TS - Physique-Chimie - Spécialité
BACCALAURÉAT 2016
Proposition de correction

Exercice I : De l'effet Doppler à ses applications

1. Mouvement relatif d'une source sonore et d'un détecteur

1.1. Cas A : source immobile

1.1.1. La fréquence f_0 de ce signal périodique est le nombre de bips sonores émis par la source en une seconde.

1.1.2. Dans le cas où la source est immobile, il n'y a pas d'effet Doppler donc la période T perçue par le détecteur est la même que la période T_0 du signal émis par la source, donc $T = T_0$ ici.

1.2. Cas B : source en mouvement

Puisque $v_S < v_{son}$, on a $\dfrac{v_S}{v_{son}} < 1$ et $\left(1 - \dfrac{v_S}{v_{son}}\right) < 1$. Par conséquent, $T' < T_0$ et il s'ensuit que $f' > f_0$ puisque $f = \dfrac{1}{T}$.

2. La vélocimétrie Doppler en médecine

2.1. À partir des données, il est possible de calculer la vitesse v de l'écoulement sanguin dans le vaisseau : $v = \dfrac{v_{ultrason}}{2\cos\theta} \cdot \dfrac{\Delta f}{f_E} = \dfrac{1,57 \cdot 10^3}{2 \times \cos 45°} \cdot \dfrac{1,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 1,7 \cdot 10^{-1}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 17\ \mathrm{cm \cdot s^{-1}}$. D'après la **figure 2**, il peut s'agir d'artérioles ou de veines.

2.2. Comme les conditions de mesure (l'angle θ notamment) sont identiques à la situation précédente et qu'il s'agit du même type de vaisseaux (c'est-à-dire que la vitesse de l'écoulement sanguin n'a pas varié), alors si f_E augmente (au dénominateur), le décalage en fréquence Δf (au numérateur) doit lui aussi augmenter afin de maintenir la valeur de v identique à la situation précédente.

3. Détermination de la vitesse d'un hélicoptère par effet Doppler

3.1. La longueur d'onde correspond à la période spatiale de l'onde, autrement dit, la distance séparant deux maxima de l'onde.

Sur la **figure 4**, on détermine que 5 longueurs d'onde sont représentées, sur le document, par $2,5$ cm. Or l'échelle indique que $1,2$ cm représentent $1,0$ m. On en déduit, par proportionnalité que $5 \cdot \lambda_0 = \dfrac{2,5 \times 1,0}{1,2}$ d'où $\lambda_0 = \dfrac{2,5 \times 1,0}{1,2 \times 5} = 4,2 \cdot 10^{-1}$ m $= 42$ cm.

De même, sur la **figure 5**, on détermine que 5 longueurs d'onde sont représentées, sur le document, par $2,1$ cm. Or l'échelle indique que $1,2$ cm représentent $1,0$ m. On en déduit, par proportionnalité que $5 \cdot \lambda' = \dfrac{2,1 \times 1,0}{1,2}$ d'où $\lambda' = \dfrac{2,1 \times 1,0}{1,2 \times 5} = 3,5 \cdot 10^{-1}$ m $= 35$ cm.

3.2. La célérité de l'onde sonore est donnée par la relation $\lambda_0 = v_{son} \cdot T_0$ soit $v_{son} = \dfrac{\lambda_0}{T_0} = \lambda_0 \cdot f_0$. On en déduit une estimation de la célérité de l'onde sonore : $v_{son} = 42 \cdot 10^{-2} \times 8,1 \cdot 10^2 = 340\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Cette valeur est bien conforme à la valeur attendue pour la célérité du son dans l'air à température ambiante (elle est aussi nettement inférieure à celle dans un fluide comme le sang).

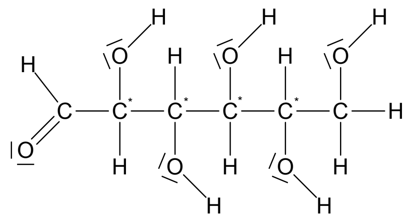
3.3. On a $\lambda' = v_{son} \cdot T' = \dfrac{v_{son}}{f'}$. On en déduit que $f' = \dfrac{v_{son}}{\lambda'} = \dfrac{340}{35 \cdot 10^{-2}} = 9,7 \cdot 10^2$ Hz $> f_0$. Dans la question **1.2**, on a vu que, dans le cas où la source se rapproche de l'observateur, $f' > f_0$, ce qui est bien en accord avec notre résultat. La fréquence perçue dans ce cas étant plus élevée que lorsque l'hélicoptère est immobile, le son perçu est plus aigü.

3.4. Soit v_h la vitesse de l'hélicoptère. D'après la question **1.2.**, $T' = T_0 \left(1 - \dfrac{v_h}{v_{son}}\right)$. On a donc aussi $\dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{f_0} \cdot \left(1 - \dfrac{v_h}{v_{son}}\right)$ d'où $\dfrac{f_0}{f'} = 1 - \dfrac{v_h}{v_{son}}$. Par conséquent, $\dfrac{v_h}{v_{son}} = 1 - \dfrac{f_0}{f'}$ et $v_h = V_{son} \cdot \left(1 - \dfrac{f_0}{f'}\right)$. En faisant l'application numérique, on trouve donc $v_h = 340 \times \left(1 - \dfrac{8,1 \cdot 10^2}{9,7 \cdot 10^2}\right) = 56\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 200\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$, ce qui semble assez réaliste pour la vitesse d'un hélicoptère qui est un moyen de transport rapide.

Exercice II : De la betterave sucrière aux carburants

1. Étude de la structure du saccharose

1.1. Formule développée de la forme linéaire du D-Glucose :



1.2. Dans un mécanisme réactionnel, les flèches courbes représentent soit des formations, soit des ruptures de liaisons covalentes. Voir l'annexe complétée pour le mécanisme réactionnel.

1.3. La forme linéaire du glucose présente une fonction aldéhyde que les formes cycliques ne présentent pas. L'absence de bande d'absorption dans l'intervalle $1650 - 1750\ \mathrm{cm^{-1}}$ démontre que la forme linéaire n'est guère présente dans l'échantillon.

1.4. Les formes linéaires du D-Glucose et du D-Fructose sont des isomères car elles ont la même formule brute mais des formules développées différentes. Il s'agit d'isomères de position qui ne diffèrent que par la position du groupe carbonyle et non pas de stéréoisomères.

1.5. Le saccharose est formé à partir de α-(D)-Glucose et de β-(D)-Fructofuranose par comparaison des formules topologiques données en début d'exercice.

1.6. Le saccharose présente de nombreux groupes hydroxyle $-$OH capables d'établir, avec les molécules d'eau, des liaisons hydrogène. Cela pourrait permettre d'expliquer la forte solubilité du saccharose dans l'eau.

1.7. On peut supposer que l'acide joue le rôle de catalyseur dans cette réaction (il n'apparaît pas dans l'équation-bilan). Pour tester cette hypothèse, on pourrait réaliser la réaction dans deux réacteurs, dans les mêmes conditions (température, quantités de matière et concentrations des réactifs identiques) mais en présence d'acide dans un réacteur et en absence d'acide dans l'autre. Le réacteur avec présence d'acide devrait présenter la réaction la plus rapide (celle se terminant en premier).

1.8. A : Avant hydrolyse, le mélange réactionnel ne contient que du saccharose. On doit donc retrouver une tache au même niveau que le saccharose de l'autre chromatogramme.

B : Au cours de l'hydrolyse, le mélange contient encore du saccharose et déjà du glucose et du fructose. On retrouve donc 2 taches (glucose et fructose donnent un même rapport frontal) pour le dépôt B aux mêmes niveau que sur l'autre chromatogramme.

C : Après hydrolyse complète, l'eau étant en excès, il ne reste plus de saccharose. Le mélange réactionnel ne contient plus que du glucose et du fructose, d'où 1 seule tache observée (là encore, glucose et fructose sont confondus).

2. Du saccharose au bioéthanol

2.1. Formule semi-développée de l'éthanol : $CH_3 - CH_2 - OH$

2.2. D'après la formule précédente, on attend trois signaux sur le spectre RMN de l'éthanol : un singulet pour le proton du groupe hydroxyle $-OH$, un quadruplet pour les deux protons du groupe $-CH_2-$ (car ils ont trois voisins) et un triplet pour les protons du groupe $-CH_3-$ (car ils ont deux voisins). Le spectre de l'éthanol est donc le **spectre 2**.

2.3. Une betterave sucrière contient 19,5% en masse de saccharose. La masse de saccharose contenu dans cette betterave est donc $m_S = 0,195 \cdot m_{betterave} = 0,195 \times 1,25 \cdot 10^3 = 244$ g. La quantité de matière correspondante est donc $n_S = \dfrac{m_S}{M_S} = \dfrac{244}{342,0} = 7,13 \cdot 10^{-1}$ mol. D'après l'équation-bilan de la réaction (supposée totale), il se forme 4 moles d'éthanol pour une mole de saccharose, soit 4 fois plus d'éthanol formé que de saccharose ayant réagit donc : $n_{eth} = 4 \cdot n_S = 4 \times 7,13 \cdot 10^{-1} = 2,85$ mol.

Masse d'éthanol formé : $m_{eth} = n_{eth} \cdot M_{eth} = 2,85 \times 46,0 = 131$ g

3. Et si on roulait tous au biocarburant ?

Masse de bioéthanol (noté B dans la suite) nécessaire : $m_B = \rho_B \cdot V_B = 789 \cdot 10^3 \times 3 \cdot 10^6 = 2,4 \cdot 10^{12}$ g

D'après la question **2.3.**, une masse de $1,25$ kg de betterave permet d'obtenir environ 130 g de bioéthanol.

La masse de betterave nécessaire est donc $m'_{betterave} = \dfrac{2,4 \cdot 10^{12} \times 1,25}{130} = 2,3 \cdot 10^{10}$ kg $\simeq 2 \cdot 10^7$ t

D'après les données, un hectare permet de produire $74,8$ t de betterave. Pour obtenir $2 \cdot 10^7$ t, il faudra donc une surface agricole telle que $S = \dfrac{1 \times 2 \cdot 10^7}{74,8} = 2,7 \cdot 10^5$ ha $= 270\ 000$ ha

Par rapport à la surface agricole française cultivée en 2009, cela représente une fraction de $\dfrac{270\ 000}{10 \cdot 10^6} \simeq 3\%$

Exercice III : Pompage solaire dans le désert du Sahel

Questions préliminaires

1. Calculons l'énergie correspondant à la longueur d'onde de coupure désirée :

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda_C} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{1110 \cdot 10^{-9}} = 1,79 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,12 \text{ eV}$$

Ce résultat signifie que tous les photons de longueur d'onde inférieure à 1110 nm auront une énergie supérieure à $1,12$ eV et provoqueront donc une conversion. Il convient alors de choisir des cellules en silicium monocristallin ou polycristallin pour lesquelles $E_g = 1,12$ eV afin de profiter pleinement de cette conversion photovoltaïque.

Toutefois, il sera préférable de se tourner vers des cellules en silicium polycristallin dont le rapport qualité/prix est plus favorable, tout en présentant une grande durée de vie et un bon rendement.

2. L'énergie nécessaire pour élever 1 m^3 d'eau (de masse m égale à une tonne, soit 10^3 kg) d'une hauteur de 50 m est de l'énergie potentielle de pesanteur. On a donc : $E_{PP} = m \cdot g \cdot H = 1,0 \cdot 10^3 \times 9,8 \times 50 = 4,9 \cdot 10^5$ J.

Problème

Le raisonnement sera tenu sur le mois de janvier. D'une part, il n'y a pas de précipitations donc les besoins en eau sont importants. En outre, la puissance surfacique du rayonnement solaire y est minimale et on obtiendra donc la surface de panneaux pour les conditions d'ensoleillement les moins favorables ; de cette façon la surface trouvée conviendra pour tous les mois de l'année.

Les panneaux utilisés sont en silicium polycristallin dont le rendement est de $r = \dfrac{\text{énergie utile}}{\text{énergie reçue}} = 5,2\%$.

L'énergie utile est l'énergie nécessaire pour élever $35\ \mathrm{m^3}$ d'eau d'une hauteur de $50\ \mathrm{m}$, soit 35 fois l'énergie calculée précédemment : $E_{\text{utile}} = 35 \cdot E_{PP}$

L'énergie reçue est donc donnée par $E_{\text{reçue}} = \dfrac{E_{\text{utile}}}{r} = \dfrac{35 \cdot E_{PP}}{r}$

Par ailleurs, la pompe fonctionne durant les six heures les plus ensoleillées de la journée (entre 9h et 15h par conséquent). La durée de fonctionnement Δt vaut donc 6h et l'énergie reçue par les panneaux est donnée par $E_{\text{reçue}} = P_{\text{reçue}} \cdot \Delta t = P_{\text{surf}} \cdot S \cdot \Delta t$.

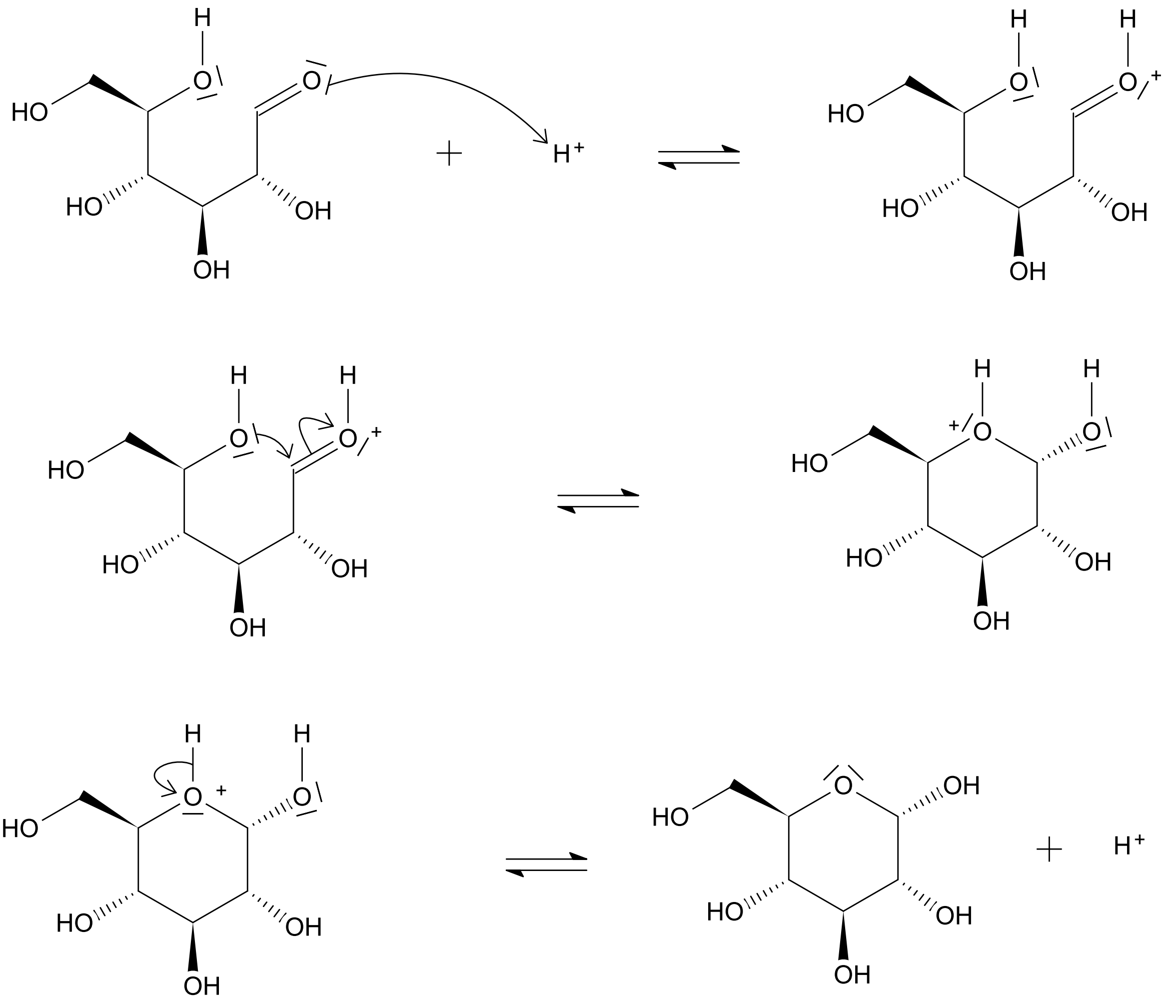
Finalement, on obtient $P_{\text{surf}} \cdot S \cdot \Delta t = \dfrac{35 \cdot E_{PP}}{r}$ d'où l'expression de la surface S de panneaux nécessaire : $S = \dfrac{50 \cdot E_{PP}}{r \cdot P_{\text{surf}} \cdot \Delta t}$

La puissance surfacique au mois de janvier varie entre environ 790 et $900\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$, soit une moyenne de $P_{\text{surf}} = \dfrac{790 + 900}{2} \simeq 850\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$

$$S = \frac{50 \cdot E_{PP}}{r \cdot P_{\text{surf}} \cdot \Delta t} = \frac{35 \times 4,9 \cdot 10^5}{5,2 \cdot 10^{-2} \times 850 \times (6 \times 60 \times 60)} = 18\ \mathrm{m^2}$$

On peut constater que cette surface est assez raisonnable pour subvenir aux besoins en eau dans cette région. Cela démontre la pertinence de ce genre d'installation dans des régions du monde où l'ensoleillement est fort et les besoins en eau importants.

Mécanisme réactionnel complété



Chromatogramme complété