

TRF 16: Réacteurs ouverts.

Les procédés sont décrits à l'aide d'un ensemble d'opérations unitaires, représentés dans un schéma-bloc.

Les procédés industriels peuvent être continus, la matière est introduite et retirée en permanence, ou discontinus, les opérations sont alors effectuées successivement sur un lot.

Deux modèles sont utilisés:

- Réacteur parfaitement agité continu (RPAC), dans lequel la composition est uniforme.
- Le réacteur piston dont la composition varie le long de l'écoulement.

En réacteur ouvert, la composition est décrite à l'aide des débits (ou flux) molaire F ou des débits massiques D_m et du taux de conversion X défini sur le réactif limitant A par:

$$F_{A,s} = F_{A,e} (1 - X_A)$$

Avec $F_{A,s}$ le débit molaire en sortie de réacteur, $F_{A,e}$ celui en entrée.

Le débit massique total se conserve en RP pas le débit molaire (en cas de réaction chimique)

Le bilan de matière pour une espèce A dans un réacteur de composition uniforme, de volume V , siège d'une unique réaction, est:

$$\frac{dn_A}{dt} = F_{A,e} - F_{A,s} + \underbrace{V_A r_A}_{\substack{\text{volume du réacteur} \\ \text{vitesse de réaction}}} V$$

(1) Dans le cas d'un réacteur ouvert en régime permanent $F_{A,e} - F_{A,s} + V_A r_A V = 0$

(2) Le débit molaire F_A est relié à sa concentration $[A]$ et au débit volumique D_v par l'équation: $F_A = D_v [A]$

(3) On note τ la grandeur $\frac{V}{D_v}$ appelée temps de passage, elle représente la durée nécessaire pour que circule dans le réacteur un volume de fluide égal au volume total du réacteur (c'est le temps nécessaire pour traiter un volume de fluide égal au volume du réacteur)

Le bilan de matière en régime permanent pour une espèce A dans un RPAC siège d'une unique réaction s'écrit:

$$\tau = -\frac{1}{V_A} \times \frac{[A]_e - [A]_s}{r_A} \quad \text{à redémontrer avec (1), (2) et (3).}$$

Pour dimensionner un réacteur (Calcul du volume):

- Faire le bilan de matière sur le réactif limitant
- Exprimer la vitesse de réaction avec la concentration en SORTIE.
- Exprimer le taux de conversion
- En déduire l'expression du temps de passage ou volume en fonction du taux de conversion.

Réacteur piston:

Le bilan de matière en régime permanent, pour une espèce A dans un RP isotherme siège d'une unique réaction s'écrit:

$$D_0 \times d[A] = -r dV \quad \text{à redémontrer sur chaque exemple.}$$

Pour une réaction d'ordre 1, un RP fournit toujours un meilleur taux de conversion qu'un RPPC à caractéristiques analogues

Le point de fonctionnement d'un système est obtenu en cherchant l'intersection de la droite "thermochimique" et de la courbe cinétique (bilan de matière + Arrhenius). Un système de refroidissement peut assurer la stabilité et éviter l'emballement thermique.

Equation thermochimique: Variation d'enthalpie: $dH = dm c_p (T_s - T_e)$ ($dm = \rho dV$) \rightarrow Variation de température

$$dH = \Delta_r H^\circ d\xi \quad \rightarrow \text{Variation de composition}$$

Le système étudié doit pouvoir échanger un transfert thermique avec son environnement, $P_{th} = \frac{\delta Q}{dt}$

L'application du premier principe conduit à: $P_{th} = \rho \frac{dV}{dt} \times c_p \times \Delta T + \Delta_r H^\circ \frac{d\xi}{dt}$

$$\text{Or, } \frac{dV}{dt} = D_0; \quad \frac{d\xi}{dt} = -rV = -\frac{1}{\nu_A} (F_{A,e} - F_{A,s}) = -\frac{1}{\nu_A} (F_{A,e} - F_{A,e} (1 - X_A)) = -\frac{1}{\nu_A} (D_0 [A]_e X_A), \text{ on considère de plus } \nu_A = -1$$

$$\text{Equation thermochimique: } P_{th} = \rho D_0 c_p \Delta T + \Delta_r H^\circ D_0 [A]_e X_A$$