www.freemaths.fr

BACCALAURÉAT

CORRIGÉ 1

Bac Physique-Chimie

AMÉRIQUE DU NORD

2024

Baccalauréat Général

Session 2024 – Amérique du Nord

Épreuve de Physique-Chimie

Sujet de spécialité n° 1

Proposition de corrigé

Ce corrigé est composé de 6 pages.

Exercice 1 — Observation d'un volcan par interférométrie satellitaire radar

1. Étude du mouvement orbital du satellite ALOS

Q1. Les vecteurs variation de vitesse sont calculés dans la boucle de la ligne 60 (calcul des `delta_vx` et `delta_vy`).

Q2. Le mouvement est circulaire, donc le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire. Ce qui signifie que le vecteur variation de vitesse est celui dirigé vers le centre du mouvement.

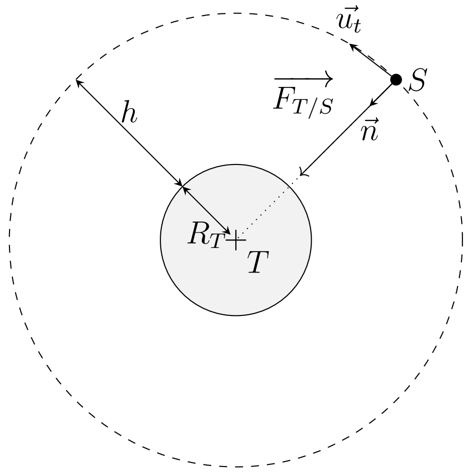
Q3. On cherche, graphiquement, à calculer $a_m = \frac{\delta v}{\delta t}$. Connaissant la valeur du pas de temps, il suffit alors de mesurer graphiquement la valeur de δv à un instant donné, correspondant à la variation de vitesse en $2\delta t$.

On mesure donc, sur la figure fournie, $\delta v \iff 1,4\,\text{cm}$. Le vecteur d'échelle mesurant $1,2\,\text{cm}$ pour 5 kilomètres par seconde, il vient $\delta v = \frac{1,4\times 5\times 10^3}{1,2} = 5,8\times 10^3\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Donc finalement, $a_m = \frac{5,8\times 10^3}{2\times 369,3} = 7,8 \approx 8\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, ce qui est la valeur demandée.

Q4. La force d'interaction gravitationnelle s'exerce sur le centre de masse du satellite, en direction et dans le sens du centre de masse de la Terre. On peut donc l'exprimer :

$$\boxed{\vec{F} = G\frac{mM_T}{(R_T+h)^2}\overrightarrow{u_n}}$$



Q5. La seule force appliquée au satellite étant l'attraction gravitationnelle, on obtient alors, en appliquant au satellite de masse supposée constante la loi de quantité de mouvement dans le référentiel géocentrique supposé galiléen :

$$m\vec{a} = \vec{F} = G\frac{mM_T}{(R_T+h)^2}\overrightarrow{u_n} \tag{1}$$

Et il vient finalement, en projetant sur $\overrightarrow{u_n}$:

$$\boxed{a = G\frac{M_T}{(R_T+h)^2}} \tag{2}$$

D'où,

$$a = 6,67\times 10^{-11}\frac{5,97\times 10^{24}}{(6,37\times 10^6 + 692\times 10^3)^2} = \underline{7,98\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}}$$

Ce qui est une valeur très proche de la valeur moyenne calculée précédemment.

Q6. En observant l'expression (1), on remarque que l'accélération est en tout point orthogonale à la trajectoire, ce qui implique nécessairement un mouvement circulaire uniforme.

Dans ce cas, on sait que :

$$a = \frac{v^2}{r} = \frac{v^2}{R_T+h}$$

Avec l'expression de l'accélération (2), il vient donc :

$$\frac{v^2}{R_T+h} = G\frac{M_T}{(R_T+h)^2} \implies v^2 = \frac{GM_T}{R_T+h}$$

Et en passant à la racine (ce qui est autorisé car $v > 0$), on obtient finalement :

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T+h}}} \tag{3}$$

Q7. En une période T, le satellite parcourt sur son orbite circulaire une distance $d = 2\pi(R_T + h)$. Et comme $v = d/T$, il vient :

$$T = \frac{d}{v} = \frac{2\pi(R_T+h)}{\sqrt{\frac{GM_T}{R_T+h}}} = 2\pi(R_T+h) \times \sqrt{\frac{R_T+h}{GM_T}}$$

Et en réécrivant proprement, on a l'expression de la période de révolution :

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_T+h)^3}{GM_T}}} \tag{4}$$

D'où,

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{(6,36\times10^6 + 692\times10^3)^3}{6,67\times10^{-11}\times5,97\times10^{24}}} = \underline{5896\,\mathrm{s} = 0,06824\,\mathrm{jour}}$$

Q8. La période de révolution du satellite étant de $T = 0,06824\,\mathrm{jour}$, il aura le temps, entre deux passages au-dessus d'un même point, de faire $N = 46/0,06824 = \underline{674\,\mathrm{orbites}}$.

2. Étude de la déformation du sol par interférométrie radar

Q9. On a, pour la lumière dans le vide :

$$\boxed{\lambda = cT}$$

Avec λ la longueur d'onde en mètres, c la célérité en $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ et T la période en secondes.

Q10. En posant $\boxed{\nu = 1/T}$ la fréquence de l'onde, on a, pour le satellite ALOS :

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,0\times10^8}{23,6\times10^{-2}} = \underline{1,27\times10^9\,\mathrm{Hz}}$$

Cette fréquence correspond bien au domaine des ondes radio.

Q11. Si au premier passage l'onde parcourt une distance $D_1 = 2L$ (aller-retour), elle sera amenée à parcourir, au second passage, une distance $D_2 = 2(L+d)$ en prenant en compte la variation du sol. La différence de marche sera donc :

$$\delta = D_2 - D_1 = 2(L+d) - 2L = 2d$$

Q12. Pour observer des interférences constructives, il faut un ordre d'interférences $p = \frac{\delta}{\lambda} \in \mathbb{N}$. Ce qui se traduit donc par :

$$\frac{\delta}{\lambda} = k \in \mathbb{N} \implies \delta = 2d = k\lambda \implies \boxed{d = k\frac{\lambda}{2}}$$

Q13. Par observation de la figure 5, on remarque que que le point A est situé dans la frange d'ordre $\underline{k=6}$. Il vient alors :

$$d = 6 \times \frac{23,6\times10^2}{2} = \underline{0,71\,\mathrm{m}}$$

On remarque alors que cette méthode est relativement précise, surtout lorsqu'on considère l'altitude à laquelle orbite le satellite.

Exercice 2 — Des batteries à flux redox organiques

Q1. Aux deux électrodes, on a respectivement les demi-équations électroniques :

$$\begin{cases} \mathrm{BQDS} + 2\,\mathrm{H}^+ + 2\,\mathrm{e}^- = \mathrm{H_2BQDS} \\ \mathrm{AQS} + 2\,\mathrm{H}^+ + 2\,\mathrm{e}^- = \mathrm{H_2AQS} \end{cases}$$

Q2. Un oxydant est une espèce chimique susceptible de capter au moins un électron. Dans la réaction étudiée, l'oxydant est donc le BQDS, tandis que le réducteur est le H_2AQS.

Q3. La solution de BQDS est celle captant des électrons, elle sera donc associée à une polarité positive de l'électrode. Il s'agit donc de l'électrolyte 1.

Q4. Pour les mêmes raisons, les ions H^+ iront de l'électrolyte 2 vers l'électrolyte 1.

Q5. Pour une cellule délivrant une intensité A pendant un temps Δt, on a :

$$\boxed{Q = I\Delta t} \tag{5}$$

D'où, pour la cellule étudiée,

$$Q = 250 \times 6 \times 3600 = \underline{5,4 \times 10^6\,\mathrm{C}}$$

Q6. La charge électrique molaire des électrons étant égale à $\mathcal{F}$, il vient :

$$Q = n\mathcal{F} \tag{6}$$

Ou, en volume et concentration (avec le coeff 2 d'après l'équation à électrode positive) :

$$Q = 2CV\mathcal{F} \implies \boxed{V = \frac{Q}{2C\mathcal{F}}}$$

Pour atteindre la capacité cherchée, il faut donc dans le meilleur des cas des électrolytes d'un volume :

$$V = \frac{5,4 \times 10^6}{2 \times 1 \times 96500} = \underline{28\,\mathrm{L}}$$

Sachant que seulement 70% des électrons participent à la production de courant électrique, il faudra donc, concrètement :

$$V = \frac{Q}{2 \times C \times 0,7\mathcal{F}} = \frac{5,4 \times 10^6}{2 \times 1 \times 0,7 \times 96500} = \underline{40\,\mathrm{L}}$$

Q7. Chaque cellule est identique à celle étudié précédemment, et le système est constitué de 60 cellules. Dans cette configuration, il faudra alors un volume $V_1 = 40 \times 60 = \underline{2400\,\mathrm{L}}$ afin de répondre aux exigences de durée en fonctionnement.

Q8. Pour doubler la durée de fonctionnement, il suffit, à puissance délivrée constante, de doubler le nombre de cellules.

Q9. La puissance du système vaut :

$$\boxed{\mathcal{P} = UI} = 60 \times 250 = \underline{15\,\mathrm{kW}}$$

Et en l'utilisant pendant $\Delta t = 6\,\mathrm{h}$, on délivre une puissance :

$$\boxed{E = \mathcal{P}\Delta t} = 15 \times 10^3 \times 6 = \underline{90\,\mathrm{kW \cdot h}}$$

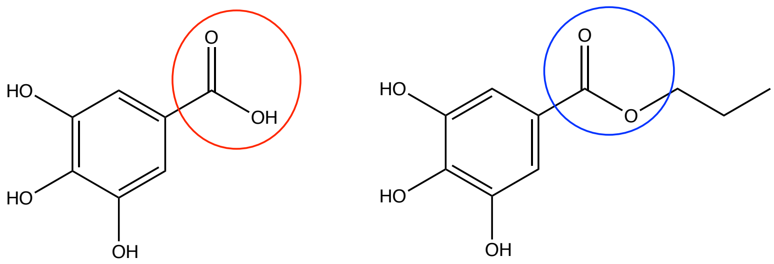
Q10. Dans ces conditions, l'énergie volumique du système étudié vaut :

$$E_v = \frac{E}{V_1 + V_2} = \frac{90 \times 10^3}{2400 + 2400} = \underline{19\,\mathrm{W \cdot h \cdot L^{-1}}}$$

Cette valeur est supérieure au minimum admissible, et est donc compatible avec une mise sur le marché.

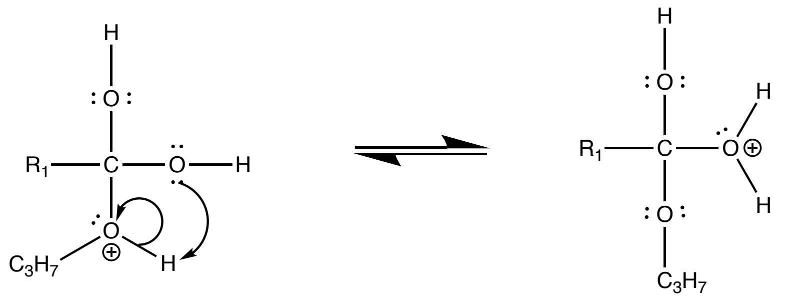
Exercice 3 — Le gallate de propyle

Q1. On recopie les formules de l'acide gallique et du gallate de propyle, en entourant l'acide carboxylique du premier, qui deviendra l'ester du second :



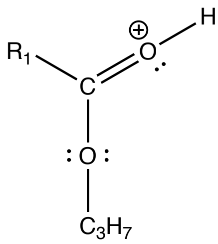
Acide gallique propyl gallate

Q2. On représente, pour l'étape 3 du mécanisme réactionnel, les flèches courbes représentant le mouvement des doublets d'électrons vers les groupements attracteurs :



Étape 3

Q3. On représente l'intermédiaire réactionnel **A** :



A

On remarque bien que cette espèce n'est pas stable, et ne pourra pas être observée expérimentalement, car un proton sera immédiatement libéré. Il s'agit donc d'un intermédiaire réactionnel.

Q4. On remarque que l'ion H^+ est capté en début de réaction, avant d'être libéré en fin de réaction. Il s'agit donc d'un catalyseur.

Q5. La réaction d'estérification est plutôt thermodynamiquement défavorable. Il est néanmoins possible de déplacer favorablement l'équilibre en augmentant la quantité de matière en l'un des réactifs, ce qui est fait avec le propan-1-ol car il s'agit de celui qu'il est le plus facile d'obtenir dans le commerce.

Q6. On cherche la masse d'acide gallique nécessaire pour obtenir 500 litres d'huile, sachant que le rendement n'est que de 60%.

Par une étude rapide de la réaction, il vient l'avancement maximal :

$$\xi_m = n_{1,i} \implies n_{2,f} = n_{1,i} \tag{7}$$

Et comme :

$$\eta = 0,6 = \frac{n_{2,\text{exp}}}{n_{2,th}} = \frac{n_2}{n_1} \implies n_1 = \frac{n_2}{0,6}$$

Dans un deuxième temps, il faut se poser la question de la masse expérimentalement attendue en gallate de propyle pour le volume désiré d'huile d'olive, en respectant la réglementation européenne. Cette dernière prévoyant une masse maximale de $m = 200\,\text{mg}$ par kilogramme d'huile, on s'attend donc à synthétiser :

$$m_2 = m\rho_{\text{huile}}V \tag{8}$$

Alors en exprimant le bilan de matière (7) en masse et en injectant (8) en prenant en compte le rendement, il vient :

$$\frac{m_2}{M_2} = 0,6\frac{m_1}{M_1} \implies \frac{m\rho_{\text{huile}}V}{M_2} = 0,6\frac{m_1}{M_1}$$

Et finalement, on exprime la masse en acide gallique nécessaire à l'opération :

$$\boxed{m_1 = \frac{m\rho_{\text{huile}}VM_1}{0,6M_2}} \tag{9}$$

D'où,

$$m_1 = \frac{200 \times 10^{-3} \times 0,91 \times 500 \times 170,1}{0,6 \times 212,2} = \underline{121,6\,\text{g}}$$

Il faut donc, pour atteindre la limite haute de la réglementation, faire réagir $\underline{m = 121,6\,\text{g}}$ d'acide gallique, ce qui représente moins de 1% de la masse d'huile d'olive produite. On comprend donc l'intérêt porté au gallate de propyle comme conservateur.

* *
*