

CIV3415 : Mécanique des sols  
hiver 2013

Examen de contrôle I (7 février 2013)

---

- Cet examen se compose de quatre problèmes avec une note totale de 4 points (20 % de la note finale).
- Montrer tous vos calculs et commentaires afin de démontrer votre connaissance du sujet. Aucun crédit ne sera accordé pour les réponses qui ne démontrent pas une compréhension du sujet.



Les remblais, tels que ceux représentés sur la photo au-dessus, sont souvent utilisés pour soutenir les viaducs routiers. Ils doivent être relativement forts et incompressible pour la stabilité et pour éviter les tassements différentiels qui pourraient endommager le viaduc ou la chaussée.

Faites les calculs demandés pour les remblais...

### Exercice 1 (1.0 point) – La classification des sols

Les devis du projet exige que le remblai se compose d'un sol granulaire bien étalé avec pas plus que 12% des fins, une valeur  $D_{50}$  entre 0.5 et 5.0 mm, une taille maximale de particule de 75 mm ( $D_{100} \leq 75$  mm), et une l'indice de plasticité de la fraction fine inférieure à 20 ( $I_p < 20$ ).

- Classer les quatre sols possibles pour utilisation comme du remblai (A, B, C et D) en utilisant les données de la figure 1 et du tableau 1;
- Choisir le sol qui est le plus approprié pour une utilisation comme remblai sur le projet.

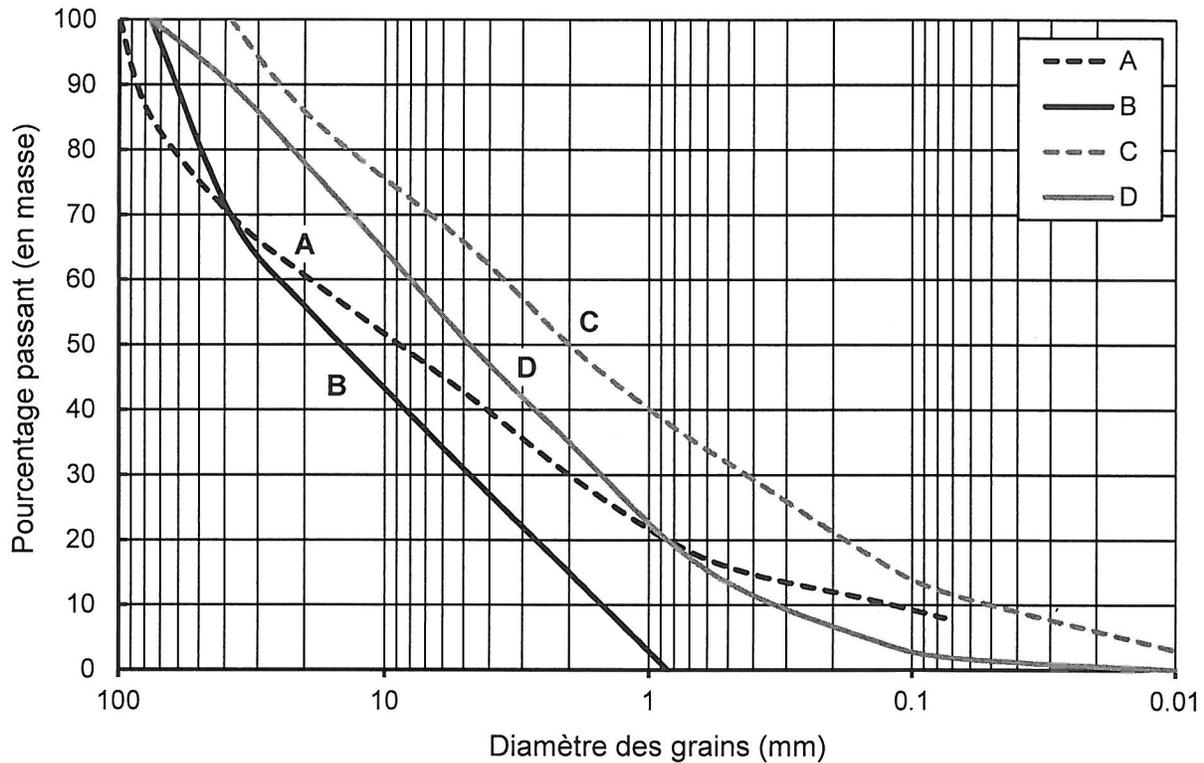


Figure 1 – Courbes granulométriques

Tableau 1 – Limites d'Atterberg

Sol	Limite de liquidité $w_l$ (%)	Limite de plasticité $w_p$ (%)
A	55	28
B	-	-
C	36	22
D	31	20

### **Exercice 2 (1 point) – Le compactage**

Les résultats d'un essai de compactage Proctor modifié du remblai sont présentés dans le tableau 2. Utilisant ces données:

- Tracer la courbe de compactage de ce matériau;
- Estimer la masse volumique sec maximale ( $\rho_{d-max}$ ) et la teneur en eau optimale ( $w_{OPT}$ );
- Calculer le degré de saturation ( $S_r$ ) à  $\rho_{d-max}$ ;
- Tracer la ligne de saturation ( $S_r=100\%$ ) de la courbe de compactage (en utilisant 3 points).

Tableau 2 – Essai de Proctor modifié  
(volume du moule de  $0.944 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ )

Échantillon	Masse du sol humide (g)	Masse du sol sec (g)
1	1753.1	1550.0
2	1843.3	1605.7
3	1925.7	1650.1
4	1952.3	1637.8
5	1909.9	1578.4

### **Exercice 3 (1.5 points) – Les relations de phase**

Le viaduc faudra  $72,000 \text{ m}^3$  du remblai compactés (en utilisant  $\rho_d = \rho_{d-max}$  et  $w = w_{OPT}$  du exercice 2). Au banc d'emprunt du sol a un indice des vides,  $e$ , de 0.6 et est de 75% saturé ( $S_r=75\%$ ).

- Si foisonnement pendant l'excavation provoque une augmentation de 10% du volume total, combien de camions (voyages) de  $6 \text{ m}^3$  sont nécessaires pour transporter le matériel au site?
- Quelle quantité d'eau doit être soustraite ou ajoutée au matériau avant compactage?

### **Exercice 4 (0.5 points) – Les minéraux argileux**

- Lequel des quatre principaux minéraux argileux est plus probable de causer la retrait et le gonflement et qui est moins probable de causer la retrait et le gonflement. Expliquer pourquoi?
- Un homme étrange, un homme très étrange, s'approche de vous dans la rue avec un échantillon de l'argile et vous indique que la limite de liquidité et la limite de plasticité de l'argile sont 70 et 32, respectivement. Il vous donnera 750 \$ si vous pouvez lui dire de quel type de minéral argileux constitue cette argile. Qu'est-ce que votre réponse?

EXERCICE 1

A) CLASSIFICATION

SOL A: 8% DES FINS } 9.4% FINS  
42 - 8% = 34% DU SABLE } 40% SABLE  
85 - 42% = 43% DU GRAVIER } 51.6% GRAVIER  
15% DES CAILLOUX } 100%

ADJUSTER LA COURBE DE NÉGUIGER LES CAILLOUX.  
(VOIR LA FIGURE 1).

$$D_{10} = 0.075 \text{ mm} \quad C_u = D_{60} / D_{10} = 133$$
$$D_{30} = 1.1 \text{ mm} \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 1.6$$
$$D_{60} = 10 \text{ mm}$$

$$I_p = W_L - W_p = 55 - 28 = 27 \rightarrow CH$$

GRAVIER (GW-GC) ET SABLE, BIEN ÉTALÉ,  
Avec une PLASTICITÉ ÉLEVÉE.

SOL B: 30% DU SABLE } SOL À LOUS COLANS  
70% DU GRAVIER } GRAVIER SABLEUX

$$D_{10} = 1.5 \text{ mm} \quad C_u = 15.3$$
$$D_{30} = 4.75 \text{ mm} \quad C_c = 0.65$$
$$D_{60} = 23 \text{ mm}$$

GRAVIER SABLEUX (GP)

SOL C: 12% DES FINS } SOL À  
63% DU SABLE } GRAINS GROSSIERS - SABLE  
35% DU GRAVIER }

$$D_{10} = 0.05 \text{ mm} \quad C_u = 106.0$$

$$D_{30} = 0.41 \text{ mm} \quad C_c = 1.0$$

$$D_{60} = 3.3 \text{ mm}$$

$$I_p = W_p - W_L = 14 \rightarrow CL$$

SABLE ARGILEUX (SW-SC) ET GRAVIER,  
BIEN ÉTALÉ, ARGILLE DE PLASTICITÉ FAIBLE

SOL D: 2% DES FINS } SOL À GROS  
48% DU SABLE } GRAINS - GRAVIER  
50% DU GRAVIER }

$$D_{10} = 0.32 \text{ mm} \quad C_u = 25$$

$$D_{30} = 1.3 \text{ mm} \quad C_c = 0.66$$

$$D_{60} = 8 \text{ mm}$$

SABLE ET GRAVIER (SP/GP) TRÈS FINS  
DE PLASTICITÉ FAIBLE

B) CHOIX DE REMBLAI

	GRANULAIRES	W	% DES FINS	D <sub>50</sub> (MM)	D <sub>60</sub> (MM)
SOL A	✓	✓	9.4 ✓	9.0 X	100 X
SOL B	✓	X	0 ✓	13 X	75 ✓
SOL C	✓	✓	12 ✓	2.0 ✓	3.3 ✓
SOL D	✓	X	2 ✓	4.75 ✓	8 ✓

LE SOL C EST LE MEILLEUR CHOIX

EXERCICE 2

A) COURBE DE COMPARTAGE

ÉCHANT. 1

$$\rho = \frac{M_{ST} + M_W}{V} = \frac{1753.1 \text{ g}}{0.944 \times 10^{-3} \text{ m}^3} = 1857.1 \text{ kg/m}^3.$$

$$W = \frac{M_W}{M_S} = \frac{1753.1 \text{ g} - 1550 \text{ g}}{1550 \text{ g}} = 0.131$$

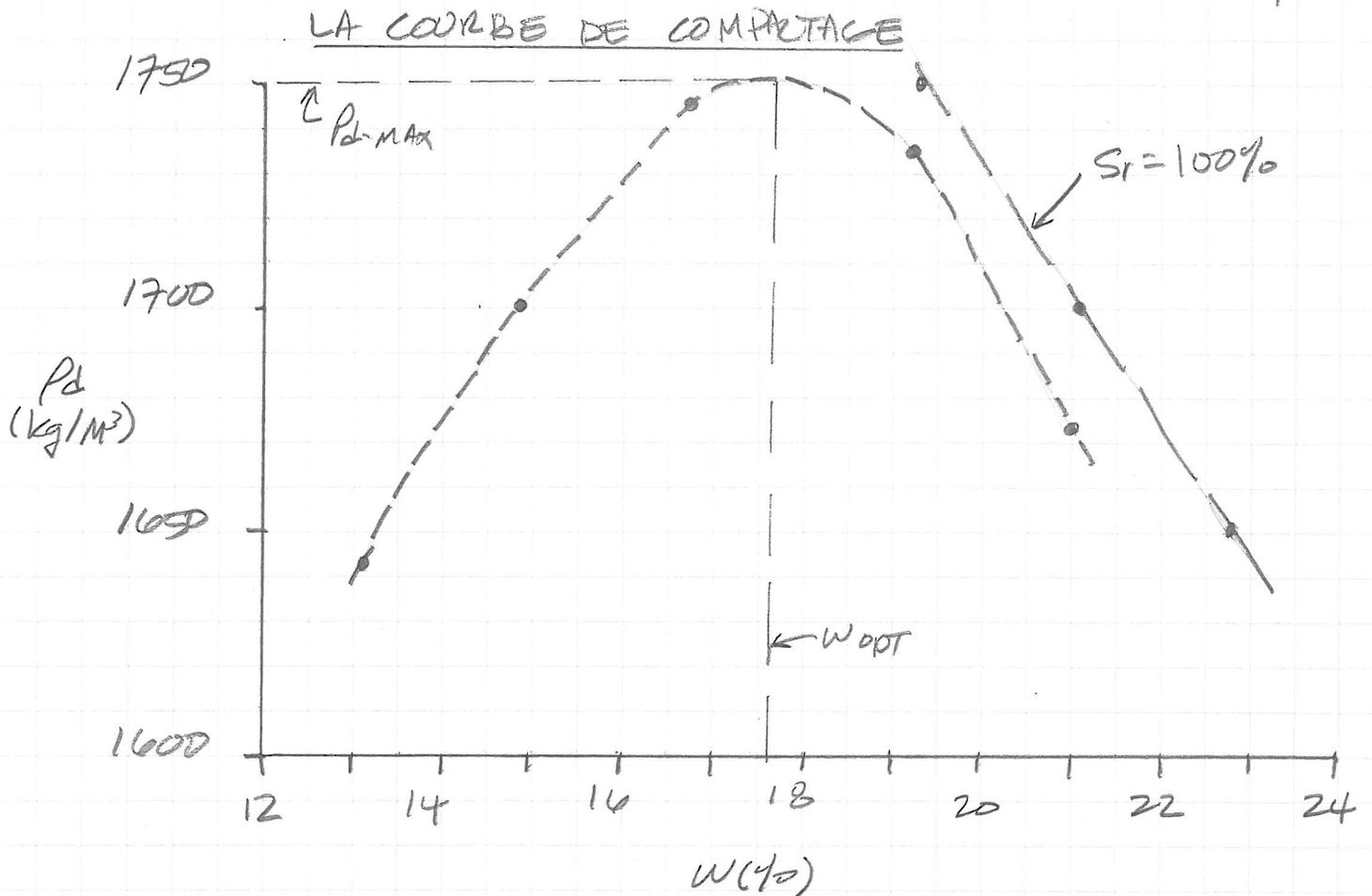
$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W} = \frac{1857.1 \text{ kg/m}^3}{1+0.131} = 1642.0 \text{ kg/m}^3$$

ÉCHANT. 2:  $\rho = 1952.6 \text{ kg/m}^3$   
 $W = 0.148$   
 $\rho_d = 1700.9 \text{ kg/m}^3$

ÉCHANT. 3:  $\rho = 2039.9 \text{ kg/m}^3$   
 $W = 0.167$   
 $\rho_d = 1748.0 \text{ kg/m}^3$

ÉCHANT. 4:  $\rho = 2068.1 \text{ kg/m}^3$   
 $W = 0.192$   
 $\rho_d = 1735.0 \text{ kg/m}^3$

ÉCHANT. 5:  $\rho = 2023.2 \text{ kg/m}^3$   
 $W = 0.210$   
 $\rho_d = 1692.1 \text{ kg/m}^3$



B) Pd-MAX ET WOPT

$$P_{d-\max} = 1751 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{opt}} = 17.6\%$$

C) Sr À Pd-MAX

SUPPOSONS QUE  $D_r = 2.65$  ET  $V_T = 1.0 \text{ m}^3$

$$M_s = P_d \quad V_s = M_s / \rho_s = 1751 \text{ kg} / 2650 \text{ kg/m}^3 = 0.661 \text{ m}^3$$

$$V_w = \frac{M_w}{\rho_w} = 0.176 \times 1751 \text{ kg} / 1000 \text{ kg/m}^3 = 0.308 \text{ m}^3$$

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{0.308 \text{ m}^3}{(1 - 0.661 \text{ m}^3)} = 0.909 \quad \underline{S_r = 90.9\%}$$

D) LIGNE DE SATURATION

$$P_d = 1690 \text{ kg/m}^3; \quad V_s = 1690/2690 = 0.623 \text{ m}^3$$

$$V_w = 1 - 0.623 = 0.377 \text{ m}^3$$

$$M = \frac{M_w}{M_s} = \frac{377 \text{ kg}}{1690 \text{ kg}} = 0.222$$

$$P_d = 1700 \text{ kg/m}^3; \quad V_s = 0.642 \text{ m}^3$$

$$V_w = 0.358 \text{ m}^3$$

$$M = 0.211$$

$$P_d = 1750 \text{ kg/m}^3; \quad V_s = 0.66 \text{ m}^3$$

$$V_w = 0.34 \text{ m}^3$$

$$M = 0.194$$

VOIR LA FIGURE SUR P. 4

EXERCICE 4

A) PLUS PROBABLE: MONTMORILLONITE } ACTIVITÉ  
MOINS PROBABLE: KAOLINITE }

B) ILLITE (VOIR LA FIGURE 4.14)

EXERCICE 3

COMPACTÉ

$$V_T = 72000 \text{ m}^3$$
$$\rho_d = 1751 \text{ kg/m}^3$$
$$w = 0.176$$

$$M_s = \rho_d \times V_T = 1751 \text{ kg/m}^3 \times 72000 \text{ m}^3$$
$$= 126.07 \times 10^6 \text{ kg}$$
$$M_w = 0.176 \times 126.07 \times 10^6 \text{ kg}$$
$$= 22.2 \times 10^6 \text{ kg}$$

BANZ D'EMPRUNT

$$e = 0.6$$
$$S_r = 0.75$$

$$e = \frac{V_w}{V_s} \quad V_w = e \times V_s$$

$$V_w = 0.6 \times \frac{126.07 \times 10^6 \text{ kg}}{2650 \text{ kg/m}^3} = 28544.2 \text{ m}^3$$

$$V_s = 47573.6 \text{ m}^3 \quad V_T = 76117.8 \text{ m}^3$$

FOISSONNEMENT / TRANSPORT

$$V'_T = 1.1 \times V_T = 1.1 \times 76117.8 \text{ m}^3 = 83729.6 \text{ m}^3$$

$$\text{CAMIONS: } 83729.6 \text{ m}^3 / 6 \text{ m}^3 = 13955$$

NBR DES CAMIONS 13955

D'EAU

$$V_w (\text{COMPACTÉ}) = 22200 \text{ m}^3$$

$$V_w (\text{BANZ D'EMPRUNT}) = 0.75 \times 28544.2 \text{ m}^3 = 21408.2 \text{ m}^3$$

DONZ ON DOIT  
AJOUTER 792 m<sup>3</sup> DE L'EAU