

TP02: perméabilité et loi de Darcy

* **Exo1:** Trouvez le coefficient de perméabilité d'un échantillon de sable à grain moyens. on donne: longueur de 15cm; section de 25cm²; la différence de charge est de 5cm; un total de 100cm³ d'eau est collectée en 12 minutes.

Réponse:

$$Q = K * A * i$$

loi de Darcy $\rightarrow K = \frac{Q}{A \cdot i}$

Q: volume d'eau par unité de temps (Débit d'écoulement)

A: Surface transversale.

i: gradient hydraulique

K: Coefficient de perméabilité

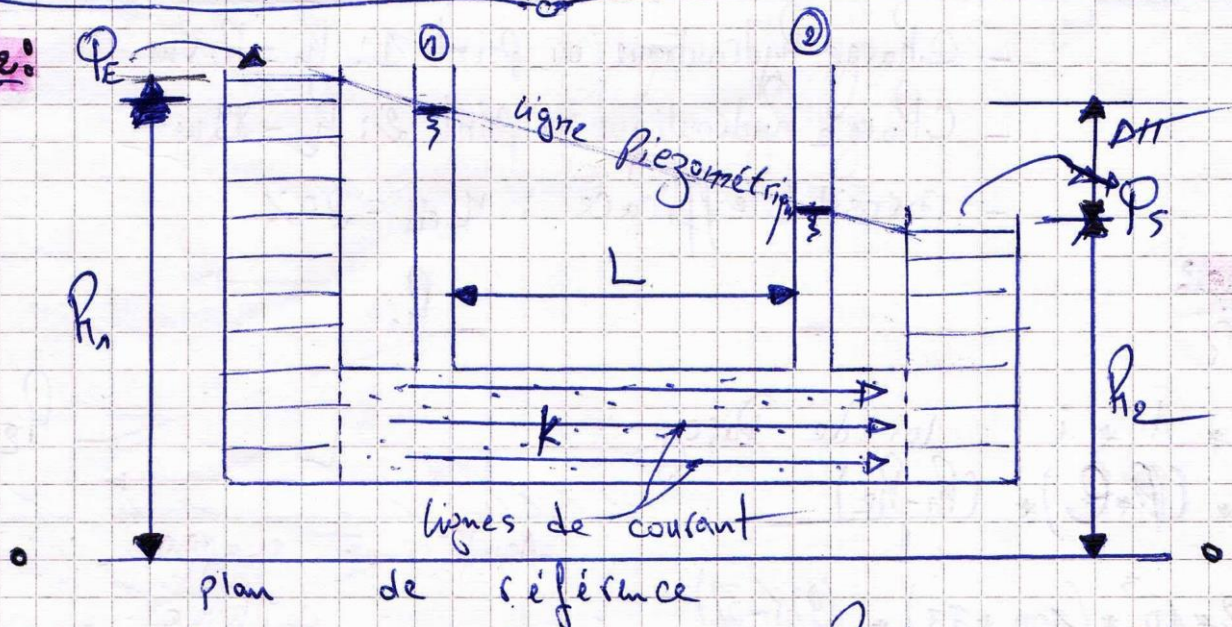
$$i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{5}{15} = 0,333 \text{ sans dimension}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{100}{12} = 8,33 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$\text{Donc: } K = \frac{8,33}{25 * 0,33} = 1 \text{ cm/min}$$

1

* **Exo2:**



calculer le débit d'écoulement sachant que: $Q = ?$

$$K = 10^{-2} \text{ cm/s} ; L = 1,5 \text{ m} ; d = 0,1 \text{ m} ; H_1 = 20 \text{ cm} ; H_2 = 17,5 \text{ cm}$$

* **Réponse:**

$$Q = K * A * i$$

loi de Darcy

i: Gradient hydraulique ; $i = \frac{\Delta H}{L}$

ΔH : est la différence de charge (p.d.c) ; $\Delta H = H_1 - H_2$

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} = \frac{(20 - 17,5) * 10^{-2}}{1,5} = 0,017$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,1^2}{4} = 0,008 \text{ m}^2$$

$$K = 10^{-2} \text{ cm/s} = \frac{10^{-2}}{10^2} = 10^{-4} \text{ m/s}$$

A.N.: $\Phi = K * A * i$

$$\Phi = 10^{-4} * 0,008 * 0,017 = 1,31 * 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

* Ex. 03:

* Débit d'eau souterrain d'une nappe captive *

- Calculer le débit d'eau souterrain circulant dans une nappe captive pour une largeur de nappe 100m.

- Calculer également la vitesse d'écoulement "réelle".

- Que peut-on conclure?

On donne :

- Coefficient de perméabilité: $K = 1,2 * 10^{-3} \text{ m/s}$

- Epaisseur de la nappe: $e = 33 \text{ m}$

- Distance séparant les pts 1 et 2: $L = 1,2 \text{ km}$

- Charge hydraulique au point 1: $h_1 = 97,5 \text{ m}$

- Charge hydraulique au point 2: $h_2 = 89 \text{ m}$

- Porosité efficace: $\pi_{\text{eff}} = 20\%$

Réponse:

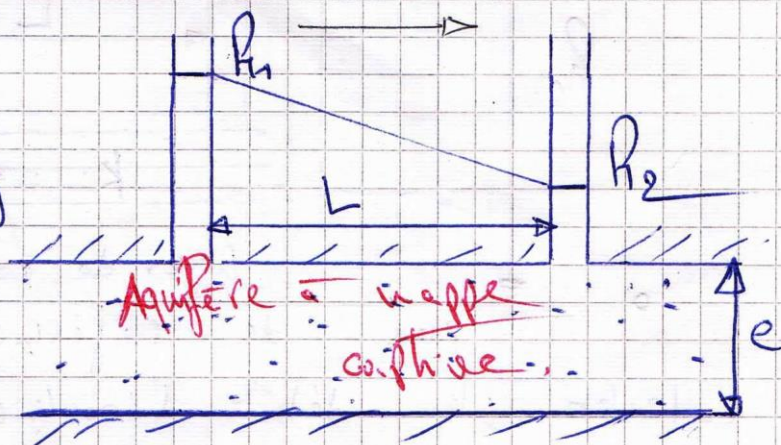
1° $\Phi = ?$

$$\Phi = K * A * i \quad \text{loi de Darcy}$$

$$\Phi = K * (\pi_{\text{eff}} * e) * \frac{(h_1 - h_2)}{L}$$

$$\Phi = 1,2 * 10^{-3} * (200 * 33) * \frac{(97,5 - 89)}{1,2 * 10^3}$$

$$\Phi = 0,028 \text{ m}^3/\text{s}$$



2° $V = ?$

$$\Phi = V * A \rightarrow V = \frac{\Phi}{A}$$

$$V = \frac{0,028}{100 * 33} = 8,5 * 10^{-6} \text{ m/s} = 3,06 * 10^{-5} \text{ km/h}$$

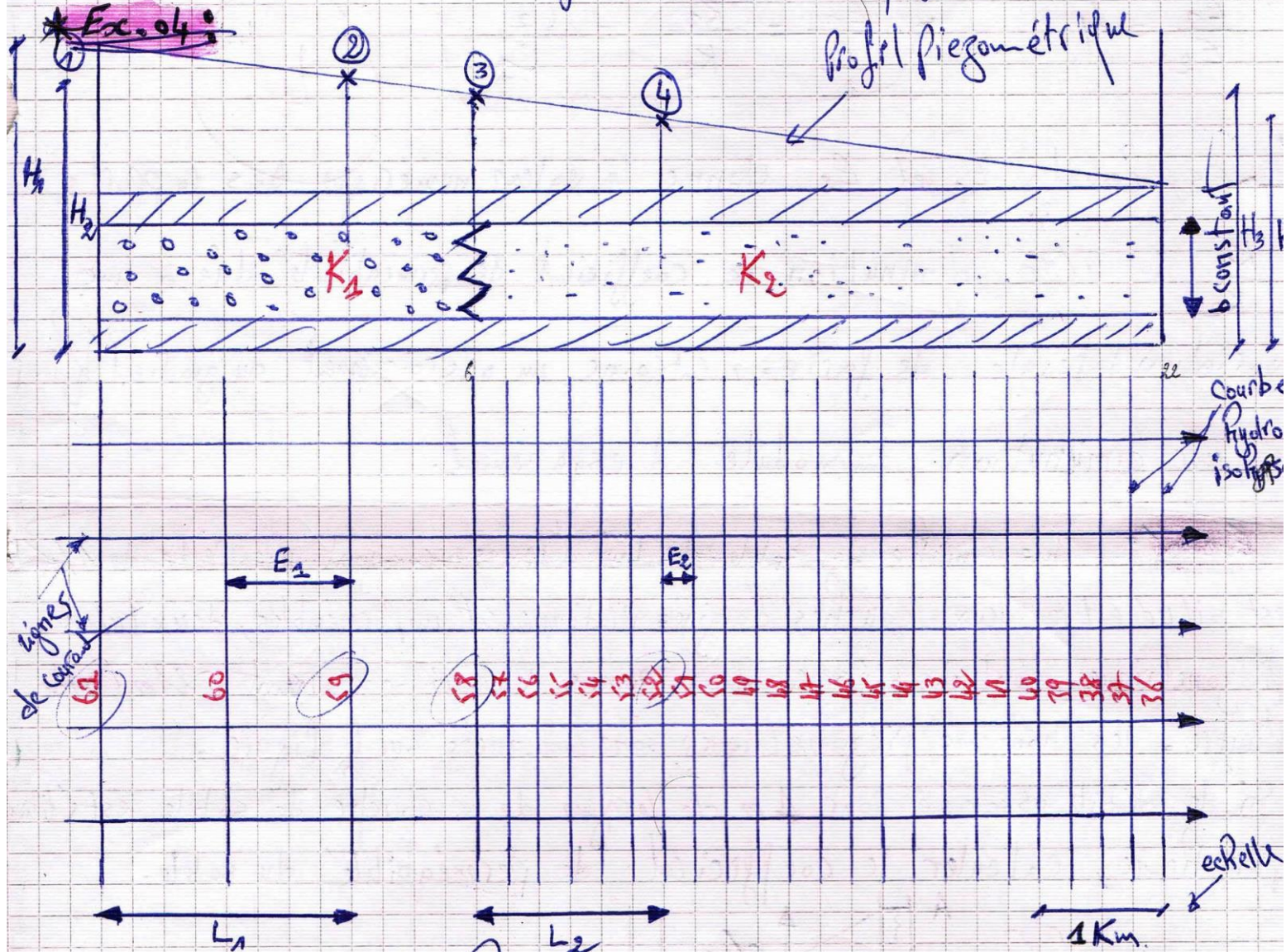
3/ vitesse réelle :

$$V_r = \frac{V_{Darcy}}{n_{eff}} = \frac{8,5 \cdot 10^{-6}}{0,2} = 4,25 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$n = \frac{V_{vide}}{V_{total}}$$

En conclure que cette vitesse est "05" fois élevée que celle de Darcy. (vitesse de filtration).

* Ecoulement uniforme dans un aquifère à nappe captive *



1/ Calculer le gradient hydraulique ?

2/ Calculer le contraste de perméabilité ($\frac{K_1}{K_2}$) ? Que peut-on conclure ?

Réponse :

$$i = \frac{\Delta h}{L} ; i_1 = \frac{H_1 - H_2}{L_1} = \frac{61 - 59}{2 \times 10^3} = 0,001$$

$$i_2 = \frac{H_3 - H_4}{L_2} = \frac{58 - 52}{1,5 \times 10^3} = 0,004$$

échelle

$$\frac{Q_1}{Q_2} = 1$$

$$Q = K \cdot A \cdot i ; Q_1 = K_1 \cdot A_1 \cdot i_1 ; Q_2 = K_2 \cdot A_2 \cdot i_2$$

* Ecoulement uniforme $\rightarrow Q_1 = Q_2$

* Épaisseur constante ($b = \text{cte}$) $\rightarrow A_1 = A_2$

$$K_1 \cdot i_1 = K_2 \cdot i_2 \rightarrow \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{0,004}{0,001} = \boxed{4}$$

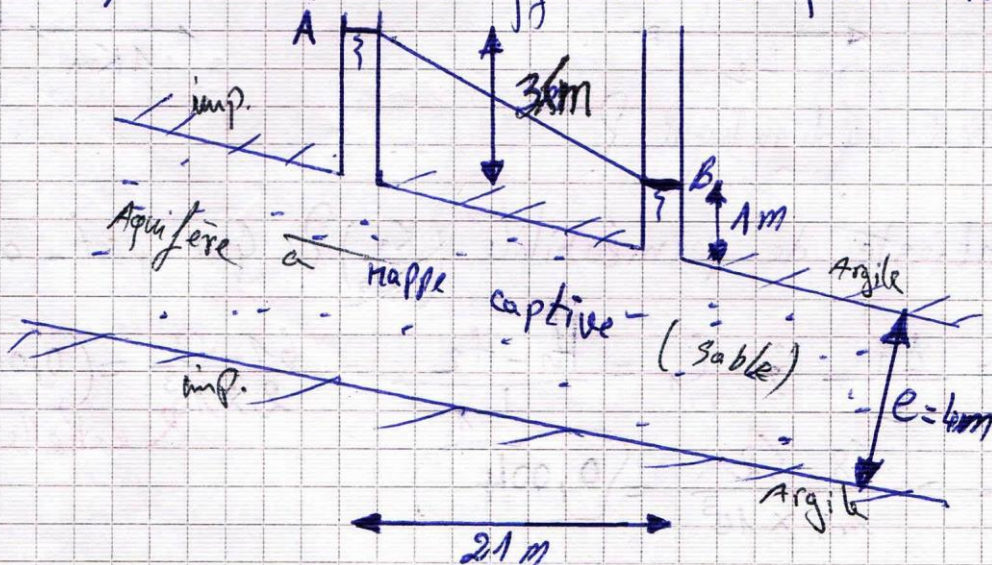
$$\frac{E_1}{E_2} = 4 \rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

4

→ Espacements E_1 et E_2 donne la valeur numérique des rapports

$\frac{K_1}{K_2}$; Une diminution de coefficient de perméabilité due à une variation latérale de faciès ; entraîne un accroissement du gradient hydr. et une diminution du module d'espacement.

Ex. 01 : Une couche de sable de 6m d'épaisseur ayant une pente de 1/45 est située entre deux couches d'argiles pratiquement imperméables, deux tubes piézométriques sont installés en deux points A et B se trouvant à 21m l'un de l'autre. Les hauteurs piézométriques sont indiquées sur la figure. Si le débit observé pour 1m de largeur de la couche de sable est 5 litres par heure ; calculer le coefficient de perméabilité du sable.



* Réponse:

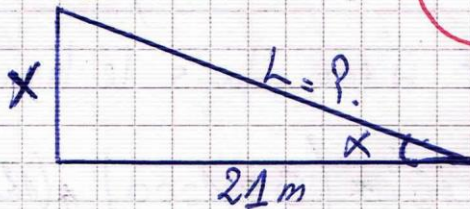
$\phi = K * A * i$ loi de Darcy

$K = \frac{\phi}{A * i}$; $\phi = \frac{V}{t} = \frac{5 * 10^3}{3600} = 1,39 * 10^{-6} \text{ m/s}$

$A = e * l = 4 * 1 = 4 \text{ m}^2$

$i = \frac{\Delta h}{L} \leftarrow \text{p.d.c}$

$\tan \alpha = \frac{1}{15} = \frac{x}{21}$



$x = \frac{21 * 1}{15} = 1,4 \text{ m}$

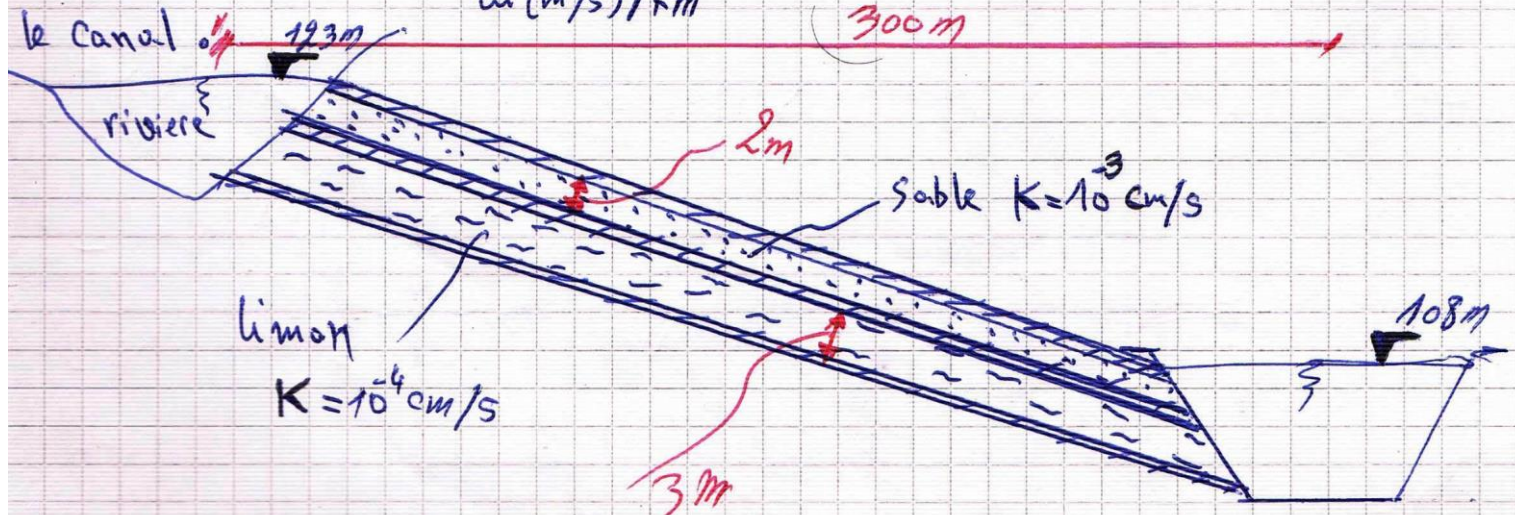
$L^2 = (21)^2 + (1,4)^2 \leadsto L = \sqrt{(21)^2 + (1,4)^2} = 21,05 \text{ m}$

$i = \frac{3,5}{21,05} = 0,166$

Donc: $K = \frac{1,39 * 10^{-6}}{4 * 0,166} = 2,09 * 10^{-6} \text{ m/s} = 2,09 * 10^{-3} \text{ mm/s}$

* Ex. 06:

Une rivière et un canal s'étendent parallèlement à 300m l'un de l'autre. Les altitudes de l'eau dans la rivière et dans le canal sont à 123m et 108m respectivement. Des couches de sables et de limon intersectent la rivière et le canal au dessous de leurs niveaux d'eau. Le sable et le limon sont intercalés entre de l'argile imperméable; l'inclinaison de ces couches est de l'ordre de 1/100. Calculer le débit total de l'écoulement et de l'eau de la rivière vers le canal en $(\text{m}^3/\text{s})/\text{Km}$



* Réponse:

$$\Phi = K * A * i$$

$$\Phi = K * A * \frac{\Delta h}{L}$$

* le débit d'eau dans le sable :

$$\Phi_s = 10^{-5} * (2 * 1000) * \frac{(123 - 108)}{300} = 0,001 \frac{m^3}{s} / km$$

* le débit d'eau dans le limon :

$$\Phi_L = 10^{-6} * (3 * 1000) * \frac{(123 - 108)}{300} = 0,00015 \frac{m^3}{s} / km$$

$$\tan \alpha = \frac{x}{300} = 0,05$$

$$x = 15 m$$

$$L = \sqrt{(300)^2 + (15)^2} \approx 300 m$$

* le débit total de l'eau est :

$$\Phi_t = \Phi_s + \Phi_L = 0,001 + 0,00015 = 0,00115 (m^3/s) / km$$

* Ex.07: