

Corrigé du bac 2016 : Physique- Chimie Spécialité Série S – Amérique du Nord

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : **3 h 30** – Coefficient : **8**

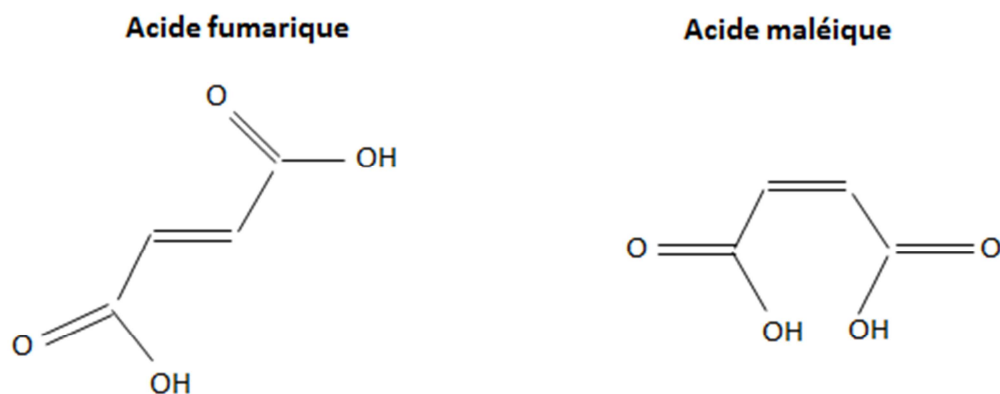
L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

EXERCICE I – A PROPOS DE L'ACIDE FUMARIQUE (10 points)

1) Caractéristiques physiques de l'acide fumarique

1.1) Représentations de l'acide fumarique et de l'acide maléique :



Leur différence réside dans leur configuration : l'acide fumarique est de configuration E et l'acide maléique est de configuration Z (voir la double liaison C=C).

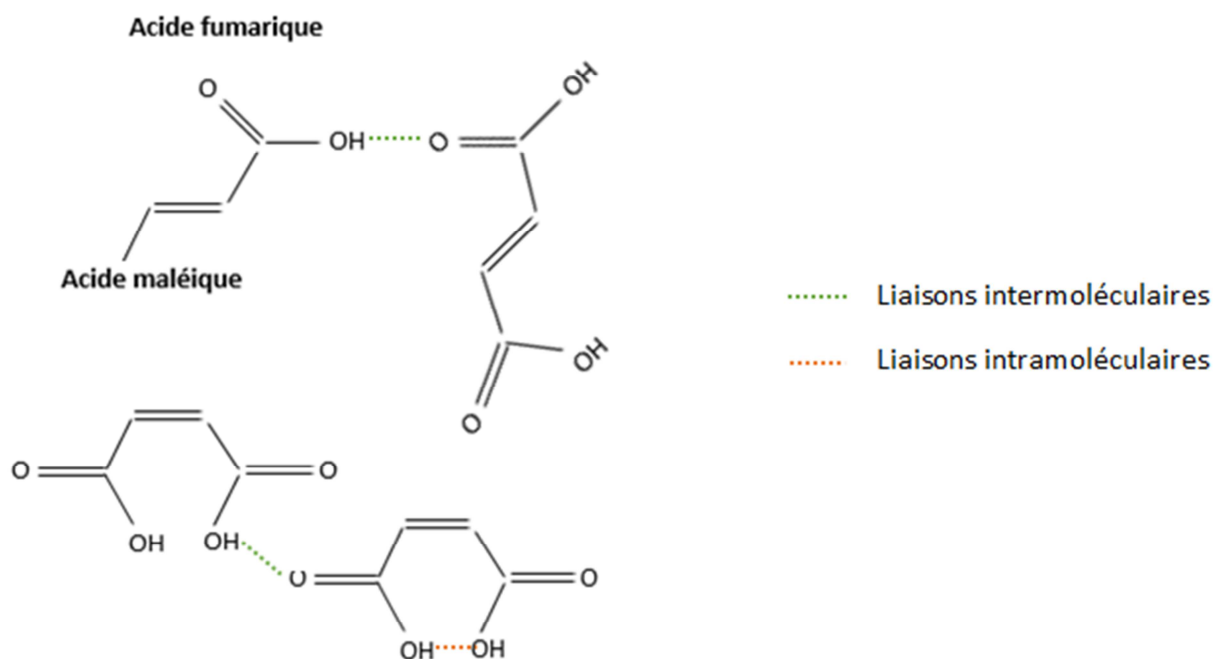
1.2) On ne remarque aucun carbone asymétrique chez les deux acides : il ne peut donc pas y avoir d'énantiomères. De plus, nous avons remarqué à la question 1.1) leur différence de configuration : l'un est Z et l'autre est E. Ils sont diastéréoisomères.

1.3) Le tableau fourni dans les données nous indique les températures de fusion des deux acides qui sont très différentes. On peut donc les différencier par une mesure au banc Kofler.

Ce document nous indique également que les deux acides se comportent très différemment lorsqu'on les dissout : l'acide maléique est très soluble dans l'eau, ce qui n'est pas le cas de l'acide fumarique. On peut donc réaliser une expérience de dissolution.

1.4.1) La différence entre le type de formation de liaisons hydrogène réside principalement dans la distance entre les atomes d'hydrogène et d'oxygène (qui est très électronégatif).

Dans le cas de l'acide fumarique, les liaisons ne peuvent pas être intramoléculaires, car les atomes d'hydrogène et d'oxygène présentes au sein de la molécule sont trop éloignés. Les liaisons ne peuvent qu'être intermoléculaires. Dans le cas de l'acide maléique, les atomes d'hydrogène et d'oxygène sont très proches (ce qui est dû à la configuration Z de la molécule), donc les liaisons sont intramoléculaires en plus de pouvoir être intermoléculaires.



1.4.2) L'acide maléique possède deux atomes d'hydrogène. Or nous avons dit à la question précédente qu'il pouvait former des liaisons intra et intermoléculaires. Si on étudie deux molécules d'acide maléique, un hydrogène va donc intervenir dans une liaison intramoléculaire, et l'autre dans une intermoléculaire.

Pour l'acide fumarique, qui possède également deux atomes d'hydrogène, étant donné qu'il n'est concerné que par des liaisons intermoléculaires, ces deux atomes vont intervenir dans la création de ces deux liaisons.

Or pour faire fondre une molécule, il faut rompre des liaisons intermoléculaires. Il faudra en rompre 1 pour l'acide maléique et 2 pour l'acide fumarique. On en déduit donc que la température de fusion est plus élevée pour l'acide fumarique que pour l'acide maléique.

1.5) Les liaisons OH sont très polarisées du fait de la grande électronégativité de l'oxygène, et l'eau en contient beaucoup. Ainsi, oui, l'eau est un solvant polaire.

1.6) Une molécule apolaire est très peu soluble dans un solvant polaire. L'acide fumarique étant apolaire, il sera donc très peu soluble dans l'eau qui est un solvant polaire. A l'inverse, une molécule polaire sera très soluble dans un solvant polaire ce qui est le cas de l'acide maléique et de l'eau.

2) Propriétés chimiques de l'acide fumarique

2.1) Il s'agit d'un protocole classique de dissolution d'un solide. Tout d'abord, peser 500 mg d'acide fumarique dans une coupelle et l'introduire dans une fiole jaugée de 100 mL en veillant bien à récupérer tout l'acide en rinçant la coupelle. Remplir d'eau distillée jusqu'aux 2/3 de la fiole, boucher et agiter. Déboucher, et compléter toujours avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, reboucher et agiter.

2.2) Un acide au sens de Bronsted est une espèce capable de céder un proton H^+ .

2.3) Un diacide est capable de céder deux protons, ce qui est le cas de l'acide fumarique qui possède 2 groupes carboxyle $COOH$ (caractéristiques des acides carboxyliques) susceptibles de céder des protons.

2.4) Calcul de la concentration molaire C_A apportée de l'acide fumarique :

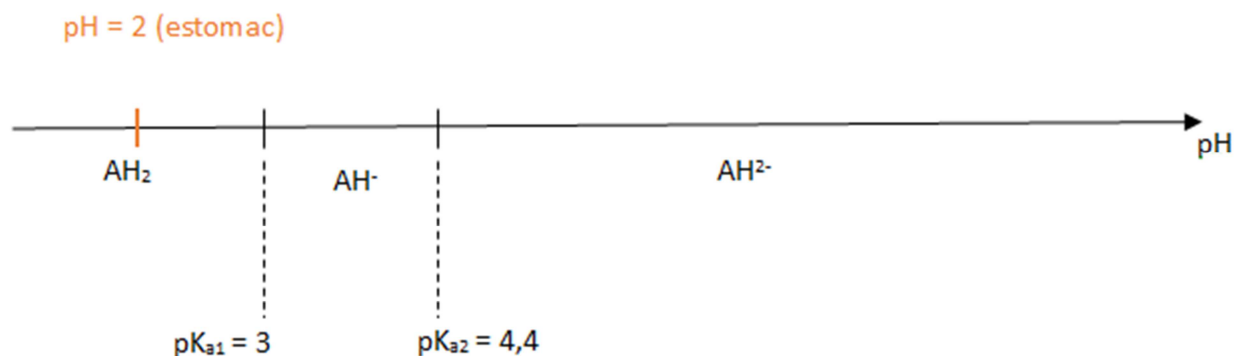
$$C_A = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{0,500}{116 \times 0,1} = 4,31 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

2.5) Calculons le pH de l'acide fumarique :

$$pH = -\log(2C_A) = -\log(2 \times 4,31 \cdot 10^{-2}) = -\log(8,62 \cdot 10^{-2}) = 1,06$$

Le pH de la solution étant égal à 2,4, on peut conclure que l'acide fumarique n'est pas un diacide fort.

2.6) Soyons rigoureux et développons le diagramme de prédominance de l'acide fumarique :

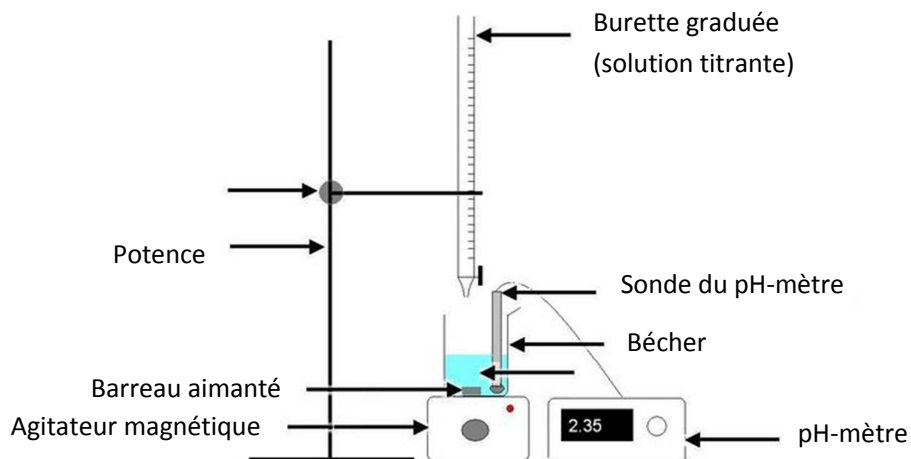


D'après le diagramme, on en déduit que l'acide fumarique se trouve prédominant sous forme AH_2 dans l'estomac.

3) Contrôle de qualité

3.1) On doit effectuer le prélèvement de la solution titrée à l'aide d'une pipette jaugée de 10,0 mL.

3.2)



3.3) L'équation de titrage est ici : $\text{AH}_{2(\text{aq})} + 2\text{HO}^-_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{A}^-_{(\text{aq})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagi dans les proportions stoechiométriques. On a alors $n_{\text{AH}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{HO}^-}$

D'après la courbe d'évolution du pH en fonction du volume et en utilisant la méthode des tangentes parallèles, on trouve $V_E = 8,4 \text{ mL}$.

$$\begin{aligned} m_{\text{AH}_2} &= n_{\text{AH}_2} \times M_{\text{AH}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{HO}^-} \times M_{\text{AH}_2} = \frac{1}{2} (C_B \times V_E) \times M_{\text{AH}_2} \\ &= \frac{1}{2} (1,0 \cdot 10^{-1} \times 8,5 \cdot 10^{-3}) \times 116 = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ g} \end{aligned}$$

Cette valeur de la masse d'acide fumarique est celle comprise dans la prise d'essai de 10,0 mL. La solution initiale contenant 100 mL, il faut multiplier la valeur obtenue par 10 : la masse d'acide fumarique contenue dans une gélule est de 0,49 g.

3.4) En calculant toutes les contributions de la mesure de l'erreur :

$$\frac{U(V_A)}{V_A} = \frac{0,1}{10,0} = 0,01$$

$$\frac{U(V_E)}{V_E} = \frac{0,1}{8,4} = 0,012$$

$$\frac{U(C_B)}{C_B} = \frac{0,3 \cdot 10^{-2}}{1,0 \cdot 10^{-1}} = 0,03$$

La plus grande contribution à l'incertitude vient de la mesure de la concentration c_B .

$$3.5) \left(\frac{U(m_{exp})}{m_{exp}} \right)^2 = \left(\frac{U(V_A)}{V_A} \right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B} \right)^2$$

$$U(m_{exp}) = m_{exp} \times \sqrt{\left(\frac{U(V_A)}{V_A} \right)^2 + \left(\frac{U(V_E)}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B} \right)^2}$$

$$= 0,49 \times \sqrt{0,01^2 + 0,012^2 + 0,03^2} = 0,02 \text{ g}$$

On peut donc encadrer m_{exp} de la sorte : $0,47 \text{ g} < m_{exp} < 0,51 \text{ g}$. Sur l'étiquette, on lit 500 mg par gélule ce qui est cohérent avec l'encadrement trouvé.

3.6) L'indicateur coloré doit contenir le pH à l'équivalence. Le rouge de crésol comprend la valeur de $V_E = 8,4$ dans sa zone de virage.

EXERCICE II – DÉTECTION ET HABITABILITÉ D'UNE EXPOLANÈTE (5 points)

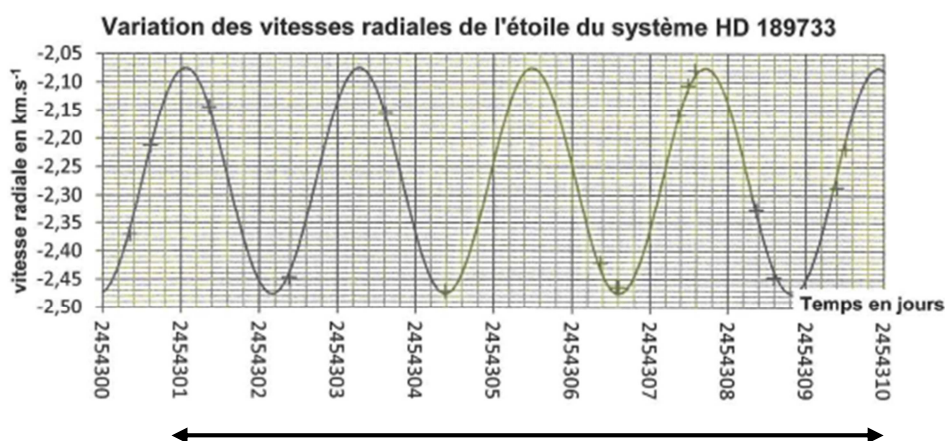
1) Illustration du principe de détection par vélocimétrie

1.1) La courbe du document 2 nous donne la variation des vitesses de l'étoile du système HD en fonction du temps en jours. On nous donne la relation entre cette vitesse et le décalage spectral $\Delta\lambda$: $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$. Or on connaît déjà λ et c , qui sont des valeurs constantes. Le décalage spectral ne dépend donc que de la vitesse et vice versa.

On a ainsi $c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = v$ et $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_{mesurée}$.

Pour aboutir à la courbe étudiée, les chercheurs ont donc dû mesurer le décalage spectral entre la valeur de longueur d'onde fixée et celle mesurée à partir de plusieurs spectres de raies pris à différents moments donnés et ensuite calculer la vitesse v du système.

1.2) Calculons la période de révolution de l'étoile du système HD 189733.



On mesure $4T = 2454310 - 2454301 = 9$, donc $T = \frac{9}{4} = 2,25$ jours, ce qui nous donne $T = 2,25 \times 24 \times 3600 = 1,94 \cdot 10^5$ s.

1.3) Le graphe du document 2 étant une sinusoïde, on peut en déduire que la trajectoire de l'exoplanète autour du centre de gravité G est une trajectoire circulaire (un cercle).

1.4) D'après la question précédente, on sait que la trajectoire de l'exoplanète est circulaire. On suppose que l'étoile et l'exoplanète ont leur centre de gravité G confondus. La loi des aires nous dit que « le rayon-vecteur reliant le centre de gravité de la planète à celui de son étoile balaie des aires égales en des temps égaux ». Ainsi, on en déduit d'après la relation très connue liant la vitesse à la distance et au temps, que la vitesse est uniforme.

Le mouvement de l'exoplanète est donc bien uniforme.

2) Habitabilité de l'exoplanète du système HD 189733

2.1) Enoncé de la troisième loi de Kepler ou "Loi des périodes" : le carré de la période de révolution est proportionnel au cube de la distance au Soleil.

$$T^2 = k \times a^3$$

La troisième loi de Kepler permet de connaître la distance d'un corps au Soleil si on connaît sa période de révolution. Celle-ci est relativement facile à mesurer alors que la distance l'est moins.

2.2) En utilisant la deuxième loi de Newton, qui s'écrit : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$. (1)

La seule force présente et non négligeable est la force gravitationnelle $\vec{F}_g = G \frac{mM}{R^2} \vec{u}$. En remplaçant dans (1), on a : $m\vec{a} = G \frac{mM}{R^2} \vec{u}$.

On obtient alors $\vec{a} = \frac{GM}{R^2} \vec{u}$. (2)

L'accélération possède, dans le repère de Frenet, une composante normale et une composante tangentielle comme suit : $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{n} + \frac{dv}{dt} \vec{t}$. En procédant par identification avec la relation (2), et en sachant que la composante tangentielle est nulle car la vitesse est uniforme (donc sa dérivée est nulle), on a $v^2 = \frac{GM}{R}$.

De plus, on peut tirer une autre relation de l'étude de la période : pendant une période T, l'exoplanète parcourt une distance égale à $2\pi R$ à une vitesse v, ce qui nous donne $T = \frac{2\pi R}{v}$.

$$\text{Ainsi, } T^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{v^2} = \frac{4\pi^2 R^2}{\frac{GM}{R}} = \frac{4\pi^2 R^3}{GM} \text{ d'où } \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}.$$

2.3) La distance moyenne entre la planète et l'étoile vaut, d'après la question précédente :

$$R = \sqrt[3]{T^2 \times \frac{GM}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{(2,2 * 24 * 3600)^2 \times \frac{6,67 \cdot 10^{-11} * 0,82 * 1,989 \cdot 10^{30}}{4\pi^2}} = 0,031 \text{ UA}$$

2.4) La zone d'habitabilité se trouve comprise entre 0,723 et 1,52, or R n'appartient pas à cet intervalle. La planète n'appartient pas à la zone d'habitabilité.

EXERCICE III (SPÉ) – INSTALLATION D'UN HOME CINÉMA (5 points)

1) Le document 2 nous donne l'intervalle des valeurs de temps de réverbération recommandé en fonction du volume de la salle. Il nous faut alors tout d'abord calculer le volume de la salle pour connaître le temps de réverbération recommandé associé. On calculera enfin le temps de réverbération de la salle et nous comparerons pour voir si la pièce a les critères nécessaires pour avoir l'acoustique d'une salle de cinéma.

Calcul du volume de la pièce : $V = L \times l \times h = 5,00 \times 4,00 \times 2,50 = 50,0 \text{ m}^3$

Le calcul du taux de réverbération nécessite la connaissance de A, l'aire d'absorption équivalente de la salle. En utilisant le document 3, et en identifiant les composants de l'architecture de la salle, on obtient aux aires d'absorption suivantes selon la formule donnée $A_i = \sum_i S_i \cdot \alpha_i$:

Le sol est fait de parquet, donc $A_{\text{sol}} = 0,06 * 5,00 * 4,00 = 1,2 \text{ m}^2$

Les murs sont faits de plâtre peint, donc

$$A_{\text{murs}} = (2,50 * 4,00 + 2,50 * 5,00 + 2,50 * 4,00 - 0,73 * 2,00 + 2,50 * 5,00 - 0,95 * 1,20) * 0,03 = 1,272 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{porte}} = 0,73 * 2,00 * 0,1 = 0,146 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{fenêtre}} = 0,95 * 1,20 * 0,9 = 1,026 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{plafond}} = 5,00 * 4,00 * 0,03 = 0,6 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{sièges}} = 4 * 0,95 = 3,8 \text{ m}^2$$

En additionnant toutes ces valeurs, on obtient : $A_{\text{total}} = 8,04 \text{ m}^2$

$$\text{On calcule enfin } T : T = \frac{0,163 \cdot V}{A} = \frac{0,163 * 50,0}{8,04} = 1,01 \text{ s}$$

Sur le document 2 on lit que T doit être compris environ entre 0,15 et 0,25 s ce qui n'est pas le cas ici. La pièce n'a pas les critères nécessaires pour avoir l'acoustique d'une salle de cinéma.

2) Il faut diminuer T , donc augmenter A . Compte tenu des données du document 3, on peut faire les réajustements suivants :

- Echanger le parquet par de la moquette pour le sol : on augmentera ainsi A_{sol} qui vaudra alors $A_{\text{sol}} = 5,00 \times 4,00 \times 0,26 = 5,2 \text{ m}^2$
- Echanger la porte et un mur par des rideaux : $A_{\text{porte}} = 0,73 \times 2,00 \times 0,53 = 0,77 \text{ m}^2$ et $A_{\text{mur 1}} = 6,625 \text{ m}^2$ ($A_{\text{murs}} = 0,897 \text{ m}^2$)
- Mettre des dalles de plafond acoustiques : $A_{\text{plafond}} = 5,00 \times 4,00 \times 0,95 = 19 \text{ m}^2$

On a ainsi $A_{\text{total}} = 36,55 \text{ m}^2$. D'où $T = 0,22 \text{ s}$, compris entre 0,15 et 0,25.