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

Année universitaire : 2025- 2026

Série d'exercices : Sédimentation

Rappels théoriques :

Hypothèse générale: particules sphériques, fluide newtonien, température constante, décanteur idéal lorsque cela est précisé.

- Vitesse de sédimentation libre en régime de Stokes: $v_s = d_p^2 (\rho_p - \rho_f) g / (18 \mu)$
- Nombre de Reynolds particulaire: $Re_p = \rho_f v_s d_p / \mu$
- Critère de validité approché de Stokes: $Re_p < 1$
- Charge superficielle d'un décanteur: $v_o = Q / A$
- Critère de capture dans un décanteur idéal: particule retenue si $v_s \geq v_o$
- Sédimentation entravée: relation de Richardson-Zaki : $v_h = v_0 (1 - \varphi)^n$
- Bilan matière sur les solides dans un épaississeur: QF CF = QU CU + QO CO

Unités conseillées: Q en m³/h, A en m², v en m/h pour le dimensionnement industriel; utiliser le SI pour appliquer la loi de Stokes.

Exercice 01 :

On considère des particules sphériques de quartz de diamètre $d_p = 80$ µm. Elles chutent dans l'eau à 20 °C.

Donnée	Valeur
ρ_p	2650 kg/m³
ρ_f	1000 kg/m³
μ	$1{,}0\times10^{-3}$ Pa·s
g	9,81 m/s²
Hauteur de chute H	1,5 m

1. Calculer la vitesse terminale de sédimentation ?
2. Vérifier le régime d'écoulement par le nombre de Reynolds ?
3. Calculer le temps nécessaire pour parcourir une hauteur de 1,5 m ?

Exercice 02 :

Une suspension aqueuse est traitée dans un décanteur rectangulaire de longueur 12 m et de largeur 4 m. Le débit d'alimentation est $Q = 30$ m³/h.

Donnée	Valeur
ρ_p	2500 kg/m³
ρ_f	1000 kg/m³
μ	$1{,}0\times10^{-3}$ Pa·s

1. Déterminer le diamètre minimal des particules totalement retenues ?

Exercice 03 :

Un épaississeur reçoit une suspension avec QF = 10 m³/h et CF = 25 kg/m³. La sousverse doit avoir une concentration CU = 120 kg/m³. On suppose que la surverse est claire.

1. Calculer le débit massique de solides entrant ?
2. Calculer le débit volumique de sousverse ?
3. Calculer le débit volumique de surverse ?
4. Si la vitesse de sédimentation mesurée au laboratoire est vs = 0,7 m/h, déterminer la surface minimale de l'épaississeur ?
5. Calculer le diamètre correspondant pour un épaississeur circulaire avec un coefficient de sécurité de 30 % ?

Exercice 04 :

Des particules de diamètre dp = 60 µm sédimentent dans l'eau. Leur masse volumique est ρp = 2600 kg/m³. La fraction volumique solide de la suspension est φ = 0,20.

$v_h = v_0(1 - \varphi)^n$ avec n = 4,65

1. Calculer la vitesse libre v0 ?
2. Calculer la vitesse entravée vh ?
3. Comparer les deux vitesses ?
4. Calculer le temps nécessaire pour parcourir 1,2 m ?

Exercice 05 :

Une suspension contient quatre classes granulométriques. Le décanteur reçoit Q = 20 m³/h et possède une surface A = 20 m².

Diamètre	**Fraction massique**
10 µm	20 %
20 µm	30 %
40 µm	30 %
80 µm	20 %
Donnée	**Valeur**
ρp	2500 kg/m³
ρf	1000 kg/m³
µ	$1{,}0\times10^{-3}$ Pa·s

1. Calculer la charge superficielle ?
2. Calculer la vitesse de chute de chaque classe ?
3. Déterminer le rendement global de séparation ?
4. Quelle surface faut-il pour atteindre 95 % de séparation ?

Exercice 06 :

On réalise un essai de sédimentation dans une éprouvette de hauteur initiale H_0 = 100 cm. La concentration initiale en solides est C_0 = 30 kg/m³.

Temps (min)	**0**	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**15**	**20**	**30**	**45**
Hauteur (cm)	100	86	72	58	45	35	27	23	20	18

1. Déterminer la vitesse initiale de sédimentation ?

2. Estimer le temps nécessaire pour atteindre une hauteur de 25 cm ?
3. Calculer la concentration finale de la boue à 45 min ?

Exercice 07 :

Des particules de sable de diamètre dp = 200 µm et de masse volumique ρp = 2650 kg/m³ chutent dans l'eau à 20 °C.

Donnée	Valeur
ρf	1000 kg/m³
µ	$1{,}0\times10^{-3}$ Pa·s
g	9,81 m/s²

On propose d'abord d'appliquer Stokes, puis de corriger la vitesse par le coefficient de traînée :
CD = (24/Rep) (1 + 0,15 Rep^0,687)
v = √ [4 dp (ρp − ρf) g / (3 ρf CD)]

1. Calculer la vitesse de Stokes ?
2. Calculer Rep et conclure sur la validité de Stokes ?
3. Estimer la vitesse corrigée par itérations ?
4. Comparer la vitesse corrigée à la vitesse de Stokes ?

Exercice 08 :

On souhaite dimensionner un décanteur circulaire pour traiter Q = 120 m³/h d'une suspension aqueuse. On veut retenir totalement des particules de diamètre minimal dp = 25 µm.

Donnée	Valeur
ρp	2600 kg/m³
ρf	1000 kg/m³
µ	$1{,}0\times10^{-3}$ Pa·s
Hauteur utile H	3 m
Coefficient de sécurité	25 %

1. Calculer la vitesse de sédimentation des particules de 25 µm ?
2. Déterminer la surface théorique du décanteur ?
3. Appliquer le coefficient de sécurité et calculer le diamètre du décanteur ?
4. Calculer le volume utile et le temps de séjour hydraulique ?