

# Chapitre 14 : Contrôler l'évolution d'un système chimique par la catalyse

## Connaissances et savoir-faire exigibles :

- (1) Savoir qu'un catalyseur agit sélectivement lors d'une transformation.

## Introduction :

Nous avons introduit, à chaque réaction d'estérification ou d'hydrolyse réalisée, de l'acide sulfurique afin de catalyser la réaction. Nous allons voir plus en détail le principe de la catalyse dans ce chapitre : les différents types qui existent leur caractéristiques.

## I La catalyse :

### 1) Définition :

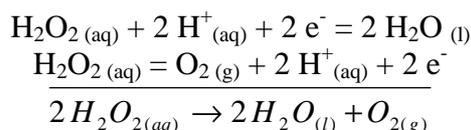
Une transformation est dite catalysée lorsque l'on ajoute à la composition initiale du système, **une molécule qui ne va pas intervenir dans le bilan, mais qui va accélérer la vitesse de la réaction considérée.**

Cette molécule est appelée un **catalyseur**.

### 2) Mise en évidence expérimentale :

- Nous allons travailler avec l'eau oxygénée, de formule  $H_2O_2$ . Celle-ci appartient à deux couples oxydoréducteur :  $H_2O_{2(aq)}/H_2O(l)$  et  $O_2(g)/H_2O_{2(aq)}$ .
- La concentration des solutions de peroxyde d'hydrogène est généralement donnée en volumes : si on utilise une solution à **20 volumes, c'est que 1L de solution peut libérer 20L de dioxygène** dans les conditions normales de température et de pression ( $0^\circ C$ , 1013 hPa).
- **L'eau oxygénée** n'est pas une espèce chimique stable, mais **métastable** (on ne voit pas sa transformation car elle est très lente, mais elle se produit effectivement).

Si elle n'est pas conservée au froid, elle se dismute selon l'équation :



Se dismuter peut vouloir dire simplement réagir avec soi-même.

Cette réaction peut être catalysée de trois manières différentes :

- a. Catalyse par un morceau de platine :

### Expérience :

Mettre une solution de peroxyde d'hydrogène à 20 volumes dans un bécher et la porter à  $50^\circ C$  environ.

- i. Plongeons un fil de platine dans la solution. Observons.
- i.i. Plongeons un disque de platine ou du platine fortement divisé. Observons.

### Interprétation :

- La réaction a été **accélérée par la présence de platine** puisqu'on observe un dégagement important que l'on n'observait pas sans catalyseur.
- Cette réaction illustre la **catalyse hétérogène**, le **catalyseur est dans un état physique différent des réactifs de la réaction** qu'il catalyse.



b. Catalyse par les ions ferriques :

Expérience :

Dans trois tubes à essais, on verse de l'eau oxygénée à 20 volumes jusqu'au milieu du tube environ. On ajoute dans le premier tube 1mL de solution de chlorure de fer III à 1mol/L, dans le deuxième 1mL de solution de fer III à 0.5 mol/L et dans le troisième 1mL de solution de chlorure de fer III à 0.1mol/L. Observons.

Interprétation :

- **Dans chaque bécher, on observe un dégagement gazeux** ce qui prouve que les ions Fer III catalyse la réaction de dismutation de l'eau oxygénée.
- On observe également que le **dégagement gazeux est plus important** dans le tube où la solution de **chlorure de fer III a une concentration élevée**.
- Cette réaction illustre la **catalyse homogène**, le **catalyseur est dans le même état physique que les réactifs de la réaction** qu'il catalyse.

c. Catalyse par la catalase :

La catalase est une enzyme, c'est à dire une protéine (enchaînement d'acides aminés) qui catalyse les réactions biologiques.

Cette enzyme contient les ions fer II, qui vont, nous allons le voir, réaliser une catalyse de la réaction de dismutation de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Expérience :

- Dans un bécher contenant une solution d'eau oxygénée à 20 volumes, verser quelques cristaux de sel de Mohr. Observons.
- Dans un bécher contenant une solution d'eau oxygénée à 20 volumes, mettre un morceau de foie haché. Observons.

Interprétation :

- Dans ces deux expériences, on observe un dégagement gazeux. On en conclue que les ions fer II et donc l'enzyme catalase catalyse la réaction de dismutation d'eau oxygénée.
- La catalyse en présence de catalase se nomme simplement la **catalyse enzymatique**.

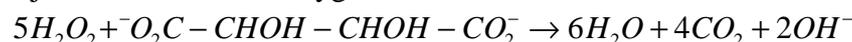
Remarque :

Lorsque l'on **soigne une plaie** à l'eau oxygénée, on observe généralement une **légère effervescence** : celle-ci est due à la réaction de dismutation par l'eau oxygénée catalysée par les ions fer II (contenu dans le sang). **Ainsi on détruit l'eau oxygénée, toxique pour l'organisme.**

d. Régénération du catalyseur :

Expérience :

Dans un bécher dissoudre 3g de sel de Seignette (tartrate de sodium et de potassium) dans 50 mL d'eau. Ajouter 20 mL d'eau oxygénée à 20 volumes. On devrait observer la réaction :



Visiblement, rien ne se passe (réaction très lente).

Rajouter 2g de chlorure de cobalt II (rose). qui donne une coloration rose à la solution. On observe une effervescence importante de dioxyde de carbone. La solution passe du rose au vert (formation d'ions cobalt III) ce qui montre que le catalyseur intervient dans le mécanisme réactionnel. Il est ensuite régénéré, la solution devient à nouveau rose.



### Observations :

La solution devient alors rose et on observe une effervescence importante de dioxyde de carbone.  
La solution passe du rose au vert (formation d'ions cobalt III, on peut faire un témoin) ce qui montre que le catalyseur intervient dans le mécanisme réactionnel.  
Il est ensuite régénéré, la solution devient à nouveau rose.

Rq : cette expérience prend de 5 à 10 minutes pour avoir un retour de la couleur rose.

## II Principales caractéristiques de la catalyse :

### 1) Quantité de catalyseur nécessaire :

On remarque, si on établit l'équation de la transformation catalysée, que le catalyseur n'y intervient pas. En effet, même si ce catalyseur est consommé à un moment donné, il sera régénéré par la suite.

**On n'a besoin d'utiliser que peu de catalyseur dans une réaction afin de la catalyser et réaliser une transformation d'une grande quantité de réactifs.**

### 2) Spécificité du catalyseur

➤ Un catalyseur est **spécifique d'un type de réaction** chimique :

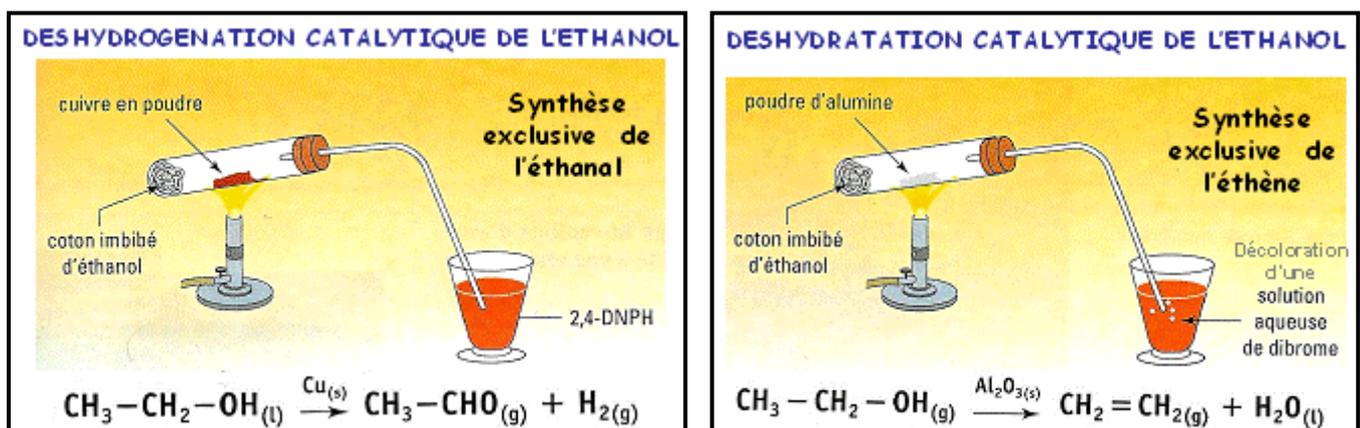
Le **cuivre** peut catalyser la réaction **d'oxydation de l'éthanol en éthanal** en présence de dioxygène (lampe sans flamme), **mais aussi la réaction d'oxydation du méthanol en méthanal** dans les mêmes conditions expérimentales.

➤ Un catalyseur de type **enzyme** possède pour sa part **deux spécificités** :

- ✓ Elle ne **catalyse qu'un seul type de réaction** comme n'importe quel catalyseur.
- ✓ Elle est aussi **spécifique d'un type de réactif** donné (appelé substrat).

### 3) Sélectivité du catalyseur :

**Un des grands intérêts des réactions catalysées, c'est qu'un catalyseur est spécifique à une réaction donnée :**



### Conclusion :

On utilise le même réactif, les mêmes conditions expérimentales, les produits obtenus sont différents, il y a bien sélectivité du catalyseur.

### 4) Influence du catalyseur sur l'état d'équilibre :

Nous avons déjà vu sur les réactions d'estérification et d'hydrolyse que le catalyseur (les ions  $\text{H}^+$  dans ce cas) accélérât la réaction directe et la réaction inverse.

**Ainsi, la présence d'un catalyseur dans la réalisation d'une transformation chimique n'affecte en rien l'état d'équilibre du système.**



Remarque :

Il est entendu qu'à partir du moment où le **catalyseur** n'entre pas dans l'équation de la réaction étudiée, celui-ci ne peut pas modifier le quotient de réaction et donc **ne peut pas rendre possible une transformation qui ne serait pas spontanée.**

**II Exemples industriels :**

a. Catalyse hétérogène et préparation de l'ammoniac :

La réaction de préparation est la suivante :  $\text{N}_{2(g)} + 3 \text{H}_{2(g)} = 2 \text{NH}_{3(g)}$

Une augmentation de la température lors de cette réaction augmenterait la vitesse d'obtention de l'état d'équilibre, mais est défavorable au taux d'avancement de la réaction (le rendement diminue).

**Pour trouver un compromis, on utilise un catalyseur, Fe(s), et on travaille à une température intermédiaire : 450°C.**

b. Catalyse enzymatique pour la préparation de la bière :

Les enzymes **protéases et amylases** sont ajoutés lors de la phase de brassage de la bière, elles **permettent de transformer plus rapidement l'amidon de l'orge en acides aminés et en sucres.**

Le souci industriel est la fragilité de ces enzymes, qui freinent leur fréquence d'utilisation.

Exercices n°8 p 321, n°21 p 324/325, n°22 p 325