

EXERCICE I : L'ALANINE EN INFRAROUGE (7 points)

1. L'alanine

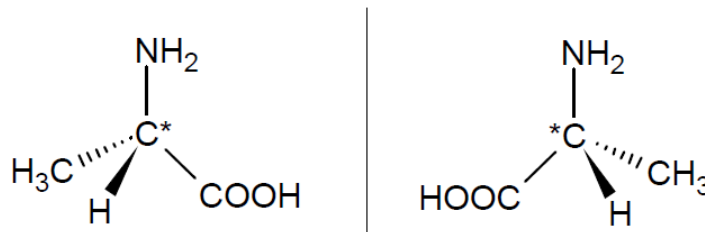
1.1.1. Acide 2-aminopropanoïque :

prop : chaîne linéaire de 3 atomes de carbone

Acide ... oïque : fonction acide carboxylique COOH

2- amino : fonction amine en position 2 sur la chaîne carbonée.

1.1.2. L'alanine possède un seul atome de carbone asymétrique, c'est-à-dire lié à 4 substituants différents (marqué par un astérisque). L'alanine existe donc sous 2 formes images l'une de l'autre dans un miroir mais non superposables : elles forment un couple d'**énantiomères**.



1.2.1. Cette réaction est une réaction de **substitution** (2 réactifs et 2 produits) : l'atome de brome Br de l'acide 2-bromopropanoïque a été remplacé par NH₂ provenant de l'ammoniac.

1.2.2. Notons l'Alanine ALA et l'acide 2-bromopropanoïque ABR.

Par définition du rendement : $\eta = \frac{n(ALA)_{\text{exp}}}{n(ALA)_{\text{max}}} = 80\%$, ainsi $n(ALA)_{\text{max}} = \frac{n(ALA)_{\text{exp}}}{\eta}$

L'ammoniac NH₃ est en excès d'après l'énoncé, donc le réactif limitant est l'acide 2-bromopropanoïque.

L'équation de la réaction permet d'écrire : $\frac{n(ALA)_{\text{max}}}{1} = \frac{n(ABR)_i}{1}$

Remarque : les 1 sont les nombres stœchiométriques écrits pour ne pas les oublier.

On cherche la masse initiale d'ABR, $\frac{n(ALA)_{\text{max}}}{1} = \frac{m(ABR)_i}{M(ABR)}$

$$m(ABR)_i = n(ALA)_{\text{max}} \cdot M(ABR)$$

$$m(ABR)_i = \frac{n(ALA)_{\text{exp}}}{\eta} \cdot M(ABR)$$

$$m(ABR)_i = \frac{m(ALA)_{\text{exp}}}{M(ALA) \cdot \eta} \cdot M(ABR)$$

$$m(ABR)_i = \frac{m(ALA)_{\text{exp}}}{M_{\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2}} \cdot M_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2\text{Br}}$$

$$m(ABR)_i = \frac{1,0 \times 10^3}{(3 \times 12 + 7 \times 1 + 1 \times 14 + 2 \times 16) \times 0,80} \times (3 \times 12 + 5 \times 1 + 2 \times 16 + 1 \times 80) = 2,1 \times 10^3 \text{ g} = 2,1 \text{ kg}$$

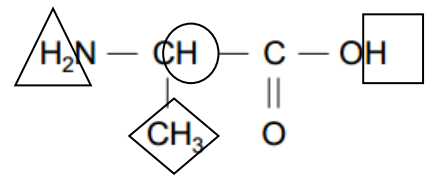
Remarque : ce résultat peut paraître trop élevé au 1^{er} abord (il faut plus de 2 kg d'ABR pour obtenir 1 kg d'ALA avec un rendement plutôt élevé : 80 %), mais cela s'explique par le fait que les molécules d'ABR ($M(ABR) = 153 \text{ g/mol}$) sont beaucoup plus lourdes que les molécules d'ALA ($M(ALA) = 89 \text{ g/mol}$).

1.3. Prédiction du spectre RMN de l'Alanine :

Les protons du NH₂ et du OH n'apparaissent pas dans les conditions où le spectre est réalisé (cf. énoncé).

Le proton du groupe CH est voisin avec 3 autres protons, d'après la règle du (n+1)-uplet il apparaît sous la forme d'un quadruplet.

Les protons du groupe CH₃ sont voisins avec un seul proton, le signal correspondant est un doublet.

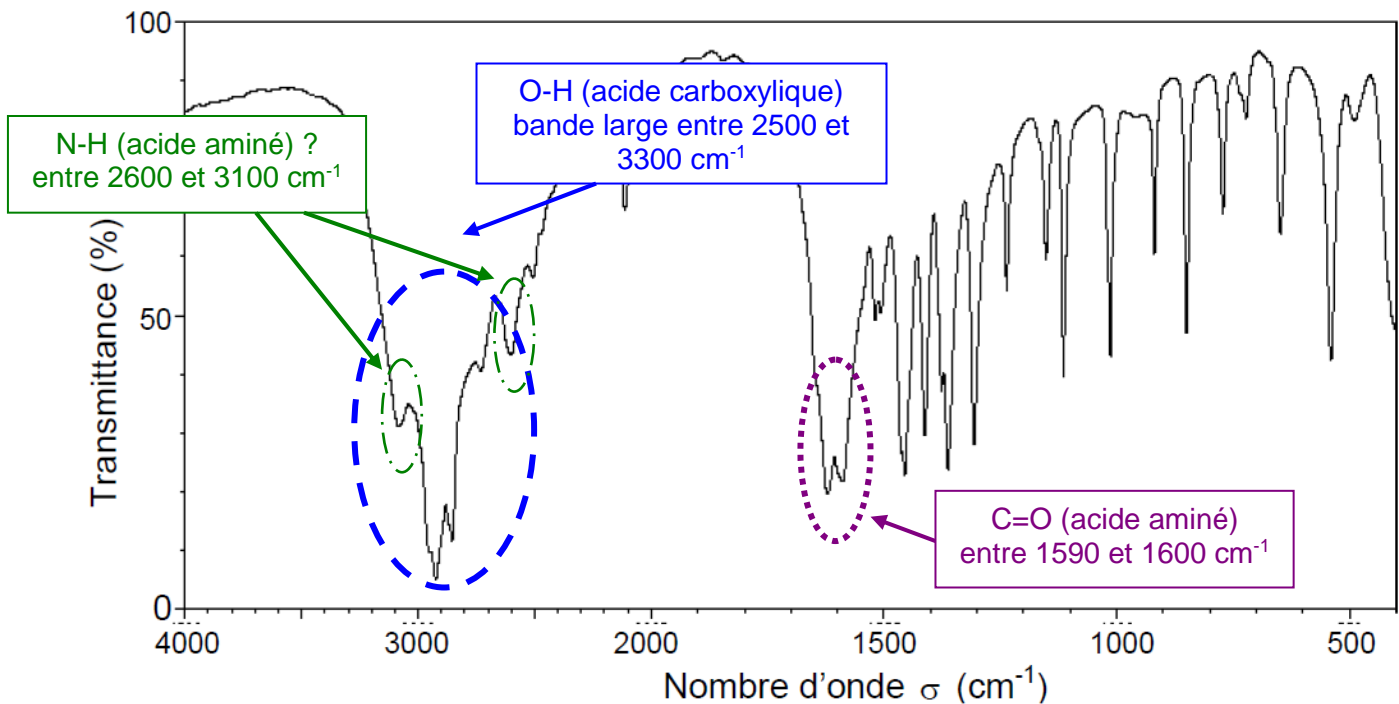
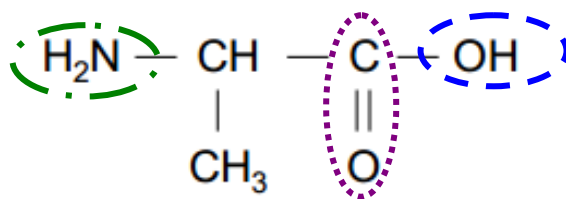


Cela correspond au spectre RMN du composé A (2 triplets pour le composé B).

Cette réponse semble suffire mais l'énoncé sous-entend fortement d'exploiter le spectre IR.

Vérifions que le spectre IR du composé A est compatible avec la formule de l'alanine.

On doit retrouver les liaisons les plus caractéristiques suivantes :



Les bandes d'absorption correspondant aux 2 liaisons N-H (entre 2600 et 3100 cm⁻¹) sont difficiles à identifier car elles se confondent avec la bande large de O-H.

Cependant, le spectre est compatible avec la formule de l'Alanine.

2. Spectroscopie infrarouge

2.1. Influence de la masse :

Comparaison courbe 1 / courbe 3 : la masse a augmenté (mais la constante de raideur du ressort est restée constante) et on constate que la période des oscillations a augmenté.

Influence de la constante de raideur k :

Comparaison courbe 1 / courbe 2 : la constante de raideur du ressort a augmenté (la masse est restée constante) et on constate que la période des oscillations a diminuée.

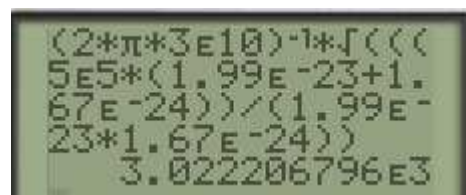
Conclusion : la période des oscillations de cet oscillateur mécanique augmente avec la masse du solide mais diminue avec la constante de raideur du ressort.

2.2.1. Vu que $\sigma = \frac{1}{\lambda}$, et que la longueur d'onde λ est homogène à une longueur, σ est homogène à l'inverse d'une longueur et devrait s'exprimer en m^{-1} (le cm^{-1} est une unité pratique).

$$2.2.2. \sigma = \frac{1}{2\pi c} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{\mu}}$$

Pour la liaison C-H, $\mu = \frac{m_C \cdot m_H}{m_C + m_H}$ donc $\sigma = \frac{1}{2\pi c} \cdot \sqrt{\frac{\alpha \cdot (m_C + m_H)}{m_C \cdot m_H}}$

$$\sigma = \frac{1}{2\pi \times 3,00 \times 10^{10}} \times \sqrt{\frac{5,0 \times 10^5 \times (1,99 \times 10^{-23} + 1,67 \times 10^{-24})}{1,99 \times 10^{-23} \times 1,67 \times 10^{-24}}} = 3,0 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}$$



Remarque : la célérité « c » était donnée en $cm \cdot s^{-1}$ pour que le résultat soit directement en cm^{-1} . Si on ne conserve que deux chiffres significatifs alors ce résultat est cohérent avec les données qui indiquent $\sigma(C-H)$ entre 2850 et 3020 cm^{-1} .

$$2.2.3. \text{ On sait que } \sigma = \frac{1}{2\pi c} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{\mu}}$$

Si la masse réduite μ est la même pour la liaison C-O et la liaison C=O, la seule explication permettant d'expliquer que $\sigma(C=O) > \sigma(C-O)$ est que $\alpha(C=O) > \alpha(C-O)$ (α au numérateur).

La constante de force de liaison est plus élevée pour C=O que pour C-O, cela semble logique car la liaison C=O est plus solide que la liaison C-O.

Compétences exigibles ou attendues :

En noir : officiel (Au B.O.)

En bleu : officieux (au vu des sujets de Bac depuis 2013)

- Utiliser le nom systématique d'une espèce chimique organique pour en déterminer les groupes caractéristiques et la chaîne carbonée.
- Utiliser la représentation de Cram.
- À partir d'un modèle moléculaire ou d'une représentation reconnaître si des molécules sont identiques, énantiomères ou diastéréoisomères.
- Déterminer la catégorie d'une réaction (substitution, addition, élimination) à partir de l'examen de la nature des réactifs et des produits.
- **Définir et calculer le rendement d'une synthèse.**
- Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données.
- Relier un spectre RMN simple à une molécule organique donnée, à l'aide de tables de données.
- **Vérifier l'homogénéité d'une relation.**
- Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique.