Question N°01 :

« On rencontre parfois dans des mesures de perméabilité de roches, l'unité « millidarcys (mD) ». À quoi correspond-elle exactement ?

Question N°02 :

Mettre une croix dans la case convenable ;Pourquoi ?		**VRAI**	**FAUX**
Il y a 2 types de pores : les pores d'interstice -les pores de fissures.	→		
Le poids brut d'un milieu poreux est la somme des poids de tous ses constituants	→		
L'eau libre est constituée par l'eau gravitaire et l'eau de constitution.	→		
La porosité traduit le volume d'eau qui peut être accumulée dans un milieu poreux.	→		
La perméabilité traduit la capacité de la roche à restituer l'eau qu'elle accumule.	→		

Exercice N°03 :

A l'aide d'une balance digitale, on pèse une quantité de sable sec dont le volume est 200 mL, on trouve m_s=281 g. On verse ensuite de l'eau sur le sable jusqu'à ce qu'il soit saturé en eau, c'est-à-dire jusqu'à la limite où l'eau s'accumule en surface du matériau. Finalement, on pèse l'échantillon saturé sur la balance ; l'échantillon saturé pèse environ 375 g.

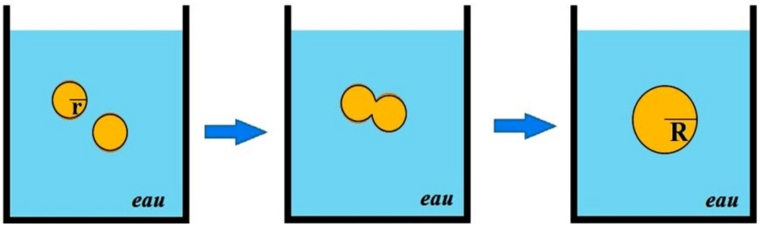
1. Calculer le volume du vide.
2. Calculer ϕ la porosité du sable.
3. En déduire *e* l'indice du vide.

Exercice N°04 :

Soit donné un matériau poreux de masse sèche m_S=53,5 g et dont la porosité ϕ=32%. Ce matériau est totalement saturé lorsqu'il est infiltré par une masse m_l=14,25 g d'un liquide dont la densité relative d=1,35.
Convention :
m_l : la masse du liquide ; m_S : la masse du solide ; m_T: la masse total du matériau saturé.
V_l : le volume du liquide ; V_S : le volume du solide ; V_T:le volume total du matériau.

1. Calculer le volume V_l du liquide.
2. Calculer le volume total V_T du matériau.
3. En déduire le volume V_S de la matrice solide de ce matériau.
4. Calculer la masse volumique apparente à sec ρ_a du matériau poreux
5. Calculer la masse volumique réelle $\rho_{ré}$ du matériau poreux.
6. Trouver la relation entre : ϕ, ρ_a , et $\rho_{ré}$.

Exercice N°05 :



A la température $T = 20$ °; Considérons deux gouttes d'huile sphériques identiques de même rayon $r = 4$ mm, immergées dans un verre d'eau. Lorsque ces deux gouttes coalescent, elles forment une seule goutte plus grosse de rayon R. Sachant que la tension superficielle (huile-eau) est : $\gamma = 18 \times 10^{-3} J.m^{-2}$.

1. Calculer l'énergie de surface pour chaque goutte d'huile ; en déduire l'énergie pour les deux gouttes.
2. Quelle est l'énergie de la goutte résultant de la coalescence ?
3. En déduire la variation d'énergie du système (gouttes) ? y-a-t-il un gain ou une perte d'énergie ?
4. Dans quel cas les gouttes sont plus stables : dispersées ou en coalescence ?

Réponse N°01 :

La perméabilité d'un milieu poreux correspond à son aptitude à se laisser traverser par un fluide (liquide ou gaz) sous l'effet d'un gradient de pression.

Les hydrogéologues et les pétroliers mesurent la perméabilité en darcys (d'après Henri Darcy, 1856).

La loi de Darcy (Henry Darcy, 1856) s'exprime par la loi de vitesse :

$$v_{Darcy} = \frac{Q}{S} = \frac{k}{\eta}\frac{\Delta P}{\Delta x}$$

Avec Q le débit, S la section de l'éprouvette qui pour une éprouvette cylindrique est πR^2 avec R le rayon de l'éprouvette, k la perméabilité, η la viscosité dynamique du fluide et $\Delta P/\Delta x$, le gradient de pression.

La perméabilité *k* est donc :

$$k = \eta \frac{Q}{S}\frac{\Delta x}{\Delta P}$$

$$[k] = Pa.s\,\frac{m^3.s^{-1}}{m^2}\frac{m}{Pa} \quad \Rightarrow \quad [k] = m^2$$

Lorsque les unités suivantes sont utilisées :

Débit volumique : Q en $cm^3.s^{-1}$,

Aire de section : S en cm^2,

Gradient de pression : ΔP/Δx en $atm.cm^{-1}$

Viscosité dynamique : η en poises (Po),

La perméabilité ***k*** s'exprime également en Darcy.

Ainsi, 1 Darcy = $0,97.10^{-12}$ m^2. Le darcy est couramment utilisé par les hydrogéologues et par les pétroliers. Le (**m^2**) est plutôt utilisé par les physiciens des matériaux.

La poise est l'unité CGS de viscosité dynamique, de symbole **P** ou **Po**. Définie comme la viscosité d'un fluide pour lequel une contrainte tangentielle d'une dyne par **cm^2** permet de maintenir une vitesse de 1 cm/s entre deux plans parallèles séparés par 1 cm de ce liquide, une poise vaut une dyne-seconde par centimètre carré ou un dixième de poiseuille (c'est-à-dire 0,1 Pa.s).

La poise est souvent utilisée avec le préfixe **centi**, pour donner la centipoise, de symbole cP : 1 cP = 1 mPa.s. La viscosité de l'eau à 20 °C est ainsi de 1 centipoise.

Solution N°03 :

1. Calcul du volume du vide

La masse de l'eau est $m_{eau} = m_{totale} - m_{sable}$

$m_{eau} = 375g - 281g = 94g$

La masse volumique de l'eau est de $\rho_{eau} = 1g.mL^{-1}$

Or par définition de la masse volumique, on a $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$

Pour l'eau, $V_{eau} = \frac{m_{eau}}{\rho_{eau}} \Rightarrow V_{eau} = \frac{94g}{1g.mL^{-1}} = 94mL$

Puisque l'eau occupe tout el volume du vide, alors $V_{pores} = V_{eau} = 94mL$

2. Calcul de ϕ la porosité du sable.

La porosité est donnée par $\phi = \frac{V_{pores(vide)}}{V_{totale}}$, alors $\phi = \frac{94mL}{20mL} = 0.47 = 47\%$

3. Déduction de *e* l'indice du vide.

L'indice du vide est donnée par $e = \frac{V_{pores(vide)}}{V_{solide(sable)}} = \frac{V_{pores(vide)}}{V_{totale} - V_{pores(vide)}}$, alors $e = \frac{94mL}{200mL - 94mL} = \frac{94mL}{106mL} \approx 0.89$

Ou bien, on sait que $e = \frac{\phi}{1-\phi} \Rightarrow e = \frac{0.47}{1-0.47} \approx 0.89$

Solution N°04 :

Solution N°05 :

1. L'énergie de surface pour chaque goutte d'huile

$$E_g = \gamma S_g \quad \text{(II.1.)}$$

La surface d'un goutte sphérique est donnée par :

$$S = 4\pi r^2 \quad \text{(II.2.)}$$

Alors, l'énergie de surface d'une goutte d'huile est égale à :

$$E_g = \gamma 4\pi r^2 \quad \text{(II.3.)}$$

$$E_g = 18\times10^{-3} \times 4 \times 3.14 \times \left(4\times10^{-3}\right)^2 = 3.617\times10^{-6} J$$

L'énergie de surface pour les deux gouttes :

$$E_{2g} = 2\times E_g = 2\times3.617\times10^{-6} J = 7.235\times10^{-6} J$$

2. L'énergie de surface pour la goutte résultant de la coalescence :

$$E_{g.co} = \gamma S_{g.co} \quad \text{(II.4.)}$$

La surface d'un goutte résultant de la coalescence est donnée par :

$$S_{g.co} = 4\pi R^2 \quad \text{(II.5.)}$$

Calculons le rayon de la grosse sphère

Puisque le volume total n'a pas changé (coalescence isochore), nous avons : $V_{g.co} = 2V_g$

$$\begin{cases} V_{g.co} = \frac{4}{3}\pi R^3 \\ V_g = \frac{4}{3}\pi r^3 \end{cases} \Rightarrow V_{g.co} = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{8}{3}\pi r^3$$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{8}{3}\pi r^3 \Rightarrow R^3 = 2r^3 \Rightarrow R = r\sqrt[3]{2}$$

$$R = r\sqrt[3]{2} \Rightarrow R = (0.004)\sqrt[3]{2} = 2.667\times10^{-3}m$$

$$S_{g.co} = 4\pi R^2 \Rightarrow S_{g.co} = 4\pi\left(r\sqrt[3]{2}\right)^2 \Rightarrow S_{g.co} = 4\pi r^2\left(\sqrt[3]{2}\right)^2$$

$$S_{g.co} = S_g\left(\sqrt[3]{2}\right)^2$$

$$E_{g.co} = \gamma S_g\left(\sqrt[3]{2}\right)^2 \Rightarrow E_{g.co} = E_g\left(\sqrt[3]{2}\right)^2 \qquad \text{(II.6.)}$$

$$E_{g.co} = 1.608\times10^{-6}\ J$$

3. La variation d'énergie du système (gouttes) :
4. $\Delta E = E_{g.co} - E_g \quad \Rightarrow \quad \Delta E = -5.627\times10^{-6}\ J < 0$ Il y a décroissance de l'énergie.

5. Stabilité : Nous remarquons que le rapport des deux énergies est $\frac{E_{2g}}{E_{g.co}} = 4.5$.

L'énergie des gouttes séparées est 4.5 fois plus grande que celle de la goutte coalescente.

Lorsque les gouttes se rassemblent en un seule goutte plus grosse, seront plus stables.