

## *Étude de l'effet de la température sur la vitesse d'action d'un conservateur alimentaire*

 La présence de ce logo dans la marge signifie que la réponse doit figurer dans le rapport.

Les graphiques éventuellement réalisés devront être joints au rapport.

Les données nécessaires sont rassemblées à la fin du sujet.

---

### Objectif

---

Étudier l'influence de la température sur la vitesse d'une réaction chimique.

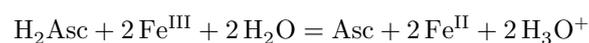
---

## Introduction

La vitamine C (ou acide ascorbique) est une molécule organique de formule brute  $C_6H_8O_6$  notée  $H_2Asc$ . Dans l'industrie agro-alimentaire la vitamine C est utilisée comme conservateur sous l'appellation E300. Ce sont ses propriétés réductrices qui sont exploitées. En effet, en réduisant le dioxygène, elle permet de limiter les réactions d'oxydation des aliments.

On se propose ici d'étudier la cinétique d'une réaction chimique qui exploite les propriétés réductrices de l'acide ascorbique, en l'occurrence sa capacité à réduire les ions  $Fe^{3+}$  en ions  $Fe^{2+}$ . On se placera dans un milieu choisi pour que les ions  $Fe^{3+}$  soient transformés en une espèce chimique anionique colorée. Pour plus de simplicité cette espèce sera notée  $Fe^{III}$ . Dans ce milieu, les ions  $Fe^{2+}$  sont transformés en une espèce incolore que l'on notera  $Fe^{II}$ .

Les solutions d'acide ascorbique et de son oxydant conjugué sont également incolores ainsi que les solutions d'acide nitrique. Avec les notations simplifiées introduites, la réaction étudiée a pour équation<sup>1</sup> :



---

### Problématique

---

De quel facteur est atténuée la vitesse d'action du conservateur E300 lorsque les aliments sont conservés au réfrigérateur plutôt qu'à température ambiante ?

---

Une modélisation théorique conduit à une loi de vitesse de la réaction dont l'expression est la suivante

$$v = k \frac{[H_2Asc][Fe^{III}]}{[H_3O^+]}$$

-  1. Pourquoi est-il pertinent d'utiliser la spectrophotométrie pour étudier l'évolution temporelle de la composition du milieu réactionnel ?

---

<sup>1</sup> L'équation de la réaction est bien ajustée (les espèces  $Fe^{III}$  et  $Fe^{II}$  ont respectivement des charges  $-3$  et  $-4$ )

# Expériences

## Matériel

- Spectrophotomètre et cuves
- Pipettes jaugées de 10 et 20 mL
- Éprouvette graduée de 50 mL
- Fiole jaugée (200 mL)
- Différents béchers
- Bain thermostaté
- Agitateur magnétique + barreau
- Balance de précision 1 mg

## Produits

- $S_1$  : solution aqueuse de  $\text{Fe}^{\text{III}}$  à  $4,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- acide ascorbique ( $\text{H}_2\text{Asc}$ ) solide
- $S_2$  : solution d'acide nitrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$ ) à  $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

Les expériences proposées dans ce sujet doivent être réalisées dans l'ordre du sujet.

## Préparation de la solution d'acide ascorbique

2. Élaborer un protocole permettant de réaliser 200 mL d'une solution  $S_3$  d'acide ascorbique de concentration  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

— Appeler l'examineur —

Présenter à l'examineur la méthode de préparation de la solution.

3. Mettre en œuvre le protocole fourni après l'appel.

## Choix de la longueur d'onde

On dispose d'un spectrophotomètre connecté à un ordinateur permettant d'enregistrer la valeur de l'absorbance d'une solution au cours du temps.

4. Élaborer un protocole permettant de déterminer la longueur d'onde à laquelle les mesures doivent être effectuées.

*Indications* Le coefficient d'absorption molaire de l'espèce  $\text{Fe}^{\text{III}}$  a une valeur maximale voisine de  $1,2 \times 10^3 \text{ mol}^{-1}\cdot\text{L}\cdot\text{cm}^{-1}$ . L'absorbance mesurée par l'appareil ne doit pas dépasser 1,5.

— Appeler l'examineur —

Présenter à l'examineur le protocole élaboré pour déterminer la longueur d'onde.

5. Mettre en œuvre le protocole fourni après l'appel.
6. Indiquer la longueur d'onde choisie et la raison de ce choix.



## Réalisation du suivi cinétique

Afin que les variations de la composition du milieu réactionnel au cours du temps soient suffisamment rapides pour pouvoir observer des modifications significatives sur une durée de l'ordre de la quinzaine de minutes, on souhaite que le milieu contienne initialement :

- de la vitamine C ( $\text{H}_2\text{Asc}$ ) à une concentration  $c_0 = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- l'espèce  $\text{Fe}^{\text{III}}$  introduite dans les proportions stoechiométriques ;
- des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  introduits en excès de manière à ce que leur concentration reste pratiquement constante au cours du temps.

Le volume total du milieu réactionnel doit être de quelques dizaines de mL.

7. Élaborer un protocole permettant de réaliser le milieu réactionnel dans les conditions initiales décrites et de suivre l'évolution de son absorbance au cours du temps ; prévoir en particulier les volumes des solutions à mélanger.

— **Appeler l'examineur** —

Présenter à l'examineur les conditions choisies pour la réalisation du mélange et le suivi de son absorbance.

8. Mettre en œuvre le protocole fourni après l'appel. Copier les résultats des mesures dans un tableur.



9. Comment pourra-t-on exploiter les mesures d'absorbance pour vérifier leur compatibilité avec la loi de vitesse ?

### *Détermination de l'énergie d'activation*

10. Élaborer un protocole permettant de déterminer l'énergie d'activation de la réaction. La détermination devra s'appuyer sur l'exploitation de plusieurs résultats expérimentaux.

— **Appeler l'examineur** —

Présenter à l'examineur le protocole proposé pour déterminer l'énergie d'activation.

11. Mettre en œuvre le protocole fourni après l'appel. Copier les résultats des mesures dans un tableur.

## **Exploitation des résultats**



12. Vérifier que les résultats expérimentaux sont compatibles avec la loi de vitesse.



13. Déterminer l'énergie d'activation de la réaction.



14. Répondre à la problématique posée dans l'introduction.



15. Quelles critiques peut-on apporter au protocole utilisé ? Comment aurait-on pu l'améliorer ?

## Loi d'Arrhénius

L'influence de la température absolue  $T$  sur la constante de vitesse  $k$  d'une réaction peut être modélisée par la relation suivante :

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

où

- $k_0$  et  $E_a$  sont des constantes caractéristiques de la réaction, indépendantes de la température. La constante  $E_a$  est appelée *énergie d'activation* ;
- $R$  est la constante des gaz parfaits,  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

## Données physico-chimiques

*Les grandeurs thermodynamiques sont données à 298 K*

### *Vitamine C, ou acide ascorbique, noté symboliquement H<sub>2</sub>Asc*

Formule brute : C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>

Masse molaire : 176 g·mol<sup>-1</sup>

Potentiel standard du couple Asc/H<sub>2</sub>Asc :  $E_{\text{Asc}/\text{H}_2\text{Asc}}^\circ = 0,13 \text{ V}$

Solubilité dans l'eau : 330 g·L<sup>-1</sup>

Les solutions de Asc et H<sub>2</sub>Asc sont incolores.

### *Couple du fer*

Fe<sup>III</sup>/Fe<sup>II</sup> :  $E^\circ = 0,36 \text{ V}$

Une solution contenant l'espèce Fe<sup>III</sup> est jaune, une solution contenant l'espèce Fe<sup>II</sup> est incolore.

Le coefficient d'absorption molaire de l'espèce Fe<sup>III</sup> a une valeur maximale voisine de  $1,2 \times 10^3 \text{ mol}^{-1}\cdot\text{L}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

### *Acide nitrique HNO<sub>3</sub>*

Il s'agit d'un acide fort. Dans ce contexte les ions NO<sub>3</sub><sup>-</sup> peuvent être considérés comme indifférents.

Une solution d'acide nitrique est incolore.

### *Données sécurité sur les composés*

Solution de Fe <sup>III</sup> ou de Fe <sup>II</sup>	Pas d'élément d'étiquetage imposé par la réglementation
Acide ascorbique	Pas d'élément d'étiquetage imposé par la réglementation
Acide nitrique dilué	Manipuler avec lunettes. Rincer abondamment si contact avec les yeux 