

CINÉTIQUE EN RÉACTEUR OUVERT

cours CC4 – J. Joubert et Z.Chen

► Plan du cours

1. Réacteur parfaitement agité continu

1.1. Rappels sur les modèles de réacteur

1.2. Écoulements dans un RPAC

1.3. équation de fonctionnement d'un RPAC

1.4. Étude d'une loi de vitesse

2. Associations de réacteurs

2.1. Association en parallèle

2.2. Association en série

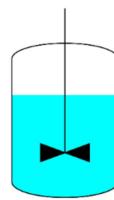
► Compétences spécifiques

► Exprimer la vitesse de disparition d'un réactif ou de formation d'un produit à l'aide d'un bilan de matière instantané.

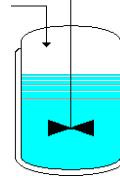
► Établir la loi de vitesse à partir de mesures fournies.

1. Réacteur parfaitement agité continu

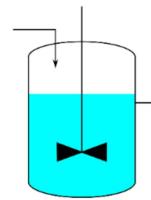
1.1. Rappels sur les modèles de réacteur



Réacteur fermé parfaitement agité (**batch**)
(composition)



Réacteur semi-ouvert
(e.g. dosages)



Réacteur parfaitement agité continu
Réacteur ouvert parfaitement agité
(composition)



Réacteur à écoulement piston
(composition)

Copyrighted free use, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1528809>

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

3

1.1. Rappels sur les modèles de réacteur (suite)

Exemples :

► **Réacteur fermé parfaitement agité (**batch**)**

production à
(médicaments, biochimie, traitement de l'eau, etc.)

► **Réacteur parfaitement agité continu (**RPAC** ou **ROPA**)**

production à
(traitement de l'eau, étude cinétique)

► **Réacteur semi-ouvert**

production à ; contrôle fin de T et de la **sélectivité**.
(analyse)

► **Réacteur à écoulement piston (**RP** ou **REP**)**

production à

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

4

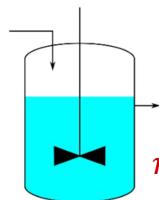
1.2. Écoulements dans un RPAC

Un réacteur ouvert est caractérisé par des **flux de matières**.

flux entrant : $\delta V_e, [A_k]_e$

$$Q =$$

$$F_k =$$



flux sortant : $\delta V_s, [A_k]_s$

$$e \cdot g \cdot$$

$$n_{A_k}$$

t

t

Définition: on appelle **débit volumique**, Q , le **volume entrant** (ou **sortant**) dans le réacteur par **unité de temps**.

Définition: on appelle **débit molaire** du constituant physico-chimique A_k , F_k , la **quantité de matière entrant** (ou **sortant**) dans le réacteur par **unité de temps**.

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

5

1.2. Écoulements dans un RPAC (suite)

Propriété: pour un **fluide incompressible**, il y a conservation du **débit volumique** :

Propriété: lien entre les **débits volumiques** et **molaires**

Remarque: le **flux entrant** peut être réalisé par plusieurs tubes indépendants. On a alors

$$Q_e = Q_{e,1} + Q_{e,2} + \dots$$

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

6

1.3. équation de fonctionnement d'un RPAC

Propriété: pour un **RPAC**, la concentration de sortie d'un constituant physico-chimique **est** égale à sa concentration à l'intérieur du réacteur.

Bilan de matière : « Entrée » + « Réaction(f/d) » = « Maintenue » + « Sortie »

Pour un **réactif A** de la réaction $A = B$:

$$\frac{dn_A}{dt} =$$

en régime continu, $\frac{dn_A}{dt} = 0$

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

7

1.3. équation de fonctionnement d'un RPAC (suite)

Définition : on appelle **temps de passage** la grandeur

En régime continu, pour un **réactif A**, on a donc

Pour un **produit B**, $\frac{dn_B}{dt} =$

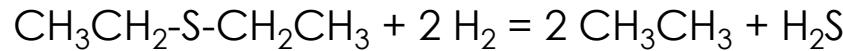
en régime continu, $\frac{dn_B}{dt} = 0$

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

8

1.4. Étude d'une loi de vitesse

Exemple : on considère la réaction d'hydrodésulfuration en phase gaz



Il y a conservation de la quantité de matière de gaz, donc il y a conservation du débit volumique.

Le dihydrogène, $\text{H}_{2(g)}$, est introduit en grand excès.

Il y a [] pour $\text{H}_{2(g)}$.

Loi de vitesse :

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

9

1.4. Étude d'une loi de vitesse (suite)

Hypothèse : ordre 0

$$v = k_{app} \cdot [\text{R}]^0 = k_{app}$$

Hypothèse : ordre 1

$$v = k_{app} \cdot [\text{R}]^1 = k_{app} \cdot [\text{R}]_s$$

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

10

1.4. Étude d'une loi de vitesse (suite)

Hypothèse : ordre 2

$$v = k_{app} \cdot [R]^2 = k_{app} \cdot [R_s]^2$$

Résumé :

si ordre 0, $[R] = f(\tau)$ est une droite.

si ordre 1, $\frac{1}{[R]} = f(\tau)$ est une droite.

si ordre 2, $[R]\tau = f\left(\frac{1}{[R]}\right)$ est une droite.

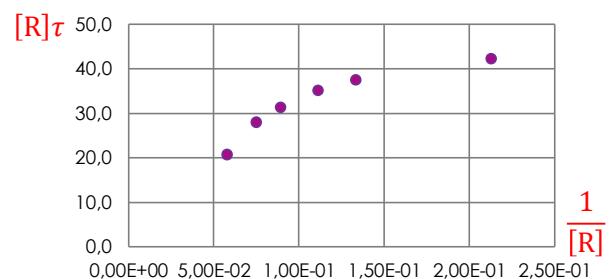
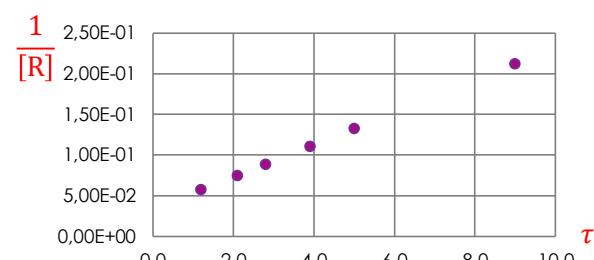
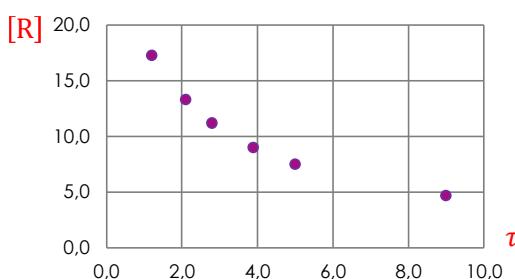
COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

11

1.4. Étude d'une loi de vitesse (suite)

Exemple :

τ (h)	[R] (mol.m ⁻³)	$1/[R]$ (mol ⁻¹ .m ³)	[R]. τ (h.mol.m ⁻³)
1,2	17,3	5,78E-02	20,8
2,1	13,3	7,52E-02	27,9
2,8	11,2	8,93E-02	31,4
3,9	9,0	1,11E-01	35,1
5,0	7,5	1,33E-01	37,5
9,0	4,7	2,13E-01	42,3



Conclusion : La réaction est

COURS CC4 – 1. RÉACTEUR PARFAITEMENT AGITÉ CONTINU

12

2. Associations de réacteurs

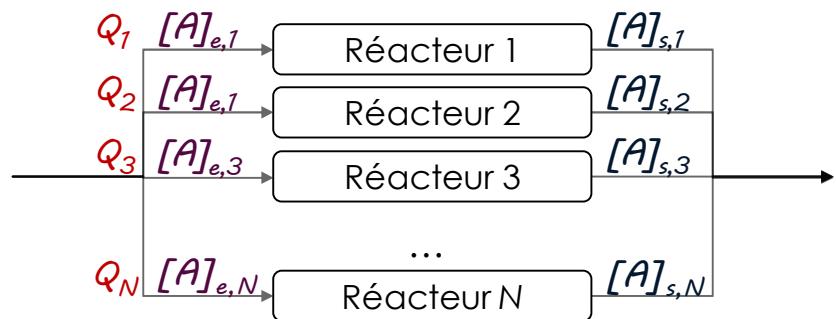
2.1. Association en parallèle

Définition: on appelle **taux de conversion** la grandeur

On étudie l'association de N réacteurs identiques **en parallèle**

Rappel: les conditions

- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____
- ⑤ _____



COURS CC4 – 2. ASSOCIATION DE RÉACTEURS

13

2.1. Association en parallèle (suite)

$Q = \sum_{k=1}^N Q_k$ et $Q_k = \frac{Q}{N}$ pour des réacteurs identiques.

$$\tau_k = \frac{V_k}{Q_k} = \frac{V}{Q} = \tau \text{ car } V_k = \frac{V}{N} \cdot V : \text{volume total, } V = N \cdot V_k$$

Tous les réacteurs ont un _____

$$[A]_{s,1} = [A]_{s,2} = \dots = [A]_{s,N} = [A]_s$$

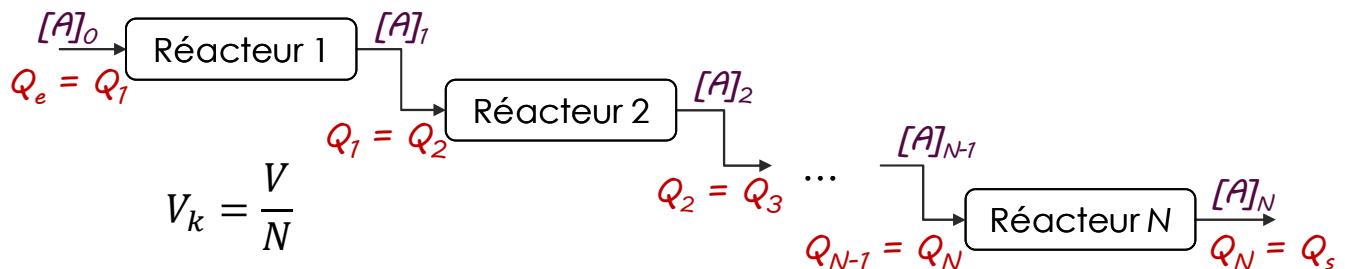
Conclusion : l'**association en parallèle permet d'** _____ de production mais _____ le **taux de conversion**.

COURS CC4 – 2. ASSOCIATION DE RÉACTEURS

14

2.2. Association en série

On étudie l'association de N réacteurs identiques en série



Rappel: les conditions ①②③④ et ⑤

Par conservation du débit (si fluide incompressible)

$$Q = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_N$$

Temps de passage : pour chaque réacteur, on a

$$\tau_k = \frac{V}{NQ} = \tau/N$$

COURS CC4 – 2. ASSOCIATION DE RÉACTEURS

15

2.2. Association en série (suite)

Pour le réactif A, dans le j -ème réacteur : $v_{d,A,j} \cdot \tau_j = [A]_{j-1} - [A]_j$

Exemple : pour une cinétique d'ordre 1

Cas 1° un réacteur PAC en taille de V .

Cas 2° N réacteurs identiques taille de $\frac{V}{N}$ en série. Dans le j -ème réacteur,

Conclusion : l'**association en série** à un seul réacteur de volume V . On peut le **taux de conversion par association en série**.

COURS CC4 – 2. ASSOCIATION DE RÉACTEURS

16