Calculatrice autorisée

Exercice 1 : Dismutation de l'eau oxygénée

11 points

L'eau oxygénée commerciale est une solution aqueuse incolore de peroxyde d'hydrogène H_2O_2, utilisée, selon son titre, comme désinfectant, pour l'entretien des lentilles de contact ou comme agent de blanchiment. Le peroxyde d'hydrogène peut, dans certaines conditions, réagir sur lui-même, c'est-à-dire se dismuter, selon l'équation :

$$2\,H_2O_{2(aq)} \longrightarrow 2\,H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

Cette réaction est lente à température ordinaire.

Partie A : concentration de la solution commerciale

L'eau oxygénée du commerce est vendue en flacons opaques, car la lumière favorise la transformation précédente. Le flacon étudié porte l'étiquette ci-contre. L'indication « 20 volumes » est le titre de l'eau oxygénée : c'est le volume de dioxygène, exprimé en litres, libéré par la dismutation du peroxyde d'hydrogène contenu dans un litre de solution.

Eau oxygénée
20 volumes
Flacon de $250\,\text{mL}$

Donnée : dans les conditions de l'expérience, le volume molaire des gaz est $V_m = 25\,\text{L·mol}^{-1}$.

1) Calculer la quantité de matière de dioxygène que peut libérer la dismutation du peroxyde d'hydrogène contenu dans le flacon.

2) La réaction de dismutation étant totale, en déduire la concentration en quantité de matière théorique $[H_2O_2]_{th}$ de peroxyde d'hydrogène dans le flacon.

3) Avant le suivi cinétique, on vérifie le titre de la solution : le titrage d'un prélèvement donne $[H_2O_2]_{exp} = 1{,}50\,\text{mol·L}^{-1}$. Les erreurs de manipulation mises à part, comment expliquer que $[H_2O_2]_{exp}$ soit inférieure à $[H_2O_2]_{th}$?

Partie B : catalyse

La dismutation du peroxyde d'hydrogène peut être accélérée par des ions fer(III) Fe^{3+} apportés par une solution de chlorure de fer(III), par un fil de platine, ou par la catalase, une enzyme présente dans le sang ou dans le navet.

4) À quel type de catalyse (homogène, hétérogène ou enzymatique) correspond la catalyse par un fil de platine ? Justifier.

5) Le platine est un métal précieux. Expliquer pourquoi son utilisation comme catalyseur n'entraîne pas de dépense continue pour le remplacer.

Partie C : suivi cinétique de la réaction catalysée

6) On veut suivre la réaction par la mesure d'une grandeur physique. On dispose d'un capteur de pression, d'un conductimètre et d'un pH-mètre. Proposer une méthode de suivi en justifiant le choix (aucun protocole n'est demandé).

7) Un premier essai avec la solution du flacon a donné une évolution trop rapide pour être suivie correctement. On a donc dilué la solution du flacon avant le suivi. Expliquer pourquoi la dilution permet de suivre l'évolution du système de façon satisfaisante.

Le suivi cinétique de la solution diluée a permis de tracer la courbe de la figure 1 (à compléter sur le sujet : les tracés utiles y sont attendus).

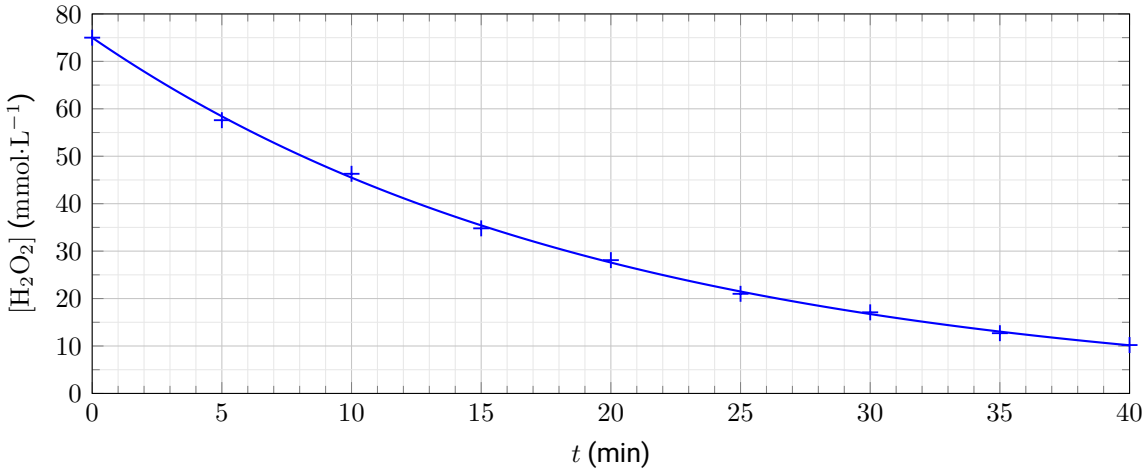


Figure 1 – Concentration en peroxyde d'hydrogène au cours du temps

8) **a.** Donner l'expression de la vitesse volumique de disparition $v_{\text{disp}}(H_2O_2)$ du peroxyde d'hydrogène.

b. Déterminer graphiquement la valeur de $v_{\text{disp}}(H_2O_2)$ à l'instant initial, avec son unité, en expliquant brièvement la démarche.

9) **a.** Donner la définition du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

b. Déterminer graphiquement la valeur de $t_{1/2}$ dans les conditions de l'expérience, en expliquant la démarche.

c. Si la transformation avait été réalisée à une température plus élevée, comment aurait évolué le temps de demi-réaction ? Justifier.

Partie D : loi de vitesse d'ordre 1

À l'aide d'un tableur, on calcule la vitesse volumique de disparition de H_2O_2 à chaque date de mesure, puis on trace la figure 2.

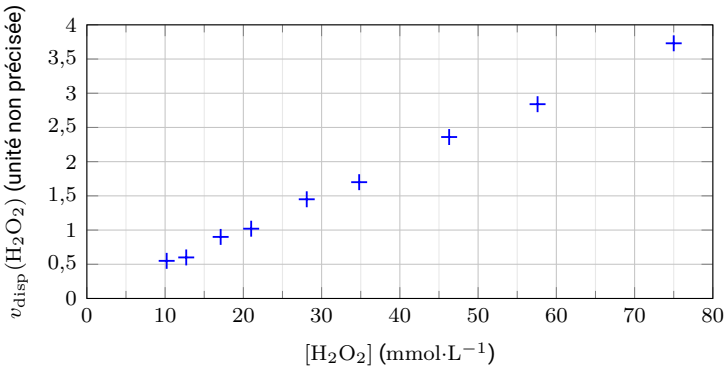


Figure 2 – Vitesse de disparition de H_2O_2

10) Les mesures sont-elles en accord avec une loi de vitesse d'ordre 1 ? Justifier.

11) Quel modèle mathématique pourrait-on tester sur la courbe de la figure 1 pour valider ou invalider une loi de vitesse d'ordre 1 ?

Exercice 2 : Un phénomène lumineux étonnant

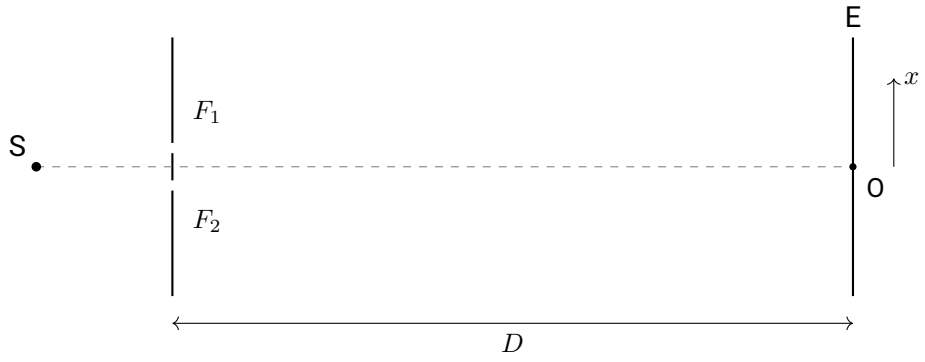
9 points

Partie A : dispositif expérimental

Une source (S) de lumière monochromatique, de longueur d'onde λ, éclaire deux fentes fines verticales F_1 et F_2, distantes de b; la source est équidistante des deux fentes. Un écran opaque vertical E est placé à la distance D du plan des fentes. L'expérience a lieu dans l'air.

Données :

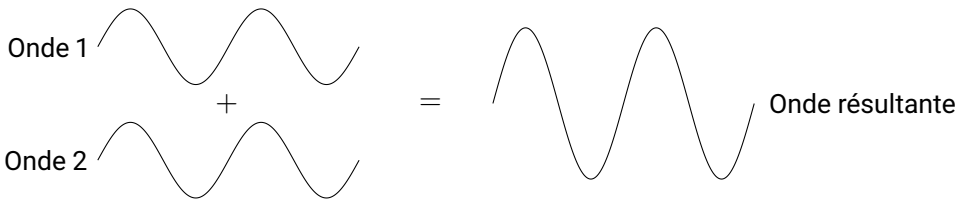
- distance entre les fentes : $b = 1{,}00\,\text{mm}$, d'incertitude-type $u(b) = 0{,}05\,\text{mm}$;
- distance entre le plan des fentes et l'écran : $D = 2{,}00\,\text{m}$, d'incertitude-type $u(D) = 0{,}05\,\text{m}$.



1) Qu'observe-t-on sur l'écran ? Nommer le phénomène et décrire brièvement ce que l'on voit.

2) À quelles conditions deux ondes issues de deux sources ponctuelles peuvent-elles interférer ?

3) Le schéma ci-dessous représente la superposition de deux ondes en un point de l'écran. Les deux ondes sont-elles en phase ou en opposition de phase ? Les interférences y sont-elles constructives ou destructives ?



On note ΔL la différence de chemin optique entre les deux ondes qui arrivent en un point de l'écran d'abscisse x ($x = 0$ au point O). Dans l'approximation des petits angles, $\Delta L = \dfrac{b\,x}{D}$.

4) Les interférences sont constructives lorsque $\Delta L = k\,\lambda$, avec k entier relatif. En utilisant l'expression de ΔL, montrer que l'interfrange a pour expression $i = \dfrac{\lambda\,D}{b}$.

5) Pour déterminer λ, on mesure la longueur L correspondant à 10 interfranges : $L = 8{,}00\,\text{mm}$, d'incertitude-type $u(L) = 0{,}02\,\text{mm}$. En déduire la valeur de l'interfrange i, puis celle de la longueur d'onde λ.

6) Déterminer l'incertitude-type $u(\lambda)$. On admet que $u(i) = \dfrac{u(L)}{10}$. On rappelle que

$$\frac{u(\lambda)}{\lambda} = \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2}.$$

7) Déterminer la nature de la frange (sombre ou brillante) située à l'abscisse $x = 12{,}0\,\text{mm}$.

Partie B : une série d'expériences

On garde la même distance b entre les fentes et la même distance D entre les fentes et l'écran. On rappelle que $i = \dfrac{\lambda\, D}{b}$.

8) Avec une radiation de longueur d'onde λ_1, la distance entre le centre de la première frange brillante (la frange centrale) et le centre de la dixième frange brillante est de $9{,}9\,\text{mm}$. Déterminer la valeur de λ_1, en s'aidant éventuellement d'un petit schéma de la figure observée.

9) On utilise une autre radiation, de longueur d'onde λ_2. On observe que la sixième frange sombre obtenue avec λ_2 coïncide avec la huitième frange brillante obtenue avec λ_1 (figure 3, où les franges sont comptées à partir de la frange centrale). Déterminer la valeur de λ_2. Toute démarche, même incomplète, sera valorisée.

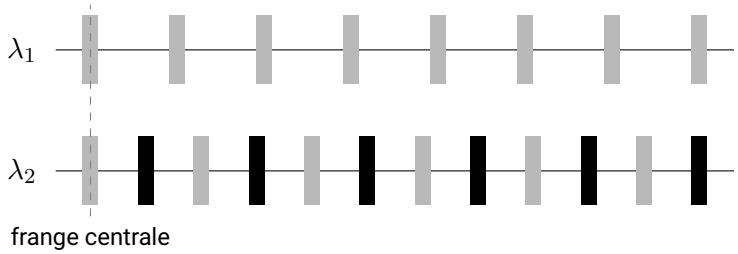


Figure 3 – Franges brillantes en gris, franges sombres en noir (une seule moitié de la figure est représentée)