

# Chapitre 6

## Approche de la cinétique en réacteur ouvert

### 1-Les objectifs du chapitre

#### Ce que je dois connaître

- La définition de réacteur ouvert, réacteur ouvert parfaitement agité continu, régime permanent
- Notion de temps de passage.

#### Ce que je dois savoir faire

- Savoir exprimer la vitesse de disparition d'un réactif et la vitesse de formation d'un produit à l'aide d'un bilan de matière instantané dans un RCPA.
- Savoir établir la loi de vitesse à partir de mesures fournies.

## 2-Je maîtrise l'essentiel du chapitre

### I-Les réacteurs chimiques

#### Réacteur chimique: définition

- Un réacteur chimique est toute portion d'espace où peut avoir lieu une transformation chimique.
- pour les réacteurs ouverts, on distingue:
  - Le réacteur ouvert continu parfaitement agité (RCPA)
  - Le réacteur à écoulement tubulaire ou réacteur piston (RP)

#### Réacteur ouvert

- Dans le réacteur ouvert, les réactifs sont introduits dans le réacteur en continu et les produits en sont extraits en continu par le courant total de matière qui s'établit.

#### Notion de temps de passage

- Le temps de passage constitue une caractéristique du réacteur ouvert.
- Définition: C'est le temps théorique qu'un composé chimique, réactif ou produit passe dans le réacteur. il est donné par
- $$\tau = \frac{V}{D}$$
- V étant le volume du réacteur (L ou m<sup>3</sup>) et D le débit volumique traversant le réacteur (L.s<sup>-1</sup>, m<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>, ...).

## II-Le réacteur RCPA (réacteur continu parfaitement agité)

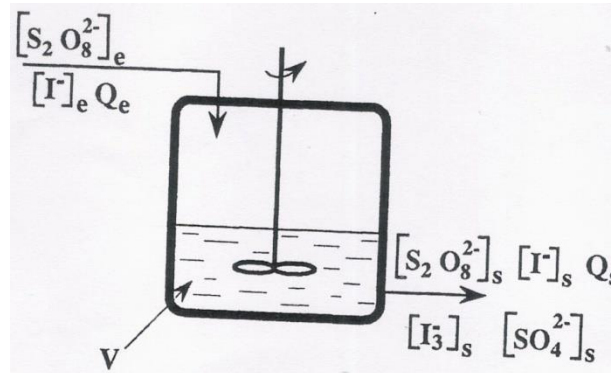
### Remarque

- Dans ce type de réacteur, une agitation constante maintient une composition uniforme dans tout le réacteur, malgré l'entrée et la sortie permanente de constituants. C'est la composition du mélange sortant.

### Caractéristiques d'un RCPA

- Le mélange est homogène : la composition chimique et la température sont identiques en tout point du réacteur.
- La composition et la température du flux de sortie sont identiques à la composition et à la température à l'intérieur du réacteur.
- Dans le cas où le réacteur fonctionne en régime permanent, le débit volumique d'entrée  $D_{\text{entrée}}$  est égal au débit volumique de sortie  $D_{\text{sortie}}$ , on a :
- Le volume interne  $V$  du réacteur est constant.
- La composition chimique et la température à l'intérieur du réacteur sont constantes.

### Exemple de RCPA



### III-Bilan de matière et vitesse de réaction dans un RCPA

Dans un RCPA, les concentrations en réactif et en produit sont constantes au cours du temps.

**Remarque** : il n'est pas possible de définir la vitesse de la réaction à partir de la dérivée de la concentration par rapport au temps comme pour un réacteur fermé.

#### 1-Notion de vitesse de réaction dans un RCPA

##### Définition

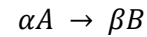
- Dans un réacteur ouvert, la vitesse de la réaction correspond à la quantité de matière transformée par unité de temps et par unité de volume à l'intérieur du réacteur.

##### Méthode de détermination de la vitesse

- On effectue un bilan de matière à l'intérieur du réacteur entre l'instant  $t$  et  $t+dt$  pour déterminer la vitesse de réaction.

## 2-Bilan de matière à l'intérieur d'un RCPA entre t et t+dt

On considère la réaction générale d'équation



### a-Bilan de matière dans le cas d'un réactif

Etape 1: Variation de la quantité de matière dans le RCPA

- La variation de la quantité de matière  $n_A(t)$  du réactif A dans le réacteur pendant la durée  $dt$  est notée :

$$dn_A = n_{A(t+dt)} - n_{A(t)}$$

- En régime stationnaire, la quantité de matière du réactif A est constante dans le réacteur :

$$dn_A = 0$$

Etape 2: Les causes de variation de la quantité de matière de A dans le réacteur

- Différents phénomènes interviennent pour contribuer à la variation de la quantité de matière du réactif A dans le réacteur :

- **Entrée**

La quantité de matière de A qui entre dans le réacteur entre t et t+dt est notée  $\delta n_{A,entr\acute{e}e}$  on a :

$$\delta n_{A,entr\acute{e}e} = D_e [A]_{entr\acute{e}e} dt$$

$D_e$  est appelé **débit volumique d'entrée** et  $[A]_{entr\acute{e}e}$  la concentration en A dans le flux d'entrée dans le réacteur.

- **Sortie**

La quantité de matière de A qui sort du réacteur entre t et t+dt est notée  $\delta n_{A,sortie}$  et est donnée par :

$$\delta n_{A,sortie} = D_s [A]_{sortie} dt$$

$D_s$  est appelée **débit volumique de sortie** et  $[A]_{sortie}$  la concentration en A dans le flux de sortie du réacteur.

- **Production**

On note  $\delta n_{A,produit}$ , la quantité de A produite dans le réacteur entre t et t+dt. Sachant que la réaction évolue dans le sens direct, la quantité de A produite dans le réacteur est nulle :

$$\delta n_{A,produit} = 0.$$

- **Transformation**

La quantité de A transformée en B dans le réacteur entre t et t+dt est notée  $\delta n_{A,transform\acute{e}}$  est donnée par :

$$\delta n_{A,transform\acute{e}} = v_A V dt.$$

$v_A$  est la vitesse volumique de transformation de A dans le réacteur de volume V.

Etape 3: Bilan de la variation de la quantité de matière de A dans le réacteur.

- $dn_A = \delta n_{A, \text{entrée}} - \delta n_{A, \text{sortie}} + \delta n_{A, \text{produit}} - \delta n_{A, \text{transformé}}$
- $D_e [A]_{\text{entrée}} dt - D_s [A]_{\text{sortie}} dt + 0 - v_A V dt = 0$

- En régime stationnaire :  $D_e = D_s = D$  donc
- $D[A]_{\text{entrée}} - D[A]_{\text{sortie}} - v_A V = 0$

• d'où

•

$$vA = \frac{Q([A]_{\text{entrée}} - [A]_{\text{sortie}})}{V}$$

### b-Bilan de matière dans le cas d'un produit

Bilan de matière pour un produit dans un RCPA

- $dn_B = \delta n_{B, \text{entrée}} - \delta n_{B, \text{sortie}} + \delta n_{B, \text{produit}} - \delta n_{B, \text{transformé}}$
- soit  $0 = D_e [B]_{\text{entrée}} dt - D_s [B]_{\text{sortie}} dt + v_B V dt - 0$
- avec  $[B]_{\text{entrée}} = 0$ , on obtient :

$$• vB = \frac{D[B]_{\text{sortie}}}{V}$$

### 3-Vitesse de réaction en réacteur ouvert

Expression de la vitesse de formation d'un produit, de disparition d'un réactif et vitesse de réaction

- Dans un réacteur ouvert parfaitement agité en régime permanent de volume  $V$  et traversé par un débit volumique  $D$  :

- La vitesse de transformation d'un réactif A est donnée par :

- $v_A = \frac{D([A]_{\text{entrée}} - [A]_{\text{sortie}})}{V} = \frac{[A]_{\text{entrée}} - [A]_{\text{sortie}}}{\tau}$

- La vitesse de formation d'un produit B est donnée par :

- $v_B = \frac{D[B]_{\text{sortie}}}{V} = \frac{[B]_{\text{sortie}}}{\tau}$

- La vitesse de la réaction d'équation-bilan :  $\alpha A = \beta B$

- $v = \frac{v_A}{\alpha} = \frac{v_B}{\beta}$



### 3-Pour bien réussir ma question de cours à ma colle de chimie

1-Citer les inconvénients et les avantages des réacteurs fermés et ouverts

2-Définir le temps de passage d'une espèce dans le réacteur.

3-Donner les caractéristiques d'un RCPA

4-Définir la vitesse de réaction dans un réacteur ouvert.

5-Comment détermine-t-on la vitesse de réaction dans un RCPA.

6-Pour une réaction  $aA = bB$  se déroulant dans un RCPA, retrouver par un bilan instantané de matière l'expression de la vitesse de disparition de A et de formation de B et exprimer la vitesse de la réaction dans le RCPA.