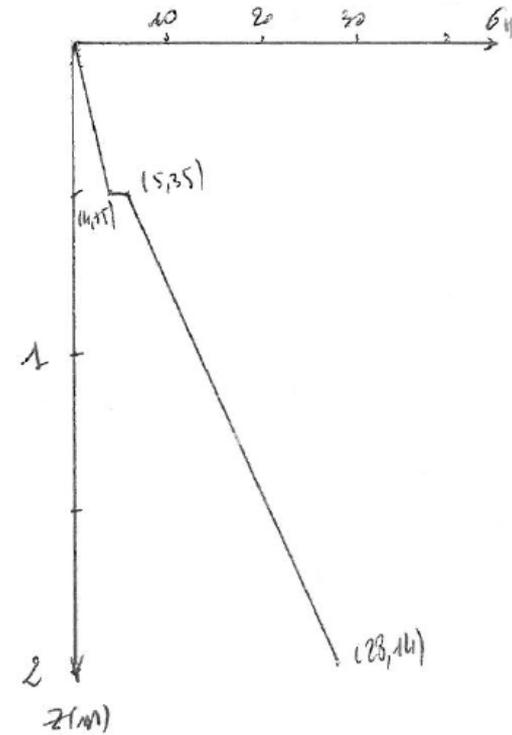
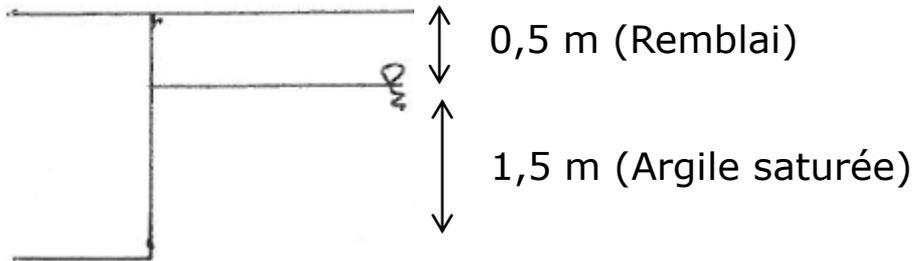
$$K_o^{\text{Remblai}} = 1 - \sin \phi' = 1 - \sin 32 = 0,47$$

$$K_o^{\text{argile}} = 1 - \sin 28 = 0,53$$

Remblai : $\gamma_R = \gamma \times \rho = \gamma \times \rho_d \times \frac{100+w}{100} = 9,81 \times 1805 \times \frac{100+14,2}{100} = 20,2 \text{ kN/m}^3$

Argile saturée : $\gamma_{\text{sat}}^A = 9,81 \times 2034,65 = 19,96 \text{ kN/m}^3$





$z = 0:$ $\sigma_v = \sigma_v' = \sigma_H = \sigma_H' = 0$

$z = 0,5^-:$ $\sigma_v = \sigma_v' = 0,5 \times 20,2 = 10,1 \text{ kPa}.$
 $\sigma_H' = \sigma_H = 0,47 \times 10,1 = 4,75 \text{ kPa}.$

$z = 0,5^+:$ $\sigma_H' = \sigma_H = \frac{0,53}{\times 10,1} = 5,35 \text{ kPa}.$

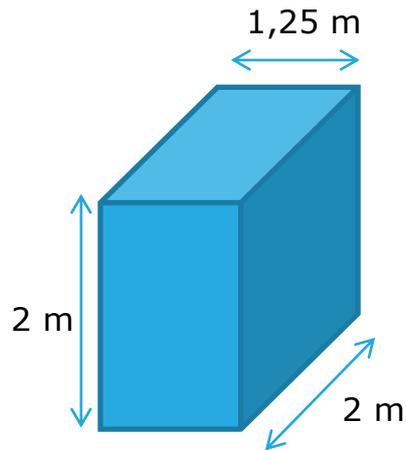
$z = 2:$ $\sigma_v = 0,5 \times 20,2 + 1,5 \times 19,96 \text{ kN/m}^3 = 40,04 \text{ kPa}$
 $u = 1,5 \times 1,81 = 14,72 \text{ kPa}$
 $\sigma_v' = 40,04 - 14,72 = 25,32 \text{ kPa}.$

$\sigma_H' = 0,53 \times 25,32 = 13,42 \text{ kPa}.$

$\sigma_H = 13,42 + 14,72 = 28,14 \text{ kPa}.$



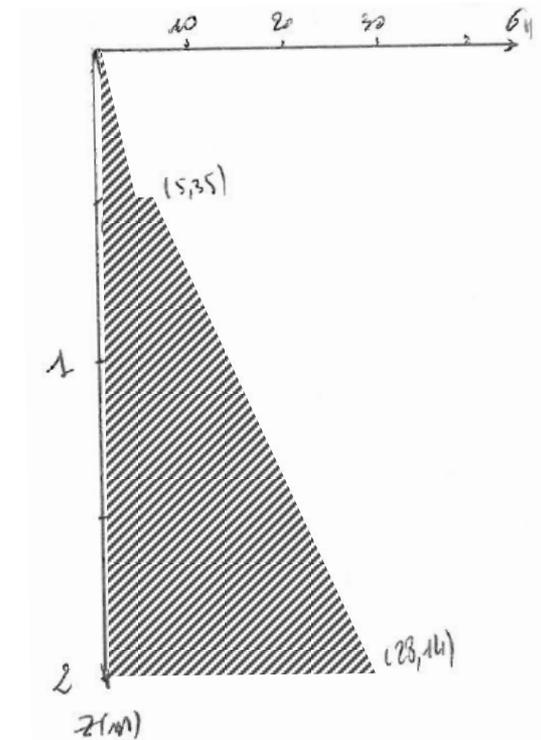
7) Forces sur les petites et grandes parois verticales de la fosse



Hautes Eaux : $F \text{ par m} = 0,5 \times \frac{4,75}{2} + 1,5 \times \frac{5,35 + 28,14}{2}$
 $= 26,31 \text{ kN/ml}$

$$F_1 = 26,31 \times 1,25 = 32,89 \text{ kN}$$

$$F_2 = 26,31 \times 2 = 52,62 \text{ kN}$$



8) Hauteur de cuvelage nécessaire

Diamètre effectif des pores = $0,2 \times d_{10} = 0,2 \times 0,06 = 0,012 \text{ mm}$ dans le remblai.

$$h_c = \frac{0,03}{d_{eff} \text{ (mm)}} \quad \text{en m.}$$

$$h_c = \frac{0,03}{0,012} = 2,5 \text{ m} \Rightarrow \text{tout le remblai est saturé.}$$

Le cuvelage doit donc être réalisé sur toute la hauteur de la fosse



BARÈME ET CRITÈRES DE CORRECTION

INTRA - AUT. 2012

Question	Note sur
1a	10
1b	10
1c	10
1d	10
1e	10
2	10
3	10
4	20
5	20
6	10
7	30
8	20
9	30

Critère et % dans la note.	Qualité de la réponse donnée et % du critère associé.		
Démarche de résolution (50%)	Clairement présentée, rigoureuse, complète et précise (100%).	Présentée, mais manque parfois de rigueur ou de précision (50%).	Erronée (0%).
Calculs et/ou interprétation de la démarche (40%)	Correct, sans erreur (100%).	Correct avec une petite erreur (ne s'applique pas si la question ne comprend qu'un seul calcul) (50%).	Complètement erroné (0%).
Qualité de la présentation (10%)	Excellente, travail précis et structuré (100%).	Manque un peu d'organisation (50%).	Incompréhensible (0%).

