

## GCH3110 : Calculs des réacteurs chimiques

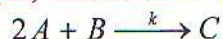
Une feuille permise

Calculatrices non programmables : modèles autorisés seulement

Durée de l'examen : 90 minutes

**QUESTION 1 (7 pts)**

La réaction suivante est iso-thermique, irréversible et effectuée en phase gazeuse :



Le taux de réaction mesuré en laboratoire se traduit par l'expression:

$$(-r_A) = kC_A^2C_B$$

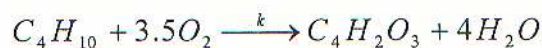
Où  $k = 0.3 \text{ l}^2/\text{gmol}^2\text{s}$

- Si les concentrations initiales de A et de B sont respectivement de 0.3 et de 4.7 gmol/l et que le système contient 60% d'inertes (matières non réactives), calculer le temps requis en minute pour atteindre une conversion de 75% dans un réacteur en cuvée (batch) de pression constante.
- Pour un flux volumétrique ( $q_0$ ) de 3.5 l/min, calculer le volume du réacteur, le temps de séjour et le GHSV (Gas Hourly Space Velocity) nécessaires pour atteindre une conversion de 75% dans un réacteur en écoulement piston (PFR).
- Dériver l'équation de design d'un PFR si les concentrations de  $C_A$  et  $C_B$  sont égales.

**QUESTION 2 (8 pts)**

Haldor-Topsoe est une importante compagnie danoise dans les domaines de la catalyse et de l'ingénierie et elle a décidé de se lancer dans le marché du catalyseur VPO. Les améliorations dans la performance des catalyseurs restent improbables, donc ils proposent un nouveau concept de réacteur. Au lieu de charger le réacteur uniformément (avec des particules de diamètre de 2.5 mm), le nouveau design consiste à remplir la première moitié du PFR (réacteur piston) de 50% de catalyseur et de 50% d'inertes et la deuxième moitié de 100% de catalyseur et d'autre part, on augmente la taille des particules inertes d'un facteur de 2.

La réaction (premier ordre en butane) est la suivante:



Le réacteur est alimenté d'air et de 1.8vol% de butane. Il fonctionne à 395°C. La pression à l'entrée est de 2.0 barg et la vitesse superficielle du gaz de 0.8 m/s (entrée).

- Enoncer quatre hypothèses pour simplifier la résolution de ce problème.
- Calculer la chute de pression le long du lit pour un réacteur actuel.
- Quand la conversion est de 90%, quelle est la constante cinétique en  $s^{-1}$  (Remarque : globale).
- Déterminer la chute de pression dans la nouvelle configuration du lit catalytique.
- Que proposerait de faire Haldor-Topsoe pour tirer parti de la réduction de la chute de pression avec le nouveau design?

Données additionnelles :

$\mu$	= 0.000033 Pa-s
$\rho_p$	= 1790 kg/m <sup>3</sup>
$\phi$	= 0.7 (sphéricité)
$\varepsilon$	= 0.45 (fraction de vide – $\phi$ en livre)
$d_p$	= 2.5 mm
$D$	= 25.4 mm
$L$	= 5 m

$$\frac{\Delta P}{L} = 150 \frac{\mu u_g (1-\varepsilon)^2}{(\phi d_p)^2 \varepsilon^3} + 1.75 \frac{\rho_g u_g^2 (1-\varepsilon)}{\phi d_p \varepsilon^3}$$

### QUESTION 3 (5 pts)

La réaction suivante en phase gazeuse homogène est effectuée dans un réacteur en piston (PFR).



On alimente le réacteur à une température de 25°C et à une pression atmosphérique de 5 atm. Le taux d'alimentation est de 1520 lbmol/h de A et deux fois plus d'inertes. La réaction se fait de façon adiabatique et la température varie le long du réacteur.

- Dériver les équations requises pour calculer le volume nécessaire pour atteindre une conversion spécifique.
- Enoncer trois hypothèses utilisées pour dériver l'équation.
- Proposer trois moyens de modérer l'élévation de la température, tout en maintenant la production.

$\Delta H_r$ (à 25°C)	= -3530 but/lb mol
$C_{pA}$	= 26.7 But/lbmol°F
$C_{pC}$	= 9.7 But/lbmol°F
$C_{pD}$	= 21.7 But/lbmol°F
$C_{pI}$	= 31.7 But/lbmol°F
$k_1$	= 10 h <sup>-1</sup> @25°C
$E_a$	= -3500 cal/gmol