

LC8 Titre : Cinétique et catalyse (Lycée)

Présentée par : Mathieu Markovitch

Correcteur : Clément Guibert

Date : 01/10

## Compte-rendu de leçon de chimie correcteur

### Rappels de définitions, concepts à aborder lors de la leçon :

Extrait du programme de spécialité Physique-Chimie de terminale générale

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

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, électronégativité, 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.  Vitesse volumique de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit. Temps de demi-réaction.	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> 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>Modélisation microscopique</b>	<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.
Mécanisme réactionnel : acte élémentaire, intermédiaire réactionnel, formalisme de la flèche courbe.	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.
Modification du mécanisme par ajout d'un catalyseur.	Représenter les flèches courbes d'un acte élémentaire, en justifiant leur sens.
Interprétation microscopique de l'influence des facteurs cinétiques.	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.

Le programme étant bien détaillé, il me semble fournir tous les éléments qu'il possible et probablement souhaitable d'aborder. À mon avis, la partie modélisation microscopique n'est pas le cœur de cette leçon et il vaut mieux garder du temps pour bien présenter et analyser des résultats expérimentaux plutôt que de passer du temps sur cet aspect.

Un plan naturel pour ce genre de cours peut consister à introduire le principe de vitesse d'une réaction en définissant les grandeurs associées, de mettre en évidence expérimentalement un ou plusieurs facteurs cinétiques puis d'analyser quantitativement des données expérimentales et enfin de les faire coïncider à un calcul formel pour l'ordre 1. Enfin, une partie culturelle sur les catalyseurs permet d'achever la contextualisation de ce chapitre et de finir sur une partie où les exemples sont légion et où vous introduisez vos pions pour guider la discussion à suivre.

À propos de l'ordre 1, la compétence associée est exprimée de manière assez alambiquée mais, maintenant que la résolution des équations différentielles linéaires du premier ordre est revenue aux programmes de mathématiques aussi bien de spécialité que d'option complémentaire, vous pouvez à mon avis vous sentir libres de traiter le développement mathématique complet de l'ordre de 1, en prenant bien garde néanmoins à garder le formalisme de résolution vu en mathématiques (plutôt que la méthode de résolution moins rigoureuse vue habituellement en chimie).

Enfin, les désintégrations radioactives pourraient également être abordées mais il me semble qu'elles nécessitent trop de concepts particuliers pour rentrer véritablement dans le cadre de cette leçon : elles seront plutôt une occasion ultérieure de réinvestir les compétences acquises au cours de ce chapitre.

### Avis sur le plan proposé, choix des exemples et des expériences :

Le plan proposé m'a semblé assez logique et équilibré dans l'ensemble mais un peu léger dans le contenu (notamment en terme de temps passé), et il lui manquait le traitement quantitatif de l'ordre 1 pour entrer véritablement dans l'optique du nouveau programme, ce qui aurait ainsi permis d'intégrer complètement le formalisme de l'expression de la vitesse et des grandeurs associées.

Le choix et la place des expériences est évidemment cruciale dans l'évaluation de la leçon de chimie, comme le rappelle le rapport de jury chaque année, voir par exemple l'extrait suivant du rapport de la session 2019.

Le jury attire l'attention des candidats sur la place et le rôle des expériences au sein d'une leçon. La leçon de chimie doit contenir **la réalisation et l'exploitation d'expériences**. Les expériences doivent **présenter un intérêt didactique pour la leçon** et être présentées à l'oral de manière précise et argumentée. **Le positionnement d'une expérience avant ou après l'introduction d'une notion doit être mûrement réfléchi**. Les expériences choisies doivent s'inscrire dans une **démarche pédagogique** pour valider ou construire un modèle. L'analyse des sources d'erreurs potentielles et une évaluation de l'incertitude sur le résultat doivent être plus souvent présentées. **Les expériences** doivent également permettre aux candidats de mettre en valeur leurs compétences expérimentales.

Ici, Le choix des expériences était judicieux, notamment en utilisant une même réaction comme support de plusieurs expériences, mais l'étude qualitative de la dissolution de sucre dans du café dans différentes conditions était peu convaincante du fait du manque de visibilité en solution. Une expérience dans une solution moins absorbante comme un thé léger pourrait peut-être permettre une meilleure observation.

### **Remarques sur des points spécifiques de la leçon :**

Veillez à bien le préciser quand vous faites l'hypothèse qu'une réaction est totale. Les notions d'équilibre et de réaction non totale font partie des difficultés majeures rencontrées par les élèves en terminale, être bien clair là-dessus quand vous traitez cette leçon vous permettra de bien valoriser votre pédagogie.

Quand vous montrez une animation décrivant ce qui se passe en solution au niveau microscopique, prenez bien le temps de bien décrire tous les éléments qui sont représentés.

Il faut mettre en avant au moins une exploitation quantitative complète de résultats expérimentaux, ce qui se prépare soigneusement en amont pour ne pas être débordé en cas d'imprévu pendant la démonstration des expériences.

Il me semble préférable de faire référence aux principes de la *chimie verte* (à avoir lus) qu'à l'écologie.

Attention à avoir assez de culture sur les exemples que vous utilisez en conclusion, le jury rebondira très probablement dessus.

### **Discussion sur les manipulations présentées au cours du montage (objectifs de l'expérience, phases de manipulations intéressantes, difficultés théoriques et techniques) :**

#### Expérience 1 : Réactions rapide et lente de $I^-$ avec $Ag^+$ ou $S_2O_8^{2-}$

Expérience qualitative et, à mon avis, tout à fait appropriée pour introduire les notions de vitesses lente et rapide, d'autant qu'une des deux réactions sera réutilisée ensuite. Il n'est à mon avis pas gênant que les élèves n'aient pas encore vu la rédox ou la précipitation, ils peuvent tout de même comprendre les équations bilans !

Cela vaut le coup dès cette étape de bien identifier les espèces colorées, pour faciliter la discussion sur Beer-Lambert ensuite. D'ailleurs, il me semble préférable de bien schématiser ces expériences qualitatives pour montrer que vous fournissez aux élèves une façon de prendre en note les observations faites en cours.

#### Expérience 2 : Dissolution de sucre dans du café

Expérience qualitative plutôt originale et très contextualisée mais qui souffre selon moi d'un défaut principal : les observations sont vraiment difficiles à faire !

**Expérience 3 :** suivi cinétique par spectrophotométrie de ma réaction de  $I^-$  avec  $S_2O_8^{2-}$

Suivi quantitatif dont on peut et doit faire une analyse complète ensuite. Lien avec l'expérience introductive intéressant. Il faut être capable de justifier le choix de la longueur d'onde de mesure : montrer un spectre de l'espèce étudiée est généralement le meilleur des arguments !

Remarque : il serait mieux de thermostatier la cellule de mesure pour faire une mesure de suivi cinétique propre. Si ça n'est pas possible le jour J avec l'équipement disponible, essayez de garder ce point en tête !

**Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté :**

*Un élève rentre en classe avec un bandana particulier autour des cheveux. Vous pensez qu'il pourrait s'agir d'un symbole religieux. Que faites-vous ?*

Question sur la laïcité, bien traitée dans la fiche 3 du vademecum joint. Tous les cas pratiques ne sont évidemment pas à connaître par cœur, mais ils répondent tous à des principes communs qu'il est bon d'avoir en tête pour répondre aux questions.

Par ailleurs, la question plus générale du port de la casquette ou d'une capuche en classe, par exemple, est précisée par le règlement intérieur de chaque établissement, dans les limites d'une tenue acceptable sont souvent définies.

Documents joints : Vademecum de la laïcité à l'école et Circulaire relative à la loi de 2004.

**Propositions de manipulations – Bibliographie :**

Oxydation de l'ion tartrate par  $H_2O_2$  catalysée par  $Co(II)$  (Artero)

Déshydratation/déshydrogénation de l'éthanol sur alumine/cuivre (expérience à l'ancienne (Souil/Blanchard))

Le photochromisme pour illustrer des notions de cinétique en terminale scientifique (BUP), d'où était tirée la vidéo montrée en correction de leçon.

Modèles simples montrant l'effet de la température (niveau Terminale) :

[https://pccl.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/lycee/terminale\\_TS/facteur\\_cinetique\\_temperature.htm](https://pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/terminale_TS/facteur_cinetique_temperature.htm)

Exemples de catalyseurs, dont la catalase du navet (niveau Terminale) :

<https://www.youtube.com/watch?v=MX1PFJxHV1s&feature=youtu.be>

## Complément : programme de spécialité sur les désintégrations radioactives :

### B) Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

Les transformations nucléaires, introduites en classe de seconde, sont réinvesties dans l'enseignement scientifique en classe de première où sont abordés, de manière qualitative ou graphique, le caractère aléatoire de la désintégration de noyaux radioactifs et la décroissance de l'activité d'un échantillon. En classe terminale, il s'agit de passer de l'étude limitée au cas de durées discrètes (multiples entiers du temps de demi-vie) à une loi d'évolution d'une population de noyaux régie par une équation différentielle linéaire du

premier ordre. Cette partie permet de réinvestir la notion d'isotope, d'utiliser le diagramme (N,Z), d'identifier le type de radioactivité et d'écrire des équations de réaction de désintégration. Des applications peuvent être proposées dans les domaines de l'archéologie, de la santé, de la médecine, du stockage des substances radioactives, de la protection, etc.

#### Notions abordées en classe de seconde (enseignement commun de physique-chimie) et de première (enseignement scientifique) :

Composition du noyau d'un atome, symbole  ${}^A_ZX$ , isotopes, transformation nucléaire, aspects énergétiques des transformations nucléaires (Soleil, centrales nucléaires), caractère aléatoire de la désintégration radioactive, temps de demi-vie, datation, équivalence masse-énergie, fusion de l'hydrogène dans les étoiles.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Décroissance radioactive</b> Stabilité et instabilité des noyaux : diagramme (N,Z), radioactivité $\alpha$ et $\beta$ , équation d'une réaction nucléaire, lois de conservation. Radioactivité $\gamma$ . Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs ; constante radioactive ; loi de décroissance radioactive ; temps de demi-vie ; activité. Radioactivité naturelle ; applications à la datation. Applications dans le domaine médical ; protection contre les rayonnements ionisants.	Déterminer, à partir d'un diagramme (N,Z), les isotopes radioactifs d'un élément. Utiliser des données et les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire et identifier le type de radioactivité. Établir l'expression de l'évolution temporelle de la population de noyaux radioactifs. Exploiter la loi et une courbe de décroissance radioactive. <b>Capacité mathématique</b> : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants. Expliquer le principe de la datation à l'aide de noyaux radioactifs et dater un événement. Citer quelques applications de la radioactivité dans le domaine médical. Citer des méthodes de protection contre les rayonnements ionisants et des facteurs d'influence de ces protections.

LC 6 Titre : Cinétique et catalyse

Présentée par : Mathieu Markovitch

Correcteur : Clément Guibert

date : 01/10/20

## Compte rendu leçon élève

Bibliographie de la leçon :			
Titre	Auteurs	Editeur (année)	ISBN
Physique-Chimie Terminale S		Hachette (2012)	
Chimie Tout-en-un PCSI		Dunod	
100 manipulations de chimie générale et analytique	J. Mesplède, J. Randon	Bréal (2004)	
Chimie verte : Concepts et applications	J. Augé, M-C. Scherrmann	CNRS (2016)	

Plan détaillé
<p><u>Niveau choisi pour la leçon</u> : lycée</p> <p><u>Prérequis</u> : Notion d'avancement, réactions d'oxydo-réduction, spectrophotométrie</p> <p><i>Intro</i> : définition de la cinétique (étude de la vitesse des réactions chimiques)</p> <p><i>I – Durée d'une réaction et facteurs cinétiques</i></p> <p>1) <i>Réaction lente et réaction rapide</i></p> <p>définitions : durée d'une réaction (l'avancement atteint sa valeur maximal, le système est à l'équilibre)</p> <p>réaction lente &amp; rapide : critère si visible à l'oeil nu (<math>t &gt; 0.1</math> s) la réaction est lente. Sinon elle est rapide.</p> <p>Notion introduite par deux petites manipulations (exp 1 et 2)</p> <p>2) <i>Facteurs cinétiques</i></p> <p>Paramètres influant la cinétique :</p> <p>Température</p>



Surface de contact (si les réactifs sont dans des phases différentes)

Concentration en réactifs

illustré par des simulations & petite manip (exp 3)

## II- Suivi cinétique

### 1) Principe

définitions

suivi cinétique : suivi expérimental de l'évolution d'une concentration en réactif ou en produit au cours d'une réaction.

méthode chimiques (prélèvements du milieu réactionnel, trempe chimique et titrage)

méthode physique (suivre une grandeur physique reliée simplement aux concentrations comme l'absorbance, la conductimétrie, la pression)=> plus pratique

détails spectrophotométrie, dessin spectre, allure de la courbe  $A(t)$  attendue

loi de Beer-Lambert  $A = l \epsilon c$  car une seule espèce coloré

définition : temps de demi-réaction (temps auquel l'avancement est la moitié de l'avancement maximal)

### 2) Suivi par spectrophotométrie (exp 4)

## III – Catalyse

### 1) Définition

Un catalyseur est une espèce capable d'accélérer une réaction. Le catalyseur n'apparaît pas dans le bilan de la réaction.

### 2) Différents types de catalyse

Homogène ; le catalyseur est dans la même phase que les réactifs

Hétérogène : le catalyseur est dans une phase différente

Enzymatique : le catalyseur est une enzyme

illustré par une manip (exp 5)

tableau : Avantages/inconvénients pour chacune

	Homogène	Hétérogène	Enzymatique
Avantages	Facile & efficace	Catalyseur facile à récupérer	Peu chère, écologique, sélective
Inconvénients	Catalyseur difficile à récupérer	Chère (métaux nobles)	Sélective

*Conclusion* : exemples & applications

Le sucre dans le café

Conservation des aliments

Autocuiseur

Photosynthèse et mûrissement (catalyse par des photons)

Transformation (lente) des diamants en graphite à l'échelle géologique

Pot d'échappement catalytique

### Questions posées

Pourquoi le carbone diamant se transforme en graphite ? Le graphite est plus stable à pression / température ambiante.

Le carbone diamant prend des milliers d'années à se transformer en graphite ? des milliards d'année ?

Tout le graphite vient du diamant ? Pourquoi il y a encore du carbone diamant si tout le graphite vient du diamant ?

Comment obtenir des diamants ? Quels sont leurs usages ? Extraction minière (décoratif), synthèse (fabrication de foreuses, fraises de dentistes...)

Quelle est le type de catalyse mis en jeu dans la photosynthèse ? Quelle est le bilan de cette réaction ? Catalyse par la lumière (photons). Sans lumière, la réaction n'est pas possible (blocage cinétique)

C'est quoi la chlorophylle ?

Quels sont les deux types de réactions qui jouent dans la photosynthèse ? (Énergie +  $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$  soit  $6 \text{ CO}_2$  est réduit en  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  et  $6 \text{ H}_2\text{O}$  est oxydé en  $6 \text{ O}_2$  cf Campbell Biologie ed 9 page 211)

A-t-on des utilisations de catalyse dans la cuisine ?

Comment choisit-on un catalyseur ? Pourquoi choisit-on un catalyseur hétérogène ? enzymatique ? Vraiment les catalyseurs enzymatiques sont peu coûteux ? Pourquoi ? D'où viennent-elles ?

Pourquoi placer la leçon au niveau lycée ? A-t-on couvert tout le programme ? Notions au programme dans les options sciences (terminal S plus d'actualité). Il y a d'autres techniques de suivi au programme (conductimétrie et méthodes chimiques).

Du point de vue programme et de la leçon, à t-on tout couvert ce qui est faisable en terminale ? Sont-ils faisables au lycée ? Peut-on faire plus ?

L'explication de la forme de  $A(t)$  est-elle au programme ? Hors programme lycée (niveau L1/1ère année CPGE) même si les élèves ont les outils mathématiques (équation différentielle).

Forme de la courbe de transmittance ? ( $T = I/I_0$ )

Comment choisir la longueur d'onde pour mesurer  $A$  ? Comment préparer le spectrophotomètre ? Faire un spectre et se placer au maximum d'absorbance car les erreurs pour un faisceau non exactement monochromatique y sont moins grandes.

Présente moi la forme du spectre au tableau.

Pourquoi ne pas avoir pris exactement au pic ? Pourquoi se place-t-on au maximum d'absorbance ? Il y a-t-il une incertitude sur la longueur d'onde lue au spectrophotomètre ? ( $\Delta \lambda$  par le spectre, l'absorbance de l'iode varie peu autour du pic)

$\epsilon$  est tabulé de quoi dépend-t-il ? De la longueur d'onde, du solvant

La réaction « n'évolue plus » à  $x_f$ , commenter : Le système est à l'équilibre

Le temps de demi-réaction ne correspond pas forcément à la consommation de la moitié du



réactif limitant (cas où la réaction n'est pas totale)

La notion de réaction totale est-elle au programme ? Oui en terminale spécialité sciences

### Commentaires

Du temps perdu sur les expériences

Bien exploiter les résultats des expériences quantitatives

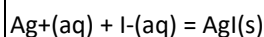
Bonne gestion du tableau, on voit la progression dans le plan

Manip fil rouge (iodure et peroxodisulfate) : très bonne idée

#### **Expérience 1 - Titre :** Précipitation de AgI

##### **Référence complète :**

Équation chimique et but de la manip :



Exemple de réaction rapide

Modification par rapport au mode opératoire décrit : Aucune

Commentaire éventuel : La précipitation est rapide

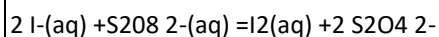
Phase présentée au jury : Toute la manipulation

Durée de la manip : 30 s

#### **Expérience 2 - Titre :** Oxydation des ions iodure par les ions peroxodisulfate

##### **Référence complète :**

Équation chimique et but de la manip :



Exemple de réaction lente

Modification par rapport au mode opératoire décrit : Aucune

Commentaire éventuel :

La tente jaune du diiode met du temps à apparaître (on peut revenir plus tard sur cette manipulation)

Phase présentée au jury : Toute la manipulation

Durée de la manip : 30s

**Expérience 3 - Titre :** Dissolution du sucre dans le café

**Référence complète :**

Équation chimique et but de la manip :  $C_{12}H_{22}O_{11} (s) = C_{12}H_{22}O_{11} (aq)$

Dissolution d'un morceau de sucre dans du café froid

Dissolution d'un morceau de sucre dans du café chaud

Dissolution du sucre en poudre dans du café chaud

Pour montrer l'influence des facteurs cinétiques

Modification par rapport au mode opératoire décrit : Aucune

Commentaire éventuel :

On ne boit pas !!!!

Chauffer l'eau à l'avance

Phase présentée au jury :

Durée de la manip : 2 min

**Expérience 4- Titre :** Oxydation des ions iodures par le peroxodisulfate, suivi par spectrophotométrie

**Référence complète :** Mesplède

Équation chimique et but de la manip :

$2 I^{-}(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2 S_2O_4^{2-}$

Exemple de suivi cinétique, remonter au temps de demi-réaction avec la courbe d'absorbance

Modification par rapport au mode opératoire décrit : Aucune

Commentaire éventuel : Faire le blanc à l'avance

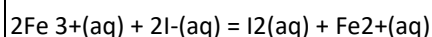
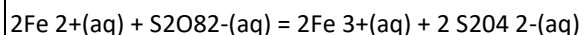
Phase présentée au jury : Suivi cinétique après le blanc

Durée de la manip : 10 min

**Expérience 5 - Titre :** Oxydation des ions iodures par le peroxydisulfate, suivi par spectrophotométrie, catalysée par le fer(II)

**Référence complète :** Mesplède

Équation chimique et but de la manip :



Exemple de catalyse homogène

Modification par rapport au mode opératoire décrit : on a refait la solution de Fe(II) car le sel de Mohr était contaminé par du Fe(III) qui oxydait directement les ions iodures

Commentaire éventuel : Attention aux concentrations des solutions. Mettre côte à côte la réaction avec et sans catalyseur et attendre que l'effet soit visible

Phase présentée au jury :

Durée de la manip : 2 min

### Compétence « Autour des valeurs de la République et des thématiques relevant de la laïcité et de la citoyenneté »

**Question posée :** Des élèves viennent en cours avec un « bandana particulier » dont on n'est pas certain qu'il s'agisse d'un signe religieux

**Réponse proposée :**

Rappel de la loi sur les signes religieux ostentatoires

Dialoguer avec l'élève pour comprendre la signification

**Commentaires du correcteur :**

Dialogue

Expliquer le but de la laïcité, neutralité religieuse, liberté de conscience

Règlement intérieur