Sciences Physiques : Amérique du Nord Jour 1 (21 mai 2024)

> Exercice 1 : Observation d'un volcan par interférométrie satellite radar (11 points)

Q1. Les lignes 60, 61 et 62 calculent les coordonnées du vecteur variation de vitesse.

Q2. Le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire et le vecteur variation de vitesse, dans un mouvement circulaire, est centripète. Le vecteur variation de vitesse est le vecteur dirigé vers le centre de rotation du satellite.

Q3. En exploitant la figure 2, on mesure une longueur de 1,4 cm pour le vecteur variation de vitesse. Compte tenu de l'échelle : 5 km.s^{-1} ⇔ 1,2 cm, on en déduit que

$$\Delta v = 1{,}4 \times \frac{5}{1{,}2}$$

$$\Delta v = 5{,}8\ km.s^{-1}$$

De plus $a = \frac{\Delta v}{2\Delta t}$ (d'après le code Python, Δv est calculer entre la position i-1 et la position i+1donc durant 2Δt)

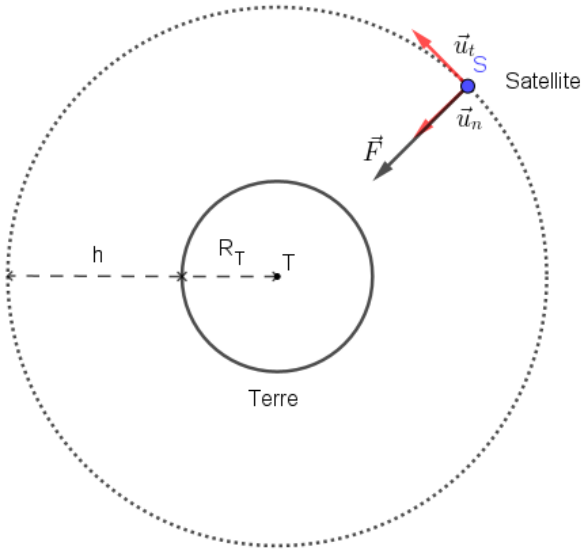
$$a = \frac{5800}{2 \times 369.3}$$

$$a = 7{,}9\ m.s^{-2}$$

L'accélération est voisine de 8 m.s^{-2} à un chiffre significatif.

Q4. Le vecteur force gravitationnelle qu'exerce le Terre sur le satellite est orienté du centre du satellite vers le centre de la Terre. Dans le repère de Frenet, on a

$$\vec{F} = G \times \frac{m \times M_T}{(R_T + h)^2} \times \vec{u}_N$$



Q5. Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, le satellite n'est soumis qu'à la force gravitationnelle exercée par le Terre. D'après la seconde loi de Newton on a :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

$\Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$

$\Leftrightarrow G \times \frac{m \times M_T}{(R_T+h)^2} \times \vec{u}_N = m\vec{a}$

$\Leftrightarrow G \times \frac{M_T}{(R_T+h)^2} \times \vec{u}_N = \vec{a}$

Calculons sa norme :

$$\|\vec{a}\| = \sqrt{\left(G \times \frac{M_T}{(R_T+h)^2}\right)^2}$$

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

Application numérique :

$$a = 6{,}67.10^{-11} \times \frac{5{,}97.10^{24}}{(6{,}37.10^6 + 692.10^3)^2}$$

$$a = 7{,}98\ m.s^{-2}$$

La valeur de l'accélération trouvée à la question 2 était voisine de 8 m.s^{-2}.
Avec un seul chiffre significatif, ces deux valeurs sont identiques.

Q6. Dans un repère de Frenet on a :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{(R_t+h)}\overrightarrow{u_n} + \frac{dv}{dt}\overrightarrow{u_t}$$

Or $G \times \frac{M_T}{(R_T+h)^2} \times \vec{u}_N = \vec{a}$ et n'a pas de composante selon $\overrightarrow{u_t}$. Donc $\frac{dv}{dv} = 0$ et par conséquent $v = constante$.

Ainsi le mouvement du satellite est circulaire uniforme. Son accélération n'a qu'une composante normale et est donnée par :

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

Ainsi

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

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

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{G \times M_T}{R_T + h}}$$

Q7. Par définition $v = \frac{d}{t}$

Ainsi $v = \frac{2\pi(R_T+h)}{T}$ pour un mouvement circulaire de rayon $R_T + h$ durant une période T

$$T = \frac{2\pi(R_T + h)}{v}$$

$$\Leftrightarrow T = \frac{2\pi(R_T + h)}{\sqrt{\frac{G \times M_T}{R_T + h}}}$$

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

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

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

Calculons T :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(6{,}37.10^6 + 692.10^3)^3}{6.67.10^{-11} \times 5{,}97.10^{24}}}$$

$$T = 5{,}91.10^3\ s$$

Q8. Déterminons le nombre d'orbites n réalisées en 46 j.

$$n = \frac{46 \times 24 \times 3600}{5{,}91.10^3}$$

$$n = 6{,}7.10^2 \text{ orbites}$$

Le satellite parcourt 670 orbites avant de repasser au-dessus d'un même point.

2. Étude de la déformation du sol par interférométrie radar.

Q9.

$$\lambda = c \times T$$

λ : longueur d'onde en m.
c : célérité en m.s^{-1}
T : période en s.

Q10. Déterminons la fréquence de l'onde.

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu = \frac{3{,}00.10^{8}}{23{,}6.10^{-2}}$$

$$\boldsymbol{\nu = 1{,}27.10^{9}\ Hz}$$

D'après la figure 3, une onde de fréquence 1,27.10^{9} Hz appartient au domaine des ondes radio compris entre 10 kHz et 300Ghz.

Q11. Lors d'une mesure, l'onde parcourt un aller-retour entre le satellite et le sol soit une distance de 2L.
Lors de son second passage, le sol s'est déformé et l'onde parcourt alors une distance de 2(L+d)

La différence de marche est alors :

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

Q12. Les deux ondes sont en phase lorsque la différence de marche est égale un nombre entier de fois la longueur d'onde. On a alors des interférences constructives.

$$\delta = k \times \lambda \text{ avec } k \text{ entier}$$

$$\text{Ainsi } 2d = k \times \lambda$$
$$\Leftrightarrow d = k \times \frac{\lambda}{2}$$

Q13. En A, sans déplacement, la différence de marche est nulle donc k= 0. À chaque interférence constructive, k augmente d'une unité. En B, k vaut donc 6.

$$d = 6 \times \frac{23{,}6}{2} = 70{,}8\ cm$$

La variation d'altitude au point B est de 70,8 cm.

> **Exercice 2 : des batteries à flux redox organiques (5 points)**

Q1. Les deux réactions électrochimiques sont :

$$BQDS + 2H^+ + 2e^- = H_2BQDS$$

$$AQS + 2H^+ + 2e^- = H_2AQS$$

Q2. Un oxydant est une espèce chimique capable de capter un ou plusieurs électrons.

D'après l'équation de la réaction BQDS capte des électrons : BQDS est l'oxydant.

H_2AQS cède des électrons : c'est le réducteur.

Q3. BQDS est réduit d'après les questions précédentes. La cathode est le siège de la réduction et la cathode est l'électrode positive. Donc BQDS est l'électrolyte 1.

Q4. Lors de la réduction de BQDS, des ions H^+ sont captés par BQDS donc les ions H^+ traversent la membrane de l'électrolyte 2 vers l'électrolyte 1.

Q5. On a : $Q = I \times \Delta t$ avec

Q : la capacité en C

I : l'intensité du courant électrique produit en A.

Δt : la durée de fonctionnement en s.

$$Q = 250 \times 6{,}0 \times 3600$$

$$Q = 5{,}4.10^6\ C$$

Q6. D'autre part, la capacité électrique est la charge totale donnée par

$$Q = n_{e^-} \times F$$

On en déduit le nombre de mol d'électrons nécessaires :

$$n_{e^-} = \frac{Q}{F}$$

D'après la stœchiométrie de la réaction : $n_{H_2AQS} = n_{QBDS} = \frac{n_{e^-}}{2}$

Soient C et V la concentration en soluté apporté (en mol.L-[1]) et le volume d'électrolyte (en L)

$$CV = \frac{n_{e^-}}{2}$$

$$\Leftrightarrow V = \frac{n_{e^-}}{2C} \text{ et } n_{e^-} = \frac{Q}{F}$$

$$\Leftrightarrow V = \frac{Q}{2FC}$$

Application numérique :

$$V = \frac{5{,}4.10^6}{2 \times 96500 \times 1{,}0}$$

$$V = 2{,}8.10^1\ L$$

Le volume d'électrolyte nécessaire au fonctionnement de la pile est de 28 L.

Le volume est proportionnel à la capacité donc aux nombres d'électrons. Le volume calculé ne représente donc que 70% du volume nécessaire V'. Donc :

$$V' = V/0{,}7$$

$$V' = \frac{28}{0{,}7} = 40\ L$$

Le volume réel de chaque électrolyte est de 40 L.

Q7. $40 \times 60 = 2400$ L

Comme chaque cellule nécessite 40 L de chaque électrolyte pour fonctionner pendant 6h, il faut donc 2400 L de chaque électrolyte.

Q8. D'après la relation établie à la question 6 :

$$V = \frac{Q}{2FC}$$

$$Q = 2FCV$$

$$I \times \Delta t = 2FCV$$

$$\Delta t = \frac{2FCV}{I}$$

A puissance constante, l'intensité est constante (P=UI). Pour doubler la durée de fonctionnement, on peut doubler la concentration C des électrolytes ou bien doubler leur volume. La deuxième proposition est plus contraignante à mettre en œuvre car elle change les dimensions de l'appareil.

Q9. On a $P = U \times I$ avec U la tension en V et I l'intensité en A. P est en W.

$$P = 60 \times 250$$

$$P = 15000\ W$$

La puissance électrique du système est de 15 000 W.

De plus $E = P \times \Delta t$ (E en W.h , P en W et Δt en h)

$$E = 15000 \times 6{,}0$$

$$E = 90\ 000\ W.h$$

L'énergie produite par le système durant 6,0h de fonctionnement est de 90kWh

Q10. Déterminons l'énergie volumique du système, quotient de l'énergie délivrée par le volume total d'électrolyte. Le système comprend 60 cellules contenant chacune 40 L de l'électrolyte 1 et 40 L de l'électrolyte 2. Ainsi :

$$\frac{90000}{2 \times 40 \times 60} = 18{,}75$$

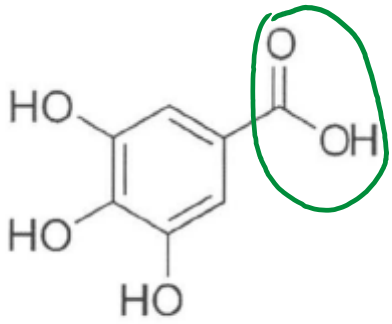
L'énergie volumique du système est de 18,75 W.h.L^{-1}.

Pour être mise sur le marché, une batterie à flux redox doit avoir une énergie volumique minimale de l'ordre de 10 W.h.L^{-1}.

Cette batterie peut donc être mise sur le marché.

> **Exercice 3 : le gallate de propyle (4 points)**

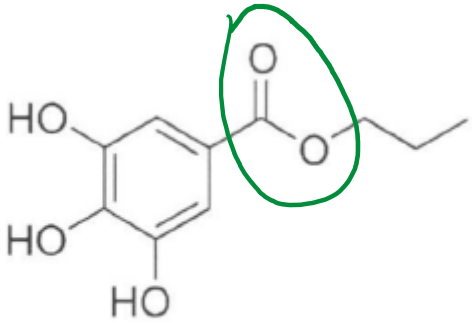
Q1.



acide gallique

famille fonctionnelle :

acide carboxylique



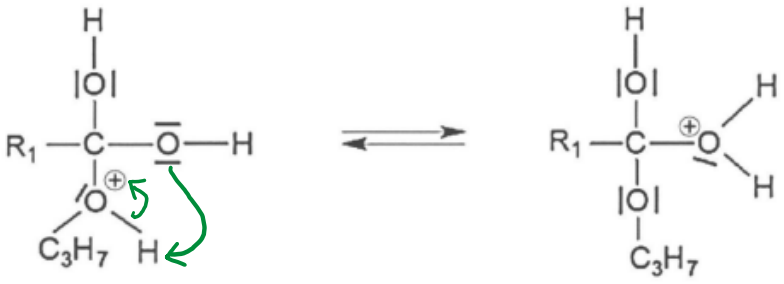
gallate de propyle

famille fonctionnelle :

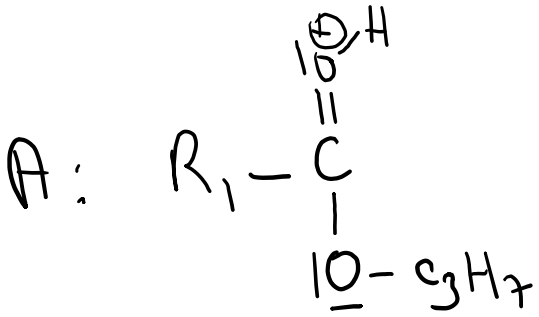
ester

Q2.

Étape 3



Q3.



Cette entité n'apparaît pas dans l'équation de la réaction. C'est un intermédiaire de réaction.

Q4. H^+ n'apparaît pas dans l'équation bilan. Il joue le rôle de catalyseur.

Q5. Introduire un réactif en excès influence le quotient de réaction dans une réaction non totale. Le quotient de réaction diminue quand la concentration en réactifs augmente. Le système va évoluer spontanément vers sa constante d'équilibre en consommant le réactif introduit et en synthétisant davantage de produit. On augmente ainsi le rendement de la réaction.

Q6. Déterminons la masse de 500 L d'huiles afin de connaître la masse de conservateur maximale et les quantités de matières nécessaires à sa synthèse :

Détermination de la masse d'huile :

$$m_{huile} = \rho_{huile} \times V_{huile}$$

Détermination de la masse de conservateur :
L'énoncé indique 200 mg pour 1 kg d'aliment. Cela correspond à 0,02%
$m_2 = 2.10^{-4} m_{huile}$ =$2.10^{-4} \times \rho_{huile} \times V_{huile}$

Détermination la quantité de matière en gallate de propyle à synthétiser :

$$n_2 = \frac{m_2}{M_2}$$

$$n_2 = \frac{2.10^{-4} \times \rho_{huile} \times V_{huile}}{M_2}$$

D'après l'équation de la réaction, le rendement est de 60% :
$\eta = \frac{n_2}{n_{2théorique}}$ donc $n_{2\,theorique} = \frac{n_2}{\eta}$

$$n_{2\,theorique} = \frac{2.10^{-4} \times \rho_{huile} \times V_{huile}}{\eta \times M_2}$$

D'après l'équation de la réaction, elle a lieu mole à mole :

$$n_1 = n_{2\,théorique} = \frac{2.10^{-4} \times \rho_{huile} \times V_{huile}}{\eta \times M_2}$$

Déterminons la masse d'acide gallique :

$$m_1 = n_1 \times M_1$$

$$m_1 = \frac{2.10^{-4} \times \rho_{huile} \times V_{huile}}{\eta \times M_2} \times M_1$$

Application numérique :

$$m_1 = \frac{2{,}00.10^{-4} \times 910 \times 500 \times 170{,}1}{0{,}6 \times 212{,}2}$$

$$m_1 = 1{,}2.10^2\ g$$

Pour obtenir 500 L d'huile possédant la teneur maximale en conservateur autorisée par la législation, il faut 120 g d'acide gallique.