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 angulaire

La vitesse de rotation N est donnée en tours par minute. La vitesse angulaire en rad/s est :

$$\omega = 2\pi N / 60$$

Application numérique :

$$\omega = (2 \times \pi \times 6000) / 60 = 628{,}3 \text{ rad/s}$$

Résultat : $\omega = 628{,}3$ rad/s

2. Calcul du facteur centrifuge au rayon externe

Le facteur centrifuge représente le rapport entre l'accélération centrifuge et l'accélération de la pesanteur :

$$G = \omega^2 r / g$$

Au rayon externe $r_2 = 0{,}12$ m :

$$G = (628{,}3)^2 \times 0{,}12 / 9{,}81 = 4829$$

Résultat : $G \approx 4{,}83 \times 10^3$

La particule est donc soumise à une accélération environ 4800 fois supérieure à la gravité.

3. Temps de migration radiale d'une particule

En centrifugation, la vitesse radiale d'une particule en régime de Stokes s'écrit :

$$vr = [dp^2(\rho p - \rho l)\omega^2 r] / (18\mu)$$

On peut écrire :

$$vr = K r$$

avec :

$$K = [dp^2(\rho p - \rho l)\omega^2] / (18\mu)$$

Le temps de migration de r_1 à r_2 est obtenu par intégration :

$$ts = \ln(r_2/r_1) / K$$

Calcul de K :

$$K = [(5\times10^{-6})^2 \times (2500-1000) \times (628{,}3)^2] / [18 \times 1{,}2\times10^{-3}]$$

$$K = 0{,}685 \text{ s}^{-1}$$

Donc :

$$t_s = \ln(0{,}12/0{,}04) / 0{,}685 = \ln(3) / 0{,}685 = 1{,}60 \text{ s}$$

Résultat : $t_s = 1{,}60$ s

4. Temps de séjour dans la centrifugeuse

Le volume annulaire utile de la centrifugeuse est :

$$V = \pi L (r_2^2 - r_1^2)$$

$$V = \pi \times 0{,}50 \times (0{,}12^2 - 0{,}04^2) = 0{,}0201 \text{ m}^3$$

Conversion du débit :

$$Q = 20 / 3600 = 5{,}56 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Le temps de séjour est :

$$t_R = V / Q$$

$$t_R = 0{,}0201 / (5{,}56 \times 10^{-3}) = 3{,}62 \text{ s}$$

Résultat : $t_R = 3{,}62$ s

5. Vérification de la séparation

Pour que les particules soient totalement séparées, leur temps de migration doit être inférieur au temps de séjour dans la centrifugeuse.

Condition de séparation : $t_s < t_R$

Or :

$$t_s = 1{,}60 \text{ s} \quad \text{et} \quad t_R = 3{,}62 \text{ s}$$

Comme le temps de migration est inférieur au temps de séjour, les particules ont suffisamment de temps pour atteindre la paroi du bol.

Conclusion : les particules de 5 µm sont totalement séparées.

6. Diamètre minimal des particules totalement séparées

Le diamètre minimal correspond au cas limite pour lequel le temps de migration est égal au temps de séjour :

$$t_s = t_R$$

On isole le diamètre d_p dans l'expression du temps de migration :

$$d_{min} = \sqrt{\{ [18\mu \ln(r_2/r_1)] / [(\rho p - \rho l)\omega^2 t_R] \}}$$

Application numérique :

$$d_{min} = \sqrt{\{ [18 \times 1{,}2 \times 10^{-3} \times \ln(0{,}12/0{,}04)] / [(2500-1000)(628{,}3)^2 \times 3{,}62] \}}$$

$$d_{min} = 3{,}33 \times 10^{-6} \text{ m}$$

Résultat : $d_{min} = 3{,}33$ µm

Ainsi, toutes les particules de diamètre supérieur ou égal à environ 3,3 µm seront théoriquement séparées dans ces conditions opératoires.

Synthèse des résultats

Grandeur calculée	Résultat
Vitesse angulaire	$\omega = 628{,}3$ rad/s
Facteur centrifuge	$G \approx 4{,}83 \times 10^3$
Temps de migration des particules de 5 µm	$t_s = 1{,}60$ s
Temps de séjour	$t_R = 3{,}62$ s
Vérification	$t_s < t_R$: séparation complète
Diamètre minimal séparé	$d_{min} = 3{,}33$ µm