

CHM 103
Transformation de la matière
Laboratoire #3 :
Cinétique chimique

1. Introduction

Une réaction chimique est représentée par une équation identifiant les réactifs et les produits de la réaction de même que leurs rapports stœchiométriques, mais rien n'indique si la réaction est rapide ou lente. Une réaction peut se dérouler en une fraction de seconde (un indicateur avec un acide ou une base) ou prendre des années (l'oxydation du cuivre sur les toits).

L'étude de la cinétique permet de déterminer l'influence de paramètres expérimentaux tels que la concentration des réactifs, la température, etc. sur la vitesse de la réaction.

Dans ce laboratoire, nous allons suivre la réaction de la phénolphtaléine avec l'ion hydroxyde en milieu basique. La phénolphthaléine est un indicateur couramment utilisé en chimie pour des titrages acido-basiques. Elle est incolore en milieu acide (**Figure 1, forme In**) et elle devient rose en milieu légèrement basique (**Figure 1, forme In²⁻**).

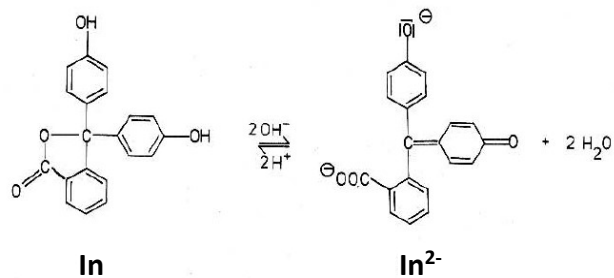


Figure 1. Réaction de changement de couleur de la phénolphthaléine de pH 8.2 à 10.

Source: Wittke, G. (1983). *J. Chem. Educ.* 60(3), 239.

Habituellement, le titrage est arrêté dès qu'apparaît la coloration rose dans la solution, car on sait qu'à ce point, tout l'acide a été neutralisé. Cependant, si on poursuit l'addition de la base (OH⁻) au point de dépasser le pH 11, la phénolphthaléine capte un ion OH⁻ (**Figure 2, forme In³⁻**) pour devenir incolore, mais cette réaction est lente dans les conditions normales.

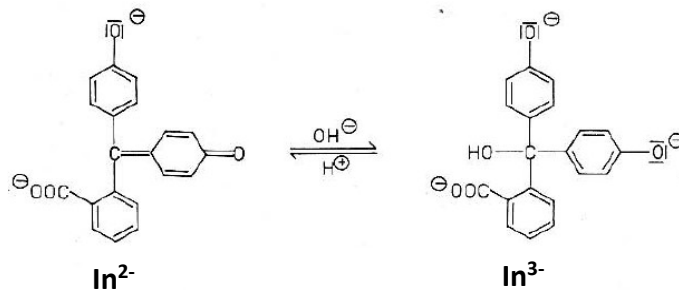


Figure 2. Réaction de changement de couleur de la phénolphthaléine à pH 11.

Source: Wittke, G. (1983). *J. Chem. Educ.* 60(3), 239.

CHM 103

Transformation de la matière

Cette réaction peut s'écrire :



Si la concentration initiale des ions hydroxydes est beaucoup plus grande que celle de la phénolphthaléine alors $[OH^{-}]$ ne changera pratiquement pas durant la réaction et l'équation de la loi de vitesse peut s'écrire ainsi :

$$v = k_1 [In^{2-}]^n \quad (\text{Équation 2})$$

où :

$$k_1 = k[OH]^{-m} \quad (\text{Équation 3})$$

La constante k_1 est appelée une pseudo-constante de vitesse.

L'ordre d'une réaction peut seulement être déterminé de façon expérimentale. Dans cette expérience, vous allez vérifier si l'ordre de réaction n de $[In^{2-}]$ est zéro, un ou deux.

Pour atteindre cet objectif, vous suivrez la vitesse de cette réaction en mesurant le niveau de rose de la réaction par l'absorbance de celle-ci à $\lambda = 565 \text{ nm}$. Comme l'absorbance est proportionnelle à $[In^{2-}]$, vous pourrez donc déterminer l'ordre de réaction n de $[In^{2-}]$ en construisant les graphiques des lois de vitesse intégrées pour l'ordre zéro, un et deux en utilisant l'absorbance à la place de $[In^{2-}]$. Vous aurez à produire les trois graphiques. L'ordre n sera déterminé par celui qui vous donnera la meilleure droite. Une fois que vous aurez déterminé n , vous pourrez alors trouver k et m .

CHM 103
Transformation de la matière

2. Partie expérimentale

2.1. Matériel

- Spectrophotomètre avec 4 cuvettes
- Chronomètre
- Fioles jaugées de 50 mL (2×) et de 10 mL (1×)
- Pipettes volumétriques de 5 mL (1×), de 10 mL (1×), de 25 mL (1×), de 8 mL (1×) et de 3 mL (1×)
- Poire à pipette
- Béchers de 50 mL (1×), de 100 mL (1×) et de 250 mL (1×)
- Kim-wipe
- Pipette automatique (30 µL)

2.2. Solutions

- 75 mL de NaOH (0,200 M)
- 75 mL de NaCl (0,200 M)
- Phénolphtaléine (solution de 0,1 %)

2.3. Préparation des solutions de NaOH

1. Avant de commencer vos expériences, conditionnez les fioles avec la solution de NaCl et les pipettes avec la solution de NaOH. Demandez de l'aide à votre démo pour cette étape de conditionnement.
2. Pour déterminer l'ordre de réaction en fonction de la concentration de l'ion hydroxyde (OH⁻), vous allez utiliser quatre solutions:
 - a. Solution A: [NaOH]= 0,200 M
 - b. Solution B: [NaOH]= 0,160 M
 - c. Solution C: [NaOH]= 0,100 M
 - d. Solution D: [NaOH]= 0,060 M.
3. La solution A est déjà préparée.
4. Pour préparer les solutions B à D, vous devez utiliser un volume de la solution A et ensuite compléter le volume à la jauge avec la solution de NaCl. Ceci est nécessaire parce que la cinétique est affectée par la concentration des ions en solution, les solutions B à D vont être diluées avec une solution de NaCl de façon à maintenir la force ionique, c.-à-d. la concentration des ions) constante dans toutes les solutions.
5. Faites valider les volumes des fioles des pipettes que vous allez utiliser pour préparer ces solutions par votre démo.
6. Faites attention avec l'effet parallaxe lorsque vous ajustez le volume à la jauge. Mettez le bouchon, agitez bien (en inversant plusieurs fois la fiole) et identifiez la fiole adéquatement.

CHM 103

Transformation de la matière

2.4. Mesure de la vitesse de réaction

1. Vous allez mesurer les changements d'absorbance de chaque solution après ajout de phénolphthaléine.
2. D'abord, ajustez le spectrophotomètre à $\lambda = 565 \text{ nm}$ et en mode absorbance. Ne plus toucher le dispositif d'ajustement de la longueur d'onde.
3. Avant de faire chaque mesure, vous devez toujours faire un blanc.
4. Pour le blanc, remplissez la cuvette avec 3 mL de solution en utilisant la pipette de 3 mL préalablement lavée et séchée. Insérez la cuvette dans l'appareil. Fermez le clapet et attendez 3 min pour que la température de la solution se stabilise.
5. Appuyez sur le bouton "0.00" pour faire le blanc.
6. Sortez la cuvette, ajoutez 30 μL de phénolphthaléine à l'aide de la pipette automatique (demandez de l'aide de votre démo pour faire cette étape), bouchez la cuvette avec un bouchon, agitez vigoureusement pendant 5 secondes, essuyez les parois de la cuvette avec un Kim-wipe, assurez-vous de ne pas avoir de bulles dans la solution et remettez-la dans l'appareil. Assurez-vous de bien orienter la cuvette dans la bonne direction de la chambre de mesure.
7. Partez le chronomètre.
8. Prenez des mesures d'absorbance toutes les 10 secondes et inscrivez-les dans votre cahier de labo. Prévoyez au moins 8 min (480 s) par essai.
9. Refaites les étapes 3 à 8 avec les solutions B, C et D. Vérifiez que la longueur d'onde est toujours à 565 nm.

2.5. Traitement de données

1. Pour chacune des solutions, tracez les 3 graphiques nécessaires pour identifier les réactions d'ordre 0, 1 et 2. Obtenez le coefficient de détermination pour chacun (R^2), la pente de la droite et son incertitude et notez vos résultats dans un tableau sommaire. Ajustez le nombre de chiffres significatifs en fonction de l'erreur.
2. À l'aide des résultats obtenus au numéro précédent, déterminez l'ordre n pour la loi de vitesse de l'équation 2, ainsi que la pseudo-constante de vitesse k_1 et notez-les dans un tableau sommaire. Ne pas oublier d'indiquer les unités de k_1 .
3. Dans l'introduction, l'équation 3 est utilisée pour définir la pseudo-constante de vitesse. Si nous prenons le logarithme de cette équation, nous obtenons :

$$\log(k_1) = m \log[\text{OH}^-] + \log(k) \quad (\text{Équation 4})$$

4. Tracez le graphique de $\log(k_1)$ en fonction de $\log[\text{OH}^-]$. La pente de ce graphique sera égale à m , l'ordre de la réaction par rapport à $[\text{OH}^-]$ et l'ordonnée à l'origine sera égale à la constante de vitesse réelle, k . Notez ces valeurs dans un tableau sommaire. N'oubliez pas de donner les unités de k .

CHM 103

Transformation de la matière

3. Préparation avant le laboratoire (dans votre cahier de laboratoire) [5% de la note de l'expérience de laboratoire]

- Effectuez une recherche sur la loi de Beer-Lambert. Notez sur votre cahier:
 - L'équation de cette loi et identifiez les variables
 - Expliquez brièvement cette loi dans vos propres mots
 - Indiquez son importance pour la validité des résultats de votre expérience (au moins 5 lignes)
- Calculez les volumes de la solution $[\text{NaOH}] = 0,200 \text{ M}$ et $[\text{NaCl}] = 0,200 \text{ M}$ que vous devez utiliser pour préparer les solutions B, C et D
- Coller votre protocole dans votre cahier de laboratoire.

4. Rapport de laboratoire [90 % de la note de l'expérience de laboratoire]

Le rapport de laboratoire devrait être simple et concis (1 par équipe) et contenir les sections suivantes :

- Page titre
- Résumé détaillé de l'expérience (20 points)
 - Ce résumé devra compter environ 300 mots (voir un exemple dans la page web du cours).
 - Le résumé devra répondre aux questions suivantes :
 - Mise en contexte: Pourquoi est-il important de faire des mesures de vitesses de réaction?
 - Objectif: Quel est le but de cette expérience?
 - Méthode: Comment l'expérience a-t-elle été faite?
 - Résultats et discussion: Quels sont les principales observations et résultats obtenus? Est-ce que ces résultats concordent bien avec la théorie?
 - Conclusion: Est-ce que le but de l'expérience a été atteint? Comment l'expérience pourrait-elle être améliorée? Quelles autres compétences avez-vous acquises?
- Résultats (30 points)
 - Ajouter les graphiques de régression linéaire. N'oubliez pas d'ajouter les axes, les unités et une légende à chaque figure. La légende devrait expliquer brièvement la figure (ex : effet de la température sur la constante de vitesse de la réaction $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$).
 - Faire des tableaux pour résumer vos résultats (donner un titre descriptif à chaque tableau)
 - Tableau 1 : données obtenues (pente, incertitude, R^2) à partir des chacun des trois graphiques pour chaque solution.
 - Tableau 2 : ordre de réaction n pour $[\text{In}^{2-}]$, k_1 et $\log[\text{OH}^-]$ et $\log k_1$ pour chacune des solutions.
 - Tableau 3 : ordre de réaction m pour $[\text{OH}^-]$ et constante de vitesse de réaction.
 - Ne pas oublier d'utiliser les bonnes unités et les chiffres significatifs adéquats selon la précision de vos mesures.
 - Prenez une photo de tous les calculs que vous avez faits et collez-la à votre rapport en annexe. Si vous avez fait vos calculs avec Excel, collez la capture d'écran dans la section annexe.

CHM 103
Transformation de la matière

- Discussion (35 points)
 - Discutez tous les résultats obtenus et observations faites (les valeurs correspondent-elles à la théorie? Les valeurs de k_1 et k correspondent-elles à vos observations?)
 - Discutez les sources d'erreur.

- Conclusion (5 points)
 - Indiquez si l'objectif de l'expérience a été atteint.
 - Comment pourriez-vous améliorer cette expérience?
 - S'il y a lieu, mentionnez quelles autres compétences vous avez acquises durant cette expérience