

Corrigé du bac 2016 : Physique-Chimie Obligatoire Série S – Asie

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Obligatoire

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé.

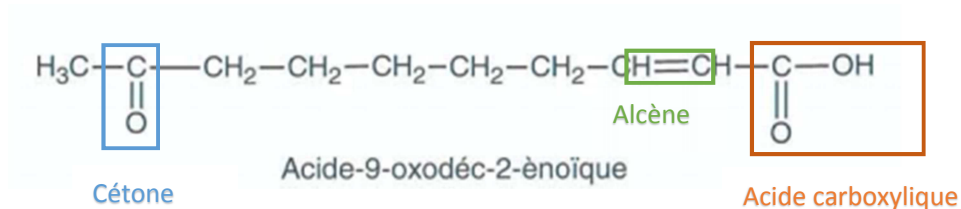
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

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

A) La communication chez les abeilles

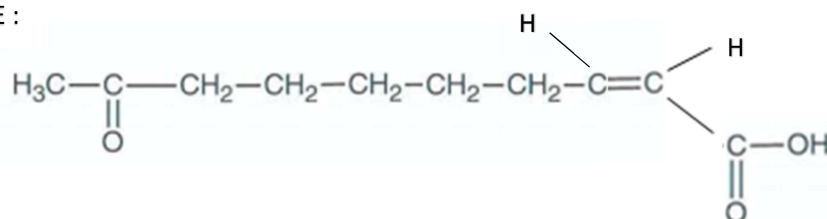
1) La phéromone mandibulaire de la reine

1.1)

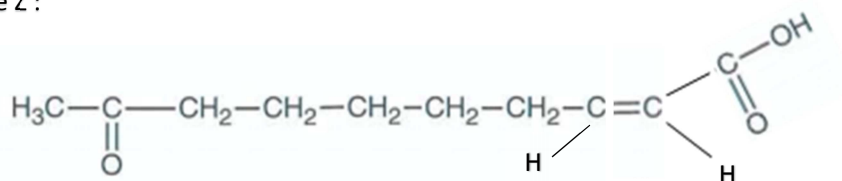


1.2) L'acide-9-oxodéc-2-énoïque ne possède pas de carbones asymétriques, mais possède une double liaison $\text{C}=\text{C}$. Cette molécule va donc posséder deux stéréoisomères Z et E.

Stéréoisomère E :

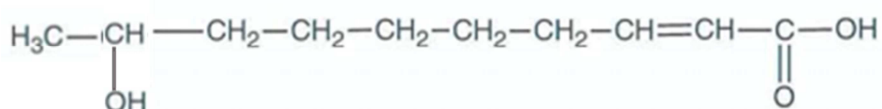


Stéréoisomère Z :



1.3) L'acide 9-hydroxydéc-2-énoïque possède :

- Une chaîne carbonée de 10 C (« -déc »)
- Un groupement hydroxyle sur le 9^{ème} carbone (« 9-hydroxy- »)
- Un groupement acide carboxylique (« acide [...] -oïque »)
- Une double liaison au niveau du 2^{ème} carbone (2-ène)



1.4) L'acide 9-hydroxydéc-2-énoïque possède un carbone asymétrique, il possède donc deux stéréoisomères (des énantiomères).

De plus, la présence d'une double liaison C=C induit la présence d'une stéréoisomérisation Z/E, donnant des diastéréoisomères.

2. Phéromone d'alarme et phéromone d'attaque

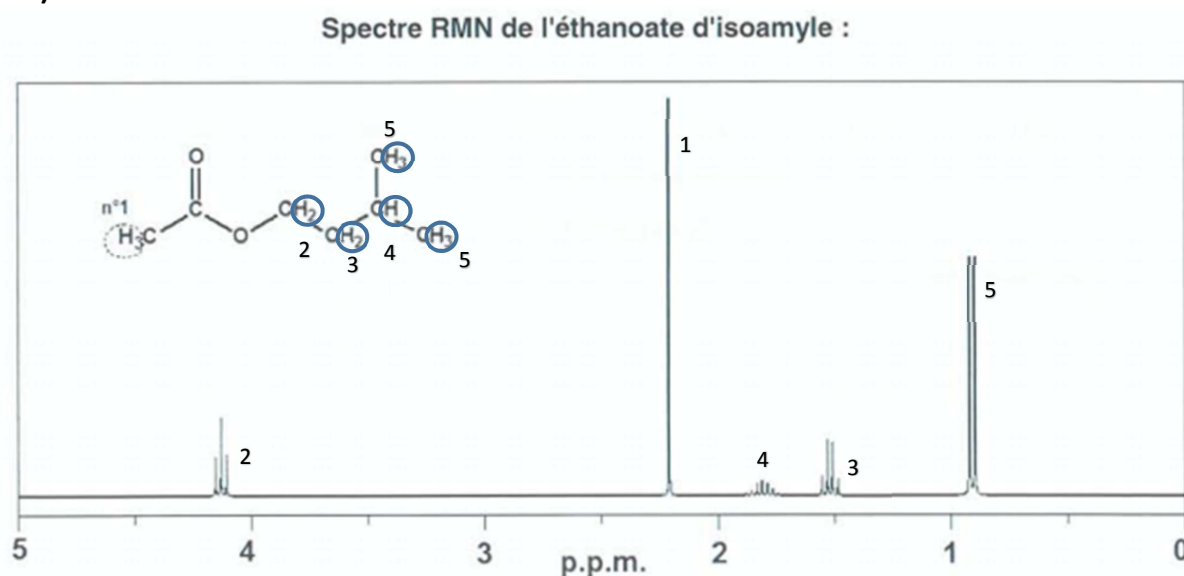
2.1) Les deux spectres infrarouges se ressemblent très fortement, et c'est normal car les deux molécules étudiées se ressemblent beaucoup elles aussi. On peut noter cependant la présence dans l'éthanoate d'isoamyle d'une liaison C-O, absente dans l'heptan-2-one.

Le spectre infrarouge d'une telle molécule possèdera entre 1200 et 1300 cm^{-1} une bande forte, ce qui ne sera pas le cas sur le spectre IR de l'heptan-2-one.

On retrouve cette bande dans le spectre IR n°1.

Le spectre IR n°1 correspond donc à l'éthanoate d'isoamyle et le n°2 à l'heptan-2-one.

2.2)



Les protons du groupe 1 n'ont pas de voisin : on a un singulet à 2,2 ppm.

Les protons du groupe 2 ont deux voisins : on a un triplet à 4,1 ppm.

Les protons du groupe 3 ont trois voisins : on a un quadruplet à 1,5 ppm.

Le proton du groupe 4 possède huit voisins : on a un nonuplet à 1,8 ppm.

Les protons du groupe 5 ont un seul voisin : on a un doublet à 0,9 ppm.

B) Le miel : source de nourriture

1) Tout le glucose et le fructose doivent être consommés par le DNS lors de la réaction si nous voulons connaître la concentration en sucres réducteurs. Le DNS doit alors être introduit en excès, et le glucose et le fructose doivent être les réactifs limitants.

2) Travaillons tout d'abord avec la solution 1, celle dont nous disposons des informations principales pour calculer la concentration massique :

L'absorbance de la solution S₁ vaut 0,4. En utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage, on a

$$C_m(S_1) = \frac{A}{0,68} = \frac{0,4}{0,68} = 0,59 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

La solution S₁ ayant été diluée 10 fois, la solution S₀ est alors 10 fois plus concentrée.

$$\text{Ainsi, } C_m(S_0) = 10 * C_m(S_1) = 5,9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Si nous calculons maintenant la masse de sucres réducteurs dans 50 mL de solution S₀, on obtient $m = C_m(S_0) * V = 5,9 * 50 \cdot 10^{-3} = 0,294 \text{ g}$.

Il y a donc 0,294 g de glucose dans 0,6 g de miel, ce qui fait 49 g de glucose dans 100 g de miel.

Ce miel respecte donc la norme concernant les sucres réducteurs puisque la teneur en glucose dépasse 45g.

EXERCICE II - LES LIDAR « LIGHT DETECTION AND RANGING » (10 points)

1) Le LiDAR topographique embarqué

1.1) Les deux propriétés caractéristiques du rayonnement émis par les lasers sont :

- La nature monochromatique du rayonnement : le rayonnement laser ne contient théoriquement qu'une seule longueur d'onde.
- La nature unidirectionnelle : contrairement à la lumière ordinaire, toutes les ondes lumineuses se déplacent dans la même direction. Le rayon laser est très peu divergent.

1.2) Les lampes flash servent au pompage optique.

Remarque : Le pompage optique est un procédé qui permet de changer d'une manière appréciable les valeurs des populations des états quantifiés des atomes, des molécules et des ions (on désigne par le mot « population » le nombre d'atomes dans un état quantique donné).

1.3) Pour calculer la valeur de cette longueur d'onde, on se sert de la formule utilisée pour calculer d'énergie d'un photon :

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Ce qui nous donne :

$$\lambda = \frac{hc}{E_3} = 6,62 \cdot 10^{-34} * \frac{3,00 \cdot 10^8}{2,458 \cdot 10^{-19}} = 808 \text{ nm}$$

1.4) L'impulsion effectue un aller-retour depuis l'avion jusqu'au sommet de la montagne en dessous (elle est arrêtée par la montagne). On aura alors 2 fois la distance sommet-avion, qui vaut $H-h$.

D'après la formule reliant le temps, la distance parcourue et la célérité d'une onde, on a :

$$\Delta t = \frac{2(H - h)}{c}$$

1.5) La durée Δt du trajet aller-retour de l'impulsion laser est plus grande lorsque le sommet de la montagne est plus bas en altitude. A $t=0$, on doit donc prendre la courbe qui présente le Δt le plus élevé (car le sommet est très bas) : il s'agit du graphique a.

1.6) En se servant de la formule trouvée en 1.4), on a :

$$H - h = \frac{\Delta t}{2} * c$$

Puis

$$h = H - \frac{\Delta t}{2} * c = 3,50 - \frac{13,6 \cdot 10^{-6}}{2} * 3,00 \cdot 10^8 = 1,46 \cdot 10^3 \text{ m}$$

1.7) La vitesse de l'avion est de 450 km/h, soit 125 m/s.

On sait que la durée Δt du trajet aller-retour de l'impulsion laser est de 13,6 μs , donc la distance parcourue par l'avion durant cette durée est de $125 \cdot 13,6 \cdot 10^{-6} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

Cette distance est très inférieure à celle de H (3,50 km). L'hypothèse est donc bien vérifiée.

2) Le LiDAR bathymétrique

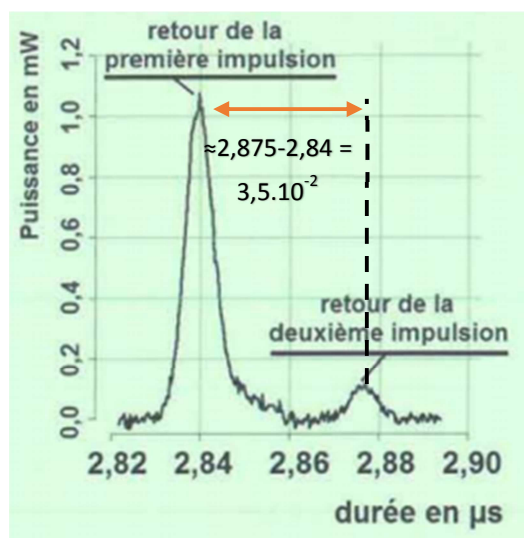
2.1) Le premier laser vert possède une longueur d'onde comprise entre 500 et 800 nm (domaine du visible) : il s'agit du laser de longueur d'onde égale à 532 nm.

Le second laser possède une longueur d'onde hors du domaine du visible car situé dans l'infrarouge : il s'agit du laser de longueur d'onde égale à 1064 nm.

2.2) D'après le spectre n°1, on observe une très forte absorption par l'eau des radiations dont les longueurs d'ondes situées dans l'infrarouge, ce qui est tout à fait le contraire pour celles dont les longueurs d'ondes situées autour de 500 nm qui sont très peu absorbées (différence d'un facteur 100 de l'absorption).

Il ne serait donc pas judicieux du tout de travailler avec des lasers émettant dans l'infrarouge.

2.3) Le document n°2 nous fournit une donnée sur le temps entre deux impulsions. C'est à dire le temps mis par une impulsion pour parcourir la profondeur de l'eau deux fois !



La profondeur de l'eau est donc obtenue en effectuant le calcul :

$$D = \frac{c_{eau} * 3,5.10^{-2}}{2} = \frac{2,26.10^8 * 3,5.10^{-2}}{2} = 4,0 \text{ m}$$

3) Le LiDAR à effet Doppler

3.1) Les expériences utilisent le mouvement : il s'agit d'ondes mécaniques qui nécessitent un milieu de propagation, contrairement au LiDAR qui utilise des ondes électromagnétiques.

3.2) La vitesse v_{exp1} calculée va être une vitesse moyenne. En faisant la moyenne des durées inscrites dans le tableau de l'expérience 1, on a : $\tau_{moy} = 2,078 \approx 2,08$.

$$v_{exp1} = \frac{d}{\tau_{moy}} = \frac{30,0}{2,08} = 14,4 \text{ cm. s}^{-1}$$

En tenant compte de l'incertitude sur la vitesse :

$$\frac{U(v)}{v} = \sqrt{\left(\frac{U(\tau)}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{U(d)}{d}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0,02}{2,08}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{30,0}\right)^2} = 0,02$$

Puis

$$U(v) = v * 0,02 = 14,4 * 0,02 = 0,3 \text{ cm. s}^{-1}$$

Ainsi,

$$v = 14,4 \pm 0,3 \text{ cm. s}^{-1}$$

3.3) La fréquence f_2 du chariot en mouvement est plus faible que celle du chariot immobile : le chariot s'éloigne donc de l'ensemble émetteur-récepteur. En effet, plus le chariot s'éloigne, plus la distance à parcourir est grande, donc plus la fréquence spatiale diminue.

3.4) Pour l'expérience n°2, on utilise la formule de la valeur absolue de la variation de fréquence :

$$|\Delta f| = \frac{2 * v * f_{em}}{c}$$

Qui nous donne la valeur de la vitesse v :

$$v = \frac{|\Delta f| * c}{2 * f_{em}} = \frac{(42170 - 42134) * 340}{2 * 42170} = 14,5 \text{ cm. s}^{-1}$$

Avec une incertitude de 5% :

$$\frac{U(v)}{v} = 0,05$$

D'où

$$U(v) = 0,05 * v = 0,05 * 14,5 = 0,7 \text{ cm. s}^{-1}$$

Pour l'expérience n°2, on a une valeur de vitesse de :

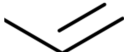
$$v = 14,5 \pm 0,7 \text{ cm. s}^{-1}$$

Les deux expériences donnent des valeurs de vitesses compatibles : la première vitesse est située dans l'intervalle [14,1 ; 14,7] et la deuxième dans l'intervalle [13,8 ; 15,2] qui se recoupent.

EXERCICE III - SYNTHÈSE ASYMÉTRIQUE DU MENTHOL (5 points)

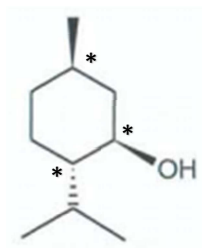
1) Synthèse du (-)-menthol par le procédé au thymol

1.1) La formule semi-développée du propène est : $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$

La formule topologique est : 

1.2) La réaction d'hydrogénation du thymol part de deux réactifs pour ne former qu'un produit à la fin : il s'agit d'une addition.

1.3)



1.4) Entre le (-)-menthol et le stéréoisomère 1, on observe un changement de configuration de tous les carbones asymétriques, ce qui est caractéristique des énantiomères (image de la molécule dans un miroir plan).

Le (-)-menthol et le stéréoisomère 2 sont diastéréoisomères car seul un des trois carbones change de configuration (celui situé en haut de la molécule).

1.5) Si les deux étapes sont totales et si les 8 stéréoisomères du menthol sont obtenus dans les mêmes proportions, le rendement vaudra alors :

$$R = \frac{1}{8} = 0,13 = 13\%$$

2) Synthèse du (-)-menthol par le procédé Takasago développé par l'équipe de Ryoji Noyori

2.1) Le myrcène possède bien une double liaison, mais possède également deux groupements identiques de chaque côté, il ne peut donc pas y avoir d'isomérie Z/E.

2.2) Les étapes n°2 et 4 créent des atomes de carbone asymétrique : un pour l'étape n°2 et deux pour l'étape n°4.

Une catalyse asymétrique nécessite l'utilisation d'un catalyseur chiral, or l'étape n°2 en utilise un : cette catalyse est asymétrique.

2.3) Le menthol a pour formule brute $C_{10}H_{20}O$, et le myrcène $C_{10}H_{16}$. Dans ce bilan global, pour arriver au produit final, il nous manque 4 hydrogènes et un oxygène par rapport au myrcène. Ainsi, on devine que les molécules X et Y sont H_2 et H_2O .

3) Comparaison des deux procédés de synthèse

Pour valider le principe 2, il nous faut calculer l'utilisation atomique (UA) pour chacun des deux procédés.

$$UA_{thymol} = \frac{M(\text{produit recherché})}{\sum_i M_i(\text{réactifs})} = \frac{1}{8} = 0,125$$

$$UA_{Takasago} = \frac{M(\text{produit recherché})}{\sum_i M_i(\text{réactifs})} = 1 \text{ car réaction sans sous-produits.}$$

Le procédé de Takasago permet peu de perte d'atomes (très largement moins que le procédé au thymol dont la valeur d'UA est très éloignée de 1).

De plus, le procédé de Takasago utilise des catalyseurs sélectifs tout au long du procédé contrairement au procédé au thymol qui n'en utilise pas.

Le procédé de Takasago valide bien deux des principes de la chimie verte.