

# ÉCOLE NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS DE L'ÉTAT

Année scolaire 2006-2007

## COURS DE MÉCANIQUE DES SOLS CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

Groupes 1 à 4 (Demi-promotion A)

Durée 3 heures

Tous les documents sont autorisés.

Ce contrôle comporte trois problèmes indépendants.

### Problème 1

Un fabricant de maisons individuelles propose à des clients un modèle de pavillon fondé sur des fondations superficielles. Ces fondations sont prévues à une profondeur de 1m (base de la fondation) sous tous les murs. La pression transmise au sol par la fondation vaut en moyenne 200 kPa. Les semelles sont considérées comme filantes, avec une longueur infinie et une largeur de 1m.

Trois clients achètent des maisons de ce type. Ils ont acheté des terrains situés dans des sites différents :

- le client A (site A) veut construire sa maison sur une terrasse alluviale quaternaire dominant le lit de la rivière ;
- le client B (site B) a acheté un terrain dans la vallée de la rivière, à proximité des digues de protection contre les crues ;
- le client C (site C) a prévu de construire sa maison sur le plateau dans lequel la rivière a creusé son lit au cours du temps.

Chaque site a fait l'objet d'une étude géotechnique succincte, avec prélèvement d'échantillons de sol remanié à la pelle mécanique et, lorsque c'était souhaitable, un sondage carotté pour essais mécaniques en laboratoire.

Les résultats de ces études géotechniques sont résumés dans les tableaux 1A, 1B et 1C.

1. Déterminer pour chaque site les caractéristiques suivantes des sols :

Site A	Couche de graviers	Courbe granulométrique Classification LCPC/USCS $c'$ et $\phi'$
	Couche d'argile	Courbe granulométrique Classification LCPC/USCS $c_u$
Site B	Couche d'argile	Courbe granulométrique Classification LCPC/USCS $c_u$
Site C	Couche de limon	$c'$ et $\phi'$ Courbe granulométrique Classification LCPC/USCS $c'$ et $\phi'$

2. Calculer la portance du sol sous la fondation superficielle dans chaque site. Le coefficient de sécurité (rapport de la résistance du sol à la pression appliquée) vaut-il au moins 3 dans chaque site ?

Que peut faire le propriétaire si ce n'est pas le cas ?

Tableau 1A. Caractéristiques géotechniques du site A

Stratigraphie		Nappe à -3 m													
0 à 0,5 m	Terre végétale														
0,5 à 6 m	Graviers														
6 à 20 m	Argile raide surconsolidée														
20 m	Arrêt sur calcaire														
Courbe granulométrique à 3 m de profondeur															
d (mm)	0,002	0,006	0,01	0,02	0,06	0,1	0,2	0,6	1	2	6	10	20	60	100
C <sub>d</sub> (%)	0	0	0	0	0	0	1	5	10	30	60	80	100	100	100
Courbe granulométrique à 10 m de profondeur															
d (mm)	0,002	0,006	0,01	0,02	0,06	0,1	0,2	0,6	1	2	6	10	20	60	100
C <sub>d</sub> (%)	35	55	70	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Limites d'Atterberg															
à 3 m	non déterminé														
à 10 m	w <sub>p</sub> = 20      w <sub>L</sub> = 50														
Teneur en eau															
à 3 m	non déterminée														
à 10 m	4 mesures : 12%, 12,5%, 15%, 15,5%														
Poids volumique estimé															
à 3 m	21 kN/m <sup>3</sup>														
à 10 m	20 kN/m <sup>3</sup>														
Essais de cisaillement à la boîte (sol prélevé à 3 m)															
pour $\sigma = 100$ kPa	$\delta$ (mm)	0	1	2	3	4	5	6							
	$\tau$ (kPa)	0	30	55	75	90	85	80							
pour $\sigma = 200$ kPa	$\delta$ (mm)	0	1	2	3	4	5	6							
	$\tau$ (kPa)	0	60	105	145	180	175	170							
pour $\sigma = 400$ kPa	$\delta$ (mm)	0	1	2	3	4	5	6							
	$\tau$ (kPa)	0	90	170	245	320	360	350							
Essai de compression simple (sol prélevé à 10 m)															
q <sub>u</sub> = 1200 kPa															

Tableau 1B. Caractéristiques géotechniques du site B

Stratigraphie		Nappe à -0,5 m													
0 à 0,5 m	Terre végétale														
0,5 à 1 m	Sable														
1 à 6 m	Argile														
6 m	Arrêt sur gravier														
Courbe granulométrique à 3 m de profondeur															
d (mm)	0,002	0,006	0,01	0,02	0,06	0,1	0,2	0,6	1	2	6	10	20	60	100
C <sub>d</sub> (%)	30	55	70	85	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Valeurs à 3m de profondeur															
Limites d'Atterberg		w <sub>p</sub> = 35      w <sub>L</sub> = 80													
Teneur en eau		4 mesures : 40%, 45%, 47%, 50%													
Poids volumique		17,6 kN/m <sup>3</sup>													
Essai triaxial CU+u – consolidé non drainé avec mesure de la pression interstitielle (sol prélevé à 3 m)															
pour $\sigma_3 = 50$ kPa	e <sub>a</sub> (%)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	0	15	26	32	31	28	27	26	26	26	26			
	u (kPa)	0	2	4	6	7	8	9	10	10	10	11			
pour $\sigma_3 = 100$ kPa	e <sub>a</sub> (%)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	0	32	50	58	62	60	56	53	51	50	50			
	u (kPa)	0	6	12	16	20	23	25	26	27	28	28			
pour $\sigma_3 = 150$ kPa	e <sub>a</sub> (%)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	0	44	66	82	92	90	88	86	85	84	84			
	u (kPa)	0	9	17	23	25	29	32	33	33	33	33			
Essai oedométrique (sol prélevé à 3 m)															
e <sub>0</sub> = 1,22      C <sub>s</sub> = 0,08      C <sub>c</sub> = 0,9 $\sigma'_c = 40$ kPa      fluage négligé															

## Problème 2.

La figure 1 montre la coupe transversale d'un barrage en terre divisé en trois zones :

- la zone B est la partie imperméable du barrage : constituée d'argile compactée, elle a un coefficient de perméabilité très faible ( $k_1$  de l'ordre de  $10^{-11}$  m/s) ;
- la zone A, constituée de matériaux très perméables (enrochements), a pour fonction de protéger la couche d'argile et d'assurer la stabilité du barrage du côté amont ;
- la zone C est faite du matériau sablo-limoneux existant sur le site. Son coefficient de perméabilité  $k_2 = k_3$  est voisin de  $10^{-5}$  m/s. Cette perméabilité est trop forte pour établir un barrage sans dispositions complémentaires permettant de limiter l'écoulement de l'eau sous le barrage. Pour cette raison, un écran de perméabilité limitée  $k_9$  doit être réalisé dans le sol de fondation, sous la couche d'argile. La largeur envisagée pour cet écran est de 2m. Un calcul a été effectué pour savoir si un écran de coefficient de perméabilité  $k_9 = 0,2 k_3$  serait suffisant. Le réseau d'écoulement obtenu est représenté sur la figure 1.

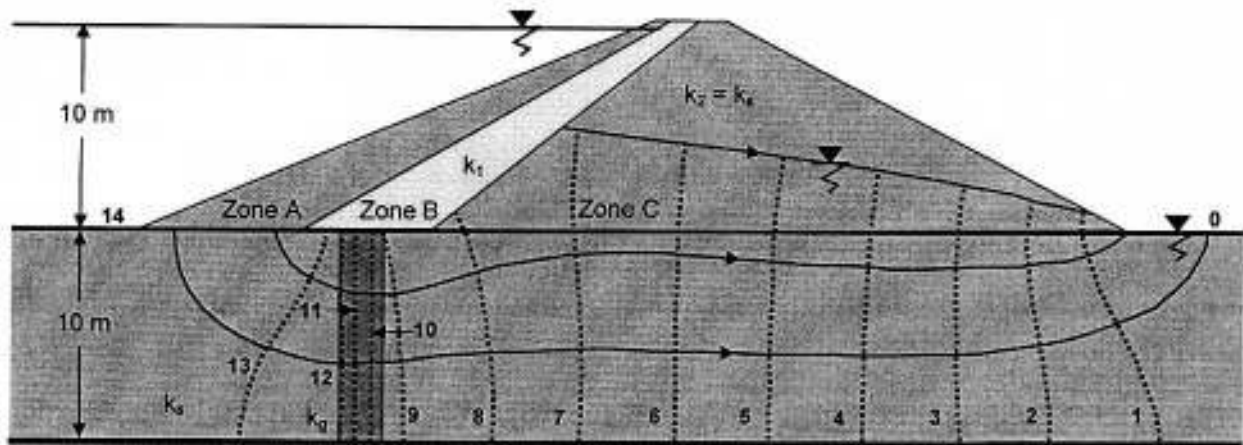


Figure 1 Réseau d'écoulement à travers le barrage

1. Décrivez les conditions aux limites du calcul effectué.
2. Quel est l'effet de la présence de l'écran sur le réseau d'écoulement ?
3. Calculez le débit de l'écoulement (il y a trois tubes d'écoulement équivalents sur la figure).
4. Déterminez les valeurs de la pression interstitielle au contact de la base du barrage et de la surface du terrain naturel.

### Problème 3.

Analyser l'équilibre du rideau représenté sur la figure 2.

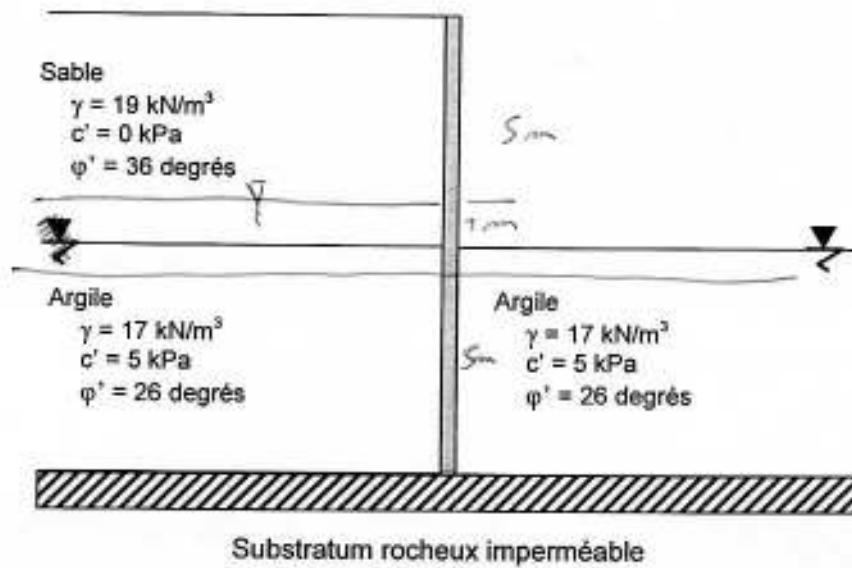


Figure 2. Coupe du rideau et du sol qui l'entoure