

EXERCICE 2 Observation d'un avion en vol

Q1.

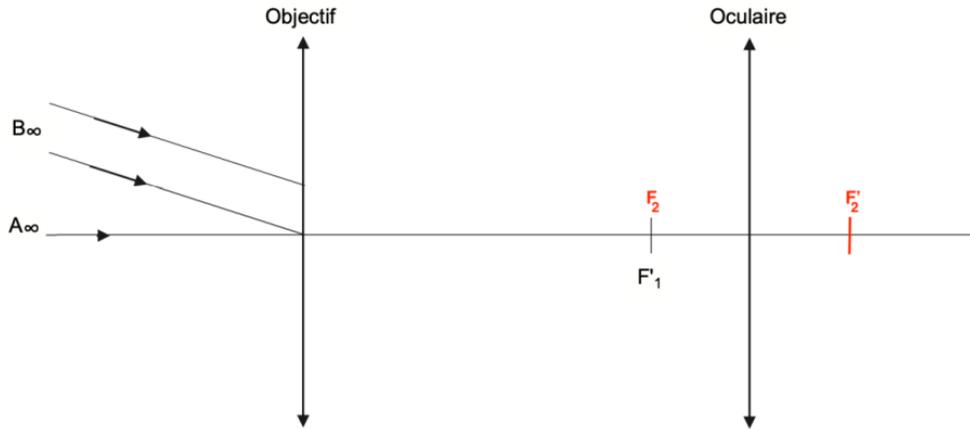
Un système optique est dit afocal s'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

Q2.

Pour que la lunette soit afocale, les deux foyers F'_1 et F_2 doivent être confondus.

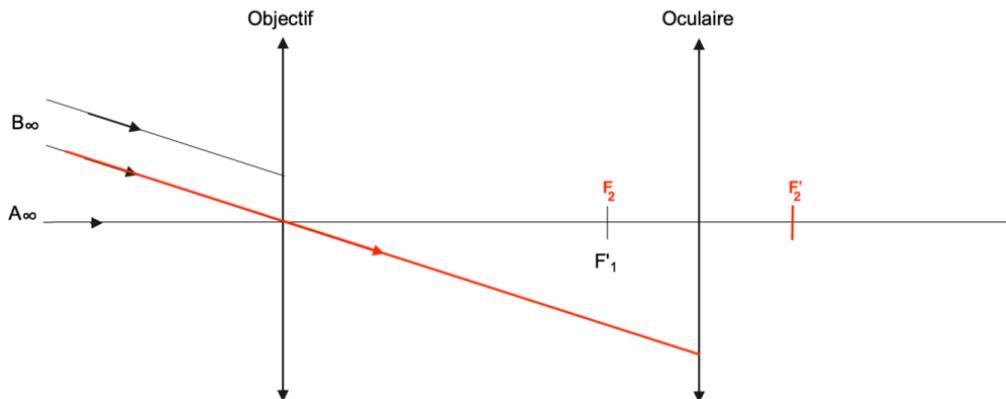
Comme la lunette est afocale, on place F_2 sur F'_1 .

La distance $OF'_2 = OF_2$.

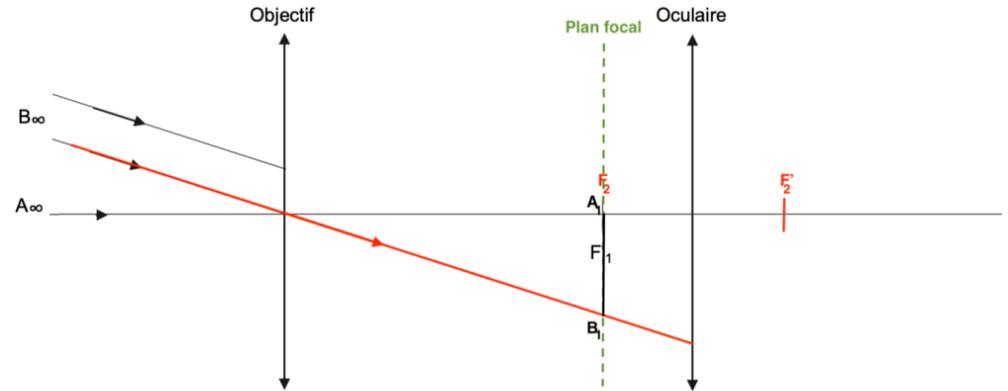


Q3.

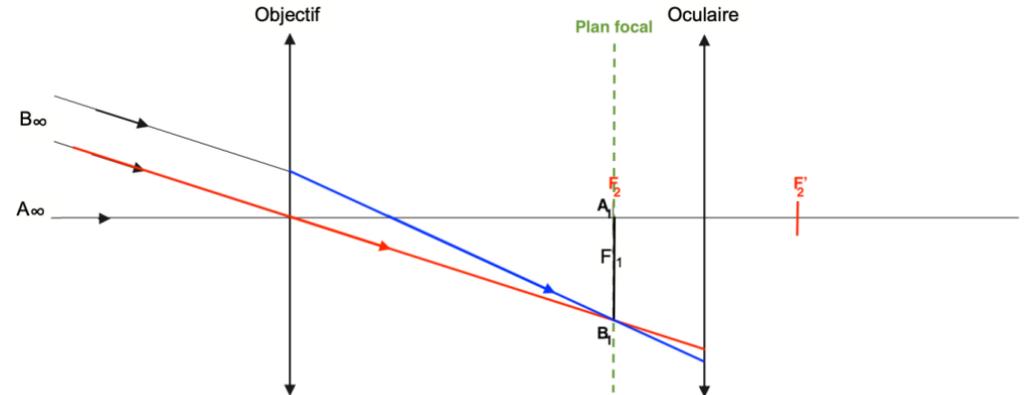
Le rayon lumineux issu de B pénétrant dans la lunette par le centre optique O_1 de la lentille L_1 n'est pas dévié.



Position de B_1 image intermédiaire de B : Comme l'objet $A_\infty B_\infty$ est à l'infini, son image $A_1 B_1$ est dans le plan focal image de l'objectif L_1 .

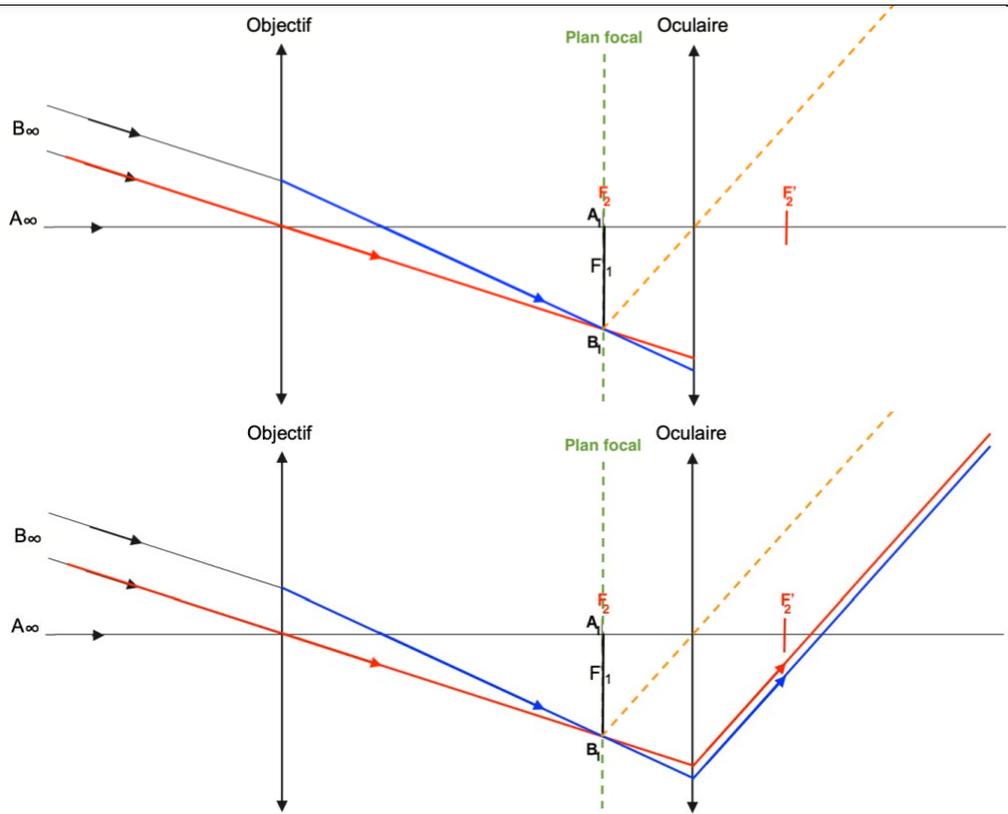


L'autre rayon lumineux issu de B, sort de L_1 en passant par B_1 .



Pour le rayon émergent de la lentille L_2 :

- On trace un rayon issu de B_1 passant par O_2 . Ce rayon ne sera pas dévié.
- De plus nous savons que l'image d'un objet situé dans le plan focal objet d'une lentille se forme à l'infini. Ainsi les rayons émergents de la lentille L_2 issue de B_1 seront parallèles à ce rayon tracé.



Q4.

Pour des angles très petits, exprimés en radian : $\tan \alpha \approx \alpha$

$$\alpha \approx \tan \alpha = \frac{\text{opposé}}{\text{adjacent}}$$

$$\alpha = \frac{L}{h}$$

$$\alpha = \frac{44,5}{10,4 \times 10^3}$$

$$\alpha = 4,28 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

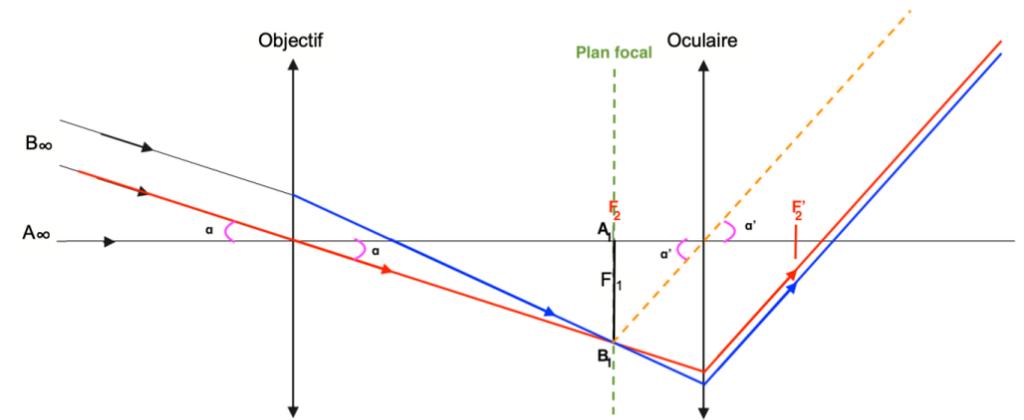
D'après le sujet : « un observateur peut distinguer deux points différents si l'angle α sous lequel ces deux points sont vus depuis le point d'observation est supérieur ou égal à $3,0 \times 10^{-4}$ rad »

$\alpha > 3,0 \times 10^{-4}$ rad : on peut distinguer, à l'œil nu, l'avant de l'avion et sa queue.

Q5.

L'angle α est l'angle sous lequel est vu l'objet sans la lunette.

L'angle α' est l'angle sous lequel est vu l'objet avec la lunette.



Le grossissement G d'une lunette astronomique est défini par :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Q6.

Calculons α :

Pour des angles très petits, exprimés en radian : $\tan \alpha \approx \alpha$

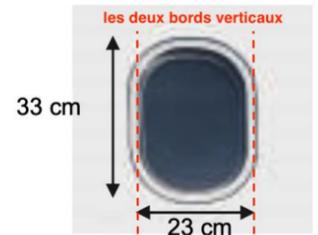
$$\alpha \approx \tan \alpha = \frac{\text{opposé}}{\text{adjacent}}$$

$$\alpha = \frac{l}{h}$$

avec l la distance entre les deux bords verticaux : $l=23$ cm

$$\alpha = \frac{23 \times 10^{-2}}{10,4 \times 10^3}$$

$$\alpha = 2,2 \times 10^{-5} \text{ rad}$$



Calculons le grossissement minimal pour voir les deux bords verticaux (avec $\alpha'=3,0 \times 10^{-4}$ rad,) :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

$$G = \frac{3,0 \times 10^{-4}}{2,2 \times 10^{-5}}$$

$$G = 14$$

Les valeurs du grossissement de la lunette astronomique utilisée sont comprises entre 16 et 48 : On peut distinguer les deux bords verticaux d'un hublot de l'avion à l'aide de la lunette astronomique utilisée.

2. Détermination de la vitesse d'un avion A312 en phase d'atterrissage

Q7.

Le phénomène mis en jeu dans cette expérience est l'effet Doppler.

Q8.

Faisons l'analyse dimensionnelle de la proposition A :

$$f_A = \frac{c}{c-v}$$

$$[f_A] = \frac{[c]}{[c] - [v]}$$

$$\text{Hz} = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1} - \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

$$\text{Hz} = \frac{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Hz = sans unité : la relation est fausse.

$$c > c - v$$

$$\frac{c}{c-v} > 1$$

Ainsi, en multipliant par $\frac{c}{c-v}$, la fréquence augmente

$$c < c + v$$

$$\frac{c}{c+v} < 1$$

Ainsi, en multipliant par $\frac{c}{c+v}$, la fréquence diminue

Expérimentalement $f_A > f_E$

La proposition C donne $f_A < f_E$

La proposition D n'est pas symétrique du fait du coefficient 2 de la première formule par rapport à la deuxième.

Ainsi, nous choisissons la proposition B.

Q9.

$$f_A = f_0 \times \frac{c}{c-v}$$

Or

$$f_E = f_0 \times \frac{c}{c+v}$$

$$f_0 \times \frac{c}{c+v} = f_E$$

$$f_0 = f_E \times \frac{c+v}{c}$$

D'où

$$f_A = f_E \times \frac{c+v}{c} \times \frac{c}{c-v}$$

$$f_A = f_E \times \frac{c+v}{e} \times \frac{e}{c-v}$$

$$f_A = f_E \times \frac{c+v}{c-v}$$

$$f_A \times (c-v) = f_E \times (c+v)$$

$$f_A \times c - f_A \times v = f_E \times c + f_E \times v$$

$$-f_A \times v - f_E \times v = f_E \times c - f_A \times c$$

$$v \times (-f_A - f_E) = c \times (f_E - f_A)$$

$$v = c \times \frac{(f_E - f_A)}{(-f_A - f_E)}$$

$$v = 345 \times \frac{(1,5 \times 10^3 - 2,2 \times 10^3)}{(-2,2 \times 10^3 - 1,5 \times 10^3)}$$

$$v = 65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v = 65 \times 3,6$$

$$v = 235 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

La vitesse trouvée est inférieure à la vitesse de croisière de l'avion, c'est cohérent avec une vitesse d'atterrissage.

EXERCICE 1 - Vol en montgolfière

1. L'envol de la montgolfière

Q1.

D'après les données : « l'air, assimilé à un gaz parfait, est composé, en quantité de matière, de 80 % de diazote N_2 et de 20 % de dioxygène O_2 ; »

$$M_{\text{air}} = \frac{80}{100} \times M_{N_2} + \frac{20}{100} \times M_{O_2}$$

$$M_{\text{air}} = \frac{80}{100} \times 2 \times M_N + \frac{20}{100} \times 2 \times M_O$$

$$M_{\text{air}} = \frac{80}{100} \times 2 \times 14 \times 10^{-3} + \frac{20}{100} \times 2 \times 16 \times 10^{-3}$$

$$M_{\text{air}} = 2,9 \times 10^{-2} \text{ Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{air}} = 29 \times 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Ainsi, la valeur de la masse molaire M_{air} de l'air est voisine de $29 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Q2.

$$p_{\text{int}} \times V = n_{\text{int}} \times R \times T_{\text{int}}$$

Or

$$n_{\text{int}} = \frac{m_{\text{int}}}{M_{\text{air}}}$$

D'ou

$$p_{\text{int}} \times V = \frac{m_{\text{int}}}{M_{\text{air}}} \times R \times T_{\text{int}}$$

$$\frac{m_{\text{int}}}{M_{\text{air}}} \times R \times T_{\text{int}} = p_{\text{int}} \times V$$

$$m_{\text{int}} = \frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R \times T_{\text{int}}}$$

Q3.

Poids total du système (montgolfière + air intérieur) :

$$P_{\text{total}} = m_{\text{total}} \times g$$

Or

$$m_{\text{total}} = m_{\text{int}} + m_{\text{ens}}$$

D'ou

$$P_{\text{total}} = (m_{\text{int}} + m_{\text{ens}}) \times g$$

Q4.

$$\pi_A = \rho_{\text{ext}} \times V \times g$$

$$\pi_A = 1,2 \times 2,5 \times 10^3 \times 9,81$$

$$\pi_A = 2,9 \times 10^4 \text{ N}$$

Q5.

Pour que la montgolfière puisse décoller il faut que la poussée d'Archimède soit supérieure au poids :

$$\pi_A \geq P$$

Or (D'après la question Q3.)

$$P = (m_{\text{int}} + m_{\text{ens}}) \times g$$

D'ou

$$\pi_A \geq (m_{\text{int}} + m_{\text{ens}}) \times g$$

Or (D'après la question Q2.)

$$m_{\text{int}} = \frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R \times T_{\text{int}}}$$

D'ou

$$\pi_A \geq \left(\frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R \times T_{\text{int}}} + m_{\text{ens}} \right) \times g$$

$$\frac{\pi_A}{g} \geq \left(\frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R \times T_{\text{int}}} + m_{\text{ens}} \right)$$

$$\frac{\pi_A}{g} - m_{\text{ens}} \geq \frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R \times T_{\text{int}}}$$

$$\left(\frac{\pi_A}{g} - m_{\text{ens}} \right) \times T_{\text{int}} \geq \frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R}$$

$$T_{\text{int}} \geq \frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R \times \left(\frac{\pi_A}{g} - m_{\text{ens}} \right)}$$

Ainsi, la valeur de la température minimale T_{min} de l'air à l'intérieur de l'enveloppe pour que la montgolfière puisse décoller est :

$$T_{\text{min}} = \frac{p_{\text{int}} \times V \times M_{\text{air}}}{R \times \left(\frac{\pi_A}{g} - m_{\text{ens}} \right)}$$

$$T_{\text{min}} = \frac{1,0 \times 10^5 \times 2,5 \times 10^3 \times 29 \times 10^{-3}}{8,31 \times \left(\frac{2,9 \times 10^4}{9,81} - 500 \right)}$$

$$T_{\text{min}} = 355 \text{ K}$$

$$T_{\text{min}} = 355 - 273$$

$$T_{\text{min}} = 82 \text{ °C}$$

Q6.

Système {montgolfière + air intérieur}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \vec{a}$$

$$\vec{P} + \vec{\pi}_A = m \vec{a}$$

$$m \vec{a} = \vec{P} + \vec{\pi}_A$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{P} + \vec{\pi}_A}{m}$$

Projetons sur l'axe z :

$$a_z = \frac{-P + \pi_A}{m}$$

$$a_z = \frac{-m \times g + \pi_A}{m}$$

$$a_z = \frac{-2,8 \times 10^3 \times 9,81 + 2,9 \times 10^4}{2,8 \times 10^3}$$

$$a_z = 0,55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a = \sqrt{a_z^2}$$

$$a = \sqrt{0,55^2}$$

$$a = 0,55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_z = \frac{dv_z(t)}{dt}$$

On intègre l'accélération :

$$v_z(t) = 0,55 \times t + C_1$$

Pour trouver les constantes, on utilise la vitesse initiale. Or, d'après le sujet, un dispositif permet de lâcher sans vitesse initiale et simultanément la boule de bowling et la plume : $v_{0z} = 0$

d'où

$$v_z(t) = 0,55 \times t$$

Calculons la valeur de sa vitesse au bout de 10 s puis au bout de 1 minute d'ascension :

$$v_z(t=10\text{s}) = 0,55 \times 10$$

$$v_z(t=10\text{s}) = 5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_z(t=1 \text{ min}) = 0,55 \times 1 \times 60$$

$$v_z(t=1 \text{ min}) = 33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Q7.

$$v_z(t=10\text{s}) = 5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 5,5 \times 3,6 = 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_z(t=1 \text{ min}) = 33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 33 \times 3,6 = 119 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Les vitesses trouvées sont bien trop importantes pour une montgolfière.

Le modèle ne prend en compte que de la poussée d'Archimède et du poids pour étudier le mouvement du ballon. Il faut prendre en compte les forces de frottements.

2. Une enveloppe de montgolfière plus performante

Q8.

Un transfert thermique se fait du corps chaud vers le corps froid.

$\theta_{\text{int}} = 106 \text{ }^\circ\text{C}$ est supérieure à $\theta_{\text{ext}} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$: le sens du flux thermique à travers l'enveloppe simple couche du ballon se fait de l'intérieure vers l'extérieur.

Q9.

$$\Phi_1 = \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}}{R_{\text{th},1}}$$

$$\Phi_1 = \frac{106 - 21}{3,0 \times 10^{-4}}$$

$$\Phi_1 = 2,8 \times 10^5 \text{ W}$$

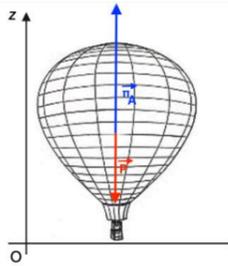


Figure 1. Schéma de la montgolfière à la date $t = 0$

Q10.

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{2,8 \times 10^5}{165 \times 10^3}$$

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = 1,7$$

Le flux thermique Φ_1 à travers une enveloppe simple couche est 1,7 fois plus grand que le flux thermique Φ_2 à travers l'enveloppe à double paroi.

Le transfert thermique à travers l'enveloppe à double paroi est limité. La consommation de carburant est ainsi réduite.

3. Une gourde en aluminium à bord de la montgolfière

Q11.

$$\phi = \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \phi$$

$$\text{Or } \phi = h \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = h \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

Or

$$\Delta U = C \times \Delta \theta$$

$$\Delta U = C \times (\theta(t + \Delta t) - \theta(t))$$

$$\frac{C \times (\theta(t + \Delta t) - \theta(t))}{\Delta t} = h \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$$

Ainsi, la température du système vérifie la relation :

$$\theta(t + \Delta t) - \theta(t) = \frac{h \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta(t)) \cdot \Delta t}{C}$$

Q12.

$$\theta(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + B$$

Si on attend suffisamment longtemps (lorsque le temps tend vers l'infini), la température tend vers la valeur de la température extérieure ($\theta(t \rightarrow \infty) = \theta_{\text{ext}}$):

$$\theta(t \rightarrow \infty) = Ae^{-\frac{\infty}{\tau}} + B$$

$$\theta(t \rightarrow \infty) = A \times 0 + B$$

$$\theta(t \rightarrow \infty) = B$$

Or

$$\theta(t \rightarrow \infty) = \theta_{\text{ext}}$$

Ainsi

$$B = \theta_{\text{ext}}$$

$$B = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

Initialement (lorsque le temps est nul), la température a pour la valeur de la température initiale ($\theta(t = 0) = \theta_0$):

$$\theta(t = 0) = Ae^{-\frac{0}{\tau}} + B$$

$$\theta(t = 0) = A \times 1 + B$$

$$\theta(t = 0) = A + B$$

Or

$$\theta(t = 0) = \theta_0$$

D'où

$$A + B = \theta_0$$

$$A = \theta_0 - B$$

$$\text{Or } B = \theta_{\text{ext}}$$

Ainsi

$$A = \theta_0 - \theta_{\text{ext}}$$

$$A = 48 - 21$$

$$A = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ainsi :

$$\theta(t) = 27e^{-\frac{t}{\tau}} + 21$$

C'est en accord avec la Modélisation numérique :

$$\theta(t) = 27 \times e^{(-0,000196 \times t)} + 21$$

Q13.

$$\theta(t) = 27 \times e^{-\frac{t}{\tau}} + 21$$

et

$$\theta(t) = 27 \times e^{(-0,000196 \times t)} + 21$$

Par identification :

$$-\frac{t}{\tau} = -0,000196 \times t$$

$$\frac{t}{\tau} = 0,000196 \times t$$

$$\frac{1}{\tau} = 0,000196$$

$$1 = 0,000196 \times \tau$$

$$0,000196 \times \tau = 1$$

$$\tau = \frac{1}{0,000196}$$

$$\tau = 5,1 \times 10^3 \text{ s}$$

Q14.

$$\tau = \frac{C}{h \cdot S}$$

$$\tau \times h = \frac{C}{S}$$

$$h = \frac{C}{\tau \times S}$$

$$h = \frac{2,1 \times 10^3}{5,1 \times 10^3 \times 0,042}$$

$$h = 9,8 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

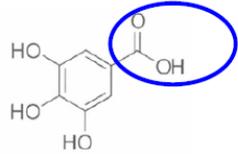
$5 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} < h < 10 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$: les valeurs données dans le tableau nous indique que le coefficient d'échange thermique surfacique correspond à des conditions environnementales sans courant d'air.

Conditions environnementales	Coefficient d'échange thermique surfacique entre l'air et une paroi solide en $\text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.
Sans courant d'air	de 5 à 10
Avec courant d'air	de 10 à 500

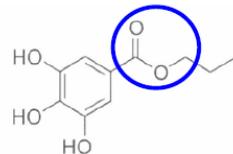
D'après le cours de P.-Y. Lagrée, Coefficient d'échange, Ailettes

EXERCICE 3 : le gallate de propyle (4points)

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.



acide gallique

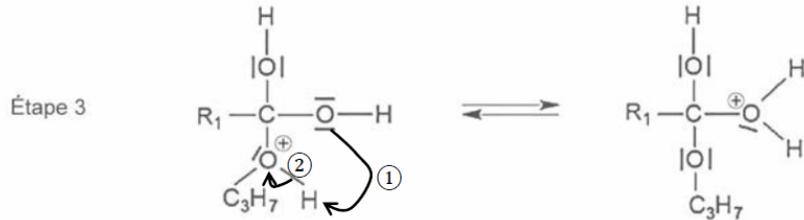


gallate de propyle

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.



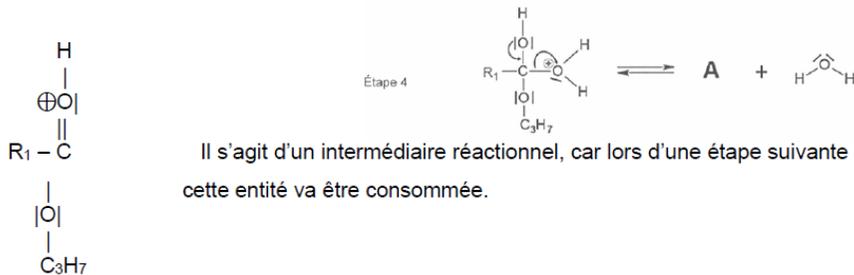
① Formation de la liaison : le doublet de l'atome d'oxygène est le site donneur, tandis que l'atome H est le site accepteur.

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 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.



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.

$$1 \text{ mol d'acide gallique} \rightarrow 0,60 \text{ mol de gallate de propyle}$$

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

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

On en déduit la masse d'acide gallique.

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

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

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

Commenter.

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