

1. Étude du mouvement orbital du satellite ALOS

Q1. Indiquer les lignes du programme fourni qui permettent de calculer les coordonnées approchées des vecteurs variations de vitesse.

Les coordonnées delta_vx et delta_vy des vecteurs variation de vitesse sont calculées par les lignes 60, 61 et 62.

Q2. Indiquer lequel des deux vecteurs représentés à une position du satellite donnée sur la figure 2 correspond au vecteur variation de vitesse. Justifier.

Le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire circulaire.

Le vecteur variation de vitesse est donc l'autre vecteur celui qui est orienté vers le centre de rotation.

Q.3. Montrer à l'aide de l'échelle fournie sur la figure 2 que la valeur de l'accélération moyenne du satellite est voisine de 8 m·s⁻².

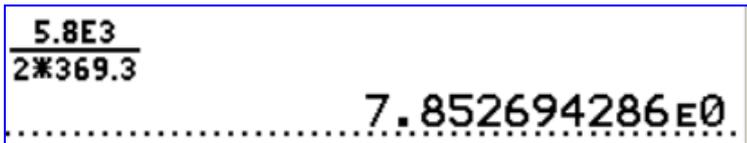
L'accélération moyenne est $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.

Exemple $\vec{a}_5 = \frac{\vec{v}_6 - \vec{v}_4}{t_6 - t_4} = \frac{\vec{v}_6 - \vec{v}_4}{2\Delta t}$, donc on comprend que la durée à prendre en compte est 2Δt

En utilisant l'échelle 1,2 cm → 5 km·s⁻¹ = 5×10³ m·s⁻¹

Et pour Δv, on mesure une longueur de 1,4 cm → Δv ?

$$\Delta v = \frac{1,4 \times 5 \times 10^3}{1,2} = 5,8 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

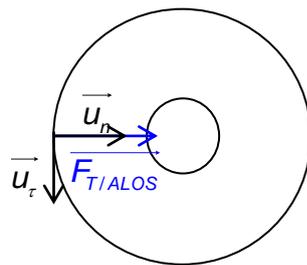


On obtient donc la norme :

$$a = \frac{\Delta v}{2\Delta t} = \frac{5,8 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}{2 \times 369,3 \text{ s}} = 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \text{ en ne conservant qu'un seul chiffre significatif.}$$

Q.4. Exprimer, dans le repère de Frenet, la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite ALOS en fonction de G, m, M_T, R_T, h. Représenter, sans souci d'échelle, cette force sur un schéma avec le repère de Frenet associé au satellite.

$$\vec{F}_{T/ALOS} = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}_n$$



Q.5. Établir l'expression du vecteur accélération du satellite et calculer sa norme. Comparer à la valeur obtenue à la question Q.3.

Système : {ALOS}

Référentiel : géocentrique considéré galiléen

Inventaire des forces : seule la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre est prise en compte.

Deuxième loi de Newton : $\Sigma \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$

$$\vec{F}_{T/ALOS} = m \cdot \vec{a}$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}_n = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{a} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}_n$$

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

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

$$6.67E-11 * \frac{5.97E24}{(6.37E6+692E3)^2} = 7.984445091E0$$

En Q3. on avait obtenu $a = 8 \text{ m.s}^{-2}$, ce qui est bien en accord avec la valeur calculée si on l'arrondit à l'entier.

Q.6. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme et établir l'expression de sa

vitesse : $v = \sqrt{\frac{G \times M_T}{R_T + h}}$.

Dans le repère de Frenet, $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u}_t + \frac{v^2}{R_T + h} \vec{u}_n$

Et on a obtenu précédemment $\vec{a} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}_n$, par analogie entre ces deux expressions de

\vec{a} , on en déduit que $\frac{dv}{dt} = 0$.

Le mouvement du satellite ALOS est bien uniforme si la trajectoire est considérée circulaire.

Toujours par analogie entre les expressions de l'accélération,

on déduit que $\frac{v^2}{R_T + h} = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$

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

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

Q.7. En déduire l'expression de la période de révolution du satellite en fonction de G, M_T, R_T, h. Calculer sa valeur.

Pendant une période de révolution T, le satellite parcourt son orbite circulaire de périmètre 2π(R_T + h) à la vitesse v.

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

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

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

Remarque : il est possible de faire le calcul avec cette expression

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

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

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_T + h)^3}{G \times M_T}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(6,37 \times 10^6 + 692 \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}} = 5,9 \times 10^3 \text{ s}$$

$$2 * \pi * \sqrt{\frac{(6.37E6 + 692E3)^3}{6.67E-11 * 5.97E24}} = 5.909100218E3$$

Compte tenu de la rotation de la Terre sur elle-même, le satellite repasse tous les 46 jours à la verticale d'un même point de la surface terrestre.

Q.8. Déterminer le nombre d'orbites parcourues par le satellite ALOS avant de repasser au-dessus du même point.

Le satellite parcourt une orbite en $T = 5,9 \times 10^3$ s.

Il parcourt N orbites en 46 jours = $46 \times 3600 \times 24$ s

$$N = \frac{46 \times 24 \times 3600}{5,9091 \times 10^3} = 6,7 \times 10^2 \text{ orbites}$$

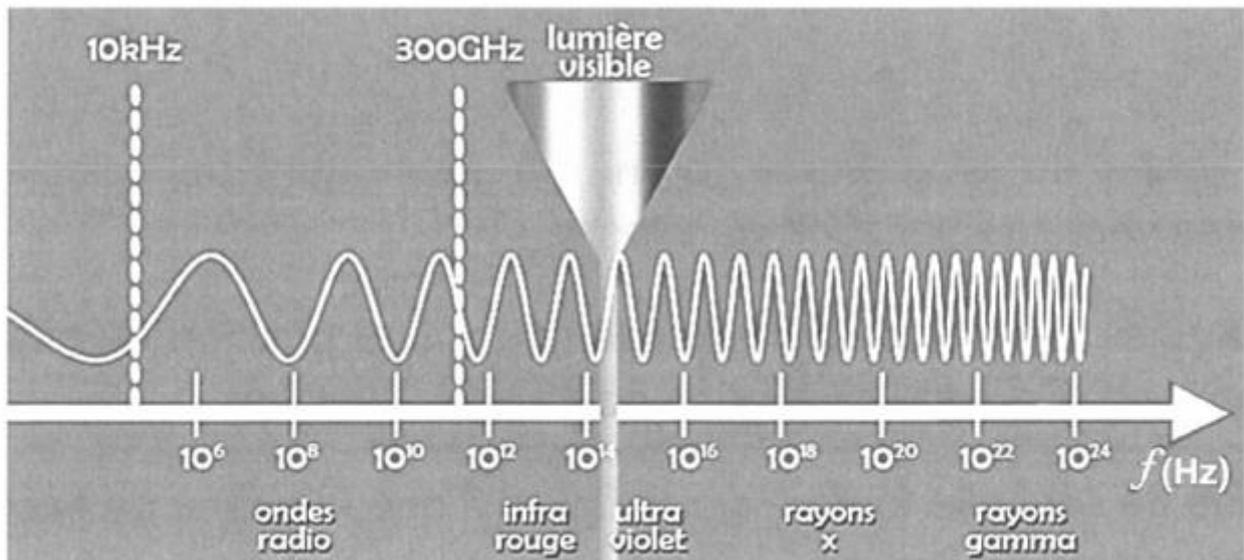
$$\frac{46 * 24 * 3600}{5.909100218E3} = 6.725897097E2$$

2. Étude de la déformation du sol par interférométrie radar

Q.9. Écrire la relation entre la longueur d'onde, la célérité et la période de l'onde, en précisant les unités de ces grandeurs.

$$\lambda(\text{m}) = c (\text{m.s}^{-1}) \times T(\text{s})$$

Q.10. Justifier, à l'aide du document ci-dessous, que les ondes émises par le satellite ALOS dont la longueur d'onde est 23,6 cm appartiennent au domaine des ondes radio.



$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ donc } f = \frac{c}{\lambda}$$

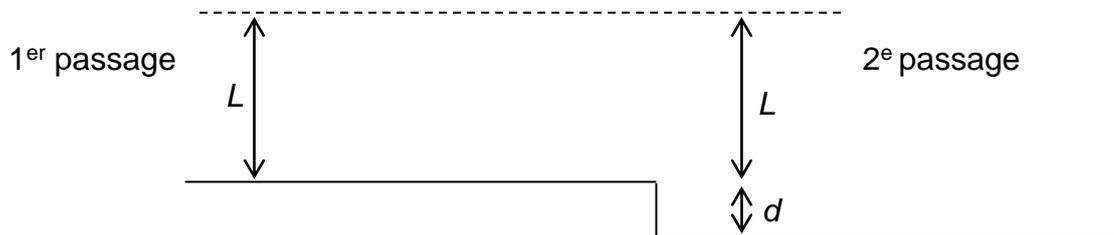
$$f = \frac{3,00 \times 10^8}{23,6 \times 10^{-2}} = 1,27 \times 10^9 \text{ Hz}$$

$$\frac{3E8}{23.6E-2} = 1.271186441E9$$

Le document montre bien que cette valeur de fréquence correspond au domaine des ondes radio.

On admettra que la variation d'altitude du sol est due uniquement à une contraction de ce dernier. On note L la distance entre le satellite et le point visé à la surface de la Terre lors du premier passage et d le déplacement du sol dans l'axe de visée du satellite entre le premier et le deuxième passage du satellite.

Q.11. En exprimant la distance parcourue par l'onde radar lors du premier passage et celle parcourue par l'onde lors du deuxième passage, établir que la relation entre la différence de marche δ entre ces deux ondes et le déplacement du sol d est : $\delta = 2d$



L'onde effectue un aller-retour. Lors du premier passage, elle parcourt $2L$.

Lors du deuxième passage, elle parcourt $2(L + d)$

La différence de marche $\delta = 2(L + d) - 2L = 2L + 2d - 2L = 2d$

Q.12. En déduire que la relation entre le déplacement du sol d et la longueur d'onde λ pour que ces deux ondes soient en phase est : $d = k \times \frac{\lambda}{2}$.

Pour que les ondes soient en phase, il faut que $\delta = k \cdot \lambda$.

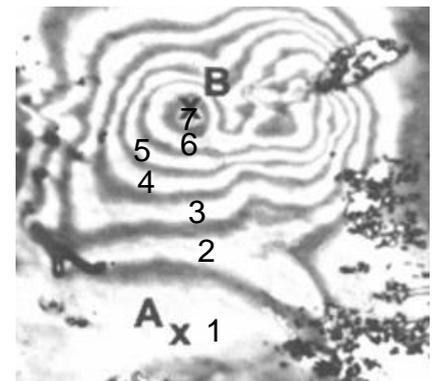
Et on a vu que $\delta = 2d$.

Donc $2d = k \cdot \lambda$

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

Q.13. Déterminer l'entier k entre les points A et B et en déduire la variation d'altitude du point B en supposant que le point A n'a pas subi de déplacement.

?????



Entre deux zones claires consécutives $k = 1$ alors $d = 1 \times \frac{\lambda}{2}$

Entre trois zones claires consécutives $k = 2$.

Entre les points A et B, on compte 7 zones claires consécutives donc $k = 6$.

Alors $d = 6 \times \frac{\lambda}{2}$

$d = 3\lambda$

$d = 3 \times 23,6 = 70,8 \text{ cm}$

????

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org

Compléments :

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/interferometrie-radar.xml>

Interférométrie radar : principes et utilisation dans la surveillance de la déformation du sol

Article | 29/01/2020

Aurélien Augier

Lycée Camille Guérin, Poitiers

Extrait :

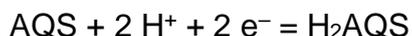
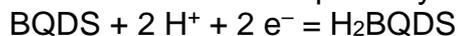
« Entre deux bandes consécutives de même couleur (donc de même phase), la différence de trajet aller-retour satellite-sol correspond à une différence égale à la longueur d'onde du signal et correspond donc à une différence de distance satellite-sol égale à une demi-longueur d'onde ($1/2$ aller + $1/2$ retour = 1).

Explication des franges sur les interférogrammes : si le déplacement du sol dans l'axe de visée du satellite (désigné par LOS pour Line Of Sight, ligne de visée) correspond à 0 ou à un multiple de la demi-longueur d'onde de l'onde radar, alors la valeur de la différence des phases est égale à 0. Une frange peut donc être vue comme une ligne de niveau de déplacement. »

Les réactions au sein de la cellule électrochimique mettent en jeu les couples oxydant-réducteur BQDS /H₂BQDS et AQS / H₂AQS, espèces présentes en solution aqueuse dans les réservoirs de stockage.

Q.1. Écrire les deux réactions électrochimiques qui modélisent les transformations se produisant aux électrodes.

À l'aide des deux couples oxydant-réducteur, on peut écrire :



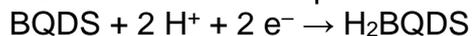
Pour le moment on ignore dans quel sens ces réactions se produisent et donc à quelle électrode elles ont lieu. Nous avons décidé d'écrire les demi-équations électroniques (avec un =) plutôt que les équations aux électrodes (avec une →, voir Q.2.)

L'équation de la réaction modélisant la transformation qui a lieu lors de la décharge de la batterie (fonctionnement en mode pile) est : $\text{BQDS} + \text{H}_2\text{AQS} \rightarrow \text{H}_2\text{BQDS} + \text{AQS}$

Q.2. Définir un oxydant. Identifier l'oxydant et le réducteur lors de cette transformation chimique.

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

BQDS est un réactif qui subit une réduction, c'est l'oxydant.



H₂AQS est un réactif qui libère des électrons, c'est le réducteur.



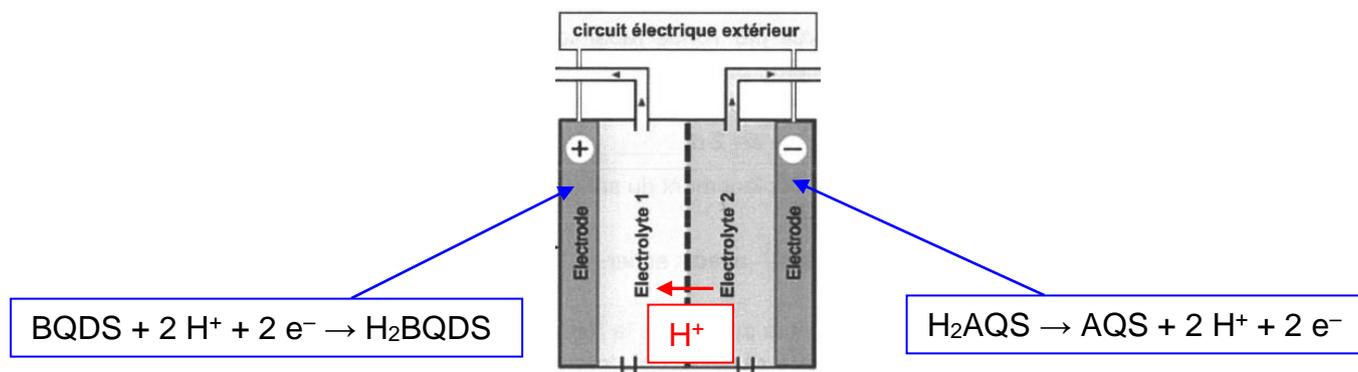
Q.3. Déterminer si la solution de BQDS est l'électrolyte 1 ou l'électrolyte 2 à l'aide des polarités indiquées sur la cellule électrochimique et des équations des réactions électrochimiques. Justifier.

À l'électrode positive, il y a consommation d'électrons par l'électrolyte 1.

BQDS consomme des électrons, c'est l'électrolyte 1.

Q.4. Déterminer le sens de circulation des ions H⁺ à travers la membrane. Justifier.

À l'électrolyte positive, il y a consommation d'ions H⁺ tandis qu'il y a production d'ions H⁺ à l'électrode négative. Pour maintenir l'électroneutralité des électrolytes, les ions migrent de l'électrolyte 2 vers l'électrolyte 1.



Rq : la membrane joue le rôle d'un pont salin (fermer le circuit et maintenir l'électroneutralité des électrolytes des 2 compartiments).

Q.5. Montrer que la capacité électrique de la cellule a une valeur proche de $Q = 5,4 \times 10^6$ C.

L'intensité étant un débit de charge électriques : $I = \frac{Q}{\Delta t}$ (si l'intensité est constante).

Ainsi, $Q = I \times \Delta t$ (avec I en A et Δt en s)

$$Q = 250 \times (6,0 \times 3600) = 5,4 \times 10^6 \text{ C CQFD}$$

Q.6. Déterminer le volume de chaque électrolyte nécessaire pour assurer le fonctionnement de cette cellule.

En déduire le volume réel sachant que seulement 70 % des électrons susceptibles d'être produits par les réactions d'oxydoréduction contribuent réellement au courant électrique.

Par définition, $Q = n(e^-) \times N_A \times e = n(e^-) \times F$ donc $n(e^-) = \frac{Q}{F}$.

D'après l'équation à électrode positive : $\frac{n(e^-)}{2} = \frac{n(\text{BQDS})}{1} = \frac{C_1 \times V_{1th}}{1}$

$$\text{Donc } \frac{Q}{2F} = \frac{C_1 \times V_{1th}}{1} \Leftrightarrow V_{1th} = \frac{Q}{2F \times C_1}$$

$$V_{1th} = \frac{5,4 \times 10^6}{2 \times 96500 \times 1,0} = 28 \text{ L}$$

Vu que seulement 70 % des électrons susceptibles d'être produits par les réactions d'oxydoréduction contribuent réellement au courant électrique, $V_1 = \frac{V_{1th}}{0,70} = \frac{28}{0,70} = 40 \text{ L}$

En raisonnant de même avec l'électrode négative, on trouve le même résultat : $V_2 = 40 \text{ L}$

Q.7. Déterminer le volume total de chaque électrolyte nécessaire au fonctionnement de ce système pendant 6,0 h.

Le système est constitué de 60 cellules donc $V_{1tot} = 60 \times V_1$ soit $V_{1tot} = 60 \times 40 = 2,4 \times 10^3 \text{ L}$.

De même, $V_{2tot} = 2,4 \times 10^3 \text{ L}$.

Q.8. Parmi les nombreux avantages de ce type de batterie, figure sa capacité de stockage qui peut être facilement augmentée. Proposer une solution simple pour doubler la durée de fonctionnement du système étudié à puissance délivrée constante.

Pour doubler la capacité de stockage à puissance délivrée constante, il faut doubler la quantité de matière des réactifs. On peut :

- doubler le volume de chaque électrolyte dans chaque cellule (mais cela augmente considérablement le volume du système) ;
- doubler la concentration des électrolytes (ce qui semble plus facile).

Rq : si on double le nombre de cellules, on double la tension aux bornes du système et donc la puissance délivrée varie.

Q.9. Déterminer la puissance électrique du système. En déduire l'énergie en W.h produite par le système lorsqu'il délivre du courant pendant 6,0 h.

Par définition, $P = U \times I$ donc $P = 60 \times 250 = 1,5 \times 10^4 \text{ W}$

Par définition, $E = P \times \Delta t$ donc $E = 1,5 \times 10^4 \text{ W} \times 6,0 \text{ h} = 9,0 \times 10^4 \text{ W.h}$

Q.10. Déterminer si la batterie à flux redox étudiée peut se positionner sur le marché. Justifier.

Déterminons l'énergie volumique E_V du système :

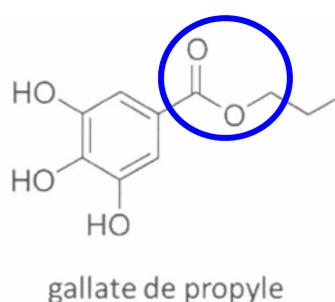
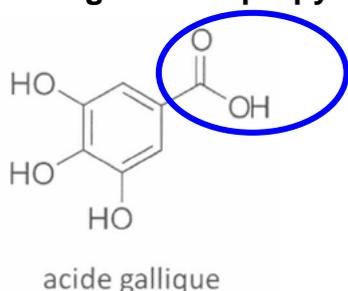
$$E_V = \frac{E}{V_{\text{Total d'électrolytes}}} = \frac{E}{V_{1\text{tot}} + V_{2\text{tot}}}$$

$$E_V = \frac{9,0 \times 10^4 \text{ W.h}}{2,4 \times 10^3 \text{ L} + 2,4 \times 10^3 \text{ L}} = 19 \text{ W.h.L}^{-1}$$

Cette valeur est supérieure à 10 W.h.L^{-1} donc le système peut se positionner sur le marché du stockage de l'énergie.

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs à labolycee@labolycee.org

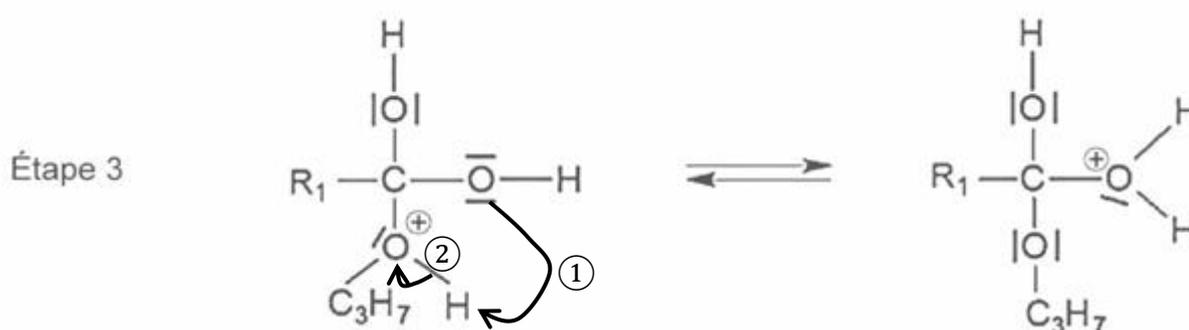
Q.1. Recopier sur la copie les formules de l'acide gallique et du gallate de propyle. Entourer les groupes caractéristiques modifiés lors de la transformation de l'acide gallique en gallate de propyle et nommer les familles fonctionnelles correspondantes.



Le groupe caractéristique carboxyle a été transformé en un groupe ester.
 Ainsi l'acide gallique de la famille des acides carboxyliques a été transformé en gallate de propyle de la famille des esters.

Le mécanisme réactionnel de la synthèse comporte cinq étapes, dont les étapes 3 et 4 sont représentées sur le document fourni en Annexe à rendre avec la copie.

Q.2. Représenter sur l'Annexe à rendre avec la copie les flèches courbes de l'acte élémentaire correspondant à l'étape 3 du mécanisme, en justifiant leur sens.



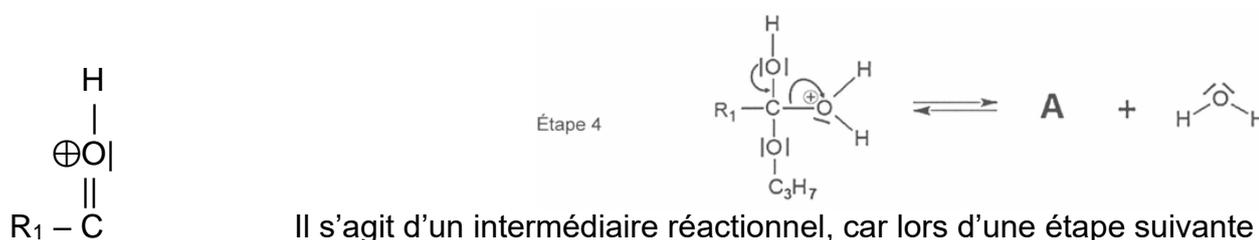
① Formation de la liaison : le doublet de l'atome d'oxygène est le site donneur, tandis que l'atome H est le site accepteur.

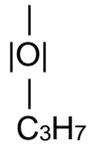
Non demandé car aucune indication sur les valeurs des électronégativités dans le sujet : l'atome d'hydrogène pauvre en électron, c'est un site accepteur, en effet la liaison O–H est polarisée, l'atome d'hydrogène porte une charge partielle positive δ^+ .

② Rupture de la liaison : le doublet liant entre H et O^+ est le site donneur et O^+ est le site accepteur de doublets.

Non demandé : le doublet liant entre H et O^+ se déplace vers l'atome le plus électronégatif qu'est l'oxygène.

Q.3. Représenter le schéma de Lewis de l'espèce chimique A obtenue lors de l'étape 4. Justifier le qualificatif d'intermédiaire réactionnel donné à cette entité.





cette entité va être consommée.

Q.4. Indiquer le rôle joué par les ions hydrogène H⁺ lors de cette transformation.

Les ions H⁺ n'apparaissent pas dans les réactifs, ni dans les produits de la réaction. Ils sont indiqués au-dessus de la flèche. Il s'agit d'un catalyseur qui permet d'augmenter la vitesse de réaction.

On utilise le gallate de propyle comme conservateur dans de l'huile d'olive alimentaire. On le synthétise en faisant réagir l'acide gallique avec un excès de propan-1-ol dans des conditions expérimentales où le rendement de la synthèse est de 60 %.

Q.5. Indiquer l'intérêt d'introduire en excès le propan-1-ol.

Cela permet d'augmenter le rendement de la transformation.

Q.6. Déterminer la masse d'acide gallique nécessaire pour obtenir 500 litres d'huile possédant la teneur maximale en conservateur autorisée par la réglementation. Commenter le résultat.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée

La teneur maximale autorisée de gallate de propyle est de 200 mg par kilogramme d'aliment.

Déterminons la masse de 500 L d'huile d'olive.

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ donc } m = \rho \cdot V$$

$$m = 0,91 \times 500 = 455 \text{ kg} \quad \text{On n'arrondit pas de résultat intermédiaire.}$$

Déterminons la masse maximale de gallate de propyle.

$$m_{\text{galla}} = 455 \times 200 \text{ mg} = 91\,000 \text{ mg} = 91 \text{ g de gallate de propyle.}$$

Déterminons la quantité de matière correspondant.

$$n_{\text{galla}} = \frac{m_{\text{galla}}}{M_2}$$

$$n_{\text{galla}} = \frac{91}{212,2} = 0,43 \text{ mol}$$

91/212.2

4.288407163E-1

D'après l'équation de la réaction, une mole d'acide gallique conduit à la formation d'une mole de gallate de propyle : $n_{\text{galli}} \text{ consommée} = n_{\text{galla}} \text{ formée}$

Mais en tenant compte du rendement de 60%, lorsque l'on consomme une mole d'acide gallique, on obtient seulement 0,60 mole de gallate de propyle.

1 mol d'acide gallique → 0,60 mol de gallate de propyle

$n_{\text{galli}} ? \text{ mol d'acide gallique} \rightarrow 0,43 \text{ mol} // // // // // //$

$$n_{\text{galli}} = 1 \times 0,43 / 0,60 = 0,71 \text{ mol d'acide gallique consommée}$$

On en déduit la masse d'acide gallique.

$$m_{\text{galli}} = n_{\text{galli}} \times M_1$$

$$m_{\text{galli}} = 0,71 \times 170,1 = 1,2 \times 10^2 \text{ g} = 0,12 \text{ kg d'acide gallique}$$

Commenter.

Il suffit d'une faible masse d'acide gallique pour assurer la conservation d'un grand volume d'huile d'olive.

Rep/0.60	4.288407163E-1
	7.147345272E-1
Rep*170.1	1.215763431E2