

Fiche 1

Cinétique en réacteurs ouverts

Ressources utilisées

- GUISET, Réactions et réacteurs chimique, à partir de p. 114.
- FOSSET, PCSI
- Techniques de l'ingénieur, J4010 (passer les calculs, surtout pour les représentations graphiques)
- Voir sujet 2008C et sa correction, <http://agregationchimie.free.fr/Annales.php2008>
- Voir BOSTYN, Génie chimique et des procédés voir scholarvox.

Introduction

Pédagogie Leçon à plusieurs niveaux, pratiquement L1 pour les notions de bases et premiers calculs, L3 pour les subtilités, descriptions réelles et optimisation. Pour le niveau L1, on pourra se contenter quasiment de ce qui est fait dans le FOSSET, PCSI, p. 235.

Pour le niveau supérieur, à partir de la L3, on pourra commencer à utiliser les équations caractéristiques vues dans le GUISET et les descriptions faites dans le TIJ4010.

Jusqu'ici, nous avons la plupart du temps fait l'étude de réacteurs idéaux fermés uniformes : une cuve agitée dans laquelle une quantité donnée de matière est introduite et laissée évoluer au cours du temps. Pourtant, la majorité des réactions dans l'industrie (pharmacologie mise à part) sont menées en réacteurs *fonctionnant en continu*.

Alors que le réacteur fermé était « idéal », les réacteurs continus ne le sont pas et leur fonctionnement se situe entre deux types de réacteurs *ouverts* idéaux que l'on va étudier ci-après.

D'un point de vue un peu général, on s'appuiera sur les réacteurs idéaux pour avoir les équations qui régissent l'évolution du système. En particulier, dans chaque cas sera fait un bilan de matière (théorique) pour arriver aux équations caractéristiques, puis les réacteurs seront comparés.

Remarque Voir l'introduction du FOSSET sur les trois aspects et les trois bilans à prendre en compte dans l'étude des réacteurs dans l'industrie : le bilan de matière, le bilan de quantité de mouvement, le bilan d'énergie (seul le premier étant traité ici, c'est le point de vue cinétique).

1.1 Les réacteurs ouverts (isothermes) idéaux

Plusieurs critères permettent de décrire les réacteurs utilisés en chimie industrielle : la circulation du mélange, l'évolution dans le temps et le degré de mélange. On se place ici dans le cadre d'une circulation continue du mélange (système ouvert) et d'une évolution temporelle réduite à un régime permanent.

Le troisième critère permet de décrire deux types de réacteurs idéaux : RPAC et RP.

1.1.1 Le réacteur parfaitement agité continu

Pédagogie Le réacteur parfaitement agité continu est le seul vraiment présenté en première année de classes préparatoires, mais il est rapproché, par ses associations en série, du réacteur piston : on pourra donc aborder les deux à un niveau de première année de licence.

On s'intéresse au réacteur parfaitement agité continu. Le réacteur échange de la matière avec l'extérieur (système ouvert) et est étudié en régime permanent.

Le degré de mélange est ici tel que le réacteur est parfaitement agité, donc les concentrations et la température sont uniformes dans le réacteur. En particulier, on dira que *la concentration de sortie est considérée égale à la concentration dans le réacteur*. Cette condition sera utilisée dans le développement des calculs en particulier pour calculer la conversion associée à la réaction chimique.

Un développement mathématique simple est effectué dans le FOSSET, p. 237.

Exemple Hydrodésulfuration dans un réacteur parfaitement agité continu, FOSSET, p. 238. Voir script python `hydrodesulfuration_reacteur_ouvert.py`.

Remarque Association de réacteur :

- en parallèle : permet seulement d'optimiser la capacité de production mais pas directement la conversion ;
- en série : permet d'optimiser la conversion. On pourra noter que lorsque on a n RPAC associé en série avec $n \rightarrow \infty$, le réacteur global tend vers le comportement du second type de réacteur idéal : le réacteur piston.

1.1.2 Le réacteur piston

Pédagogie Peut se traiter en transition de l'association infinie de RPAC ; n'est pas traité dans le FOSSET, mais dans le GUISET.

Un réacteur piston échange de la matière avec l'extérieur et est étudié en régime permanent (comme précédemment) *mais la concentration dépend de la position dans le réacteur*.

Le mélange réactionne progresse dans le réacteur par tranches parallèles indépendantes qui n'échangent pas de matière entre elles : les variables d'état et les concentrations sont constantes dans toute section normale à l'écoulement.

Exemple Transformation du n-hexane en phase gaz sur un réacteur à lit fixe assimilé à un réacteur piston, GUISET, p. 130.

1.1.3 Comparaison de réacteurs et réacteur réel

Projection

Tableau et figure p. 122 du GUISET.

En particulier, on remarque que les temps de passages dépendent du réacteur et de l'ordre de la réaction considérée.

1.2 Associations de réacteur

Exemple Saponification de l'acétate d'éthyle en réacteur ouvert (RPAC). Association de réacteurs en série pour, à taux de conversion constant, minimiser le volume total des réacteurs.
Voir `saponification_RPAC_serie.pdf`.

1.3 Les réacteurs adiabatiques

Conclusion