Université de Djilali Bounaama
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie des procédés
Année universitaire : 2025- 2026
Opérations unitaires fluide-solide
M1 GPH/M1 GA

Série d'exercices : Filtration

Exercice 01 :

De l'eau traverse successivement deux cartons de surface S = 0,1 m^2 et d'épaisseur respective h_1 = 2 mm et h_2 = 4 mm et de perméabilité K_1 = 1 Darcy et K_2 = 5 Darcy.

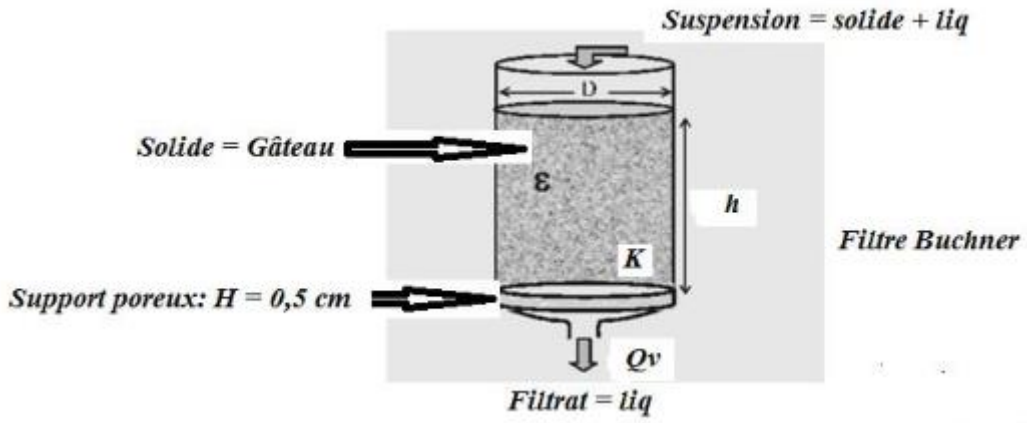
- Quelle est la résistance globale à travers les cartons ?
- Quelle est la perte de charge correspondant à un débit de 0,3 L/s ?
- Les deux filtres précédents sont montés en parallèle et sont alimentés par un débit de 60 litres/min. Quelle est la résistance globale du système ? Quels sont les débits de chacun des filtres?

Exercice 02 :

- Calculer la vitesse ainsi que le nombre Reynolds de pores correspondant à un débit de 2,5 $m^3.h^{-1}.m^{-2}$ à travers un gâteau formé de grains de diamètre équivalent 25 µm.
  Masse volumique et viscosité du liquide : $\rho_L = 10^3$ kg/m^3, $\mu = 10^{-3}$ Pa.s
  Porosité du gâteau : $\varepsilon = 0,5$
- Calculer la résistance de l'unité de surface de support équivalente à 0,25 mm de gâteau ?
- Dans l'exemple précédent, le gâteau formé sur le support a une épaisseur h = 4 cm. Calculer :
  - La résistance du gâteau par unité de surface ?
  - La masse de gâteau anhydre par m^2 de support (Masse volumique du solide : $\rho_s = 2.5 \times 10^3$ kg/m^3) ?
  - La résistance spécifique du gâteau ?

Exercice 03 :

Un élément filtrant est constitué d'un cylindre en céramique poreuse de diamètre D = 10 cm et de hauteur H = 0.5 cm. La perméabilité de ce matériau est $K = 2 \times 10^{-2}$ Darcy. Ce matériau constitue le fond d'un filtre de type « Buchner », ainsi que le représente la figure ci-dessous.



- A la fin d'une filtration au cours de laquelle un gâteau d'épaisseur h = 15 cm s'est constitué, on veut calculer la résistance de l'ensemble (Filtre + Gâteau). Le liquide de la suspension est caractérisé par une masse volumique ρ_L = 1100 kg/m^3 et une viscosité égale à celle de l'eau. Après étuvage du gâteau, la masse de solide obtenue est m = 1.445 kg. Déduire de ces résultats la valeur de la porosité du gâteau si la masse volumique du solide sec est de 1980 kg/m^3.

- Le gâteau est composé de particules supposées sphériques, de surface spécifique $Ssp = 0.8 \times 10^5$ m^{-1}. Quel est le diamètre des particules ? En déduire la perméabilité du gâteau ainsi que sa résistance à l'écoulement, selon le modèle de Kozeny-Carman (on prendra h_K = 4.5).

- Calculer la résistance globale (au sens de Darcy) de l'ensemble (Filtre + Gâteau). Quel est le principal élément limitant l'écoulement (le filtre ou le gâteau) ?

- Pour laver le gâteau, on fait s'écouler un volume V = 20 L d'eau pure à 20 °C. Combien de temps cela prendra-t-il si on maintient une différence de pression entre l'amont et l'aval égale à 5 bars pour effectuer ce lavage ?

- Vérifier que le modèle de Kozeny-Carman s'applique effectivement au calcul du temps de lavage. La tortuosité sera prise égale à 1.5. La vitesse de filtration est $v_f = 1.762 \times 10^{-3}$ m/s.

Exercice 04 :

Une suspension de teneur $s = 10^{-2}$ kg de solide/kg de suspension est filtrée sous une pression constante $\Delta P = 2$ bars. Le gâteau obtenu a un rapport d'humidité $m = 1.40$ et une résistance spécifique $\alpha = 4.15 \times 10^{8}$ m.kg^{-1}. La résistance du support filtrant est $Rs = 1.3 \times 10^{8}$ m^{-1}.

Calculer le débit instantané par m^2 de filtre correspondant à l'obtention de V m^3 de filtrat / m^2 de surface filtrante.

Application numérique : V = 0, 1, 2, 3, 4 m^3

La viscosité et la masse volumique du filtrat sont respectivement :

$\mu = 10^{-3}$ Pa.s, $\rho_L = 10^{3}$ kg/m^3

Exercice 05 :

Après son obtention par précipitation au cours de l'opération de cristallisation, on souhaite filtrer une suspension d'eau et d'acide acétylsalicylique (AAS) à température ambiante.

Avant de dimensionner le filtre, on étudie les caractéristiques du gâteau sur un filtre de laboratoire constitué d'un cylindre en acier inoxydable de 7 cm de diamètre et de 25 cm de hauteur. L'appareil permet d'utiliser différents supports de filtration circulaires.

- On place à l'étuve un gâteau de (AAS) saturé en jus-mère pesant 59.3 g. Après séchage, la masse résiduelle est de 36.7 g. La masse volumique de (AAS) est de 1400 kg/m^3, et on assimile les propriétés du jus-mère à celles de l'eau. Calculer la porosité du gâteau.

- On place 351 g de gâteau saturé dans le cylindre de filtration. La hauteur de gâteau mesuré est alors h = 7.3 cm. Cette observation est est-elle-en accord avec le calcul précédent de la porosité ?

- Calculer la taille des particules supposées sphériques en utilisant le modèle de Kozeny-Carman ? Déterminer la vitesse en fut vide lorsque le débit est de 50 L/h ? (on prendra $K = 7.51 \times 10^{-12}$ m^2).

Exercice 06 :

Un filtre de surface de 0.5 m^2 a une perte de pression constante de 500 kPa, suivant les résultats de test qui sont obtenus pour des particules dans l'eau qui augmente au cours du temps pour former un gâteau incompressible dont les valeurs du volume de filtration collectés en m3 sont:

Volume du filtrat (m3)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Temps (s)	140	360	660	1040	1500

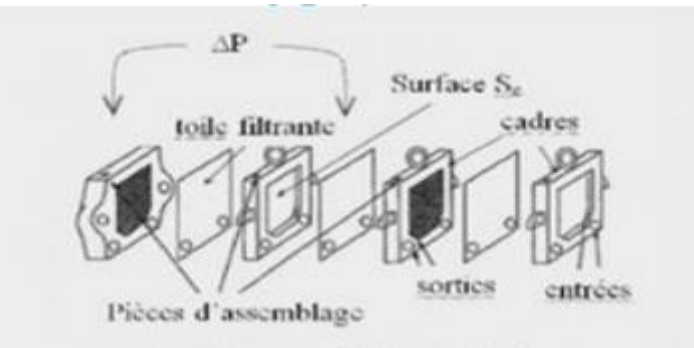
- Calculer le temps nécessaire pour colleter 0.8 m^3 du filtrat à perte de pression constante correspondante à 700 kPa.

Exercice 07 :

On souhaite filtrer une suspension aqueuse de viscosité 1.19×10^{-3} Pa.s et de masse volumique $\rho_L = 1100$ kg/m^3, contenant 4.5 % de particules solides de masse volumique $\rho_S = 2200$ kg/m^3. Pour cela, on utilise un filtre presse composé de 20 cadres de surface Sc = 0,9 m^2 et produisant un gâteau dont l'épaisseur maximale est de 5 cm (voir Figure ci-dessous).

La résistance spécifique du gâteau a été évaluée à $\alpha = 1.59 \times 10^{11}$ m/kg et l'on estime que cette valeur est suffisamment importante pour que la résistance du support filtrant soit négligeable.

La porosité du gâteau est $\varepsilon = 0.45$. La surpression appliquée sera de 2.5 bars.



- Calculer la quantité maximale de solide traité à chaque opération ?

- Déterminer le volume de filtrat et la durée maximale correspondante. On supposera que la production maximale correspond au remplissage des cadres ?