

Léonie RINGUEDE et Julien GUERET

Terminale générale spécialité (Élément imposé : mettre en évidence l'effet d'un catalyseur)

## Table des matières

1	Parties du programme concernées	1
2	Introduction didactique de la leçon	2
3	Introduction générale de la leçon	2
4	Proposition de plan	3
4.1	Cinétique chimique et évolution d'un système au cours du temps . . . . .	3
4.2	Comment influencer la durée d'une réaction ? . . . . .	3
5	Conclusion	3
6	Expériences illustratives et exploitation pédagogique	4
7	Remarques des correcteurs et réponses aux questions	5
8	Bibliographie	6

## 1 Parties du programme concernées

### 2. Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation

A) Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique

Cette partie prolonge l'étude de la modélisation macroscopique des transformations chimiques en abordant leurs caractéristiques cinétiques : vitesse volumique de disparition d'un réactif, vitesse volumique d'apparition d'un produit et temps de demi-réaction. La vitesse volumique, dérivée temporelle de la concentration de l'espèce, est privilégiée car elle est indépendante de la taille du système. L'approche expérimentale permet d'éclairer le choix d'un outil de suivi de la transformation, de mettre en évidence les facteurs cinétiques et le rôle d'un catalyseur, de déterminer un temps de demi-réaction et de tester l'existence d'une loi de vitesse. La « vitesse de réaction », dérivée temporelle de l'avancement de réaction, n'est pas au programme.

Les mécanismes réactionnels sont présentés comme des modèles microscopiques élaborés pour rendre compte des caractéristiques cinétiques par l'écriture d'une succession d'actes élémentaires. Les exemples de mécanismes réactionnels sont empruntés à tous les domaines de la chimie.

Les domaines d'application sont variés : santé, alimentation, environnement, synthèses au laboratoire ou dans l'industrie, etc.

Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) :	
Transformation modélisée par une réaction d'oxydo-réduction, schémas de Lewis, position dans le tableau périodique, électro-négativité, polarité d'une liaison.	
Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
<b>Suivi temporel et modélisation macroscopique</b> Transformations lentes et rapides. Facteurs cinétiques : température, concentration des réactifs. Catalyse, catalyseur.	Justifier le choix d'un capteur de suivi temporel de l'évolution d'un système. Identifier, à partir de données expérimentales, des facteurs cinétiques. Citer les propriétés d'un catalyseur et identifier un catalyseur à partir de données expérimentales. <i>Mettre en évidence des facteurs cinétiques et l'effet d'un catalyseur.</i>
Vitesse volumique de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit. Temps de demi-réaction.	À partir de données expérimentales, déterminer une vitesse volumique de disparition d'un réactif, une vitesse volumique d'apparition d'un produit ou un temps de demi-réaction. <i>Mettre en œuvre une méthode physique pour suivre l'évolution d'une concentration et déterminer la vitesse volumique de formation d'un produit ou de disparition d'un réactif.</i>
Loi de vitesse d'ordre 1.	Identifier, à partir de données expérimentales, si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1. <b>Capacité numérique :</b> À l'aide d'un langage de programmation et à partir de données expérimentales, tracer l'évolution temporelle d'une concentration, d'une vitesse volumique d'apparition ou de disparition et tester une relation donnée entre la vitesse volumique de disparition et la concentration d'un réactif.
<b>Modélisation microscopique</b> Mécanisme réactionnel : acte élémentaire, intermédiaire réactionnel, formalisme de la flèche courbe. Modification du mécanisme par ajout d'un catalyseur. Interprétation microscopique de l'influence des facteurs cinétiques.	À partir d'un mécanisme réactionnel fourni, identifier un intermédiaire réactionnel, un catalyseur et établir l'équation de la réaction qu'il modélise au niveau microscopique. Représenter les flèches courbes d'un acte élémentaire, en justifiant leur sens. Interpréter l'influence des concentrations et de la température sur la vitesse d'un acte élémentaire, en termes de fréquence et d'efficacité des chocs entre entités.

## 2 Introduction didactique de la leçon

Cette leçon a pour objectifs de transmettre des compétences nécessaires à la compréhension de la cinétique et catalyse chimique aux élèves de Terminale spécialité Physique-Chimie. Pour pouvoir comprendre les concepts mis en jeu ici, il est important pour eux de maîtriser plusieurs **pré-requis** :

- ▷ La notion de réactions acide/base et de réactions d'oxydoréduction (équilibre d'une réaction, tableau d'avancement, etc) doit être comprise car ces types de réactions seront le plus souvent étudiés pour la détermination de vitesses.
- ▷ La notion de titrage, de suivi pH-métrique/conductimétrique doit être également maîtrisée car ces techniques expérimentales vont permettre de remonter à la vitesse d'une réaction grâce à l'évolution temporelle des espèces mises en jeu.

Avec ces compétences en tête, les élèves pourront suivre plus facilement **le cours qui s'articule en deux grandes parties** :

- ▷ Ils seront alors capable de définir la notion de cinétique chimique et de savoir utiliser les outils nécessaires (temps de demi-réaction, vitesse volumique...) à la compréhension de ce nouveau chapitre. Le rôle des capteurs étant essentiels pour avoir des informations sur l'évolution temporelle des réactions, un exemple de suivi conductimétrique sera détaillé pour leur expliquer comment trouver une vitesse expérimentalement et pour leur permettre de mieux assimiler les définitions vues précédemment à travers un exemple concret.
- ▷ Ils seront par ailleurs capables d'identifier des facteurs cinétiques, d'interpréter le rôle de la température, des concentrations des réactifs et surtout le rôle des catalyseurs lors d'une réaction chimique, notamment grâce à des petites expériences illustratives.

## 3 Introduction générale de la leçon

Bonjour à tous, nous nous retrouvons aujourd'hui pour la suite du cours de Chimie qui va s'intéresser à un nouvel aspect de cette matière que nous n'avons pas encore abordé en détails et qui est pourtant essentiel à la compréhension d'une réaction chimique, celui de la cinétique chimique.

Produire ou subir un phénomène chimique, en fonction du domaine concerné, peut avoir des conséquences totalement différentes. Il est donc important de pouvoir contrôler la durée d'une réaction pour pouvoir influencer le déroulement du phénomène chimique en question : c'est en quoi consiste la cinétique chimique. Prenons deux exemples simples pour comprendre :

- ▷ Pour un industriel qui doit fournir une quantité importante de composés chimiques, il est important que le produit formé le soit rapidement pour pouvoir rester compétitif et se démarquer de la concurrence.
- ▷ D'autre part, pour un automobiliste, s'il ne veut pas que des composantes de sa voiture rouillent, il doit mettre en place certaines techniques pour diminuer la vitesse de ce phénomène.



Ainsi, les outils permettant de caractériser une vitesse de réaction sont précieux et il est important de connaître des facteurs pouvant l'influencer : ce sont les objectifs du cours aujourd'hui. Pour répondre à ces questionnements, je vous propose le plan suivant :

## 4 Proposition de plan

### 4.1 Cinétique chimique et évolution d'un système au cours du temps

#### ► Définitions et outils importants en cinétique

- ▷ Transformations lentes/rapides et nécessité d'un capteur.  
*(L'objectif est d'observer en direct une réaction lente et rapide (détaillées dans le paragraphe 6). On se demande alors quels sont les outils pour étudier la cinétique d'une réaction, d'où la sous-partie suivante).*
- ▷ Vitesses volumiques d'apparition et de disparition.
- ▷ Cas particulier : loi de vitesse d'ordre 1.
- ▷ Temps de demi-réaction.  
*(Pour obtenir les différentes vitesses et le temps de demi réaction, il faut connaître l'évolution de la concentration des espèces au cours du temps, il faut donc trouver des méthodes pour obtenir cette évolution, d'où la sous-partie suivante).*

#### ► Mesure de vitesse et évolution temporelle

- ▷ Liste exhaustive de suivi cinétique possible.
- ▷ Exemple concret : étude d'un suivi conductimétrique.  
*(Description brève des différentes méthodes (par spectroscopie, conductimétrie,..) + l'étude en direct de l'hydrolyse du tertiobutyle de chlorure pour illustrer la théorie, figure 2. On peut maintenant se demander s'il existe des facteurs qui permettent d'accélérer/diminuer durée d'une réaction, d'où la partie suivante).*

### 4.2 Comment influencer la durée d'une réaction ?

#### ► Différents facteurs cinétiques

- ▷ Théorie des collisions.  
*(Description de la théorie, ce qui nous amène à nous demander comment augmenter le nombre de choc entre espèces pour augmenter la vitesse de réaction).*
- ▷ Influence de la température.
- ▷ Influence des concentrations.  
*(Illustration de ces deux facteurs par l'animation GCBK (figure 3)).*

#### ► Les catalyseurs

- ▷ Définition d'un catalyseur.
- ▷ Expériences avec différents types de catalyseur.  
*(Définition des trois types de catalyses (homogène, hétérogène et enzymatique). L'objectif est d'illustrer les définitions et le rôle du catalyseur par trois petites expériences visuelles (dismutation de l'eau oxygéné, voir paragraphe 6).*

## 5 Conclusion

A l'issu de ce cours nous avons discuté du rôle de la cinétique chimique et nous avons vu qu'il y avait plusieurs outils pour caractériser et mesurer la vitesse d'une réaction. Par ailleurs, à l'aide d'une expérience simple de conductimétrie, nous avons pu illustrer toute la théorie avec un exemple concret. Dans un second temps, nous avons identifié les différents facteurs permettant d'influencer la durée d'une réaction, notamment en insistant à travers plusieurs expériences sur l'effet d'un catalyseur lors d'une réaction chimique.

Cependant, nous nous sommes surtout intéressé à l'effet d'un catalyseur à l'échelle macroscopique, sans savoir ce qu'il se passe étape par étape lorsqu'on l'introduit dans une réaction chimique. Ainsi, l'aspect microscopique et les notions de mécanisme réactionnel, expliqués à l'aide de la représentation des flèches courbes seront l'objet de notre prochain cours. Merci de m'avoir écouté.

## 6 Expériences illustratives et exploitation pédagogique

### -Expériences introductives et de suivi cinétique

#### ▷ Expériences introductives :

Réaction rapide : réduction du diiode par du thiosulfate de sodium.

Réaction lente : réduction du permanganate de potassium par de l'acide oxalique (vidéo).

Réactions détaillées dans l'édition Belin 1995 Chimie TS (pages 14 et 15).

<https://drive.google.com/drive/folders/13ANdNJNBWnaaQoTDev9mRGr659kcEfv?usp=sharing>

#### ▷ Suivi spectroscopique : (possible mais non détaillé dans ce cours)

**Résoudre des problèmes**

**24 Suivi cinétique de la décoloration des ions**  
 À la réaction entre les ions permanganate et l'acide oxalique on associe l'équation de réaction :

$$2\text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 5\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 (\text{aq}) + 6\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 10\text{CO}_2 (\text{aq}) + 14\text{H}_2\text{O} (\text{l})$$


Les ions permanganate étant colorés et absorbant dans le visible à  $\lambda = 540 \text{ nm}$ , il est décidé de faire un suivi spectrophotométrique de la réaction après avoir dressé la droite d'étalonnage  $A = f([\text{MnO}_4^-])$  qui a permis de trouver  $A = 2200 \times [\text{MnO}_4^-]$  (avec  $[\text{MnO}_4^-]$  en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

Une fois le spectrophotomètre réglé, on réalise à  $t = 0 \text{ s}$ , le mélange réactionnel suivant :

- 1 mL de solution ( $\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$ ) à  $2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 0,5 mL d'acide sulfurique  $2\text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$  à  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 1 mL d'acide oxalique  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 (\text{aq})$  à  $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

**Fig. 1** – Suivi spectroscopique de la décoloration des ions permanganates. Le protocole est donné sous forme d'exercice dans l'édition Belin 2020 Terminale spécialité Physique Chimie (page 108).

#### ▷ Suivi conductimétrique :

**III.1 Hydrolyse du chlorure de tertiobutyle assistée par ordinateur<sup>1</sup>**

$${}^t\text{Bu} - \text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons {}^t\text{Bu} - \text{OH} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$$

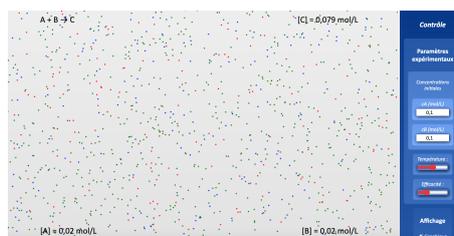
*Temps de manipulation : 2 h 30*

Matériel :	Produits :
- 1 conductimètre + sa cellule	- KCl (sol. aqueuse à $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )
- 1 bain thermostaté ( $50^\circ \text{C}$ max)	- acétone pur pour analyse
- 4 béchers 100 mL	- chlorure de tertiobutyle ( ${}^t\text{BuCl}$ )
- 1 erlenmeyer 50 mL	- eau permutée
- 1 micropipette 1 000 $\mu\text{L}$ + 1 cône	<b>Logiciel :</b>
- 1 thermomètre	- REGORPHY® (ORPHY GTS/REGRESSI)

**Fig. 2** – Suivi conductimétrique de la formation des ions  $\text{Cl}^-$  et  $\text{H}_3\text{O}^+$  lors de l'hydrolyse de chlorure de tertiobutyle. Le protocole est donné dans le Daumarie (page 71).

### -Comment modifier la vitesse d'une réaction chimique ?

#### ▷ Mise en avant de facteurs cinétiques :



**Fig. 3** – Animation GCBK, influence de la température et de la concentration à l'échelle microscopique.

#### ▷ Mise en avant d'un catalyseur :

Dismutation de l'eau oxygénée : 1) Sans catalyseur 2) Avec un catalyseur homogène (ions ferIII) 3) Avec un catalyseur hétérogène (fil de platine) 4) Avec un catalyseur enzymatique (radis).

## 7 Remarques des correcteurs et réponses aux questions

- *Faut-il agiter pendant un suivi conductimétrique ?* Non.
- *Pourquoi les termes stoechiométriques n'apparaissent-ils pas dans les définitions de vitesse ?* Il faut bien différencier vitesse d'apparition/disparition et vitesse globale d'une réaction.
- *Y a t il la notion d'acte élémentaire au programme ? les vitesses des actes élémentaires ?*  
Acte élémentaire oui, vitesse des actes élémentaires non.
- *Un exemple d'équation différentielle d'ordre 1 ?* Hydrolyse du  ${}^t\text{Bu} - \text{Cl}$ .
- *Que veut dire temps de réaction instantanée ? Temps petit devant le temps de réponse d'un capteur/pour être suivi à l'oeil nu. Quel ordre de grandeur de temps de détection des instruments ?*
- *Écrire ce la formule développée du  ${}^t\text{Bu} - \text{Cl}$ , cela peut être plus clair pour les élèves (mais déjà vu en TP). Le tertio butyle est-il présent au lycée ?* Officiellement non mais il est encore autorisé (un peu borderline niveau dangerosité).
- Plusieurs échanges de mots (difficulté écrire/parler en même temps).
- *Peux-tu faire un lien avec le nucléaire ? Mettrais-tu ce chapitre pas très loin ?* Oui avant, pour qu'ils découvrent une première fois la notion d'équation différentielle du 1er ordre.

### Remarques de la correctrice :

- **Mettre les lunettes quelque soit la manipulation effectuée.**
- Nom de la loi cinétique générale : loi de Van't Hoff  $v = k[A_i]^{\mu_i}$ , valable pour les actes élémentaires. *Comment sait-on s'il s'agit d'un acte élémentaire ou une équation bilan ?* Faire la différence entre un bilan macroscopique et microscopique.
- Dismutation de l'eau oxygénée  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{\text{aq}} + \text{O}_{2\text{g}}$ .
- Annonce des résultats expérimentaux : *comment exploiter le courbe ? Quelle valeur finale doit-on noter ?* Expliquer la marche à suivre (réticule, noter la valeur finale dans un intervalle, puis diviser par deux et noter le temps de demi réaction dans un intervalle. Attention aux chiffres significatifs.
- Précision des pipettes, utilisation d'une pipette jaugée. *Peut on utiliser une pipette jaugée pour des liquides organiques ?* On le fait en pratique même si c'est pas le plus précis.
- *tertio butyle de chlorure ou chlorure de tertio butyle ?* Quel nom selon la nomenclature IUPAC ? 2-chloro-2-méthylpropane.
- Méthode de suivi : *autres exemple (hors programme de terminale) de méthode de suivi cinétique ?* CCM (existe au niveau term mais qualitatif), suivi quantitatif ? Par suivi par aire sous les pics de RMN.
- *Pourquoi pouvait-on manipuler sans hotte ?* Les pictogrammes ne donnent pas assez d'information, compléter avec les fiches de renseignements CLP, voir annexe.

### Questions pédagogiques :

- *Quelle était l'utilité de la 1ère slide ? Pourquoi écrire la réaction du diiode ? Qu'est ce qui est vu en Terminale ou première sur l'oxydo-réduction ? La réaction est elle à connaître par coeur ?*
- *Pourquoi la première partie est-elle structurée ainsi ?*
- *Pourquoi d'abord définir la vitesse d'abord par dérivée puis par forme infinitésimale ?* la forme infinitésimale est utilisable pour un graphe donc on l'utilise à ce moment là. Correctrice : peut-être n'est-il pas évident pour les élèves que la dérivée et la forme infinitésimale sont identiques
- *Comment comprendre la loi de vitesse d'ordre 1 ?* La relation entre la vitesse de disparition et la concentration est linéaire (proportionnalité).
- *Comment structurer les TDs ?* Les TDs ont parfois leur place dans le cours (exercices résolus), il est important de consolider la théorie à travers la résolution de problèmes.
- *Pourquoi utiliser des formules générales R→P et pas des exemples ?* Pour appuyer sur le caractère général et pas de faire un cas une généralité. Par manque de temps il n'était pas possible de donner des exemples concrets.

- Les programmes demandent d'utiliser plutôt le terme d'**ajustement** (et non le terme d'équilibrage d'une réaction). On évite ainsi de confondre un équilibre chimique et une réaction équilibrée.
- *Qu'est ce que veut dire 10 volume ?* 10 litres d'oxygène actif seront dégagés d'un litre de peroxyde d'hydrogène.
- Geste technique : préparation de burette (lavage de la burette puis remplissage). Pour le lavage il faut laver avec au moins un tiers de burette. Vérifier les bulles avant de faire le zéro. Pas besoin d'entonnoir.

### **Bilan :**

- Aisance à l'oral, débit, tableau propre (ok) Manipulation : peut être mélanger 2 béchers plutôt que faire à la pipette pour le diiode et le thiosulfate.
- Compléments d'information sur les pictogrammes : phrase H et P sur la bouteille (H223, H235...) voir sur les fiches ICSC.
- Attention les pipettes ne sont en théorie calibrée sur pour les solutions aqueuses, en général on s'en fiche mais si on veut être précis on mesure la masse.
- Attention à l'écriture des indices au tableau  $H_{20}$ ,  $H_2O$ .
- Ne pas hésiter à faire les exemples au tableau et les généralisations sur des diapos. Être clair sur le fait que le contenu des diapos doit être écrit dans le cahier des élèves (ou bien donné en documents annexes).
- Pour la correctrice, le temps de demi réaction est plus simple à comprendre que la notion de dérivée (à placer avant dans le cours).
- Bien insister sur l'identification des problèmes des élèves (notamment dans l'introduction didactique).
- Insister sur le fait que la catalyse est omniprésente dans les mécanismes du corps humain.
- Introduction pédagogique un peu courte (1min37), ajouter une slide d'introduction sur les difficultés de la leçon (3 à trouver). Durée totale : 33min.

## **8 Bibliographie**

Les ouvrages utilisés pour l'écrire de la leçon sont essentiellement des livres de Terminale spécialité Physique-Chimie :

- ▷ *Terminale spécialité Physique-Chimie*, Hatier.
- ▷ *Terminale spécialité Physique-Chimie*, Le livre scolaire.
- ▷ *Terminale spécialité Physique-Chimie programme 2020*, Bordas.
- ▷ *Terminale spécialité Physique-Chimie BAC 2021*, Nathan.

Pour les autres ressources, que ce soit pour les protocoles d'expérience ou les animations, les références bibliographiques sont détaillées dans la partie consacrée plus haut.

Fin de la fiche synthèse.



# CLASSIFICATION ET ÉTIQUETAGE SELON LE RÈGLEMENT CLP

CLASSIFICATION			ÉTIQUETAGE			
Danger		Abréviation (sans mention H)	Pictogramme + code*	Mention d'avertissement	Mention de danger	
	Catégorie				Code*	Texte
Explosifs	Explosif instable	Unst. Expl.	 GHS 01	Danger	H200	Explosif instable
	Division 1.1	Expl. 1.1			H201	Explosif: danger d'explosion en masse
	Division 1.2	Expl. 1.2			H202	Explosif: danger sérieux de projection
	Division 1.3	Expl. 1.3			H203	Explosif; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection
	Division 1.4	Expl. 1.4		Attention	H204	Danger d'incendie ou de projection
	Division 1.5	Expl. 1.5	Pas de pictogramme	Danger	H205	Danger d'explosion en masse en cas d'incendie
	Division 1.6	Expl. 1.6	Pas de pictogramme	-	-	Pas de mention de danger
Gaz inflammables	Catégorie 1	Flam. Gas 1	 GHS 02	Danger	H220	Gaz extrêmement inflammable
	Catégorie 2	Flam. Gas 2	Pas de pictogramme	Attention	H221	Gaz inflammable
	Catégorie A	Chem. Unst. Gas A	Pas de pictogramme	-	H230	Peut exploser même en l'absence d'air
	Catégorie B	Chem. Unst. Gas B	Pas de pictogramme	-	H231	Peut exploser même en l'absence d'air à une pression et/ou une température élevées
Aérosols	Catégorie 1	Aérosol 1	 GHS 02	Danger	H222	Aérosol extrêmement inflammable
	Catégorie 2	Aérosol 2		Attention	H223	Aérosol inflammable
	Catégorie 3	Aérosol 3	Pas de pictogramme	Attention	H229	Réceptacle sous pression : peut éclater sous l'effet de la chaleur
Gaz comburants	Catégorie 1	Ox. Gas.	 GHS 03	Danger	H270	Peut provoquer ou aggraver un incendie; comburant
Gaz sous pression <sup>(1)</sup>	Gaz comprimé	Press. Gas	 GHS 04	Attention	H280	Contient un gaz sous pression; peut exploser sous l'effet de la chaleur
	Gaz liquéfié				H281	Contient un gaz réfrigéré; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
	Gaz liquéfié réfrigéré				H280	Contient un gaz sous pression; peut exploser sous l'effet de la chaleur
	Gaz dissous					

(1) = La classe de danger "Gaz sous pression" est sous-divisée en « groupes » (et non « catégories »)

# CLASSIFICATION ET ÉTIQUETAGE SELON LE RÈGLEMENT CLP

CLASSIFICATION			ÉTIQUETAGE			
Danger	Catégorie	Abréviations (sans mention H)	Pictogramme + code*	Mention d'avertissement	Mention de danger	
					Code*	Texte
Liquides inflammables	Catégorie 1	Flam. Liq. 1	 GHS 02	Danger	H224	Liquide et vapeurs extrêmement inflammables
	Catégorie 2	Flam. Liq. 2			H225	Liquide et vapeurs très inflammables
	Catégorie 3	Flam. Liq. 3			H226	Liquide et vapeurs inflammables
Solides inflammables	Catégorie 1	Flam. Sol. 1	 GHS 02	Danger	H228	Matière solide inflammable
	Catégorie 2	Flam. Sol. 2		Attention		
Substances et mélanges autoréactifs <sup>(2)</sup>  Peroxydes organiques	Type A	Self-react. A	 GHS 01	Danger	H240	Peut exploser sous l'effet de la chaleur
		Org. Perox. A				
	Type B	Self-react.. B	  GHS 01 + GHS 02	Danger	H241	Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur
		Org. Perox. B				
	Type C et D	Self-react. C&D	 GHS 02	Danger	H242	Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
		Org. Perox. C&D				
	Type E et F	Self-react. E&F	 GHS 02	Attention	H242	Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
Org. Perox. E&F						
Type G	Self-react. G	Pas de pictogramme	-	-	Pas de mention de danger	
	Org. Perox. G					
<sup>(2)</sup> Deux classes de dangers sont regroupées sous les mêmes catégories						
Liquides pyrophoriques	Catégorie 1	Pyr. Liq. 1	 GHS 02	Danger	H250	S'enflamme spontanément au contact de l'air
Matières solides pyrophoriques	Catégorie 1	Pyr. Sol. 1				
Substances et mélanges auto-échauffants	Catégorie 1	Self-heat. 1				
	Catégorie 2	Self-heat. 2	Attention	H252	Matière auto-échauffante en grandes quantités; peut s'enflammer	
Substances et mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables	Catégorie 1	Water-react. 1	 GHS 02	Danger	H260	Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
	Catégorie 2	Water-react. 2				
	Catégorie 3	Water-react. 3				
Matières solides et liquides comburants	Catégorie 1	Ox. Liq. 1	 GHS 03	Danger	H271	Peut provoquer un incendie ou une explosion; comburant puissant
		Ox. Sol. 1				
	Catégorie 2	Ox. Liq. 2		Danger	H272	Peut aggraver un incendie; comburant
		Ox. Sol. 2				
Catégorie 3	Ox. Liq. 3	Attention	H272	Peut aggraver un incendie; comburant		
	Ox. Sol. 3					
Substances ou mélanges corrosifs pour les métaux	Catégorie 1	Met. Corr. 1	 GHS 05	Attention	H290	Peut être corrosif pour les métaux

# CLASSIFICATION ET ÉTIQUETAGE SELON LE RÈGLEMENT CLP

CLASSIFICATION			ÉTIQUETAGE			
Danger		Abréviations (sans mention H)	Pictogramme + code*	Mention d'avertissement	Mention de danger	
	Catégorie				Code*	Texte
Toxicité aiguë	Catégorie 1	Acute Tox. 1	 GHS 06	Danger	H300	Mortel en cas d'ingestion
	Catégorie 2	Acute Tox. 2			H310	Mortel par contact cutané
	Catégorie 3	Acute Tox. 3			H330	Mortel par inhalation
	Catégorie 4	Acute Tox. 4	 GHS 07	Attention	H301	Toxique en cas d'ingestion
					H311	Toxique par contact cutané
					H331	Toxique par inhalation
Corrosion / Irritation cutanée	Catégorie 1A	Skin Corr. 1A	 GHS 05	Danger	H314	Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
	Catégorie 1B	Skin Corr. 1B				
	Catégorie 1C	Skin Corr. 1C				
	Catégorie 2	Skin Corr. 2	 GHS 07	Attention	H315	Provoque une irritation cutanée
Lésions oculaires graves/ irritation oculaire	Catégorie 1	Eye Dam. 1	 GHS 05	Danger	H318	Provoque des lésions oculaires graves
	Catégorie 2	Eye Dam. 2	 GHS 07	Attention	H319	Provoque une sévère irritation des yeux
Sensibilisation respiratoire/ cutanée	Sensibilisants respiratoires Catégorie 1 et sous- catégories 1A et 1B	Resp. Sens. 1 1A ou 1B	 GHS 08	Danger	H334	Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
	Sensibilisants cutanés Catégorie 1 et sous- catégories 1A et 1B	Skin. Sens. 1 1A ou 1B	 GHS 07	Attention	H317	Peut provoquer une allergie cutanée
Mutagénicité sur les cellules germinales	Catégorie 1 et sous- catégories 1A et 1B	Muta. 1, 1A ou 1B	 GHS 08	Danger	H340	Peut induire des anomalies génétiques <sup>(3)</sup>
	Catégorie 2	Muta. 2		Attention	H341	Susceptible d'induire des anomalies génétiques <sup>(3)</sup>
Cancerogénicité	Catégorie 1 et sous- catégories 1A et 1B	Carc. 1, 1A ou 1B	 GHS 08	Danger	H350 H350i	Peut provoquer le cancer <sup>(3)</sup> Peut provoquer le cancer en cas d'inhalation
	Catégorie 2	Carc. 2		Attention	H351	Susceptible de provoquer le cancer <sup>(3)</sup>
<sup>(3)</sup> = (indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conclut au même danger)						

# CLASSIFICATION ET ÉTIQUETAGE SELON LE RÈGLEMENT CLP

CLASSIFICATION			ÉTIQUETAGE			
Danger	Catégorie	Abréviations (sans mention H)	Pictogramme + code*	Mention d'avertissement	Mention de danger	
					Code*	Texte
Toxicité pour la reproduction	Catégorie 1 et sous-catégories 1A et 1B	Repr. 1, 1A ou 1B	 GHS 08	Danger	H360 <sup>(4)</sup> H360F <sup>(5)</sup> H360D <sup>(5)</sup> H360FD <sup>(5)</sup> H360Fd <sup>(5)</sup> H360Df <sup>(5)</sup>	Peut nuire à la fertilité ou au fœtus Peut nuire à la fertilité Peut nuire au fœtus Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au fœtus. Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus. Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité.
	Catégorie 2	Repr. 2			Attention	H361 <sup>(4)</sup> H361f <sup>(5)</sup> H361d <sup>(5)</sup> H361fd <sup>(5)</sup>
	Catégorie suppl. de danger pour les effets sur ou via l'allaitement	Lact.	Pas de pictogramme	-	H362	Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
<sup>(4)</sup> = (indiquer l'effet s'il est connu)(indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conclut au même danger) <sup>(5)</sup> F = Fertilité, D= Développement (lettre minuscule f, d = effet suspecté)						
Toxicité spécifique pour certains organes cibles (exposition unique)	Catégorie 1	STOT SE 1	 GHS 08	Danger	H370	Risque avéré d'effets graves pour les organes <sup>(6, 7)</sup>
	Catégorie 2	STOT SE 2		Attention	H371	Risque présumé d'effets graves pour les organes <sup>(6, 7)</sup>
	Catégorie 3	STOT SE 3	 GHS 07	Attention	H335	Peut irriter les voies respiratoires
		H336			Peut provoquer somnolence ou vertiges	
Toxicité spécifique pour certains organes cibles (exposition répétée)	Catégorie 1	STOT RE 1	 GHS 08	Danger	H372	Risque avéré d'effets graves pour les organes <sup>(6)</sup> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <sup>(7)</sup>
	Catégorie 2	STOT RE 2		Attention	H373	Risque présumé d'effets graves pour les organes <sup>(6)</sup> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <sup>(7)</sup>
<sup>(6)</sup> = (indiquer les organes affectés, s'ils sont connus) <sup>(7)</sup> = (indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conclut au même danger)						
Danger par aspiration	Catégorie 1	Asp. Tox. 1	 GHS 08	Danger	H304	Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires

# CLASSIFICATION ET ÉTIQUETAGE SELON LE RÈGLEMENT CLP

CLASSIFICATION			ÉTIQUETAGE			
Danger		Abréviation (sans mention H)	Pictogramme + code*	Mention d'avertissement	Mention de danger	
	Catégorie				Code*	Texte
Danger pour le milieu aquatique	Toxicité aigüe Catégorie 1	Aquatic Acute 1	 GHS 09	Attention	H400	Très toxique pour les organismes aquatiques
	Toxicité chronique Catégorie 1	Aquatic Chronic 1			H410	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
	Toxicité chronique Catégorie 2	Aquatic Chronic 2	Pas de pictogramme	-	H411	Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
	Toxicité chronique Catégorie 3	Aquatic Chronic 3			H412	Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
	Toxicité chronique Catégorie 4	Aquatic Chronic 4			H413	Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques
Danger pour la couche d'ozone	Catégorie 1	Ozone 1	 GHS 07	Attention	H420	Nuit à la santé publique et à l'environnement en détruisant l'ozone dans la haute atmosphère

\* = Le code rattaché au pictogramme et à la mention H n'a pas besoin d'être indiqué sur l'étiquette.

# Liste de matériel pour la leçon

## Expérience : suivi conductimétrique

### Hydrolyse de chlorure de tertiobutyle

Produits	Matériel
Pissette d'acétone	Bain thermostaté
Solution pure de chlorure de tertiobutyle	Conductimètre
	Thermomètre

## Expérience : suivi spectroscopique

### Réaction Permanganate de potassium + acide oxalique

Produits	Matériel
Solution acide oxalique (C = 0.005 mol. L <sup>-1</sup> ) (On diluera celle de l'expérience intro 2)	Spectrophotomètre UV
Solution acide sulfurique (C = 1 mol. L <sup>-1</sup> )	
Solution permanganate de potassium (C = 0.002 mol. L <sup>-1</sup> ) (On diluera celle de l'expérience intro 2)	

## Expérience intro 1 (réaction rapide)

### Réduction du diiode par du Thiosulfate de sodium

Produits
Solution brune de diiode (C = 0.05 mol. L <sup>-1</sup> )
Solution de thiosulfate de sodium (C = 0.1 mol. L <sup>-1</sup> )

## Expérience intro 2 (réaction lente)

### Réduction du permanganate de potassium par acide oxalique

Produits
Solution acide oxalique (C = 0.1 mol. L <sup>-1</sup> )
Solution H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> à 25%
Solution permanganate de potassium (C = 0.02 mol. L <sup>-1</sup> )

## Expérience avec catalyseurs

### Dismutation de l'eau oxygénée H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Produits	Matériel
Solution d'eau oxygénée H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (C = 0.25 mol. L <sup>-1</sup> )	Rondelle platine/fil de platine
Solution de chlorure de fer III (C = 1 mol. L <sup>-1</sup> )	
Quelques bouts de radis	