

École Nationale des Travaux Publics de l'État
Année scolaire 2005-2006
Mécanique des sols 1 (2^{ème} année)

Contrôle des connaissances
(13 décembre 2005)

Ce contrôle comporte trois parties d'égale valeur. Tous les documents sont autorisés.

Première partie

Vous étudiez le projet d'aménagement d'une zone proche d'une rivière dont la topographie actuelle est représentée sur la figure 1.

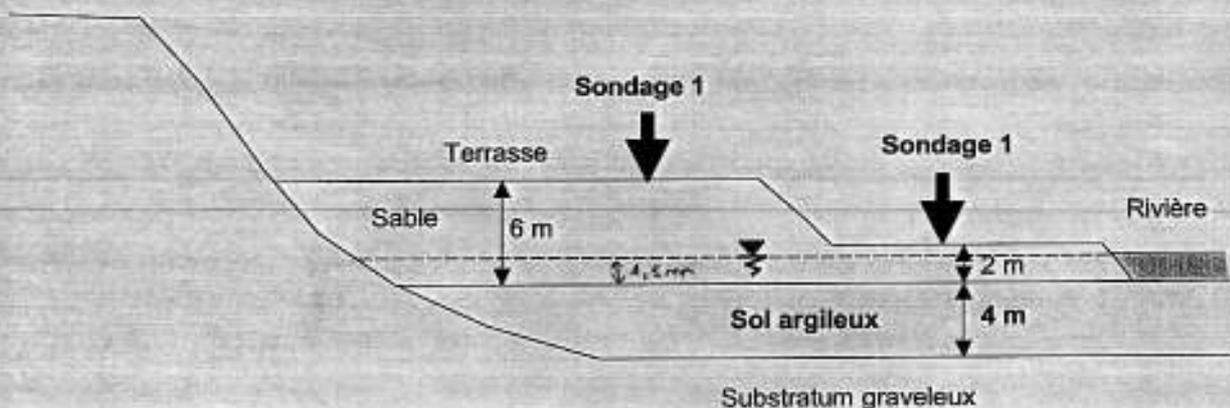


Figure 1. Coupe du site avant les travaux

Pour déterminer les propriétés du sol, deux sondages ont été exécutés sur ce site. Le premier est implanté sur la terrasse et a traversé six mètres de sable au-dessus de l'argile. Le deuxième a rencontré deux mètres de sable puis la même couche d'argile. Sur ce site, la nappe est au niveau de la rivière, c'est à dire environ 1,5m au-dessus du toit de la couche d'argile.

Des éprouvettes ont été taillées au milieu de chaque couche pour déterminer les propriétés d'identification, de compressibilité et de résistance du sol.

1. Quelles sont les méthodes utilisées pour déterminer la masse volumique, la teneur en eau, l'indice des vides et les limites de consistance des sols argileux.

2. Des essais oedométriques ont été effectués sur l'argile. Les données relatives à un essai sont données dans le tableau 1. Tracer la courbe de compressibilité oedométrique et la courbe de consolidation du sol pour le palier de chargement de 90 à 180 kPa. Déterminer les paramètres de compressibilité oedométrique et le coefficient de consolidation de l'argile. Le sable a un poids volumique de 19 kN/m^3 et l'argile de 16 kN/m^3 . L'éprouvette a une hauteur de 2 cm est drainée des deux côtés.

3. Des essais de cisaillement à la boîte ont été exécutés sur le sable. Les déplacements de la boîte et les contraintes normale et de cisaillement sont donnés sur la figure 2. Déterminer l'angle de frottement interne du sable (la cohésion est nulle).

4. Les résultats d'un essai triaxial de type consolidé ^{non} drainé exécuté sur une éprouvette d'argile sont donnés dans le tableau 2. Déterminer la cohésion non drainée de l'argile et sa loi de variation en fonction de la contrainte de consolidation.

Tableau 1a. Essai œdométrique (indice des vides en fonction de la charge appliquée)

| | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| σ (kPa) | 6 | 10 | 15 | 20 | 30 | 45 | 90 | 180 | 360 | 720 |
| e | 1,717 | 1,713 | 1,707 | 1,703 | 1,693 | 1,675 | 1,584 | 1,396 | 1,185 | 0,998 |

Tableau 1b. Essai oedométrique (tassement sous la charge 180 kPa)

| | | | | | | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| temps | 1 s | 2 s | 5 s | 10 s | 20 s | 30 s | 1 min | 2 min | 4 min | 8 min |
| e | 1,55 | 1,544 | 1,534 | 1,518 | 1,5 | 1,488 | 1,47 | 1,45 | 1,434 | 1,422 |
| temps | 30 min | 1 h | 3 h | 1 jour | | | | | | |
| e | 1,41 | 1,405 | 1,396 | 1,38 | | | | | | |

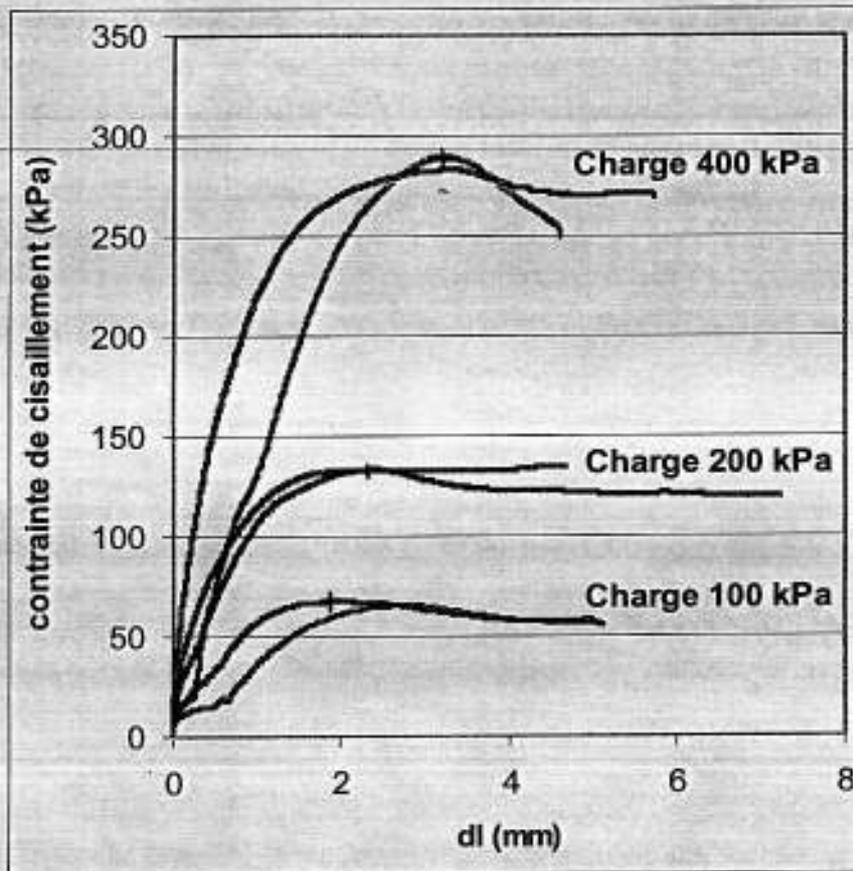


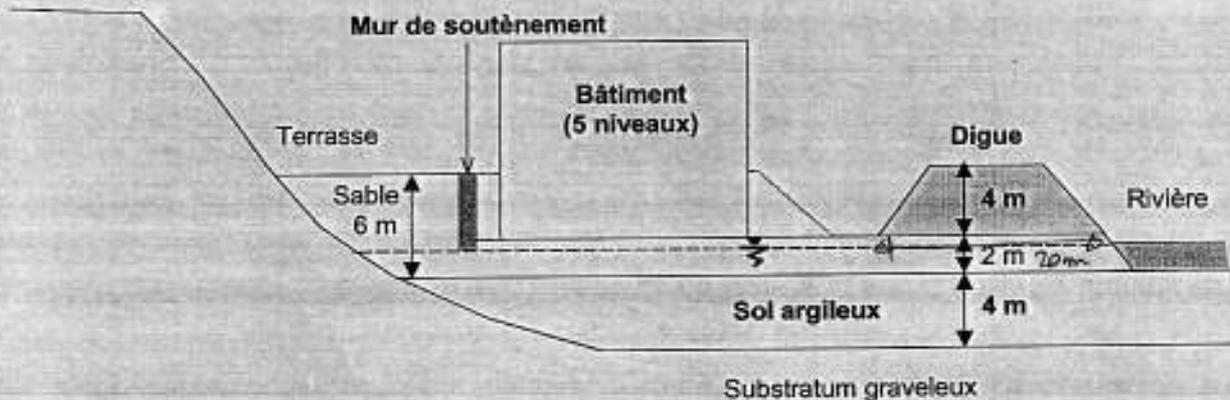
Figure 2. Essais de cisaillement à la boîte

Tableau 3. Essai triaxial CU

| Essai n° | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|----|-----|-----|-----|
| Contrainte de consolidation σ_3 (kPa) | 50 | 100 | 150 | 200 |
| Déviateur à la rupture $\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa) | 66 | 136 | 172 | 238 |
| Pression interstitielle à la rupture u (kPa) | 27 | 38 | 44 | 60 |

Deuxième partie

L'aménagement du site consiste à installer un immeuble à l'emplacement de la terrasse sableuse, avec un mur de soutènement à l'arrière pour maintenir le reste de la terrasse. Le long de la rivière une digue sera installée pour porter une route et protéger la zone d'activités des crues. La hauteur de la digue est fixée à 4m. Le bâtiment sera fondé au niveau de la basse terrasse (niveau inférieur de la digue). Il applique au sol une charge moyenne de 10 kPa par niveau. \Rightarrow 50 kPa au total



Cette deuxième partie de l'examen porte sur les calculs de tassement de la couche d'argile.

1. En utilisant les résultats de l'essai œdométrique de la partie précédente, déterminer l'amplitude finale du tassement de la couche d'argile sous la digue. Dans cette zone, calculer la vitesse de consolidation de l'argile sous la digue et tracer la courbe de tassement au cours du temps.
2. En utilisant les mêmes caractéristiques œdométriques, déterminer le sens et l'amplitude des mouvements du sol à l'emplacement du bâtiment.

Troisième partie

La troisième partie du contrôle concerne les calculs de stabilité.

1. Calculer la portance du sol argileux sous la digue (pour une zone chargée de 20m de largeur) et sous le bâtiment, pour des semelles superficielles filantes de 1m de largeur et pour un radier général de 20m de largeur (le bâtiment est long de plus de cent mètres dans l'autre direction). On admet pour ces calculs que la couche de sable transmet les charges verticalement au toit de la couche d'argile (sans diffusion latérale de la charge).
2. Pour la digue, la résistance du sol au poinçonnement est-elle égale à au moins 1,5 fois la pression moyenne appliquée au sol ? Sous le bâtiment, quelle est la situation en termes de stabilité ? On rappelle que la charge doit être inférieure au tiers de la résistance du sol dans ce cas. Pourrait-on construire le bâtiment sur un réseau de fondations superficielles ? Quelle disposition des semelles suggèreriez-vous dans ce cas ?
3. Calculer les efforts qui s'exerceront sur le mur de soutènement. Quelle géométrie de mur suggèrez-vous ? Expliquez pourquoi .