

TS3 - Physique-Chimie
Devoir en classe n°9 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : SYNTHÈSE DE L'IBUPROFÈNE – 8 POINTS

1. ÉTUDE ÉCONOMIQUE DES SYNTHÈSES DE L'IBUPROFÈNE

- 1.1.** Dans l'étape 1, l'atome de carbone de la molécule ② vers lequel pointe la flèche porte une charge partielle δ^+ car il est lié à deux atomes d'oxygène fortement électronégatifs au sein de la fonction anhydride d'acide, ce qui en fait un site accepteur susceptible de réagir avec le site donneur de la molécule ①. La flèche part du site donneur et se dirige vers le site accepteur.
- 1.2.** L'étape 2 correspond à une réaction d'addition car il y a rupture d'une liaison double et fixation des atomes d'hydrogène sur les sites ainsi mis à disposition. Cette réaction présente plusieurs avantages : pas de production de sous-produits (déchets) et utilisation de tous les atomes présents dans les réactifs (donc une UA de 100%). En outre, la réaction étant catalysée, elle est plus rapide et consomme donc moins d'énergie.
- 1.3.** Le groupe caractéristique présent sur la molécule d'ibuprofène est le groupe carboxyle (fonction acide carboxylique).

1.4. $UA(Boots) = \frac{206}{514,5} = 0,400 = 40,0\%$ tandis que $UA(BHC) = \frac{206}{266} = 0,774 = 77,4\%$

- 1.5.** La synthèse BHC est beaucoup plus efficace pour différentes raisons :
 - le procédé BHC ne comporte que 3 étapes au lieu de 6 d'où une synthèse plus aisée à réalisée, plus rapide et donc plus économique ;
 - le procédé BHC fait appel à des réactions catalysées donc plus rapides et moins coûteuses en énergie ;
 - 77% des atomes investis dans les réactifs sont présents dans le produit d'intérêt (contre 40% pour le procédé Boots) et le seul sous-produit (acide éthanoïque) est séparé et purifié et pourra donc être valorisé dans d'autres réactions. L'UA du procédé BHC peut donc être considérée comme quasiment égale à 100%. Cela permet de réduire considérablement l'impact environnemental et les coûts de production.

2. DOSAGE PH-MÉTRIQUE DE L'IBUPROFÈNE

- 2.1.** L'ibuprofène présente une fonction acide carboxylique. Il est donc possible de le faire réagir avec une base forte telle l'hydroxyde de sodium au cours d'une réaction totale, unique et rapide. Le titrage proposé est donc valable.
- 2.2.** Équation de la réaction support du titrage : $AH(aq) + HO^-(aq) \longrightarrow A^-(aq) + H_2O(\ell)$
- 2.3.** L'équivalence est atteinte lorsque la fonction dérivée atteint son extrémum (ici son maximum). Par lecture graphique et aux erreurs de mesure près on trouve le volume versé à l'équivalence $V_{BE} = 9,3 \text{ mL}$ (en effet, on mesure 11,1 cm pour 12 mL et l'extrémum est mesurée à 8,6 cm de l'origine ce qui donne 9,3 mL par proportionnalité).
- 2.4.** À l'équivalence, les réactifs auront été introduits dans les proportions stoechiométriques, d'où $n_E(HO^-) = n_i(AH)$ soit $c_B \cdot V_{BE} = n_i(AH)$. Or $m = n_i(AH) \cdot M_i = c_B \cdot V_{BE} \cdot M_i$. Seule la relation **d** convient.
- 2.5.** Masse effective d'ibuprofène dans le comprimé :
$$m = c_B \cdot V_{BE} \cdot M_i = 5,00 \cdot 10^{-2} \times 9,3 \cdot 10^{-3} \times 206 = 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ g} = 96 \text{ mg}$$
- 2.6.** L'écart relatif entre la valeur trouvée et celle indiquée par le fabricant (100 mg) est de 4% donc la valeur trouvée est bien en accord avec celle mentionnée sur la boîte.

EXERCICE II : NUMÉRISER UN SON – 12 POINTS

1. CHOIX DE LA FRÉQUENCE D'ÉCHANTILLONNAGE

1.1. La fréquence f du signal étudié est le nombre de vibrations par seconde (ou le nombre de fois que la période se répète en une seconde). La période du signal étudié est donnée par la relation $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 20 \text{ ms}$.

1.2. La période d'échantillonnage T_e est la durée séparant deux points de mesure et la fréquence d'échantillonnage f_e correspondante est le nombre de mesures que prend l'interface en une seconde.

1.3. La relation liant la période d'échantillonnage à la durée d'acquisition et au nombre de points est $T_e = \frac{\Delta t}{N}$.

1.4. Au regard de la seule forme des signaux, on peut retenir les figures **1**, **2** et **6** étant donné qu'elles seules présentent des signaux sinusoïdaux et que le signal enregistré est lui aussi sinusoïdal. Les deux graphiques qui permettent de mieux restituer le signal délivré par le GBF sont les figures **1** et **2** car elles présentent une périodicité de 20 ms alors que la période du signal de la figure **6** est très différente de celle du signal enregistré.

1.5. On peut présenter les résultats dans un tableau :

	1	2	3	4	5	6
Durée (en s)	0,1	0,2	0,5	1	1,1	2
Nombre de périodes	5	10	25	50	55	100
Nombre total d'échantillons	100	100	100	100	100	100
Nombre d'échantillons par période	20	10	4	2	1,8	1
f_e (en Hz)	1000	500	200	100	91	50

D'après ce tableau et la réponse à la question précédente, on en déduit qu'il faut au moins 10 points de mesure par période, soit une fréquence d'échantillonnage d'au moins 500 Hz pour enregistrer convenablement ce signal.

2. CONVERSION ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE

- 2.1.** La période d'échantillonnage vaut $T_e = \frac{1}{f_e} = \frac{1}{100 \cdot 10^3} = 1,00 \cdot 10^{-5}$ s
- 2.2.** Le convertisseur fonctionne sur 4 bits d'où $2^4 = 16$ valeurs possibles de 0 à 1,6 V exclu. Le pas du convertisseur (ou quantification) est donc $Q = \frac{1,6}{16} = 0,10$ V.

2.3. CODAGE DU SIGNAL

2.3.1. Tableau de la figure 7 :

Bit n°0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Bit n°1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Bit n°2	0	0	1	1	1	0	0	0	1
Bit n°3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2.3.2. Suite des valeurs enregistrées à la sortie du convertisseur :

0000 0001 0101 0110 0101 0001 0000 0001 0101

3. CONVERSION D'UN FICHIER SON

3.1. ÉTUDE DE LA TAILLE DES FICHIERS

- 3.1.1.** Le rapport des tailles entre le 1^{er}, et le 2^e fichier est de 2 car on a divisé par 2 le nombre de bits utilisés pour le codage, ce qui prend donc deux fois moins de place.
- Le rapport des tailles entre le 2^e et le 3^e fichier est de 2 car on a enregistré le 3^e sur une seule voie, ce qui divise par deux le nombre de données acquises.
- Le rapport des tailles entre le 3^e et le 4^e fichier est de 2 également car on a échantillonné à une fréquence deux fois moindre donc il y avait deux fois moins de points de mesure à enregistrer.

- 3.1.2.** Le rapport des tailles des fichiers entre les 4^e et 5^e fichiers est de $\frac{65}{23} = 2,8$. Ceci correspond au rapport des fréquences d'échantillonnage $\frac{22}{8} = 2,8$. En effet, tous les autres paramètres sont identiques donc si la fréquence d'échantillonnage est 2,8 fois plus faible pour le dernier fichier, alors il y aura 2,8 fois moins de données à enregistrer et le fichier sera donc 2,8 fois plus petit.

3.2. CALCUL THÉORIQUE DE L'ENCOMBREMENT DU PREMIER FICHIER SON

- 3.2.1.** Le premier fichier utilise 16 bits. Or un octet correspond à 8 bits. Ainsi, pour chaque échantillon du premier fichier, on utilise 2 octets.

- 3.2.2.** La fréquence d'échantillonnage étant de 44 kHz, on enregistre 44 000 échantillons par seconde. Comme un échantillon utilise 2 octets, on enregistrera donc 88 000 octets par seconde. D'une façon générale, on enregistre f_e échantillons par seconde donc $f_e \cdot \Delta t$ échantillons sur une durée Δt . Si on code l'information sur n bits, cela représente $f_e \cdot \Delta t \cdot n$ bits soit $\frac{f_e \cdot \Delta t \cdot n}{8}$ octets en tout.

- 3.2.3.** Si on utilise N voies, il faut multiplier la valeur précédente par N pour avoir la taille P du fichier, soit, en octets : $P = \frac{N \cdot f_e \cdot \Delta t \cdot n}{8}$. Sur l'exemple du premier fichier, on trouve une taille de $P = \frac{2 \times 44 \cdot 10^3 \times 3 \times 16}{8} = 528 000$ octets $\simeq 516$ ko conformément au tableau.

- 3.2.4.** D'après ce qui précède, on obtient :

$$\Delta t = \frac{8 \cdot P}{N \cdot f_e \cdot n} = \frac{8 \times 750 \cdot 10^6}{2 \times 44 \cdot 10^3 \times 16} = 4,26 \cdot 10^3 \text{ s} = 71 \text{ min} \text{ ce qui correspond à la durée approximative de la 9^e symphonie de Beethoven.}$$