

TS3 - Physique-Chimie
Devoir en classe n°4 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : IDENTIFICATION DE MOLÉCULES ORGANIQUES (6 points)

1. Nomenclature

1.1. Les formules brutes des composés **A** et **B** sont identiques : $C_8H_{10}O$. Il s'agit donc de deux isomères.

1.2. Groupes caractéristiques et fonctions organiques :

Composé	Fonction et groupe	Composé	Groupe caractéristique
A	phénol (groupe hydroxyle)	D	acide carboxylique (groupe carboxyle)
B	alcool primaire (groupe hydroxyle)	E	ester (groupe ester)
C	aldéhyde (groupe carbonyle)		

2. Analyse des spectres infrarouge

2.1. Attribution des bandes d'absorption

Composé A	Composé B
(a) fine, moyenne, 3600 cm^{-1} : O – H _{libre}	(g) large, intense, 3350 cm^{-1} : O – H _{lié}
(c) fine, moyenne, 3000 cm^{-1} : C _{tétra} – H	(h) moyenne, 3030 cm^{-1} : C _{tri} – H _{aromat.}
(d) fine, forte, 1510 cm^{-1} : C = C _{aromat.}	(j) fine, forte, 1500 cm^{-1} : C = C _{aromat.}

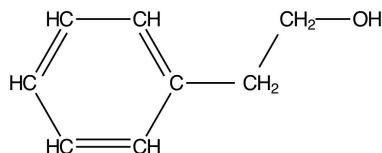
2.2. Les composés **A** et **B** sont tous deux des alcools et sont donc susceptibles de former des liaisons hydrogène. En revanche, le spectre du composé **A** (figure 1) a été obtenu à partir d'une solution diluée dans un solvant apolaire (le tétrachlorométhane). Dans cette situation, le composé **A** est dans l'incapacité de former des liaisons hydrogène. En revanche, le spectre du composé **B** (figure 2) a été obtenu à partir de l'alcool **B** pur à l'état liquide : ce composé peut donc aisément former des liaisons hydrogène, ce qui a pour effet de diminuer le nombre d'onde de la bande d'absorption et d'élargir cette dernière de façon caractéristique.

3. Analyse des spectres RMN

3.1. Si on se limite à l'analyse des chaînes carbonées non aromatiques, on constate que le composé **A** présente deux groupes de protons non équivalents sur le radical éthyle $CH_3 – CH_2$: les protons se situant à l'extrémité ont deux voisins qui ne leur sont pas équivalents, ce qui doit donner un triplet dans le spectre RMN tandis que les deux protons du groupe méthylène CH_2 ont trois voisins qui ne leur sont pas équivalents, ce qui doit donner un quadruplet dans le spectre RMN. Seule la figure 4 présente à la fois un triplet et un quadruplet : c'est donc le spectre du composé **A**.

Le composé **B** présente quant à lui deux groupes de deux protons non équivalents (CH_2) qui devraient donc donner lieu à deux triplets dans le spectre RMN. La figure 3 présente bien deux triplets et correspond donc au spectre du composé **B**.

3.2. Formule semi-développée du composé **B** :



3.3. D'après le document IV, le singulett situé à 2 ppm correspond au proton du groupe hydroxyle OH. Les deux triplets correspondent aux deux groupes CH_2 comme dit précédemment. Le triplet situé à 2,8 ppm correspond au groupe CH_2 proche du cycle aromatique (comme l'indique le document IV) tandis que le triplet situé à 3,8 ppm correspond à l'autre groupe CH_2 proche de l'atome d'oxygène. Enfin, le singulett situé à 7,2 ppm correspond aux protons du cycle aromatique comme l'indique également le tableau du document IV.

EXERCICE II : TRACÉS DE VECTEURS (4 points)

Détermination du vecteur \vec{v}_2 :

L'angle qui intercepte l'arc de cercle $\widehat{M_1 M_3}$ vaut $\alpha = 93^\circ$. Ainsi la longueur de l'arc de trajectoire parcouru durant les 80 ms s'étant écoulées entre ces deux points vaut, sans approximation puisque le mouvement est circulaire, $\widehat{M_1 M_3} = OM \cdot \alpha = 5,0 \cdot 10^{-2} \times \frac{93 \times \pi}{180} = 8,1 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 8,1 \text{ cm}$

$$v_2 = \frac{\widehat{M_1 M_3}}{2\tau} = \frac{8,1 \cdot 10^{-2}}{2 \times 40 \cdot 10^{-3}} = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Détermination du vecteur \vec{v}_4 :

L'angle qui intercepte l'arc de cercle $\widehat{M_3 M_5}$ vaut aussi 93° . Ainsi la longueur de l'arc de trajectoire parcouru durant les 80 ms s'étant écoulées entre ces deux points vaut aussi $8,1 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 8,1 \text{ cm}$

On en déduit que $v_4 = v_2 = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Tracé des vecteurs vitesse :

On choisit une échelle de vitesse telle que 5 cm représentent $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ donc les vecteurs vitesse auront 5 cm de longueur. Comme le mouvement est circulaire et que le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire, il est aussi perpendiculaire au rayon du cercle, ce qui est plus précis pour déterminer sa direction.

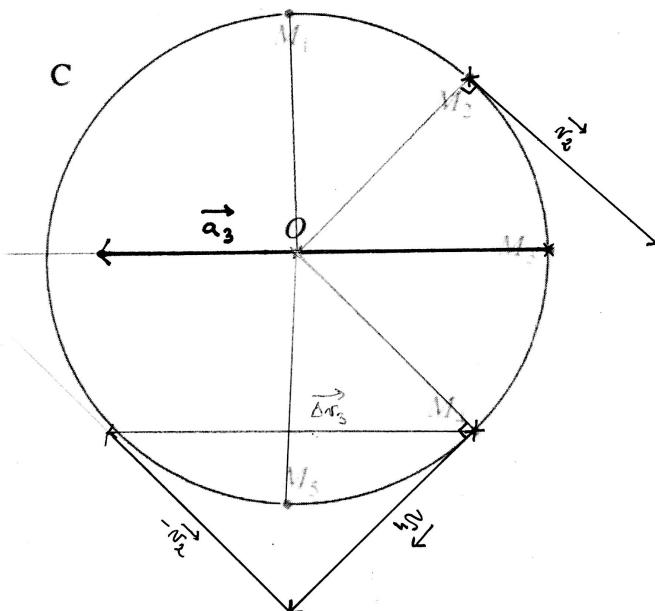
Calcul de l'accélération a_3 :

On construit le vecteur $\vec{\Delta v}_3 = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$ puis on détermine sa longueur dont on déduit sa norme grâce à l'échelle précédente. Comme $\vec{\Delta v}_3$ mesure 7,2 cm sur le document, on en déduit que $\Delta v_3 = \frac{7,2}{5,0} = 1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\text{Il s'ensuit que } a_3 = \frac{\Delta v_3}{2\tau} = \frac{1,4}{2 \times 40 \cdot 10^{-3}} = 18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Tracé du vecteur accélération \vec{a}_3 :

Le vecteur \vec{a}_3 a même direction et même sens que le vecteur $\vec{\Delta v}_3$. On choisit une échelle de 1 cm pour représenter $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, ce qui donne un vecteur accélération de 9 cm de longueur.



EXERCICE III : MOUVEMENT D'UN PROTON (10 points)

1. Le proton étant dévié vers le haut, il faut que la force électrique soit dirigée vers le haut. En outre, on sait que $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ et que le champ électrique est perpendiculaire aux armatures donc la force est dirigée vers le haut et perpendiculairement aux armatures. D'après la relation précédente, le champ électrique a même sens et même direction que la force car la charge électrique d'un proton est positive.
2. Le proton doit être dévié vers le haut : il doit donc être attiré par l'armature A qui doit donc être chargée négativement. Ainsi, l'armature B doit être chargée positivement (deux charges de même signe se repoussent).
3. Le système étudié est le proton, de masse constante. On se place dans le référentiel terrestre que l'on considère comme galiléen. La seule force considérée est la force électrique $\vec{F} = e \cdot \vec{E}$ car le poids du proton est négligé au même titre que les frottements (le mouvement a lieu dans le vide). D'après la deuxième loi de Newton appliquée à un système de masse constante, on obtient :

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ soit } e \cdot \vec{E} = m \cdot \vec{a} \text{ ou encore } \vec{a} = \frac{e \cdot \vec{E}}{m}$$

$$\text{En outre, on a } \vec{E} = E \cdot \vec{j} \text{ donc } \vec{a} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j} = \frac{e \cdot E}{m} \cdot \vec{j} \text{ d'où } \boxed{a_x = 0} \text{ et } \boxed{a_y = \frac{e \cdot E}{m}}$$

4. Par intégration, on trouve les équations horaires pour la vitesse :

$$v_x = v_{x_0} = V_0 \text{ et } v_y = \frac{e \cdot E}{m} \cdot t + v_{y_0} = \frac{e \cdot E}{m} \cdot t \text{ car la vitesse initiale est horizontale : } \vec{V}_0 = V_0 \cdot \vec{i}$$

De même, par intégration, on trouve les équations horaires pour la position :

$$x(t) = V_0 \cdot t + x_0 = V_0 \cdot t \text{ et } y(t) = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2 + y_0 = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2 \text{ car le proton part de l'origine } O \text{ du repère choisi.}$$

5. D'après la première équation horaire, on obtient que $t = \frac{x}{V_0}$ et en injectant cette relation dans la seconde équation horaire, on obtient l'équation de la trajectoire : $y = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2 = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m} \cdot \left(\frac{x}{V_0} \right)^2 = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m \cdot V_0^2} \cdot x^2$

6. Lorsque le proton arrive à l'extrémité du condensateur plan, $x_S = \ell$. En outre, $E = \frac{U}{d}$. En remplaçant dans l'équation de la trajectoire précédente, on obtient l'expression de y_S :

$$y_S = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m \cdot V_0^2} \cdot x_S^2 = \frac{e \cdot U \cdot \ell^2}{2 \cdot m \cdot d \cdot V_0^2} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times 4,0 \cdot 10^3 \times (6,0 \cdot 10^{-2})^2}{2 \times 1,7 \cdot 10^{-27} \times 6,0 \cdot 10^{-2} \times (1,5 \cdot 10^6)^2} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 5,0 \text{ mm}$$