

## 1. Activité : page 230

### 1.1.

### 1.2. LA CATALYSE, PILIER DE LA CHIMIE VERTE

#### 1. Article : « La catalyse, pilier de la chimie verte »

La catalyse : un des grands enjeux de la chimie verte, qui figure même parmi ses douze grands principes !

Les réactions catalytiques sont des réactions réalisées en présence d'un catalyseur. Cet élément solide ou liquide augmente la vitesse de la réaction en abaissant la barrière énergétique, autrement dit le seuil d'énergie nécessaire pour permettre à la réaction de se produire. Le catalyseur permet donc d'économiser de l'énergie et de réduire le temps de réaction. Il n'est pas détruit lors de cette dernière et peut être, dans certains cas, récupéré et réutilisé. Enfin, il a la propriété d'être sélectif. Alors qu'une réaction classique donne souvent, outre le produit recherché, des co-produits ou sous-produits non désirés, la présence d'un catalyseur favorise la formation du produit recherché. Il permet ainsi une meilleure utilisation des atomes des molécules de départ qui se retrouvent tous dans le produit désiré et non dans des produits secondaires qu'il faut séparer, recycler ou détruire.

Économies d'énergie, d'atomes et de temps : preuve est faite que ces catalyseurs constituent une solution à privilégier en matière de chimie verte. D'autant plus que 80 % des produits manufacturés qui nous entourent comme les plastiques et les carburants sont obtenus par des procédés catalytiques... Seulement, leur utilisation est longtemps restée empirique. Alors, à l'heure où l'industrie chimique doit changer, ces procédés doivent aussi évoluer, et une vingtaine de laboratoires en France s'y consacre entièrement. Il s'agit pour eux de parvenir à comprendre et à améliorer les catalyseurs et procédés catalytiques existants, en les rendant notamment plus sélectifs, mais aussi d'en découvrir de nouveaux, qui répondent simultanément aux nouveaux enjeux technologiques, économiques, environnementaux et sociétaux. Un exemple ? L'un des défis actuels est de pouvoir utiliser la catalyse en chimie fine pour une synthèse plus propre de produits élaborés et complexes comme les médicaments. À l'Institut de recherche sur la catalyse de Villeurbanne, la stratégie consiste à produire de façon automatisée et à haut débit de très grandes quantités de nouveaux catalyseurs, qui sont ensuite triés par analyse combinatoire<sup>1</sup>. Une approche si prometteuse qu'elle fait partie de celles choisies par l'Union européenne pour accélérer la découverte de nouveaux catalyseurs.

Dans d'autres laboratoires, comme au Laboratoire de matériaux catalytiques et catalyse en chimie organique (LMC3O)<sup>2</sup> de Montpellier, l'objectif est de mettre au point de nouveaux matériaux. Ici, les chimistes ont donc opté pour une conception des catalyseurs qui consiste à déterminer la fonction et les contraintes de stabilité et de réactivité voulues, et à concevoir ensuite les matériaux qui y répondent. « De plus, nous nous efforçons de mener des recherches globales, qui vont de l'étude des matériaux jusqu'à la mise en œuvre des catalyseurs à l'échelle réelle de l'unité de production industrielle », précise le directeur CNRS du LMC3O, Bernard Coq. C'est ainsi que certains chercheurs se penchent d'ores et déjà sur les catalyseurs qui permettront de rendre possible la filière des biocarburants. « Nous développons des catalyseurs qui transformeront le bioéthanol issu de la biomasse en carburant de type Diesel, et d'autres qui permettront de valoriser les sous-produits de cette filière bio, comme la lignine, en briques élémentaires de la chimie de demain », explique François Fajula, du LMC3O.

En attendant, les scientifiques développent aussi des solutions curatives. Au LMC3O, par exemple, ils cherchent des catalyseurs plus efficaces pour éliminer les oxydes d'azote (NO, NO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O) rejetés par les voitures et les camions, mais aussi par de nombreuses usines et centrales thermiques. C'est aussi le cas au Laboratoire d'application de la chimie à l'environnement (Lace)<sup>3</sup> de Lyon, où on se consacre au développement de procédés en vue de la protection de l'environnement. « Les douze principes de la chimie verte sont en quelque sorte les fondements de nos recherches », souligne Jean-Marie Herrmann, directeur du Lace. Récemment, des chercheurs y ont mis au point un procédé pour rendre l'eau potable par photocatalyse solaire. Ce procédé, qui permet à la fois d'éliminer les substances toxiques, comme les pesticides et les colorants, et de désinfecter l'eau en détruisant les bactéries, fonctionne d'ores et déjà dans six pays d'Afrique du Nord et d'Amérique latine. Ce genre de solutions curatives devrait permettre de limiter l'impact de la filière chimie sur l'environnement en attendant la mise au point des procédés qui intégreront les préoccupations environnementales dès leur conception... et sur lesquels les chercheurs, on n'en doute plus, se sont déjà mis au travail.

- (1) Méthode mathématique qui permet, grâce à des algorithmes, parmi une multitude de catalyseurs, de sélectionner les meilleurs  
 (2) CNRS / Ecole nationale supérieure de chimie de Montpellier / Université Montpellier-I  
 (3) CNRS / Université Lyon-I.

## Questions :

- Quelle définition peut-on donner d'un catalyseur ?
- Quelles sont les propriétés d'un catalyseur ?
- Quels sont les atouts d'une réaction catalysée par rapport à une autre qui ne l'est pas ?
- Sur quelles pistes travaillent les chercheurs pour améliorer la catalyse ?
- Quels sont les exemples (actuels ou futurs) d'utilisation de catalyseur(s) cités dans le texte ?
- Qu'est-ce qu'un catalyseur spécifique ?

## 2. Comment suivre l'évolution de la quantité de matière?

### 1.3. Notion d'avancement :

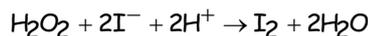
Diaporama sandwiches

### 1.4. Méthode chimique:

On étudie la réaction entre les ions iodure et l'eau oxygénée.

Les couples sont  $\text{H}_2\text{O}_2$  /  $\text{H}_2\text{O}$   
 Et  $\text{I}_2$  /  $\text{I}^-$

Ecrire l'équation de la réaction :

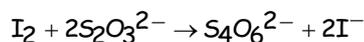


Pour déterminer la quantité de diiode formée à l'instant t :

On prélève une petite quantité du mélange réactionnel.

On le dilue dans l'eau glacée de manière à effectuer une trempe : la réaction est stoppée.

On effectue alors la réaction de dosage entre le diiode et le thiosulfate.

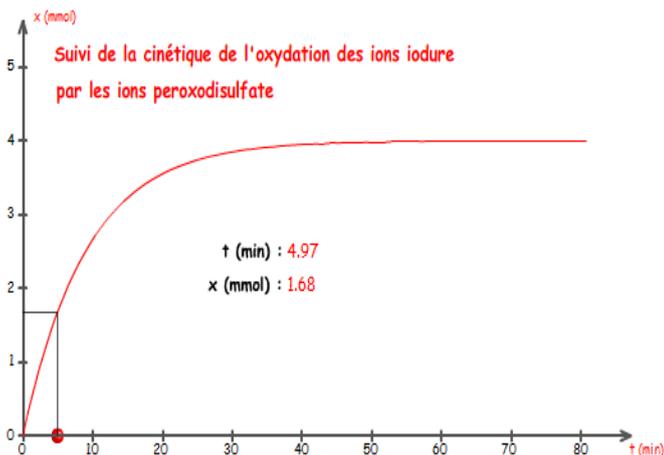


Cette réaction permet de déterminer la quantité de matière de diiode formée  $n(\text{I}_2)_t$  à l'instant t.

La réaction de dosage est quasi instantanée. L'équivalence est repérée par la disparition de la couleur bleue que prend la solution de diiode avec l'empois d'amidon.

Exemple: on détermine à l'instant  $t = 4,97$  min la valeur de l'avancement  $x = 1,68$  mmol ([voir animation](#))

On en déduit à l'aide du tableau d'avancement les quantités de



matière des réactifs et produits à cet instant:

mmol	avancement	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq})$	$+ 2\text{I}^-(\text{aq})$	$= 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$
E.I. ( $t = 0$ )	$x = 0$	$n_1 = 4,0$	$n_2 = 8,0$	0
E.C.T. ( $t$ )	$x$	$n_1 - x$	$n_2 - 2x$	$2x$
	$=$	$=$	$=$	$=$
	1,7	2,3	76,6	3,4
E.F. ( $t = \infty$ )	$x_{\text{max}}$	$n_1 - x_{\text{max}}$	$n_2 - 2x_{\text{max}}$	$2x_{\text{max}}$
	$=$	$=$	$=$	$=$
	4,0	0	72,0	8,0

On peut également utiliser une méthode qualitative qui consiste à réaliser **une CCM (chromatographie couche mince)** à différents instants 't'.

**Exemple:** La fluorescéine réagit avec le dibrome pour donner de l'éosine. Les tâches correspondant aux réactifs disparaissent progressivement alors que celle correspondant aux produits sont de plus en plus foncées. Quand les tâches des réactifs ont disparu, la réaction est terminée!

### 1.5. méthode physique :

L'avancement d'une réaction chimique peut être déterminée grâce à des mesures physiques prises au cours du temps comme:

- **l'absorbance au cours du temps A(t)**, dans le cas où la concentration d'une espèce chimique colorée varie au cours du temps
- **la conductivité  $\sigma(t)$  au cours du temps**, dans le cas où la concentration d'un ou plusieurs ions varient au cours du temps.
- **la pression du mélange réactionnel P(t)**, cas où la quantité de matière de gaz varie au cours du temps.
- **le volume de gaz produit V(t)**, cas où la quantité de matière de gaz varie au cours du temps.

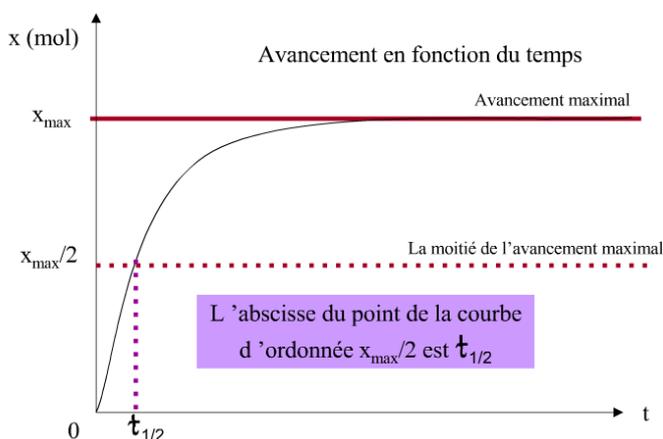
### 1.6. temps de demi-réaction $t_{1/2}$

**Le temps de demi-réaction, noté  $t_{1/2}$ , est la durée au bout de laquelle l'avancement est égal à la moitié de l'avancement final:**

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{\text{final}}}{2}$$

Pour déterminer graphiquement le temps de demi-réaction:

- tracer la courbe  $x(t)$
- déterminer graphiquement le point d'ordonnée  $x = x_{\text{max}}/2$ . Son abscisse est  $t = t_{1/2}$



Au bout d'une durée égale à quelques  $t_{1/2}$ , la réaction est terminée.