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

Corrigé Interrogation

1. Calcul de la vitesse de sédimentation

Pour des particules sphériques en régime laminaire, on utilise la loi de Stokes :

$$v_s = d_p^2(\rho_p - \rho_l)g / 18\mu$$

Conversion du diamètre :

$$d_p = 40\ \mu m = 40 \times 10^{-6}\ m$$

Différence de masse volumique :

$$\rho_p - \rho_l = 2600 - 1000 = 1600\ kg/m^3$$

Application numérique :

$$v_s = [(40 \times 10^{-6})^2 \times 1600 \times 9{,}81] / [18 \times 10^{-3}]$$

$$v_s = 1{,}395 \times 10^{-3}\ m/s$$

Conversion en m/h :

$$v_s = 1{,}395 \times 10^{-3} \times 3600 = 5{,}02\ m/h$$

Résultat

- $v_s = 1{,}395 \times 10^{-3}$ m/s
- $v_s = 5{,}02$ m/h

2. Vérification de la loi de Stokes

La loi de Stokes est applicable lorsque le nombre de Reynolds particulaire est faible, généralement $Re_p < 1$.

$$Re_p = \rho_l\, v_s\, d_p / \mu$$

$$Re_p = [1000 \times 1{,}395 \times 10^{-3} \times 40 \times 10^{-6}] / 10^{-3}$$

$$Re_p = 0{,}0558 \approx 0{,}056$$

Comme $Re_p < 1$, le régime est laminaire et l'utilisation de la loi de Stokes est justifiée.

Résultat

- $Re_p = 0{,}056$
- La loi de Stokes est valable.

3. Surface minimale du décanteur

Dans un décanteur idéal, une particule est retenue si sa vitesse de chute est supérieure ou égale à la charge superficielle.

$$v_0 = Q / A$$

À la limite de séparation :

$$v_s = Q / A$$

Donc :

$$A = Q / v_s$$

$$A = 18 / 5{,}02 = 3{,}59 \text{ m}^2$$

Résultat

• La surface minimale du décanteur est $A_{min} = 3{,}59$ m².

4. Surface réelle avec coefficient de sécurité

On applique un coefficient de sécurité de 25 % :

$$A_{réelle} = 1{,}25 \times A_{min}$$

$$A_{réelle} = 1{,}25 \times 3{,}59 = 4{,}49 \text{ m}^2$$

Résultat

• $A_{réelle} = 4{,}49$ m²

5. Dimensions du décanteur

Le décanteur est rectangulaire. On note B la largeur du décanteur :

$$A = L \times B$$

On donne :

$$L = 3B$$

Ainsi :

$$A = 3B^2$$

$$B = \sqrt{(A/3)}$$

$$B = \sqrt{(4{,}49/3)} = 1{,}22 \text{ m}$$

La longueur vaut :

$$L = 3B = 3 \times 1{,}22 = 3{,}66 \text{ m}$$

Résultat

• Largeur : B = 1,22 m

• Longueur : L = 3,66 m

6. Temps de séjour hydraulique

Le volume du décanteur est :

$$V = A \times H$$

$$V = 4{,}49 \times 2{,}5 = 11{,}23\ m^3$$

Le temps de séjour hydraulique est :

$$t = V / Q$$

$$t = 11{,}23 / 18 = 0{,}624\ h$$

Conversion en minutes :

$$t = 0{,}624 \times 60 = 37{,}4\ min$$

Résultat

• Le temps de séjour hydraulique est t = 37,4 min.

7. Diamètre minimal retenu pour une surface de 25 m²

Si la surface disponible est A = 25 m², la charge superficielle devient :

$$v_0 = Q / A$$

$$v_0 = 18 / 25 = 0{,}72\ m/h$$

Conversion en m/s :

$$v_0 = 0{,}72 / 3600 = 2{,}0 \times 10^{-4}\ m/s$$

Le diamètre minimal retenu correspond au cas limite $v_s = v_0$. À partir de la loi de Stokes :

$$d_p = \sqrt{[18\mu v_0 / ((\rho_p - \rho_l)g)]}$$

$$d_p = \sqrt{[(18 \times 10^{-3} \times 2{,}0 \times 10^{-4}) / (1600 \times 9{,}81)]}$$

$$d_p = 1{,}51 \times 10^{-5}\ m = 15{,}1\ \mu m$$

Résultat

• Avec une surface de 25 m², le décanteur peut retenir théoriquement les particules de diamètre supérieur ou égal à 15,1 µm.

Conclusion :

Grandeur calculée	Résultat
Vitesse de sédimentation	5,02 m/h
Nombre de Reynolds particulaire	0,056
Surface minimale	3,59 m²
Surface avec sécurité de 25 %	4,49 m²
Dimensions du décanteur	L = 3,66 m ; B = 1,22 m
Temps de séjour hydraulique	37,4 min
Diamètre minimal retenu si A = 25 m²	15,1 µm