

ENTRAÎNEMENT AU BACCALAURÉAT – SESSION 2024

Lycée International des Pontonniers - Strasbourg

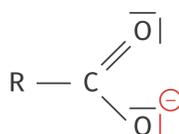
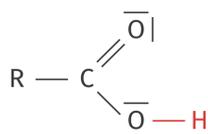
Proposition de correction – Enseignement de spécialité

EXERCICE I : L'IBUPROFÈNE (10 points)

1. Première partie : la molécule d'ibuprofène

1.1. Le groupe caractéristique responsable de l'acidité de la molécule d'ibuprofène est le groupe carboxyle (fonction acide carboxylique).

1.2. Ci-dessous, les formules de Lewis du groupe carboxyle et de la base conjuguée (ion carboxylate).



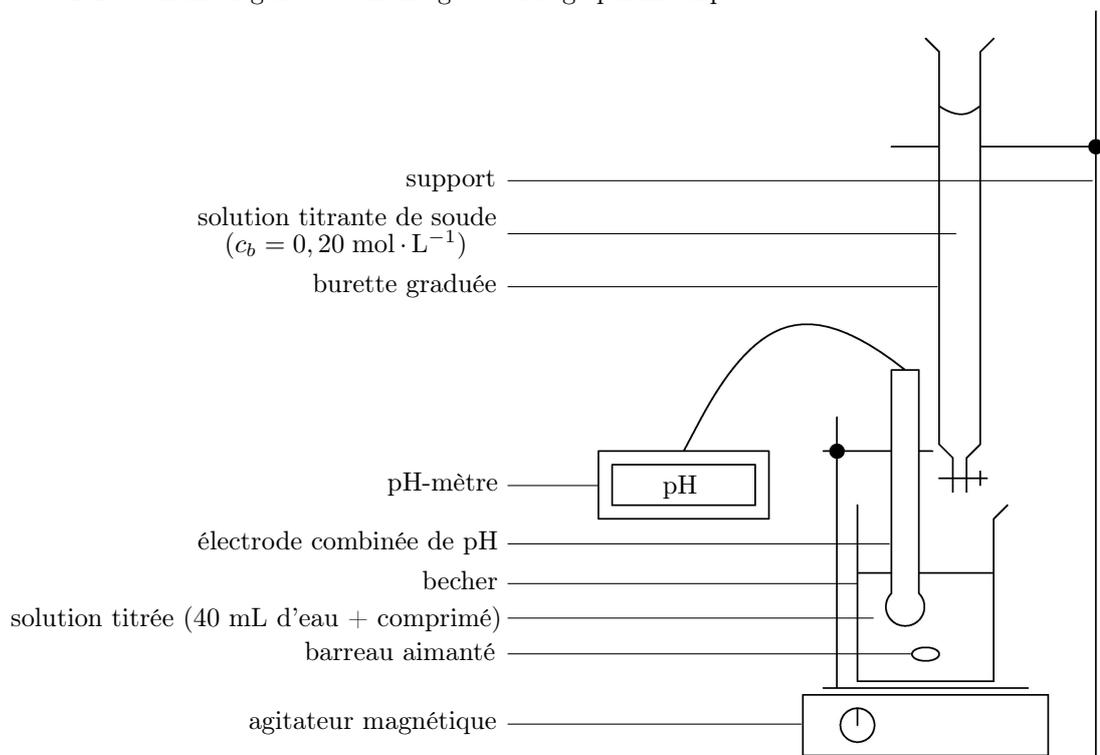
1.3. Sur le spectre, on repère une fine bande d'absorption forte vers 1720 cm^{-1} (bande 1) qui, d'après le tableau, révèle la présence de liaisons C=O d'un acide carboxylique.

On repère aussi une large bande d'absorption moyenne autour de 3000 cm^{-1} (bande 2) qui, d'après le tableau révèle la présence de liaisons O-H d'un acide carboxylique.

Ces deux bandes révèlent donc la présence du groupe carboxyle présent dans la molécule d'ibuprofène.

2. Deuxième partie : titrage d'un comprimé d'ibuprofène

2.1. Schéma légendé du montage du titrage pH-métrique :



2.2. L'équivalence est le moment du titrage où les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques (ou changement de réactif limitant, ou encore, les réactifs titré et titrant sont entièrement consommés).

2.3. Utilisation d'un tableur-grapheur

2.3.1. Lors de ce titrage, on ajoute une base dans une solution acide. Dès lors, le pH augmente tout au long du titrage. La courbe 1 représente donc $\text{pH} = f(V_b)$.

Lorsque le pH augmente fortement, alors $\frac{d\text{pH}}{dV_b}$ est maximale, ce qui est visible sous la forme d'un pic sur la courbe 2.

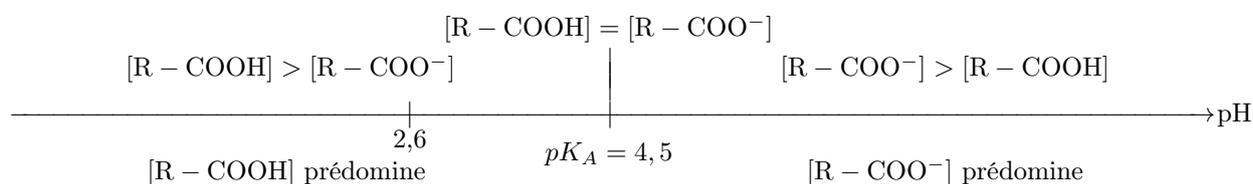
2.3.2. À l'équivalence, la fonction $\text{pH} = f(V_b) = g(V_b)$ passe par un extremum (un maximum ici) dont l'abscisse est le volume à l'équivalence. Ainsi, d'après la courbe 2, on trouve un volume versé à l'équivalence tel que $V_{bE} = 9,7 \text{ mL}$. En effet, on mesure $7,25 \text{ cm}$ pour l'abscisse du pic V_{bE} alors que l'on mesure $11,95 \text{ cm}$ pour 16 mL . On calcule donc $V_{bE} = \frac{7,25 \times 16}{11,95} = 9,7 \text{ mL}$.

2.4. L'ion hydroxyde appartient au couple $\text{H}_2\text{O}(\ell)/\text{HO}^-(\text{aq})$.

2.5. Équation de la réaction support du titrage : $\text{R} - \text{COOH}(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{R} - \text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$

2.6. La réaction chimique utilisée lors d'un titrage doit être rapide, unique et totale.

2.7. Diagramme de prédominance de l'ibuprofène :



En début de titrage, on peut voir sur la courbe 1 que le pH vaut environ $2,6$ soit $\text{pH}_i < 3$. Comme $\text{pH}_i < \text{p}K_A$, alors l'espèce prédominante est la forme acide $\text{R} - \text{COOH}$.

2.8. La solution d'hydroxyde de sodium est une solution de base forte. On peut donc calculer son pH par la relation suivante : $\text{pH} = 14 + \log c_b = 14 + \log(0,20) = 13$.

2.9. Cette solution est fortement basique donc il convient de la manipuler en portant une blouse, des gants et des lunettes de protection.

2.10. D'après l'équation de la réaction support du titrage, les réactifs réagissent mole à mole. En outre, à l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques donc $n_E(\text{HO}^-) = n_i(\text{ibu})$. On en déduit que $n_i(\text{ibu}) = c_b \times V_{bE} = 0,20 \times 9,7 \cdot 10^{-3} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

2.11. Masse d'ibuprofène titré : $m(\text{ibu}) = n_i(\text{ibu}) \times M(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2) = 1,9 \cdot 10^{-3} \times 206 = 3,9 \cdot 10^{-1} \text{ g} = 390 \text{ mg}$. Cette valeur est proche de celle fournie par le fabricant. On constate en effet un écart relatif de $\left| \frac{400 - 390}{400} \right| = 2,5\%$.

2.12. Comme $\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{vol}}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U_{c_b}}{c_b}\right)^2}$, on obtient $U(m) = m \times \sqrt{\left(\frac{U_{\text{vol}}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U_{c_b}}{c_b}\right)^2}$ d'où l'on déduit l'incertitude absolue sur la masse m : $U(m) = 390 \times \sqrt{\left(\frac{0,16}{9,7}\right)^2 + \left(\frac{0,010}{0,20}\right)^2} = 21 \text{ mg}$. Cette valeur est généralement arrondie par excès avec un seul chiffre significatif, soit $U(m) = 30 \text{ mg}$. On a alors $m = (390 \pm 30) \text{ mg}$.

2.13. Pour qu'un indicateur coloré soit adapté, sa zone de virage doit contenir le pH à l'équivalence. D'après la courbe 1, exploitée par la méthode des tangentes, le pH à l'équivalence vaut $8,5$. Ainsi, seule la phénolphtaléine convient pour ce titrage.

EXERCICE II : EFFET COMPTON (5 points)

1. L'effet Compton s'explique par des considérations mécaniques, en considérant la collision entre deux particules. Cette interprétation met donc en évidence l'insuffisance du modèle ondulatoire pour décrire certains phénomènes liés à la lumière et la nécessité d'introduire un modèle corpusculaire pour la lumière.
2. L'énergie du photon incident avant la collision est répartie entre le photon diffusé et l'électron arraché après la collision. L'énergie du photon diffusé est donc plus faible que l'énergie du photon incident. Or l'énergie d'un photon est donnée par la relation $E = h \times \nu = \frac{h \times c}{\lambda}$. On en déduit que $\lambda = \frac{h \times c}{E}$ et que l'énergie du photon diffusé étant plus faible que celle du photon incident, la longueur d'onde du photon diffusé est plus grande que celle du photon incident (les deux grandeurs sont inversement proportionnelles).

3. Valeur de la longueur d'onde de Compton :

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e \times c} = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{(9,11 \times 10^{-31}) \times (3,00 \times 10^8)} = 2,43 \times 10^{-12} \text{ m} = 2,43 \text{ pm}$$

L'écart entre les deux longueurs d'onde étant très faible, si les longueurs d'onde sont trop grandes, il sera difficile, voire impossible de mesurer expérimentalement l'écart entre λ' et λ .

4. Comme l'angle θ est compris entre 0° et 90° , $\cos \theta$ est compris entre 0 et 1 et le terme $(1 - \cos \theta)$ est compris, lui aussi, entre 0 et 1. Le terme $\lambda' - \lambda$ est donc compris entre 0 et λ_C soit $0 \leq (\lambda' - \lambda) \leq \lambda_C$ ou encore $0 \text{ pm} \leq (\lambda' - \lambda) \leq 2,43 \text{ pm}$.
5. Comme démontré dans la question 1.2 :

$$\lambda = \frac{h \times c}{E} = \frac{(6,63 \times 10^{-34}) \times (3,00 \times 10^8)}{(17,5 \times 10^3) \times (1,60 \times 10^{-19})} = 7,10 \times 10^{-11} \text{ m} = 71,0 \text{ pm}$$

6. D'après la relation de Compton, on a $\lambda' = \lambda + \lambda_C \times (1 - \cos \theta) = 71,0 + 2,43 \times (1 - \cos 45^\circ) = 71,7 \text{ pm}$

$$\text{Énergie du photon diffusé : } E = \frac{h \times c}{\lambda} = \frac{(6,63 \times 10^{-34}) \times (3,00 \times 10^8)}{71,7 \times 10^{-12}} = 2,77 \times 10^{-15} \text{ J} = 17,3 \text{ keV}$$

7. L'énergie initiale du photon incident (seule forme d'énergie présente dans l'état initial) se répartit entre le photon diffusé et l'électron arraché (formes d'énergies présentes dans l'état final) d'où la relation émanant de la conservation de l'énergie : $E_{\text{incident}} = E_{\text{diffusé}} + E_{\text{électron}}$ d'où $E_{\text{électron}} = E_{\text{incident}} - E_{\text{diffusé}}$.

$$\text{Énergie de l'électron arraché au cristal : } E_{\text{électron}} = 17,5 - 17,3 = 0,2 \text{ keV} = 200 \text{ eV}$$

EXERCICE III : OBSERVATION DE LA DIVISION DE CASSINI (5 points)

1. Le diamètre apparent de la division de Cassini ($3,39 \times 10^{-6}$ rad) est inférieur au pouvoir de résolution de l'œil ($3,0 \times 10^{-4}$ rad), angle limite en-deçà duquel on ne peut distinguer séparément deux points. La division de Cassini n'est donc pas visible à l'œil nu.

2. Pour observer la division de Cassini, il faut à minima que, pour $\theta = \theta_{\text{cas}}$, θ soit égal à θ_S . On en déduit que

$$G_{\min} = \frac{\theta_S}{\theta_{\text{cas}}} = \frac{3,0 \times 10^{-4}}{3,36 \times 10^{-6}} = 89$$

3. Voir le schéma

4. Voir le schéma

5. Voir le schéma

6. Voir le schéma pour la position de B' . Comme le faisceau sortant de la lunette est un faisceau parallèle (image B' à l'infini) alors que le faisceau incident arrivant sur la lunette est, lui aussi, un faisceau parallèle (objet à l'infini), on en déduit que la lunette étudiée est bien afocale.

7. Voir le schéma

8. Dans le triangle $O_1A_1B_1$ rectangle en A_1 , on a $\tan \theta = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{O_1F'_1} = \frac{A_1B_1}{f'_1}$

Dans l'approximation des petits angles, on obtient $\tan \theta \simeq \theta = \frac{A_1B_1}{f'_1}$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$ rectangle en A_1 , on a $\tan \theta' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{O_2F_2} = \frac{A_1B_1}{f'_2}$

Dans l'approximation des petits angles, on obtient $\tan \theta' \simeq \theta' = \frac{A_1B_1}{f'_2}$

On exprime alors le grossissement $G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_2}$

9. Le grossissement minimal permet de calculer la valeur maximale de la distance focale de l'oculaire (grandeurs inversement proportionnelles), soit $G_{\min} = \frac{f'_1}{(f'_2)_{\max}}$. On en déduit la valeur maximale de la focale de l'oculaire : $(f'_2)_{\max} = \frac{f'_1}{G} = \frac{650}{89} = 7,3$ mm. Parmi les oculaires proposés, seul celui de focale 6 mm convient.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice III

