

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

04-Géol-A2 Hydrogéologie

- 1) **(20 points)** Un système aquifère montré à la Figure 1 est formé de 20 mètres de sable reposant sur 50 m de roches fracturées. Le sable est entièrement saturé, sa porosité est 0.3 et sa conductivité hydraulique est 10^{-5} m/s. Les roches sont aussi entièrement saturées et contiennent 3 réseaux de fractures parallèles, soit 1) des fractures horizontales, 2) des fractures verticales orientées est-ouest et 3) des fractures verticales orientées nord-sud. L'espacement des fractures est constant pour les 3 réseaux et est égal à 0.5 mètre. Toutes les fractures ont une ouverture de 0.5 mm.
- Évaluez le volume total d'eau ($\text{m}^3/\text{hectare}$) qui est emmagasiné dans le sable et le roc (où 1 hectare = $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$).
 - On suppose que l'écoulement de l'eau souterraine est horizontal dans le sable et dans le roc (de gauche à droite sur la figure) et que le gradient hydraulique est uniforme et égal à 0.005. Calculez le débit volumétrique total d'eau dans le sable et dans le roc à travers la face verticale gauche de la figure.
 - Calculez la vitesse d'écoulement horizontale de l'eau dans le sable et celle dans le roc.

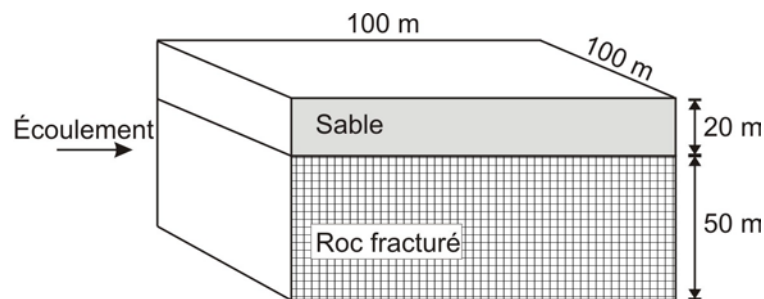


Figure 1. Coupe verticale (non à l'échelle) illustrant un système aquifère composé d'une couche de sable et de roc fracturé.

- 2) (10 points) Dans une région côtière, un aquifère confiné constitué de roc fracturé est en contact avec la mer (voir Figure 2). Un piézomètre A, installé dans l'aquifère à une distance horizontale de 200 m de la mer, indique un niveau d'eau à 10 m au-dessus du niveau de la mer. Un piézomètre B installé dans l'aquifère à la même élévation que A mais au contact avec la mer indique un niveau d'eau égal au niveau de la mer. L'eau dans l'aquifère au point A est douce tandis que l'eau au point B est salée avec une masse volumique de 1030 kg/m^3 . La conductivité hydraulique du roc fracturé est 10^{-5} m/s . L'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère est horizontal et vers la mer. Calculez le débit spécifique d'écoulement (q) vers la mer (en m/s).

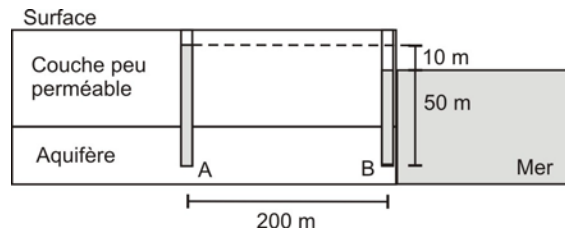


Figure 2. Coupe verticale montrant un aquifère côtier.

- 3) (15 points) La Figure 3 montre une coupe verticale d'un réseau d'écoulement dans un aquifère de sable en amont d'un barrage. Les charges hydrauliques sont indiquées au sommet du réseau et à la limite verticale droite. La longueur du barrage dans la direction perpendiculaire à la coupe verticale est 50 m et la conductivité hydraulique de l'aquifère est $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. L'échelle indiquée sur la figure est identique pour les directions horizontales et verticales.
- Calculez le débit volumétrique total (en m^3/s) dans l'aquifère.
 - Donnez la charge hydraulique, la charge d'élévation et la charge de pression aux points A et B.
 - Indiquez à quel endroit la pression d'eau sera maximale le long de la ligne C-D directement sous le barrage et donnez la valeur de la pression (en kPa).

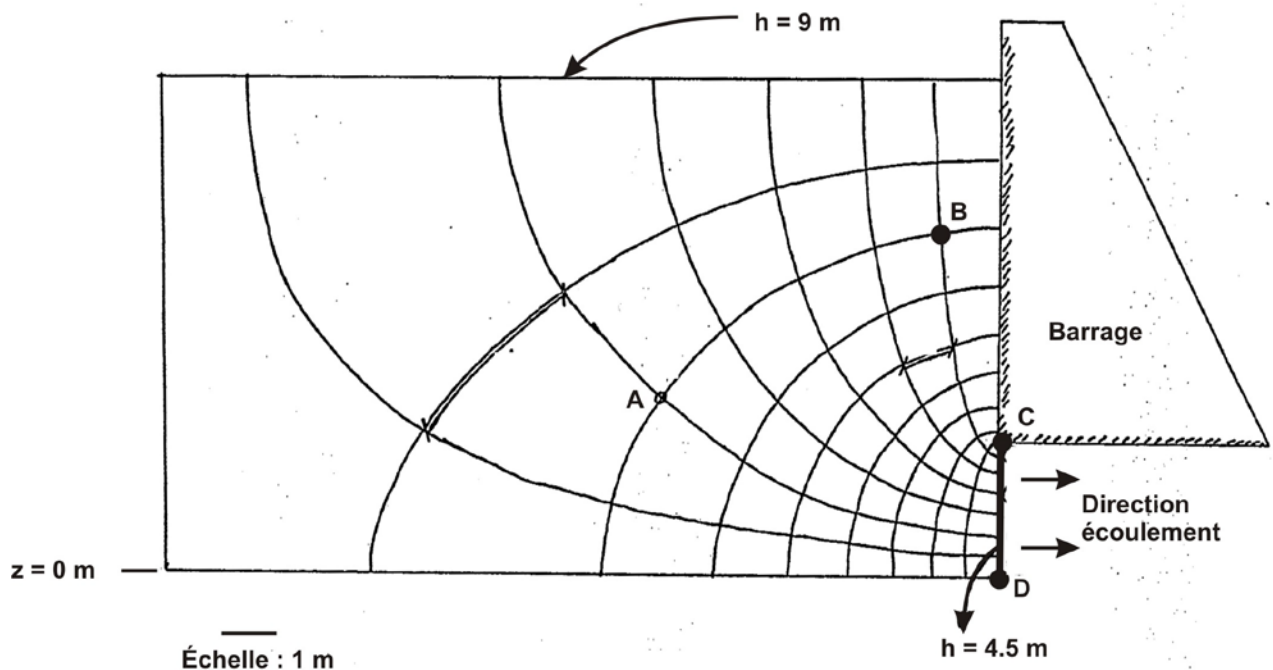


Figure 3. Coupe verticale montrant un réseau d'écoulement en amont d'un barrage.

4) (20 points) Au cours d'un essai de pompage dans une nappe captive, on a observé les rabattements dans plusieurs puits d'observation à différentes distances du puits de pompage. Le taux de pompage durant l'essai était de $2 \text{ m}^3/\text{min}$ et le rayon du puits de pompage est 0.15 m . Le Tableau 1 indique les mesures de rabattements faites dans les différents puits après 30 minutes, 4 heures et une journée. La Figure 4 illustre ces rabattements.

- À l'aide des données fournies, déterminez la valeur de T et S pour la nappe.
- Calculez le rabattement dans le puits à la fin de chaque période.

Tableau 1. Mesures de rabattement en fonction de la distance r du puits de pompage et à des temps de 30 minutes, 4 heures et 1 jour.

Distance $r(\text{m})$	Rabattement (m)		
	$t = 30 \text{ min}$	$t = 4 \text{ heures}$	$t = 1 \text{ jour}$
15	3.63	5.53	7.17
30	2.39	4.26	5.90
50	1.52	3.33	4.97
75	0.90	2.61	4.23
100	0.54	2.10	3.70
150	0.18	1.43	2.97
300	0.00	0.47	1.76
500	0.00	0.09	0.96

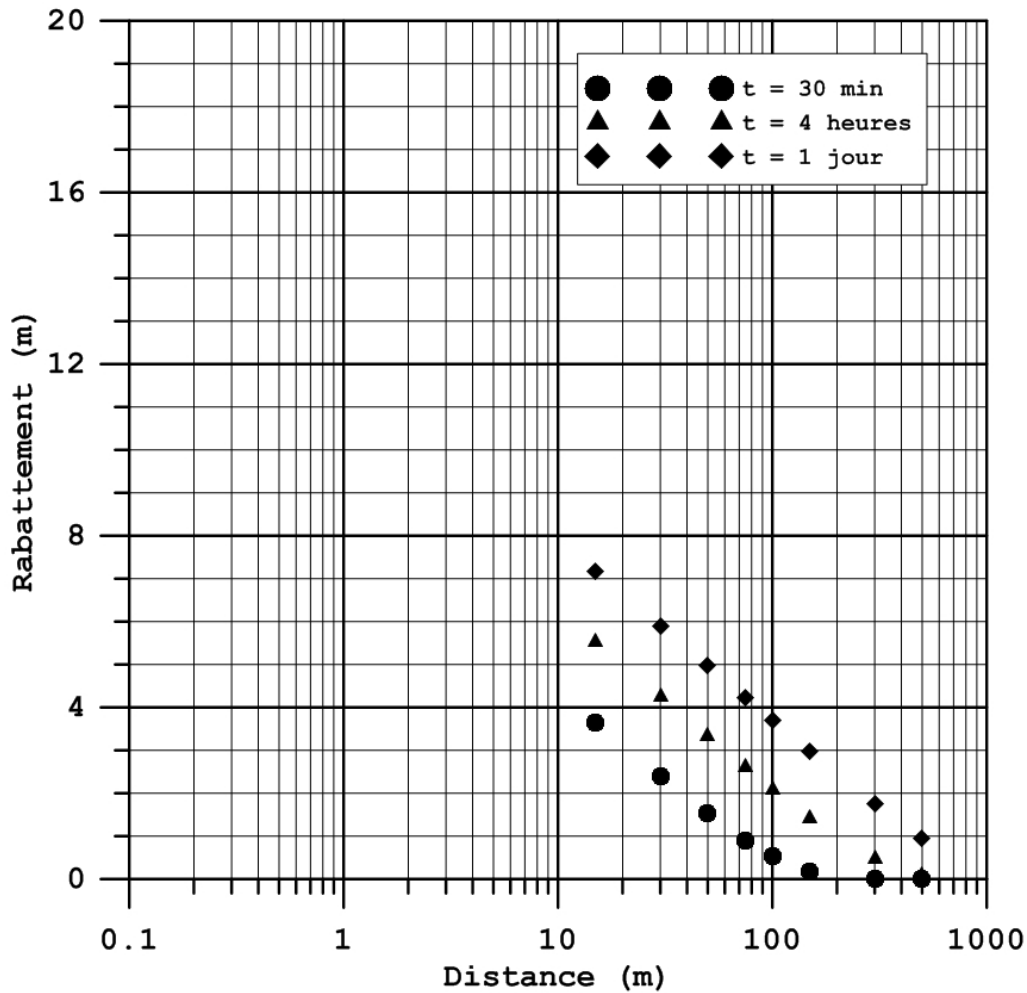


Figure 4. Observation du rabattement en fonction de la distance après 30 minutes, 4 heures et 1 jour.

- 5) (15 points) La Figure 5 montre la localisation d'un puits de pompage et d'un puits d'observation par rapport à une rivière. Les deux puits sont situés dans une nappe captive dont la transmissivité est $70 \text{ m}^2/\text{jour}$ et le coefficient d'emmagasinement est 2.5×10^{-4} . La rivière constitue une limite à charge constante pour l'aquifère. Déterminez le taux de pompage maximum possible, en m^3/jour , pour que le rabattement au puits d'observation ne dépasse pas 1 m après 7 jours de pompage.

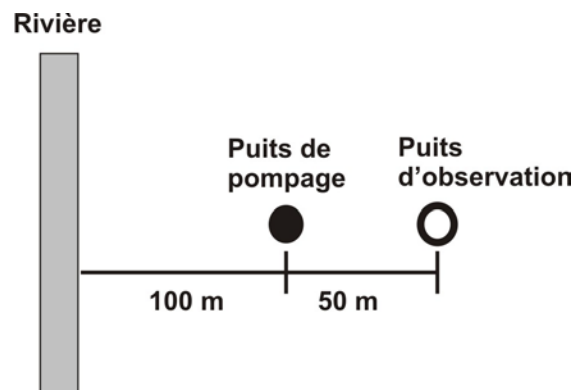


Figure 5. Vue en plan d'un puits de pompage et d'un puits d'observation près d'une rivière.

- 6) (20 points) La Figure 6 montre une coupe verticale d'un terrain composé en surface de 10 m d'un dépôt d'argile très peu perméable reposant sur un aquifère de sable de 16 m d'épaisseur dont la conductivité hydraulique est 10 m/jour. L'argile forme une couche confinante et l'aquifère de sable est donc une nappe captive sur ce terrain. On planifie la construction d'un garage souterrain qui va exiger l'excavation du dépôt d'argile silteuse sur une longueur de 100 m et jusqu'à une profondeur de 7 m, comme montré à la Figure 6. Les ingénieurs ont cependant indiqué qu'il y a des risques d'instabilité du fond de l'excavation à cause des pressions d'eau trop élevées dans l'aquifère sous-jacent. En effet, avant l'excavation, on observe que le niveau piézométrique dans l'aquifère se situe à 2 m sous la surface du sol. Pour assurer la stabilité du fond de l'excavation, on doit pomper pour abaisser d'au moins 3 m le niveau piézométrique dans l'aquifère partout sous l'excavation.
- Pour abaisser le niveau piézométrique dans l'aquifère, on veut utiliser le puits 1 montré sur la Figure 6. Le puits est situé sur l'une des extrémités de l'excavation, il a un rayon de 15 cm et il est crépiné sur l'épaisseur de l'aquifère. Quel débit faudra-t-il pomper dans ce puits pour abaisser le niveau piézométrique de 3 m partout sous l'excavation? (Supposez que le rayon d'influence du puits est 300 m et que l'écoulement est radial). Exprimez le débit en m^3/min .
 - Pour le débit calculé ci-dessus, calculez le rabattement dans le puits de pompage. Est-ce que la nappe demeure toujours captive pour ces conditions de pompage?
 - Si on ajoute un puits identique, le puits 2 ayant le même rayon et débit que le puits 1, situé symétriquement de l'autre côté de l'excavation, calculez le débit minimum requis dans les deux puits pour abaisser le niveau piézométrique d'au moins 3 m sous l'excavation ?
 - Quel sera le niveau d'eau dans chacun des deux puits lorsqu'ils sont pompés en même temps?

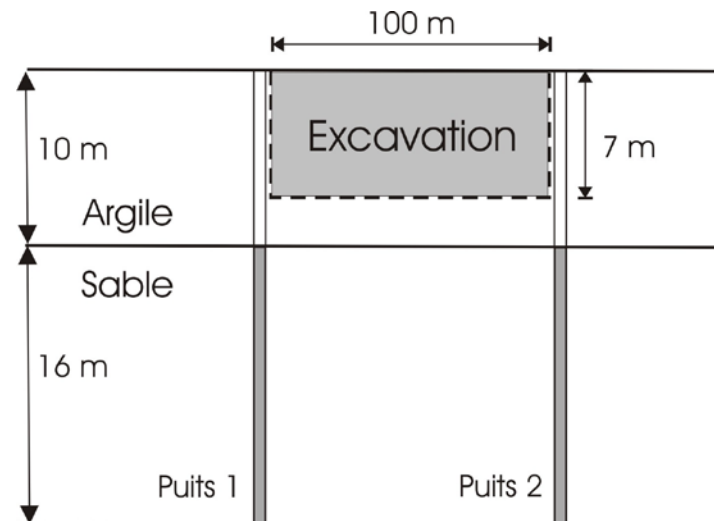


Figure 6. Coupe verticale d'un aquifère de sable recouvert d'un dépôt d'argile.