

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 $[\text{OH}^-]$ ne changera pratiquement pas durant la réaction et l'équation de la loi de vitesse peut s'écrire ainsi :

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

où :

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

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 apparent de réaction n de $[\text{In}^{2-}]$ 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 $[\text{In}^{2-}]$, vous pourrez donc déterminer l'ordre de réaction apparent n qui est l'ordre partiel en $[\text{In}^{2-}]$ en construisant les graphiques des lois de vitesse intégrées pour l'ordre zéro, un et deux en utilisant l'absorbance à la place de $[\text{In}^{2-}]$. 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 .

2. Partie expérimentale

2.1. Matériel

- Spectrophotomètre avec 4 cuvettes
- Chronomètre
- Poire à pipette
- Bêchers de 50 mL (1×), de 100 mL (1×) et de 250 mL (1×)
- Kim-wipe
- Pipette automatique (30 μ L) et pipette volumétrique (3 mL) **[pour les fioles et pipettes à utiliser lors des dilutions voir 3. Préparation du laboratoire]**
- 3 fioles jaugées dont le volume est à choisir : 30 ou 10 mL
- Pipettes volumétriques dont le volume est à choisir : 25, 10, 8, 5 ou 3 mL

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 les expériences, conditionner les fioles avec la solution de NaCl et les pipettes avec la solution de NaOH. Demander de l'aide à un·e démo pour cette étape de conditionnement.
2. Pour déterminer l'ordre de réaction en fonction de la concentration de l'ion hydroxyde (OH^-), on va utiliser quatre solutions:
 - a. Solution A: $[\text{NaOH}] = 0,200 \text{ M}$
 - b. Solution B: $[\text{NaOH}] = 0,160 \text{ M}$
 - c. Solution C: $[\text{NaOH}] = 0,100 \text{ M}$
 - d. Solution D: $[\text{NaOH}] = 0,060 \text{ M}$.
3. La solution A est déjà préparée.
4. Pour préparer les solutions B à D, il faudra introduire dans une fiole jaugée un certain volume de la solution A, prélevé à l'aide d'une pipette volumétrique, pour diluer la solution A en complétant au trait de jauge à l'aide de la solution de NaCl. La cinétique ici est affectée par la concentration des ions en solution, donc les solutions B à D doivent être obtenues par dilution avec la solution de NaCl pour maintenir la force ionique (c.-à-d. la concentration totale en ions) constante entre chaque solution.
5. Faire valider les volumes des fioles et des pipettes à utiliser pour préparer ces solutions par un·e démo.
6. Faire attention à l'effet parallaxe lorsque l'on ajuste le volume à la jauge (lecture avec le bas du ménisque). Mettre le bouchon, agiter (inverser plusieurs fois la fiole) et identifier la fiole adéquatement.

CHM 103
Transformation de la matière

2.4. Mesure de la vitesse de réaction

On va mesurer les changements d'absorbance de chaque solution après ajout de phénolphtaléine.

1. Préparation du spectrophotomètre

- 1.1. Vérifier que le câble d'alimentation du spectrophotomètre est bien connecté et que l'appareil est relié à l'ordinateur via un câble USB.
- 1.2. S'assurer que le spectrophotomètre indique qu'il est connecté à l'ordinateur. Sinon, demander l'aide de votre démo.
- 1.3. Ouvrir le logiciel *VISIONlite* et sélectionner le mode « Rate ».
- 1.4. Modifier les paramètres d'acquisition comme suit :
 - *Measurement time* : 10 min
 - *Data interval* : 10 sec
 - *Wavelength* : 565 nm
 - *Measurement mode* : A
 - *Integration time* : 5 sec

2. Calibration avec le blanc

- 2.1. Remplir une cuvette avec 3 mL de solution A en utilisant la pipette de 3 mL préalablement lavée et séchée.
- 2.2. Insérer la cuvette dans le spectrophotomètre.
- 2.3. Fermer le clapet et attendre 1 minute pour stabiliser la température de la solution.
- 2.4. Cliquer sur "Measure Samples" et effectuer la mesure du blanc (« Blank »).
- 2.5. Une fois la mesure terminée, le logiciel demandera de donner un nom à l'échantillon. Préparer ce nom, mais ne pas démarrer l'acquisition immédiatement.

3. Mesure de l'absorbance en fonction du temps

- 3.1. Sortir la cuvette et ajouter 30 µL de phénolphtaléine à l'aide de la pipette automatique. Demander l'aide du démonstrateur si nécessaire.
- 3.2. Boucher la cuvette et agiter vigoureusement pendant 5 secondes.
- 3.3. Essuyer les parois de la cuvette avec un Kim-wipe.
- 3.4. S'assurer qu'aucune bulle ne soit présente dans la solution.
- 3.5. Replacer la cuvette dans le spectrophotomètre en l'orientant correctement.
- 3.6. Démarrer immédiatement l'acquisition.
- 3.7. Le logiciel enregistrera les valeurs d'absorbance toutes les 10 secondes pendant 10 minutes. Il est possible de cliquer sur "Autoscale" pour ajuster l'affichage.

4. Sauvegarde des données

- 4.1. À la fin de la mesure, exporter les données en cliquant sur "File" > "Save Data Set As...".
- 4.2. Choisir le format .csv et sauvegarder le fichier dans un dossier approprié.

5. Répétition des mesures

- 5.1. Répéter les étapes 2 à 4 avec les solutions B, C et D.
- 5.2. S'assurer de nettoyer et sécher la cuvette entre chaque mesure.

CHM 103
Transformation de la matière

2.5. Traitement de données

1. Pour chacune des solutions, tracer les 3 graphiques nécessaires pour identifier les réactions d'ordre 0, 1 et 2. Obtenir le coefficient de détermination pour chacun (R^2), la pente de la droite et erreur-type et noter vos résultats dans un tableau sommaire. Ajuster le nombre de chiffres significatifs en fonction de l'incertitude (donnée ici par l'erreur-type).
2. À l'aide des résultats obtenus au numéro précédent, déterminer l'ordre n pour la loi de vitesse de l'équation 2, ainsi que la pseudo-constante de vitesse k_1 et les entrer 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 :

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

4. Tracer le graphique de $\log(k_1)$ en fonction de $\log[OH^-]$ (concentration en OH^- qui varie entre chaque expérience). La pente de ce graphique sera égale à m , l'ordre de la réaction par rapport à $[OH^-]$ et l'ordonnée à l'origine sera égale à la constante de vitesse réelle, k . Noter ces valeurs dans un tableau sommaire. Ne pas oublier de donner les unités de k (analyse dimensionnelle : v est en $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$).

Transformation de la matière

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

- Effectuer une recherche sur la loi de Beer-Lambert. Noter sur le cahier:
 - L'équation de cette loi et identifier les variables (nom, signification et unités)
 - Expliquer brièvement cette loi dans vos propres mots
 - Indiquer l'importance de cette loi pour la validité des résultats de l'expérience (au moins 5 lignes)
- Calculer 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 : Prévoir le volume de solution à préparer minimalement, sachant le volume à utiliser et en prévoyant de pouvoir refaire l'expérience au moins une fois en cas d'erreur et voir si vous avez la pipette volumétrique appropriée pour introduire le volume de solution A nécessaire.
- Détailler la procédure de dilution à réaliser pour les solutions B, C et D à l'aide de vos calculs.

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 principaux résultats obtenus et leur interprétation?
 - 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. Ne pas oublier 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 les 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.
 - Insérer en annexe du rapport vos démarches de calcul - selon qu'ils sont réalisés à la main ou sur Excel : photos ou bien captures d'écran de la feuille Excel (inclure les formules utilisées).

CHM 103
Transformation de la matière

- Discussion (35 points)
 - Discuter 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?)
 - Discuter les sources d'erreur.
- Conclusion (5 points)
 - Indiquer si l'objectif de l'expérience a été atteint.
 - Comment pourrait-on améliorer cette expérience?
 - S'il y a lieu, mentionner quelles autres compétences ont été acquises durant cette expérience