

# Partie Comprendre : Lois et modèles

## CHAP 09-POLY Temps et évolution chimique ; cinétique et catalyse

**Objectifs :** Comment évaluer la durée d'une réaction chimique ? Peut-on influencer l'évolution d'un système chimique ?

- Classer les réactions chimiques d'un point de vue cinétique
- identifier les facteurs cinétiques d'une réaction chimique
- connaître le rôle d'un catalyseur
- suivre l'évolution d'une quantité de matière au cours du temps

### 1. évolution d'un système chimique dans le temps

#### 1.1 réactions rapides

Une réaction est dite rapide lorsqu'elle semble ..... dès que les réactifs entrent en contact.

Ex : .....

#### 1.2 réactions lentes

Une réaction est lente lorsqu'elle dure de quelques ..... à plusieurs dizaines de .....

Ex : .....

Une réaction chimique est dite infiniment lente si l'évolution du système est ..... mais ne peut être appréciée, même après plusieurs .....

Un tel système est qualifié de .....

#### 1.3 La cinétique chimique

La cinétique chimique est l'étude du déroulement des réactions chimiques dans le .....

### 2. Facteurs cinétiques

On appelle facteurs cinétiques les paramètres expérimentaux qui peuvent agir sur la ..... d'une réaction.

#### 2.1 Influence de la concentration des réactifs

L'évolution d'un système chimique est d'autant plus rapide que les concentrations des réactifs sont .....

Interprétation : .....

Lorsque l'un des réactifs est solide, le facteur cinétique essentiel est l'étendue de ..... avec les autres réactifs. La réaction est d'autant plus rapide que cette surface est .....

#### 2.2 Influence de la température

En général, l'évolution d'un système chimique est d'autant plus rapide que la température du milieu réactionnel est .....

Interprétation : .....

#### Applications pratiques :

- Accélération ou déclenchement d'une réaction chimique : .....
- Ralentissement ou arrêt d'une réaction chimique : .....

## 2.3 Autres facteurs cinétiques

### a) l'éclairement

L'éclairement du milieu réactionnel par une radiation de ..... appropriée influe sur la durée des réactions photochimiques.

Ex : .....

### b) le solvant

Le solvant peut être un facteur cinétique.

Interprétation:.....

### c) les catalyseurs

Les catalyseurs constituent des facteurs cinétiques très importants dans les domaines ..... et .....

## 3. catalyse

### 3.1 Caractéristiques d'un catalyseur

➤ Expérience de cours  $2 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow \dots\dots\dots$

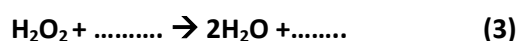
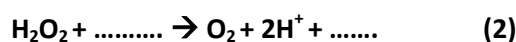
Un catalyseur est une espèce qui ..... une réaction chimique sans être consommée par celle-ci; sa formule ..... dans l'équation bilan de la réaction.

Lorsque le catalyseur et tous les réactifs sont dans la même phase, la catalyse est dite .....; elle est ..... dans le cas contraire. La catalyse est ..... si le catalyseur est une enzyme.

### 3.2 Mode d'action d'un catalyseur

➤ **Exemple** : En absence de catalyseur, la décomposition du peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$ , selon la réaction d'équation :  $2 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_{2(\text{g})}$  (1) est très lente.

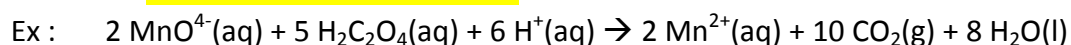
En présence d'ions  $\text{Fe}^{3+}$ , la réaction se fait en deux étapes plus rapides :



de même bilan :  $2 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_{2(\text{g})}$  (2) + (3) = .....

Un catalyseur modifie la nature des étapes permettant de passer des réactifs aux produits : la réaction globale, lente, est ..... par ..... réactions plus .....

**Remarque** : Certaines réactions chimiques sont catalysées par un de leurs produits; ces réactions sont dites .....



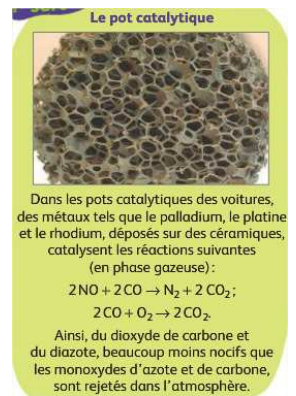
est autocatalysée par les ions  $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ .

### 3.3 Intérêt de la catalyse dans l'industrie et en biologie

#### a) Catalyse hétérogène et homogène dans l'industrie

- Les catalyseurs permettent d'effectuer la synthèse des produits plus ..... à des températures ..... élevées.
- Les catalyseurs sont souvent des métaux, utilisés à l'état ..... et les réactifs à l'état liquide ou gazeux (catalyse .....). Les catalyseurs s'utilisent alors sous forme de poudre fine, de grilles ou de mousse qui offrent une surface de contact plus importante qu'un bloc solide.

Ex : la synthèse de l'ammoniac  $N_2(g)+H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g)$  est accélérée par un catalyseur à base de fer métallique



- Les catalyseurs sont également utilisés dans l'industrie pour leur .....
- Lorsque plusieurs réactions sont possibles à partir d'un même milieu réactionnel, le choix du catalyseur permet d'**accélérer** ..... **une réaction** au détriment des autres et d'éviter ainsi les réactions parasites.

**Un catalyseur est** ..... : **son action est** .....

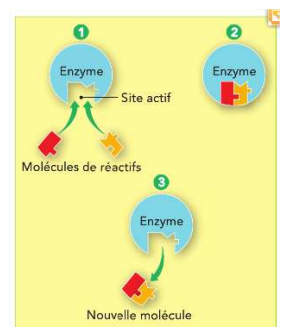
Ex : sous pression, le chauffage du mélange CO + H<sub>2</sub> conduit à des hydrocarbures en présence de fer, des alcools en présence de cuivre et du glycol en présence de rhodium.

- Le plus souvent, la catalyse homogène a lieu en **phase** ..... Les catalyseurs sont alors moins coûteux, mais il est plus difficile de les séparer du milieu réactionnel et de les recycler.

Ex : le biodiesel, carburant fabriqué à partir d'huile végétale ou animale et d'alcool est catalysé par l'acide sulfurique

#### b) Catalyse enzymatique en biologie

- Dans les systèmes biologiques, les transformations chimiques doivent se faire sur de courte durée et avec des températures et des pH compatibles avec la vie. La plupart des **réactions biochimiques** sont catalysées par des macromolécules organiques appelées « ..... ». Les enzymes sont des protéines.
- Leur ..... est **très importante**; elle est liée à la structure spatiale de ces molécules.



**Doc. 13** Les molécules de réactifs trouvent des places complémentaires sur le site actif, ce qui favorise la réaction. Seuls les réactifs ayant la bonne structure peuvent réagir.

Ex : au cours du métabolisme du glucose, la réaction  $C_6H_6O_6 + O_2 \rightarrow 2 C_3H_4O_3 + 2 H_2O$  s'effectue en neuf étapes, chaque étape étant catalysée par une enzyme particulière.

- Le nom d'une enzyme indique souvent la nature ou la transformation mise en jeu : ainsi, l'amylase transforme l'amidon en maltose, la saccharase catalyse l'hydrolyse du saccharose en glucose et fructose et les réductases favorisent les réductions des groupes carbonyles, acides, esters.
- Les enzymes sont très utilisées dans l'industrie agroalimentaire (fabrication du pain, préparation de boissons fermentées, conservation des aliments et des boissons, etc.), l'analyse médicale et la synthèse de médicaments.
- Les enzymes sont des **catalyseurs très** .....; la catalase est, à concentration égale, 10<sup>6</sup> fois plus efficace que les ions fer (III) pour la décomposition du peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (**voir § 3.1**)

## 4. Suivi de l'évolution d'un système chimique dans le temps

L'étude de l'évolution temporelle d'un système consiste à déterminer expérimentalement ..... x (ou encore les quantités de matière des réactifs et des produits du système) en fonction du temps t.

### 4.1 Les méthodes chimiques

À intervalles de temps réguliers, on prélève un échantillon du mélange réactionnel, on bloque son évolution à un instant t grâce à une .....\*et on détermine la concentration de l'un des réactifs ou de l'un des produits par ..... On en déduit alors l'avancement de la réaction dont on étudie la cinétique.

\* La trempe consiste à introduire rapidement l'échantillon prélevé dans un mélange d'eau et de glace pilée. L'importante dilution et le refroidissement brutal ainsi réalisés stoppent quasiment la réaction étudiée (voir § 2.1 et 2.2).

### 4.2 Les méthodes physiques

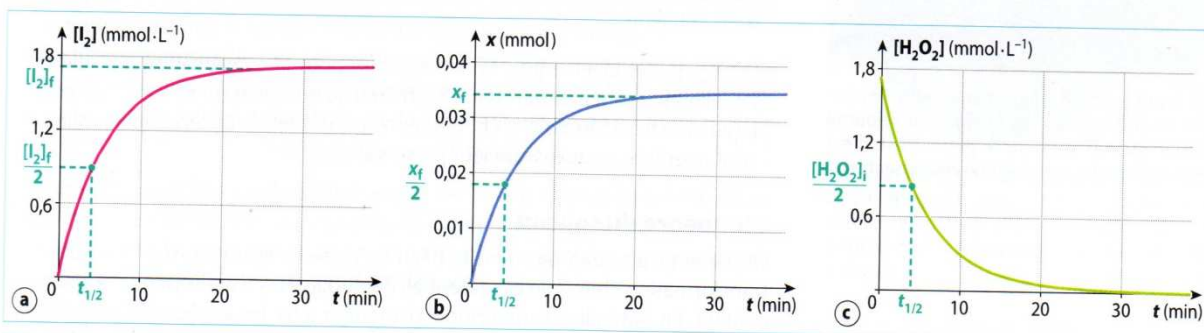
L'avancement du système est déterminé à partir de la mesure d'une grandeur physique (absorbance, conductivité électrique, pression, volume, etc.). (voir fiche n° 12, p. 597)

- a) Spectrophotométrie Lorsque l'un des réactifs (ou l'un des produits) est .....
- b) Conductimétrie Lorsque la réaction consomme ou produit des espèces .....
- c) Manométrie Lorsque la réaction consomme ou produit des .....

Les méthodes physiques permettent des mesures en continu, ne perturbent pas le système réactionnel et sont bien adaptées à l'étude des évolutions .....

### 4.3 Evolution d'une quantité de matière au cours du temps

Exemple :



12 Évolution en fonction du temps : a. de la concentration en diiode formé  $[I_2]$ ; b. de l'avancement  $x$ ; c. de la concentration en réactif limitant  $[H_2O_2]$ , et repérage du temps de demi-réaction sur les courbes.

### 4.4 Durée d'une réaction

On peut déterminer la durée d'une réaction chimique, comme le temps  $t_f$  nécessaire à la consommation ..... du réactif .....

Pour  $t = t_f$ , l'avancement  $x$  a atteint sa valeur maximale  $x_{max}$ .

### 4.5 Temps de demi-réaction

Le temps de demi-réaction, noté  $t_{1/2}$ , est la ..... nécessaire pour que la ..... du réactif limitant soit consommée.

Pour  $t = t_{1/2}$ , l'avancement, noté  $x_{1/2}$ , a atteint la moitié de sa valeur maximale  $x_{max}$

**ATTENTION !** Le temps de demi-réaction ..... à la moitié de la durée de réaction