

Chimie et ondes**Problème 1 : Autour des dérivées halogénés (Extrait banque PT 2016)**

Des matières plastiques (PVC) aux produits phytosanitaires, des solvants (dichlorométhane CH_2Cl_2 , chloroforme $CHCl_3$) à l'eau de Javel, les halogènes entrent dans la composition de nombreuses espèces chimiques. Ils apparaissent dans des corps simples sous forme d'ions halogénure (ions chlorure Cl^- dans le sel de table, ions fluorure F^- dans le dentifrice) ou de dihalogènes.

2. SUIVI CINÉTIQUE DE LA DECOLORATION DE L'ÉRYTHROSINE B

L'érythrosine B (E127) est un colorant azoïque apparenté à l'éosine et utilisé pour colorer les aliments ou pour teinter les préparations microscopiques et les médicaments.

L'ensemble des manipulations est réalisé à 298 K.

Données à 298 K :

$$E^\circ(ClO_{(aq)}^-/Cl_{(aq)}^-) = 0,89 V$$

$$E^\circ(I_{2(aq)}/I_{(aq)}^-) = 0,54 V$$

$$E^\circ(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}) = 0,08 V$$

2.1. Dosage de la solution d'hypochlorite de sodium commerciale

Après avoir introduit un volume $V_0 = 2,00 \text{ mL}$ de la solution d'hypochlorite de sodium commerciale ($Na^+ + ClO^-$)_{aq} dans une fiole jaugée de volume $V_F = 100 \text{ mL}$, on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

A un volume $V_E = 10,0 \text{ mL}$ de cette solution fille, on ajoute environ 10 mL d'une solution d'iodure de potassium ($K^+ + I^-$)_{aq} à 15% en masse et $5,0 \text{ mL}$ d'acide éthanóïque CH_3CO_2H (_{aq}) à $3,0 \text{ mol.L}^{-1}$. L'échantillon obtenu est titré par une solution de thiosulfate de sodium ($2Na^+ + S_2O_3^{2-}$)_{aq} de concentration $C = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$: le volume équivalent est égal à $V' = 16,0 \text{ mL}$.

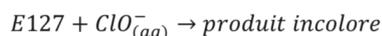
- Q6.** Proposer une équation pour la réaction entre les ions hypochlorite $ClO_{(aq)}^-$ et les ions iodure $I_{(aq)}^-$. Prévoir qualitativement le caractère favorisé ou défavorisé de la réaction.
- Q7.** Proposer une équation pour la réaction de titrage du diiode $I_{2(aq)}$ par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ (_{aq}). Prévoir qualitativement le caractère favorisé ou défavorisé de la réaction.
- Q8.** Sachant que les ions iodure et l'acide éthanóïque sont introduits en excès, déterminer la concentration en ions hypochlorite dans la solution commerciale.

2.2. Suivi cinétique de la décoloration de l'érythrosine B

On prépare dans quatre béchers les solutions suivantes :

Solution n°	①	②	③	④
Solution d'hypochlorite de sodium commerciale	3,0 mL	6,0 mL	9,0 mL	12,0 mL
Eau distillée	17,0 mL	14,0 mL	11,0 mL	8,0 mL

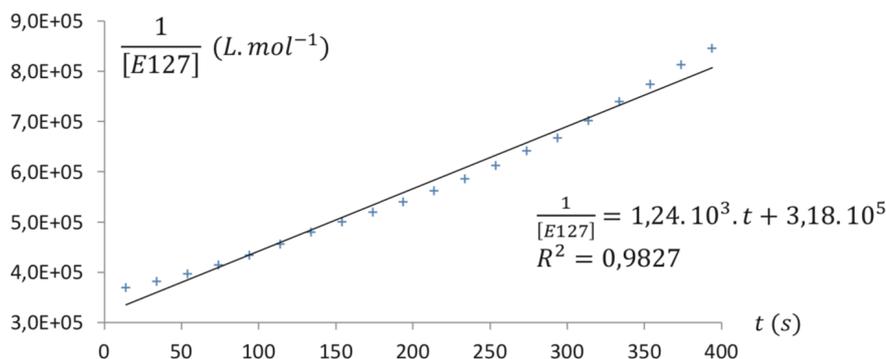
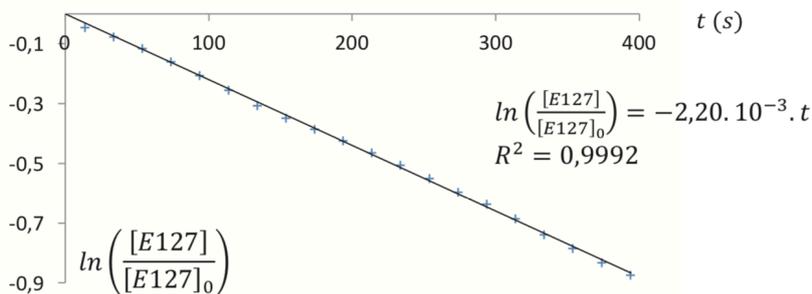
A chacune des quatre solutions précédentes, on ajoute à un instant pris comme origine des temps $10,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'érythrosine B (E127) de concentration $8,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ (la concentration initiale en érythrosine B après mélange vaut donc $[E127]_0 = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$). On suit alors l'évolution temporelle de l'absorbance à 530 nm , longueur d'onde pour laquelle on considère que seul le colorant azoïque absorbe. La décoloration de la solution est due à la réaction supposée totale d'équation :



Connaissant le coefficient d'absorption molaire ε de l'érythrosine B à cette longueur d'onde ($\varepsilon = 8,2 \cdot 10^4 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$), on détermine l'évolution temporelle de la concentration en érythrosine B.

On suppose que la loi de vitesse s'écrit sous la forme : $v = k[E127]^\alpha[ClO^-]^\beta$

- Q9.** En comparant les concentrations initiales de réactifs, proposer une expression simplifiée de la loi de vitesse. On note k_{app} la constante de vitesse apparente.
- Q10.** Dans l'hypothèse où α est égal à 1, écrire l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la concentration en érythrosine B et donner sa solution.
- Q11.** Dans l'hypothèse où α est égal à 2, écrire l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de la concentration en érythrosine B et donner sa solution.



- Q12.** A partir des deux courbes précédentes obtenues à partir de la solution ①, déterminer la valeur probable de α . En déduire la valeur de la constante de vitesse apparente $k_{app}^{\textcircled{1}}$ à 298 K, en précisant l'unité choisie.

On exploite de même les résultats des manipulations ①, ②, ③ et ④.

Solution	①	②	③	④
$[ClO^-]_0$ ($mol \cdot L^{-1}$)	0,0800	0,160	0,240	0,320
k_{app} (unité S.I.)	?	$4,40 \cdot 10^{-3}$	$6,60 \cdot 10^{-3}$	$8,80 \cdot 10^{-3}$

Pour une manipulation analogue correspondant à une concentration initiale en ions hypochlorite $[ClO^-]_0$ égale à $1,00 \cdot 10^{-1} mol \cdot L^{-1}$, la constante de vitesse apparente k_{app} serait égale à $2,75 \cdot 10^{-3}$ unités S.I..

- Q13.** Déterminer la valeur de l'ordre partiel β et la valeur de la constante de vitesse k à 298 K, en précisant l'unité choisie.

Problème 2 : Onde stationnaire sur une corde de guitare

On utilise successivement un diapason D de fréquence $f = 330 \text{ Hz}$, une corde de guitare métallique C de masse linéique $\mu = 0,38 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$ et une guitare G , afin d'illustrer une étude théorique très simplifiée de la propagation des vibrations transversales le long d'une corde tendue. On négligera l'amortissement des vibrations et on admettra que la célérité c des vibrations transversales le long d'une corde tendue est donnée en fonction de F , tension de la corde, et μ , masse de la corde par unité de longueur, par la relation

$$c = \sqrt{\frac{F}{\mu}}.$$

Ces deux exercices sont extraits de problèmes proposés au baccalauréat.

La corde C est tendue par une tension constante, F , entre l'extrémité A de la branche du diapason D et un point O fixe.

Pour une valeur convenable de la longueur $OA = l$, il se forme un système d'ondes stationnaires stables entre A et O , ces deux points étant alors des nœuds de vibration.

1° Définir la longueur d'onde λ de la vibration transversale se propageant le long de la corde.

2° Expliquer le phénomène d'ondes stationnaires et calculer l'élongation $y_M(t)$ d'un point M situé à la distance x de O à l'instant t .

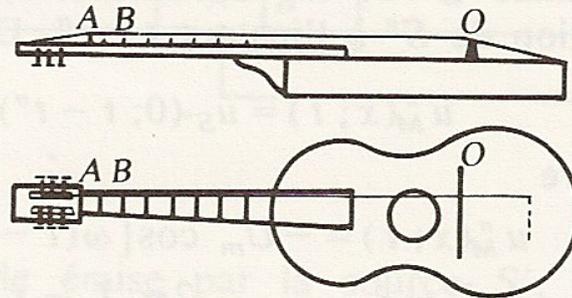
3° Préciser la position des nœuds et des ventres de vibration de la corde.

4° *Application numérique :*

a) Calculer la longueur d'onde λ pour une tension $F = 76 \text{ N}$.

b) Quel est l'aspect de la corde pour $l = 68 \text{ cm}$?

La corde C est à présent tendue entre les deux chevalets A et O de la guitare G sous une tension F réglable. Sur le manche de cette guitare sont fixés d'autres chevalets B , C , D parallèles aux deux premiers A et O mais légèrement moins hauts que ceux-ci pour ne pas toucher la corde ainsi tendue (fig. ci-dessous).



On admettra que le fait de gratter la corde provoque le long de celle-ci une vibration de fréquence f pour laquelle un fuseau stable se forme entre les deux nœuds de vibration A et O .

1° Pour accorder sa guitare, le guitariste ajuste la tension de la corde à $F = 76$ N. Calculer la fréquence f_1 de la vibration produite lorsqu'il gratte la corde AO .

Quelle note percevra-t-il pour $OA = l_1 = 68$ cm?

2° Avec un doigt de la main gauche, le guitariste appuie sur la corde entre A et B de façon à amener la corde au contact de B . La tension F n'est pas modifiée, mais la corde vibre maintenant entre O et B .

Quelle doit être la longueur AB séparant les deux chevalets A et B pour que le guitariste perçoive la note fa en grattant la corde de la main droite.

Applications numériques :

notes	do	ré	mi	fa	sol	la	si
fréquence f (Hz)	262	294	330	350	392	440	493

Problème 3 : Electron dans une boîte à une dimension (atome très simplifié)

On considère un électron dans une boîte unidimensionnelle de dimension $a = 0,2 \text{ nm}$, ordre de grandeur d'un atome.

1) Déterminer les trois premiers niveaux d'énergie, en eV, de l'électron dans la boîte.

La fonction d'onde de l'électron dans la boîte s'écrit $\Psi(x) = C \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right)$ où n est un entier qui indique l'état quantique de l'électron. Dans la suite, on s'intéresse à l'état fondamental de l'électron, on prendra $n = 1$.

2) Quelle interprétation physique donne-t-on à $|\Psi(x)|^2$? Tracer son allure en fonction de x pour $0 \leq x \leq a$.

3) Déterminer la valeur de C . Donnée : $\sin^2 b = \frac{1 - \cos 2b}{2}$.

4) Où l'électron a-t-il le plus de chance de se trouver ?

5) Quelle est la probabilité de trouver l'électron entre $x = 0,50a$ et $x = 0,51a$?

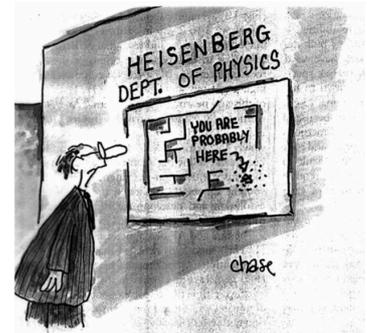
Aide : l'intervalle étant faible, on peut grandement simplifier le calcul de l'intégrale.

6) Si l'on détermine expérimentalement un très grand nombre de fois la position de l'électron dans la boîte, en moyenne quelle va être sa position ?

Aide Utiliser la relation trigonométrique de la question 3) et faire une intégration par partie :

$$\int_c^d u(x)v'(x)dx = \left[u(x)v(x) \right]_c^d - \int_c^d u'(x)v(x)dx$$

Données: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$; $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$



Pour la question 6)

On montre en physique quantique (cela n'est pas à connaître dans le cadre de notre programme) que la valeur moyenne de la position, notée habituellement par $\langle x \rangle$, est donnée par :

$$\langle x \rangle = \int_0^a x |\Psi(x)|^2 dx$$