

$$\frac{\epsilon_P}{\epsilon_L} = 0,03 \quad / \quad \epsilon_G = 0,15$$

$$(\epsilon_P + \epsilon_L) = (1 - 0,15) = 0,85$$

$$\epsilon_P \left(1 + \frac{1}{0,03}\right) = 0,85 \Rightarrow \epsilon_P = 0,0248$$

donc :

$$\frac{1}{K_S \cdot \left(\frac{6}{d_p}\right) \epsilon_P} = \frac{1}{[2,2 \cdot 10^3 \left(\frac{6}{0,1 \cdot 10^{-3}}\right) \cdot 0,0248]} = 0,305 \Delta$$

- le Module de Thiele: $\frac{1}{\phi}$ 0,5

$$\phi = \frac{d_P}{6} \left(\frac{k}{D_e}\right)^{1/2} = \left(0,1 \cdot \frac{3}{6}\right)^{1/2} \left(\frac{90}{4,9 \cdot 10^{-9}}\right) = 3,63$$

$$\text{d'où : } \eta = \frac{1}{3,63} \left[\coth(3 \cdot 3,63) - 1 / (3 \cdot 3,63) \right] = 0,251$$

$$\frac{1}{K \eta \epsilon_P} = \frac{1}{(90 \times 0,251 \cdot 0,0248)} = \boxed{1,78 \Delta}$$

$$\text{tel que : } \frac{1}{K_V} = (5,0 + 0,305 + 1,78) = \boxed{7,09 \Delta}$$

$$C_i = \frac{P}{H} = \left(\frac{10}{2240}\right) = 4,64 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^3$$

et en fin :

$$N_A = \bar{T}_A = K_V C_i = (4,64 \cdot 10^{-3} / 7,09) = \boxed{0,63 \cdot 10^{-3} \text{ kmol/m}^2 \text{ s}}$$

- Compte tenu des trois résistances, celle de transfert gaz-liquide est plus grande. K_L pourrait être amélioré car que K_a et ϵ_g sont déjà assez élevés, il y a probablement peu de place pour cela. la charge solide pourrait être augmentée et la \bar{V} globale de réaction \uparrow pour \uparrow de P .



Faculté : Technologie
Département : Génie des procédés

كلية :
قسم :

مسابقة الدخول لدكتوراه الطور الثالث، ل م د 2020/2021

Concours d'accès au doctorat 3^e cycle, LMD2020/2021

الاختصاص : Génie pharmaceutique

الخيار رقم : 02	
Réacteurs polyphasiques	
اختبار :	
المعامل :	03
التوقيت :	17:00-15:00
تاريخ :	27/03/2021
مدة :	ساعتان
المتغير :	02
النوع :	اختبار رقم : 02

Exercice 01 : (04 pts) Choisir une seule réponse et la recopier sur votre feuille d'examen

- 1) La raison pour laquelle un catalyseur augmente la vitesse d'une transformation chimique c'est :
 - A. Il réduit la barrière énergétique de la réaction
 - B. Il augmente l'énergie d'activation de la réaction
 - C. Il réduit le libre parcours moyen des molécules
 - D. Aucune de ces propositions
- 2) Laquelle des propositions suivante n'est pas un étape physique lors d'un réaction catalytique fluide – solide :
 - A. L'adsorption
 - B. La réaction de surface
 - C. La désorption
 - D. Les trois propositions
- 3) Dans la théorie du film, le coefficient de transfert de matière entre phases est proportionnel au coefficient de diffusion selon le relation :
 - A. $k \propto \mathcal{D}$
 - B. $k \propto \sqrt{\mathcal{D}}$
 - C. $k \propto \mathcal{D}^2$
 - D. $k \propto \mathcal{D}^{1.5}$
- 4) Lorsque la valeur du nombre de Damkohler, relatif à la diffusion externe des espèces réactives lors d'un processus catalytique, est petite, cela signifie que :
 - A. La vitesse de la réaction de surface est très grande devant la vitesse de diffusion des espèces
 - B. La vitesse de la réaction de surface est très petite devant la vitesse de diffusion des espèces
 - C. La vitesse de la réaction de surface et la vitesse de diffusion des espèces sont proches
 - D. On ne peut pas juger, les données sont insuffisantes

Exercice02 (12 pts):

- 1) Décrivez les différentes étapes de transfert de masse et de réaction impliquées dans un réacteur triphasé gaz-liquide-solide.
- 2) Dériver une expression pour la vitesse globale d'un processus d'hydrogénation catalytique où la réaction est de pseudo-premier ordre par rapport à l'hydrogène avec une constante de vitesse k (basée sur le volume unitaire de particules de catalyseur).

3) L'aniline doit être hydrogénée en cyclohexylamine dans un réacteur agité à particules en suspension à 403 K, température à laquelle la valeur de k est de 90 s^{-1} . Le diamètre d_p des particules de catalyseur de nickel supportées sera de 0,1 mm et la diffusivité effective D_e pour l'hydrogène lorsque les pores de la particule sont remplis d'aniline est de $1,9 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. Pour les particules sphériques, le facteur d'efficacité est donné:

$$\eta = \frac{1}{\phi} \left(\coth 3\phi - \frac{1}{3\phi} \right) \quad \text{where} \quad \phi = \frac{d_p}{6} \left(\frac{k}{D_e} \right)^{1/2}$$

La charge de catalyseur proposée, c'est-à-dire le rapport en volume du catalyseur à l'aniline, doit être de 0,03. Dans les conditions d'agitation à utiliser, on estime que la fraction volumique de gaz dans le système triphasé sera de 0,15 et que le coefficient volumétrique de transfert de matière gaz-liquide k_{L1} vaut $0,20 \text{ s}^{-1}$. Le coefficient de transfert de masse liquide-solide est estimé à $k_{1,2} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. la constante d'Henry (H_c) à 403 K égal 2240 bar.m³/kmol.

Si le réacteur fonctionne avec une pression partielle d'hydrogène égale à 10 bar, calculer la vitesse à laquelle l'hydrogénation se déroulera par unité de volume du système triphasé.

Exercice 03 (04 pts):

Dans un réacteur continu parfaitement agité, une réaction catalytique a été mise en œuvre dans des conditions opératoires identiques. Au cours de trois expériences différentes, seule la vitesse de rotation de l'agitateur a été modifiée et la vitesse de réaction a été à chaque fois mesurée. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Expérience	Vitesse de rotation de l'agitateur	Vitesse mesurée de la réaction
1	1000	3
2	2000	4,2
3	3500	5,1

Existe-il une résistance au transfert des espèces à travers le film externe ? Expliquez.

Correction-Variante 2

Exercice 01 : (04 pts):

1) La raison pour laquelle un catalyseur augmente la vitesse d'une transformation chimique c'est :

- A. Il réduit la barrière énergétique de la réaction
- 2) Laquelle des propositions suivante n'est pas un étape physique lors d'un réaction catalytique fluide – solide :
- D. Les trois propositions
- 3) Dans la théorie du film, le coefficient de transfert de matière entre phases est proportionnel au coefficient de diffusion selon la relation :

A. $k \propto \mathcal{D}$

4) Lorsque la valeur du nombre de Damkohler, relatif à la diffusion externe des espèces réactives lors d'un processus catalytique, est petite, cela signifie que :

B. La vitesse de la réaction de surface est très petite devant la vitesse de diffusion des espèces

Exercice 03 (04 pts):

En examinant le tableau, on voit que plus la vitesse d'agitation du fluide est élevée plus la vitesse de réaction est importante, ceci indique qu'il existe une résistance au transfert à travers le film externe qui diminue avec l'augmentation de la turbulence du milieu réactionnel. Si ce n'était pas le cas, la vitesse de la réaction serait gouvernée uniquement par les phénomènes chimiques et la turbulence n'aurait pas eu d'effet sur elle.

Solution (12pts) Variante 2. (12 pts)

- Pour la réaction du 1^{er} ordre, la vitesse de la réaction $\bar{r} = k C_S \eta$

- Pour le flux de transfert dans la phase liquide

$$N_A = k_L a (C_i - C_L) \cdot a \left(\frac{m^2 \text{ de Film (catalyseur)}}{m^2 \text{ de réacteur}} \right)$$

- le flux de transfert de la phase liquide vers la surface de ~~solide~~ particule solide.

$$N_A = k_p \varepsilon_p (C_L - C_S) \cdot a_p \left(\frac{m^2 \text{ (solide)}}{m^3 \text{ (solide)}} \right)$$

- la vitesse de réaction dans la particule solide

$$N_A = \bar{r} = k C_S \eta \varepsilon_p$$

- pour des particule solide

$$a_p = \frac{\pi d_p^2}{\pi d_p^3 / 6} = \frac{6}{d_p}$$

après réarrangement.

$$\bar{r} \left(\frac{1}{k_L a} + \frac{1}{k_p (\varepsilon_p) \varepsilon_p} + \frac{1}{k_p \eta \varepsilon_p} \right) = C_i$$

$$\bar{r} = K_V \cdot C_i / \frac{1}{K_V} = \frac{1}{k_L a} + \frac{1}{k_p (\varepsilon_p) \varepsilon_p} + \frac{1}{k_p \eta \varepsilon_p}$$

$$\frac{1}{k_L a} = \frac{1}{\theta_{12}} = \boxed{S \Delta}$$

(1)