

## **CIV3415 : Mécanique des sols - Automne 2012**

### **Examen de mi-session**

**4 Octobre 2012**

**Durée de l'examen : 2 heures (13h45 – 15h45)**

**Documentation : toute documentation (livres + notes de cours)**

**Calculatrices : non programmables, approuvées par l'École**

---

Dans le cadre de la construction d'un barrage en terre devant durer plusieurs mois, il est prévu de réaliser une plateforme temporaire pour l'entreposage, la circulation et l'entretien des camions destinés à l'apport des matériaux.

Le site sur lequel sera construite cette plateforme est constitué d'une couche d'argile de 8 m d'épaisseur reposant sur un substratum imperméable. La nappe phréatique se situe à une profondeur de 1 m en période de basses eaux, mais peut atteindre la surface du terrain naturel en période de hautes eaux. Les conditions de basses et hautes eaux sont synthétisées sur la Figure 1.

La plateforme sera constituée d'un remblai compacté mis en place sur l'argile.

#### **Relations de phase**

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 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,
  - 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.

#### **Classification des sols**

Les courbes granulométriques de l'argile en place et du remblai sont présentées sur la Figure 2 et leurs limites d'Atterberg sont fournies dans le Tableau 1.

- 3) Classer l'argile et le remblai selon la classification USCS en détaillant les étapes de la classification.

#### **Compactage**

La plateforme à réaliser possède des dimensions horizontales de 100 m par 200 m, ainsi qu'une épaisseur de 50 cm.

La courbe Proctor normal du remblai est fournie sur la Figure 3. Celui-ci sera prélevé sur un banc d'emprunt situé à 5 km du site et sera transporté vers la plateforme par des camions d'une capacité de 18 Tonnes. À l'état naturel, le remblai possède un indice des vides de 0,8; une teneur en eau de 8 % et la densité relative des grains est de 2,70. Selon les spécifications au contrat, on considère que le remblai sera compacté à 95% de l'optimum Proctor normal et que sa teneur en eau sera égale à celle de l'optimum.

- 4) Calculer le volume de matériau de remblai à excaver sur le banc d'emprunt.
- 5) Combien de voyages de camions seront nécessaires pour amener le matériau sur le site? On considèrera que la mise en camion ne modifie pas la teneur en eau du remblai et on négligera les pertes liées à la manipulation du matériau.
- 6) Quel type de matériel choisiriez-vous pour le compactage de ce remblai? Justifiez.

### **Contraintes**

Afin de réaliser les vidanges d'entretien des camions, une fosse en béton armé sera réalisée sur la plateforme. Ses dimensions seront de 1.25m de largeur x 2m de longueur x 2m de profondeur. On supposera que les parois de cette fosse sont rigides et totalement indéformables. Les sols en contact avec les parois verticales de la fosse seront donc considérés au repos. Compte-tenu de la grande dimension de la plateforme, on supposera également que sa surface est infinie. Enfin, on considèrera que les matériaux sont normalement consolidés et que l'angle de frottement interne du remblai et de l'argile sont respectivement  $\phi'_{\text{sable}} = 32^\circ$  et  $\phi'_{\text{argile}} = 28^\circ$ .

Un de vos collègues, ingénieur structure, souhaite dimensionner le ferrailage du béton de la fosse. Pour cela, il a besoin de la répartition des contraintes exercées sur la paroi verticale de la fosse et vous demande de:

- 7) tracer le graphique des contraintes totales exercées sur la paroi verticale en fonction de la profondeur en période de hautes eaux. On négligera le phénomène de capillarité et on considèrera, pour cette question uniquement, que la teneur en eau de l'argile hors nappe et celle du remblai sont respectivement de 7,5 % et 14,2 %.
- 8) calculer les forces totales  $F_1$  et  $F_2$  exercées respectivement sur les petites et grandes parois verticales de la fosse en période de hautes eaux.

### **Capillarité**

Afin d'éviter toute infiltration d'eau dans la fosse, il est prévu de mettre en place un cuvelage dans la fosse jusqu'à une certaine hauteur (imperméabilisation du béton). Ce cuvelage doit atteindre le toit de la nappe phréatique, mais doit également couvrir toute la frange capillaire. Votre collègue souhaite maintenant connaître la hauteur du cuvelage à réaliser dans la fosse.

- 9) Déterminer la hauteur de la frange capillaire dans le remblai en période de hautes eaux, et en déduire la hauteur du cuvelage nécessaire dans la fosse. On considèrera que la tension capillaire dans le sable est  $T=73$  mN/m et que l'eau est pure.

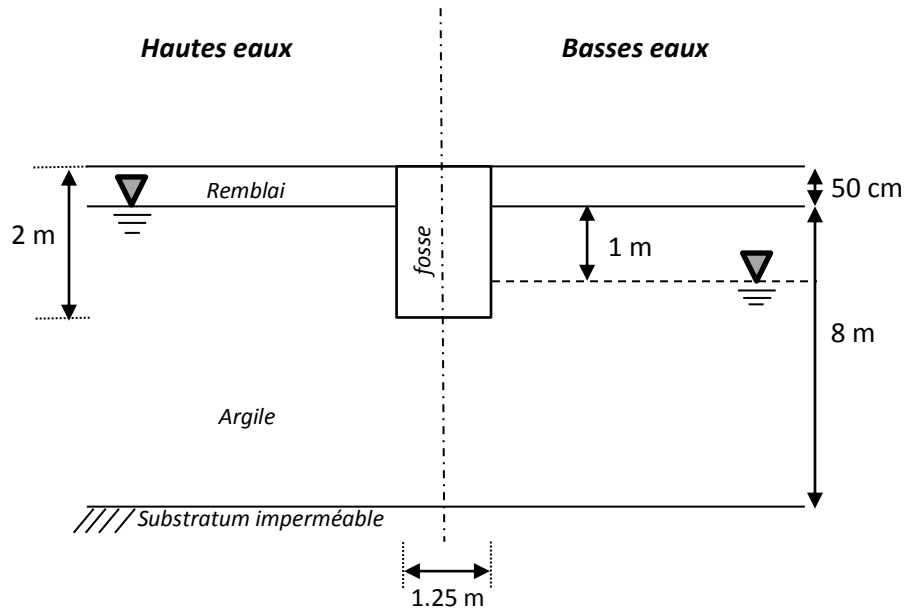


Figure 1 : Coupe schématique du site (sans échelle)

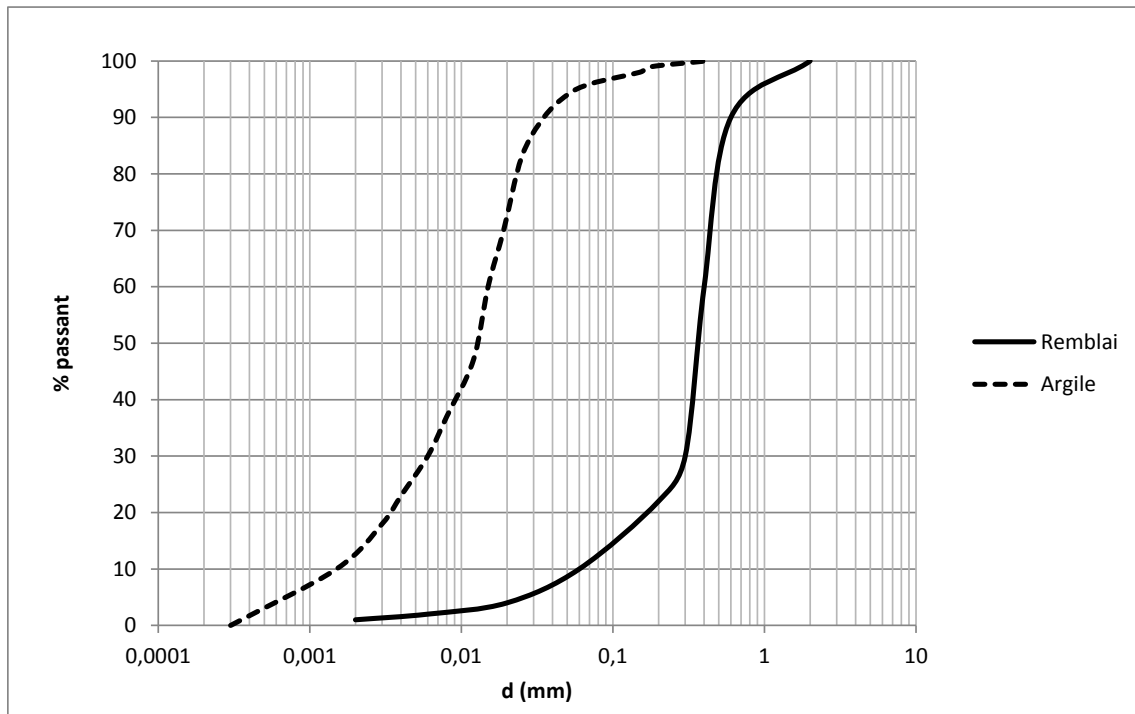


Figure 2 : Courbes granulométriques

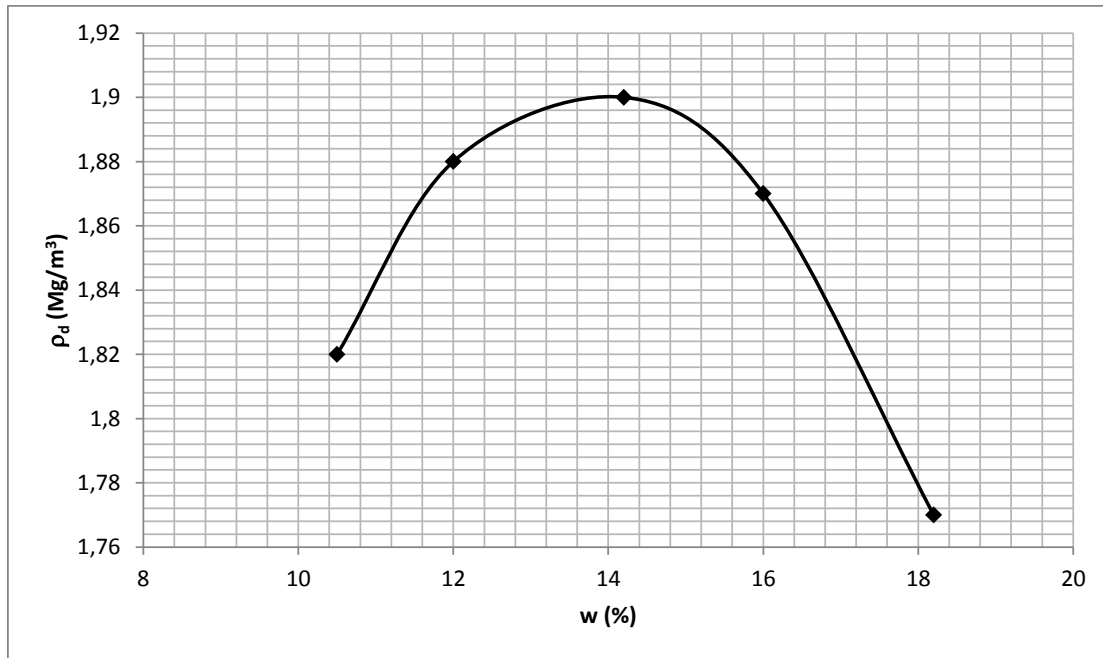


Figure 3 : Courbe de compactage du remblai à l'essai Proctor normal

	<b>Argile</b>	<b>Remblai</b>
<b>Limite de liquidité <math>w_L</math></b>	55 %	25 %
<b>Limite de plasticité <math>w_p</math></b>	25 %	15 %

Tableau 1 : Limites d'Atterberg des différents matériaux