

COURS DE MÉCANIQUE DES SOLS
CONTRÔLE DES CONNAISSANCES

EXAMEN

23 mai 2019 - Durée 2h

Ce sujet comprend quatre exercices. Sont autorisés : les notes prises pendant les cours et tous les documents imprimés et aussi les calculatrices. Sont interdits : ordinateurs et téléphones.

Exercice 1. Calcul des contraintes en fonction de la profondeur

La figure 1 décrit un site comportant deux couches horizontales sur un substratum considéré comme indéformable. Le toit de la nappe est situé à 2m de profondeur. Calculer les contraintes verticales totales et effectives, ainsi que la pression interstitielle aux cinq points A à E indiqués sur la figure. On distinguera le poids volumique du sable au-dessus de la nappe et dans la nappe.

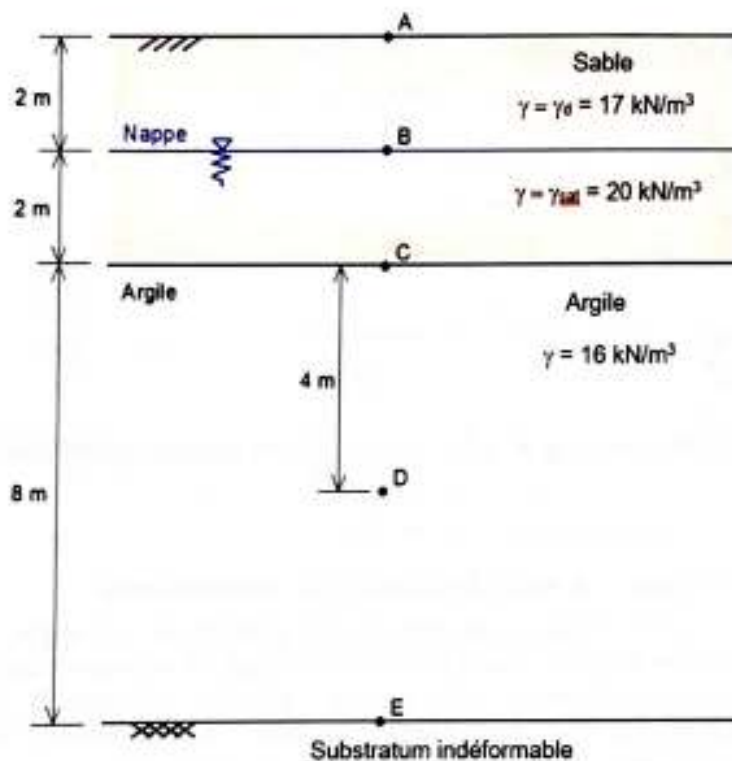


Figure 1. Profil géotechnique du site

Exercice 2. Tassements d'une couche horizontale sous une charge uniforme

Une couche d'argile de 4m d'épaisseur repose sur une couche de graves (Figure 2). Le toit de la nappe (hydrostatique) est situé au niveau du Terrain Naturel (T.N.). Les essais de laboratoire ont fourni les caractéristiques physiques et mécaniques suivantes :

- Poids volumique $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$;
- Indice des vides initial $e_0 = 0,8$;
- Indice de gonflement (recompression) $C_s = 0,06$;
- Indice de compression $C_c = 0,6$;
- Surconsolidation $\sigma'_p - \sigma'_{vo} = 20 \text{ kPa}$ (partie droite de la figure).

L'aménagement du site commence par la mise en place d'une plateforme en remblai d'épaisseur uniforme 2m, soit une charge $\Delta\sigma = 40 \text{ kPa}$.

Calculer le tassement de la couche d'argile sous la charge appliquée par la plateforme, en découpant la couche de deux façons différentes :

- une couche de quatre mètres d'épaisseur ;
- quatre couches superposées de 1 m d'épaisseur chacune.

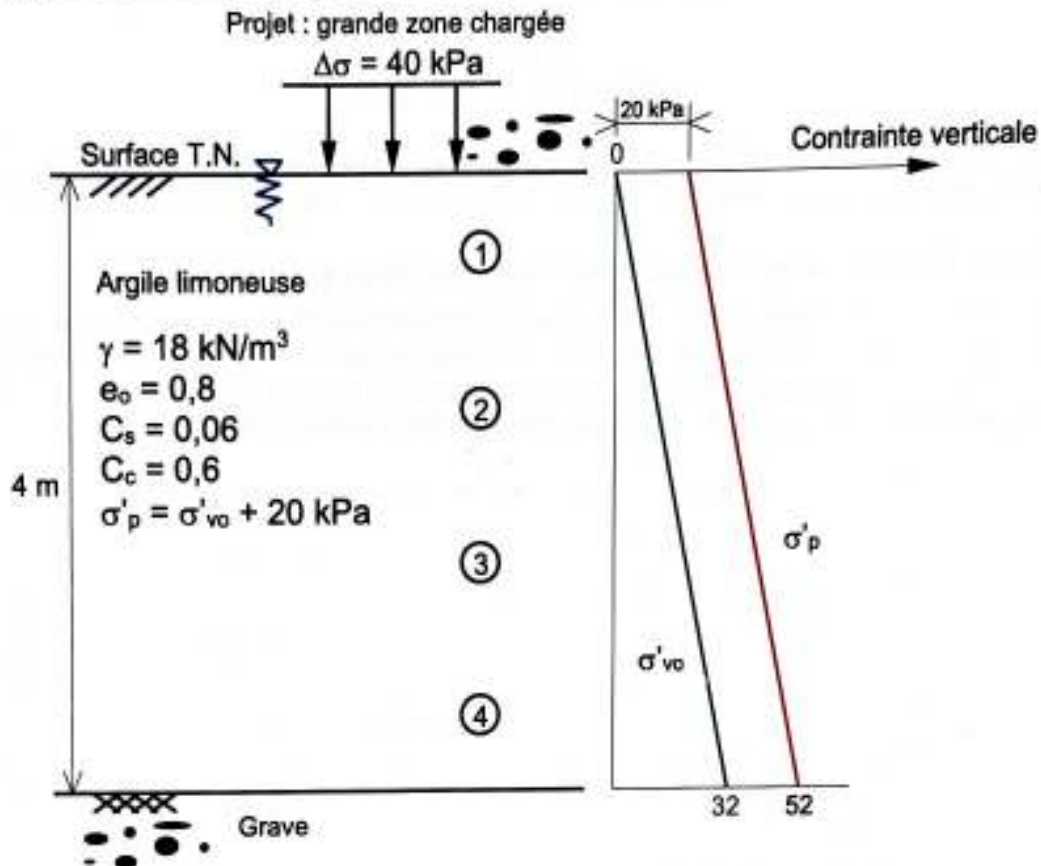


Figure 2. Profil géotechnique du site et distribution des contraintes effectives verticales

Exercice 3. Hydraulique des sols. Écoulements permanents.

Un barrage en terre zoné comporte un noyau peu perméable en argile, entouré de couches sableuses servant de filtre (pour prévenir l'arrachement par l'écoulement des particules du noyau) et des massifs latéraux constitués de particules plus grossières (Figure 3). Le niveau du réservoir derrière le barrage est situé à $H = 12\text{m}$ d'altitude. Du côté aval, l'écoulement est au niveau du terrain naturel (T.N.). La perméabilité de l'argile compactée qui constitue le noyau est égale à $k = 10^{-6} \text{ m/s}$. On la suppose isotrope.

- Déterminer le débit de l'écoulement de l'eau à travers le noyau du barrage pour un mètre de longueur de barrage dans la direction perpendiculaire à la figure.
- Déterminer la valeur de la charge hydraulique h et de la pression interstitielle u aux cinq points A à E indiqués sur la figure.

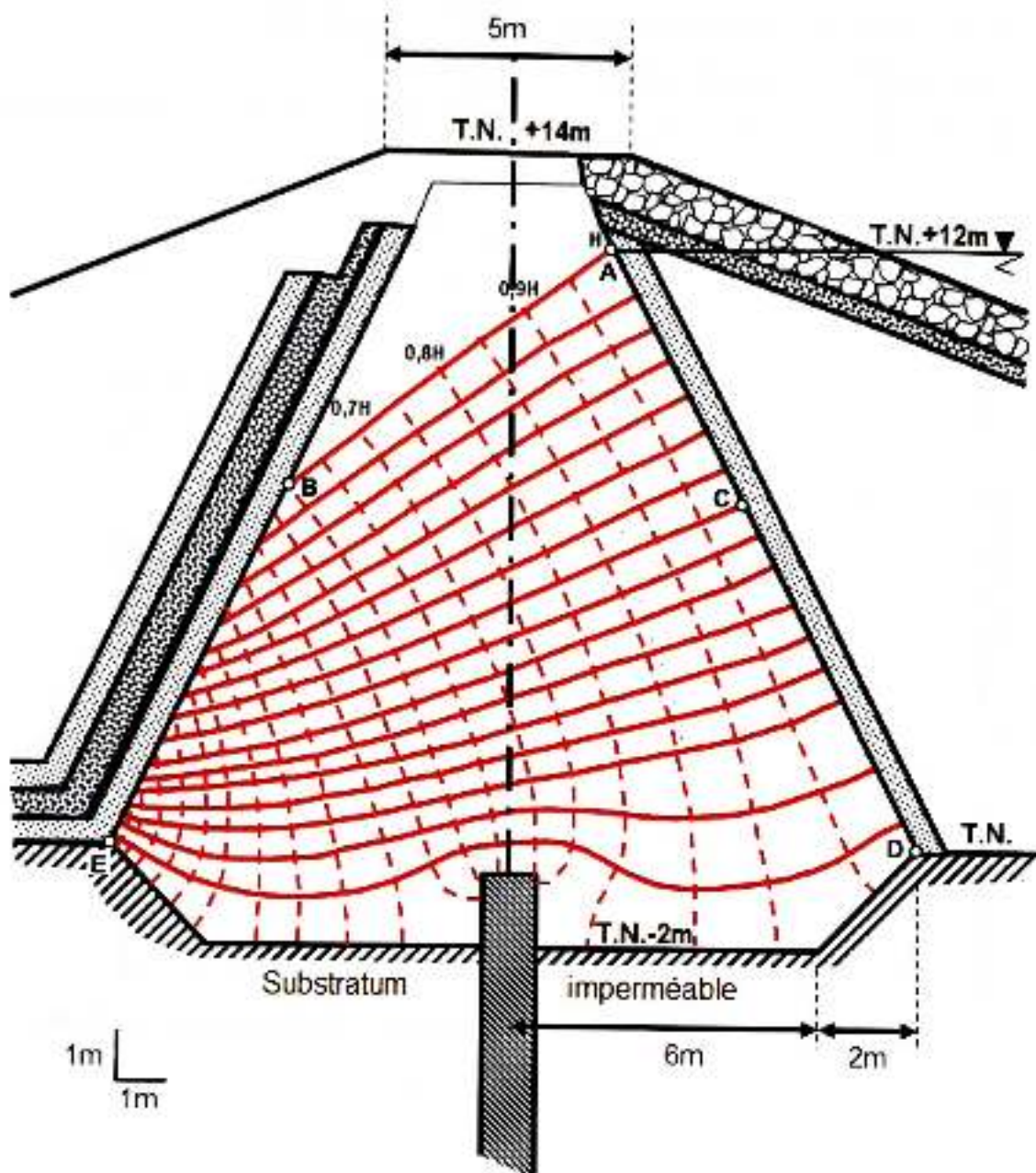


Figure 3. Réseau d'écoulement permanent à travers le barrage

Exercice 4. Stabilité d'une excavation

Le projet de construction d'un bâtiment nécessite l'installation de parois moulées, puis l'excavation des terrains jusqu'au niveau de la base du radier, la construction du radier et l'installation des structures internes du bâtiment. On s'intéresse ici aux phases qui précèdent la mise en place du radier. Les parois ont une hauteur totale de 33m et l'excavation a une profondeur de 25m (Figure 4). La surface de la nappe se trouve à 3m sous la surface du terrain naturel. Le niveau de la nappe des sables et graviers, au-dessous de la couche argileuse est identique à celui de la nappe de surface. On admet que le sable de surface a le même poids volumique au-dessus et au-dessous du toit de la nappe.

Les propriétés des terrains sont les suivantes :

Sol	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (degrés)	c_u (kPa)	k (m/s)
Sables	19	0	32	-	10^{-3}
Argile	20	10	24	80	10^{-9}
Sables et graviers	21	0	35	-	10^{-4}

1. Calculer les efforts de poussée et de butée à court terme sur la paroi.
2. Calculer les forces qui s'exercent sur la paroi. Vérifier l'équilibre.
3. Comment peut-on augmenter la stabilité des parois ?
4. Vérifier la stabilité du fond de fouille vis-à-vis d'un soulèvement dû à la pression de l'eau sous la couche d'argile (état à court terme).

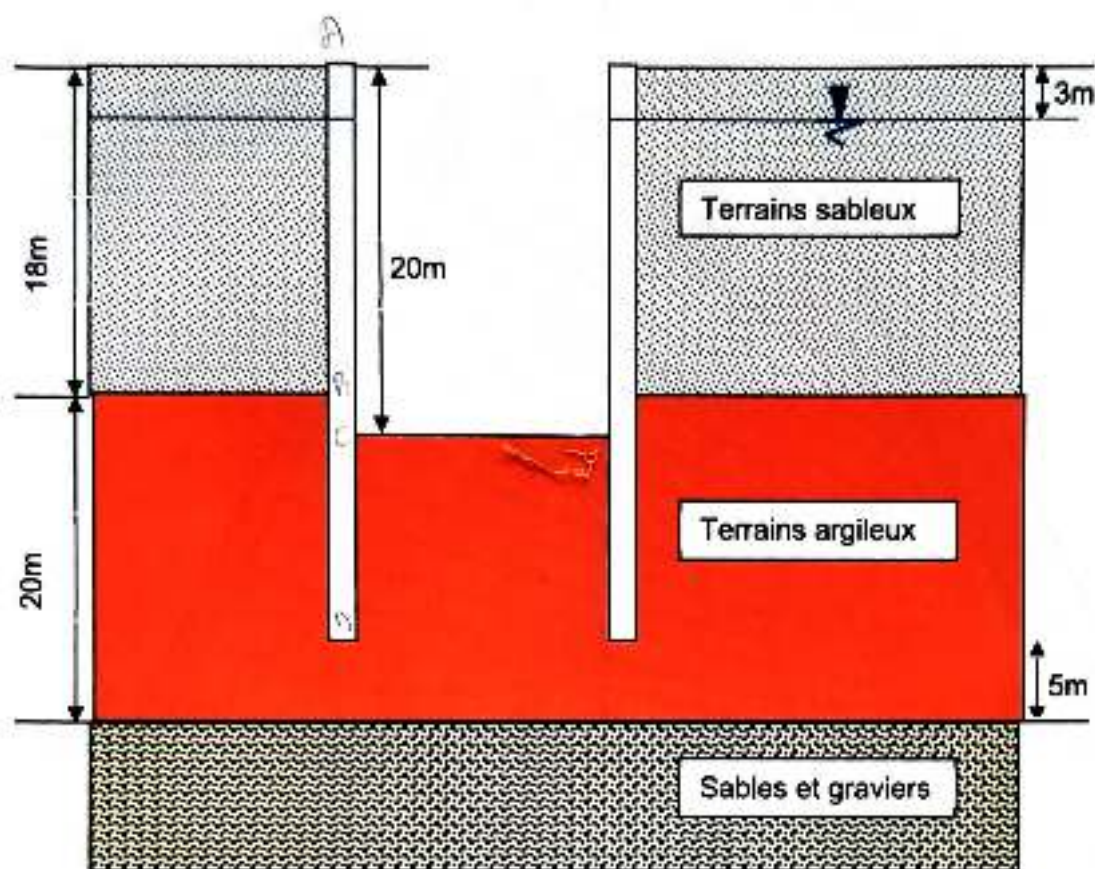


Figure 4. Coupe géotechnique du site et dimensions de l'ouvrage à construire