

A. Nuage et précipitations

$$Q1. P = m.g = \rho_{\text{eau}}.V.g = \rho_{\text{eau}}.\frac{4}{3}.\pi.r^3.g$$

$$P = 1000 \text{ kg.m}^{-3} \times \frac{4}{3} \times \pi \times (10 \times 10^{-6} \text{ m})^3 \times 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

$$P = 4,1 \times 10^{-11} \text{ N}$$

$$1000 * \frac{4}{3} * \pi * 10E-6^3 * 9.81$$

$$4.10920319E-11$$

$$Q2. F = k.\eta.r.v$$

$$F = 18,8 \times 15 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1} \times 10 \times 10^{-6} \text{ m} \times 0,10 \text{ m.s}^{-1} = 2,8 \times 10^{-10} \text{ N} = 28 \times 10^{-11} \text{ N}$$

$$18.8 * 15E-6 * 10E-6 * 0.1$$

$$2.82E-10$$

Q3. Dans le référentiel du sol, la goutte est initialement immobile.

Elle subit deux forces verticales colinéaires opposées.

La force exercée par l'air est orientée vers le haut et elle est plus forte que la force poids orientée vers le bas.

Ainsi la goutte monte.

Q4. Pour tomber il faut que $P > F$ avec une vitesse initiale nulle. La valeur de F est inchangée.

$$\rho_{\text{eau}}.\frac{4}{3}.\pi.r^3.g > k.\eta.r.v$$

$$r^2 > \frac{k.\eta.v}{\rho_{\text{eau}}.\frac{4}{3}.\pi.g}$$

$$r > \sqrt{\frac{3k.\eta.v}{\rho.4.\pi.g}}$$

$$r > \sqrt{\frac{3 \times 18,8 \times 15 \times 10^{-6} \times 0,10}{1000 \times 4 \times \pi \times 9,81}}$$

$$r > 2,6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$r > 26 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\sqrt{\frac{3 * 18.8 * 15E-6 * 0.10}{1000 * 4 * \pi * 9.81}}$$

$$2.619664928E-5$$

B. Earthcare, un satellite pour étudier les nuages

$$Q5. \vec{F}_{T/S} = G.\frac{M_T.M_S}{(R_T + h)^2} \vec{u}_n$$

Q6. Système : {Satellite EarthCare} Référentiel : géocentrique considéré galiléen

Inventaire des forces : uniquement la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre

Deuxième loi de Newton :

$$\vec{F}_{T/S} = M_S.\vec{a}$$

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

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

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

D'après la réponse précédente, $\vec{a} = \frac{G.M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{u}_n$

Par analogie entre ces deux expressions de \vec{a} , on en déduit que $\frac{dv}{dt} = 0$.

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

Q7. Par analogie entre les deux expressions de \vec{a} , on en déduit que $\frac{v^2}{R_T + h} = \frac{G.M_T}{(R_T + h)^2}$.

$$v^2 = \frac{G.M_T}{R_T + h}, \text{ soit } v = \sqrt{\frac{G.M_T}{R_T + h}}.$$

Q8. Le satellite parcourt son orbite circulaire de rayon $R_T + h$ en une durée T , ainsi

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

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

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

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

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

Q9. $T = 2\pi \sqrt{\frac{((6,37 \times 10^3 + 390) \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}} = 5,53 \times 10^3 \text{ s}$

$$2 * \pi * \sqrt{\frac{((6.37E3+390) * 1E3)^3}{6.67E-11 * 5.97E24}} = 5.534136027E3$$

Nombre de tours de la Terre $N = \frac{24 \times 3600}{5,53 \times 10^3} = 15,6$ tours

$$24 * 3600 / 5.534136027E3 = 1.561219305E1$$

Ce qui est en accord avec environ 16 tours de la Terre.

C. Radar profileur de nuage

Q10. $\lambda = \frac{c}{f}$

La valeur de c est supposée connue du candidat.

$$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{94,05 \times 10^9} = 3,19 \times 10^{-3} \text{ m} = 3,19 \text{ mm}$$

$$\frac{3E8}{94.05E9} = 3.189792663E-3$$

Pour être exploitable le signal doit posséder une longueur d'onde 10 fois supérieure à celle du diamètre des gouttes, donc en considérant les plus grosses gouttes, supérieure à $10 \times 100 \mu\text{m} = 10 \times 100 \times 10^{-6} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$.

On a bien λ supérieure à 1 mm, le signal est exploitable.

Q11. Durée d'un aller-retour du signal :

Distance nuage-satellite : Altitude du satellite $h = 390 \text{ km}$, altitude du nuage $h_n = 2 \text{ km}$

Donc $d = 390 - 2 = 388 \text{ km}$.

Le signal se déplace à la célérité de la lumière.

Attention le signal fait un aller-retour donc $D = 2d$.

$$c = \frac{D}{\Delta t} \text{ ainsi } \Delta t = \frac{D}{c}$$

$$\Delta t = \frac{2 \times 388 \times 10^3}{3,00 \times 10^8} = 2,59 \times 10^{-3} \text{ s.}$$

$\frac{2 \times 388 \times 10^3}{3 \times 10^8}$	$2.586666667 \times 10^{-3}$
--	------------------------------

Distance parcourue par le satellite pendant cette durée :

$$d_s = v \cdot \Delta t$$

$$d_s = 7,5 \times 10^3 \times 2,59 \times 10^{-3} = 19 \text{ m}$$

$7.5 \times 10^3 \times 2.586666667 \times 10^{-3}$	1.94×10^1
---	--------------------

Or la longueur du nuage est d'environ 1km.

On vérifie bien que la distance parcourue par le satellite est largement inférieure à la longueur du nuage.

D. Une expérience contestée

Q12. On peut déterminer I qui correspond à 160 dB.

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ donc } I = I_0 \cdot 10^{L/10}$$

$$I = 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{160/10} = 1,0 \times 10^4 \text{ W.m}^{-2}$$

Et en déduire P car L est donné pour une distance de 1,0 m.

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi d^2}$$

$$\text{Donc } P = I \cdot 4\pi d^2$$

$$P = 1,0 \times 10^4 \times 4 \times \pi \times 1,0^2 = 4\pi \times 10^4 \text{ W}$$

On n'arrondit pas ce résultat intermédiaire.

La puissance de la source sonore est la même quelle que soit la distance entre la source et l'auditeur.

Pour ne pas subir de gêne, il faut que le niveau sonore soit inférieur à disons $L_{OK} = 50 \text{ dB}$.

$$I_{OK} = I_0 \cdot 10^{L_{OK}/10} \text{ et } I_{OK} = \frac{P}{4\pi d_{OK}^2} \text{ où } d_{OK} \text{ est la distance pour laquelle il n'y a pas de gêne.}$$

$$I_0 \cdot 10^{L_{OK}/10} = \frac{P}{4\pi d_{OK}^2}$$

$$d_{OK}^2 = \frac{P}{4\pi \cdot I_0 \cdot 10^{L_{OK}/10}}$$

$$d_{OK} = \sqrt{\frac{P}{4\pi \cdot I_0 \cdot 10^{L_{OK}/10}}}$$

$$d_{OK} = \sqrt{\frac{4\pi \times 10^4}{4\pi \times 1,0 \times 10^{-12} \times 10^{50/10}}}$$

$$d_{OK} = \sqrt{\frac{10^4}{1,0 \times 10^{-12} \times 10^5}} = \sqrt{1,0 \times 10^{11}} = 3,2 \times 10^2 \text{ km}$$

Le journaliste anglais indiquait que les ondes sonores sont à peine audibles. Cela est totalement faux. Elles peuvent être entendues à plus de 300 km.

(Mais cela est sans doute vrai en Angleterre depuis son bureau puisque la Chine est alors suffisamment lointaine)

Remarque : Le niveau d'intensité sonore des bombes atomiques utilisées en 1945 est estimé à 170 dB.

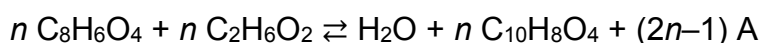
Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs par email à labolycee@labolycee.org

A. Synthèse du PET**Q.1. Indiquer les précautions à prendre pour la manipulation des réactifs.**

Les réactifs sont nocifs et irritants, alors il faut porter des lunettes de protection, une blouse en coton, des gants et si possible travailler sous hotte. De plus l'éthylène glycol est inflammable, il faut prévoir une couverture anti-feu ou un extincteur.

Q.2. Identifier la molécule A formée lors de l'étape 1. Préciser sa formule chimique et son nom.

On utilise la conservation des éléments en écrivant l'équation de la réaction avec des formules brutes.



Pour le carbone : $8n + 2n = 10n$

Pour l'hydrogène : $6n + 6n = 2 + 8n + (2n-1) \times h$

$$12n - 2 - 8n = (2n-1) \times h$$

$$4n - 2 = (2n-1) \times h$$

$$\frac{4n-2}{2n-1} = h$$

$$\frac{2(2n-1)}{2n-1} = h$$

$h = 2$ La molécule A contient 2 atomes d'hydrogène.

Pour l'oxygène : $4n + 2n = 1 + 4n + (2n-1) \times k$

$$6n - 4n - 1 = (2n-1) \times k$$

$$2n - 1 = (2n-1) \times k$$

$$k = 1$$

La molécule A contient 1 atome d'oxygène.

La molécule A est une molécule d'eau H_2O .

Q.3. Expliquer l'intérêt d'éliminer la molécule A au cours de l'étape 1.

L'équation de la réaction montre une double flèche qui signifie que la transformation n'est pas totale. Les produits formés peuvent réagir et reformer des réactifs. Cette réaction en sens inverse diminue le taux d'avancement et donc le rendement.

En éliminant un des produits, on empêche la réaction en sens inverse et donc on augmente le rendement.

Q.4. Nommer les étapes 1, 2 et 3 du protocole expérimental.

Étape 1 : transformation

Étape 2 : purification

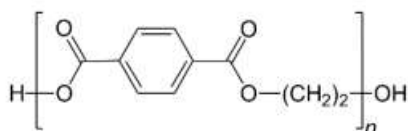
Étape 3 : identification

Q.5. Expliquer pourquoi le PET appartient à la famille des polyesters.

Le PET comporte deux groupes caractéristiques ester et il s'agit d'un polymère avec un motif qui se répète n fois.

Q.6. Identifier le motif du PET

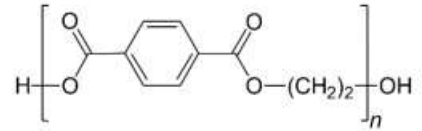
Le motif est entre crochets.



L'analyse du PET synthétisé permet d'évaluer sa masse molaire moyenne à 3 600 g.mol⁻¹.
Q.7. Sachant que la masse molaire du motif M_{motif} du polymère est de 192 g.mol⁻¹, estimer la valeur de n .

$$M = n.M_{\text{motif}} + 2M(\text{H}) + M(\text{O})$$

$$n = \frac{M - (2M(\text{H}) + M(\text{O}))}{M_{\text{motif}}}$$



$$n = \frac{3600 - (2 \times 1,0 + 16,0)}{192} = \frac{3600 - 18,0}{192} = 18,65$$

n est un nombre entier, mais comme il s'agit d'une masse molaire moyenne on obtient un nombre réel. Par exemple, certaines molécules peuvent avoir $M = 19 \times 192 = 3648 \text{ g.mol}^{-1}$ et d'autres $M = 18 \times 192 = 3456 \text{ g.mol}^{-1}$

Pour la suite du sujet, on choisit $n = 19$.

Une bouteille en plastique est constituée, en moyenne, de 32 g de PET.

Q.8. Déterminer, en justifiant, si la synthèse réalisée permet de fabriquer une bouteille en plastique.

Il faut déterminer la masse de PET que l'on peut obtenir à partir des quantités de réactifs indiquées, en supposant un rendement de 100%.

On cherche tout d'abord le réactif limitant.

Réactif 1 acide téréphtalique

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}$$

$$n_1 = \frac{20,0}{166,14} = 0,120 \text{ mol}$$

$$\frac{20}{166.4} = 1.201923077 \text{E}-1$$

Réactif 2 éthylène glycol

$$n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{\rho.V}{M_2}$$

$$n_2 = \frac{1,1 \times 40}{62,07} = 0,71 \text{ mol}$$

$$\frac{1.1 \times 40}{62.07} = 7.088770743 \text{E}-1$$

D'après l'équation de la réaction il faut introduire en même quantité les deux réactifs.

Ici on a $\frac{n_2}{n} > \frac{n_1}{n}$ donc l'acide téréphtalique est le réactif limitant.

Au maximum, on peut obtenir $\frac{n_{\text{PET}}}{1} = \frac{n_{\text{acide téré}}}{n}$.

On choisit $n = 19$, alors $\frac{n_{\text{PET}}}{1} = \frac{n_{\text{acide téré}}}{19} = \frac{n_1}{19}$.

$$m_{\text{PET}} = n_{\text{acide téré}}.M$$

$$m_{\text{PET}} = \frac{n_1}{19}.M$$

$$m_{\text{PET}} = 0,120 \times 3600 = 22,8 \text{ g de PET} < 32 \text{ g}$$

La synthèse ne permet pas de fabriquer une bouteille en plastique.

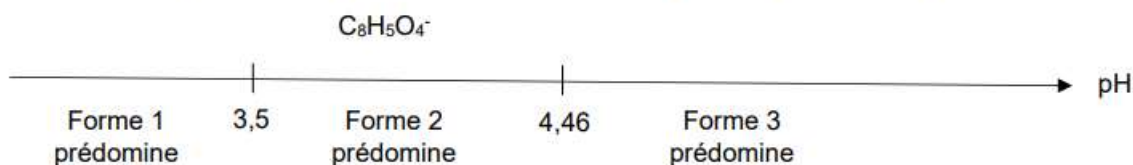
$$\frac{1.201923077 \text{E}-1}{19} \times 3600 = 2.277327935 \text{E}1$$

B. Synthèse microbienne de la vanilline à partir de déchets de PET

Q.9. Donner la définition d'un acide selon Bronsted.

Un acide est une espèce chimique capable de céder un ou plusieurs ions hydrogène H^+ .

Les domaines de prédominance de l'acide téréphtalique sont donnés sur le diagramme suivant :



Q.10. Indiquer les formules brutes des formes 1 et 3 présentes sur le diagramme précédent.

Pour $pH < pK_A$ la forme acide prédomine.

La forme 1 est l'acide conjugué de la forme 2.

Formule brute de la forme 1 : $C_8H_6O_4$

Pour $pH > pK_A$ la forme base prédomine.

La forme 3 est la base conjuguée de la forme 2.

Formule brute de la forme 3 : $C_8H_4O_4^{2-}$

Q.11. Montrer que le choix d'une solution tampon à $pH = 5,5$ respecte les conditions expérimentales souhaitées.

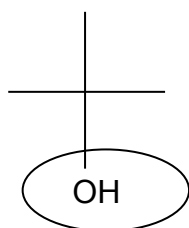
Pour $pH = 5,5$, la forme 3 prédomine. Il n'y a donc pas d'acide téréphtalique dans le milieu.

Et le $pH < 7$ donc le milieu est encore acide ainsi la transformation n'est pas limitée ce qui aurait pu être le cas si le pH était plus élevé.

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

EXERCICE 3 PRÉPARATION DU CHLORURE DE TERTIOBUTYLE (4 pts)

Q.1. Représenter la formule topologique du tertibutanol. Entourer le groupe caractéristique et nommer la famille fonctionnelle correspondante.



Famille des alcools

groupe hydroxyle

À partir d'acide chlorhydrique commercial concentré à 37 % en masse, on prépare un volume $V = 250,0$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique S à la concentration $C = 2,4$ mol·L⁻¹.

Q.2. Présenter la démarche à mettre en œuvre pour préparer la solution S, en indiquant la verrerie utilisée parmi la liste suivante :

- Bêchers : 50 mL ; 100 mL ; 250 mL
- Éprouvettes graduées : 50 mL ; 100 mL ; 250 mL ; 500 mL
- Pipettes jaugées de 5,0 mL ; 10,0 mL ; 20,0 mL ; 50,0 mL
- Fioles jaugées de 50,0 mL ; 100,0 mL ; 250,0 mL ; 500,0 mL

Il faut déterminer la concentration en quantité de la solution concentrée à 37% en masse dont la densité est $d = 1,19$.

$$w = \frac{\text{masse d'acide}}{\text{masse de la solution}} = \frac{m_{\text{acide}}}{m_{\text{sol}}}$$

$$d = \frac{\rho_{\text{sol}}}{\rho_{\text{eau}}} \text{ donc } \rho_{\text{sol}} = d \cdot \rho_{\text{eau}} \quad \text{et } \rho_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}} \quad \text{ainsi } m_{\text{sol}} = \rho_{\text{sol}} \cdot V_{\text{sol}} = d \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{sol}}$$

$$m_{\text{sol}} = 1,19 \times 1,00 \times 10^3 \times 1,000 \text{ L}$$

$$m_{\text{sol}} = 1,19 \times 10^3 \text{ g}$$

$$m_{\text{acide}} = w \cdot m_{\text{sol}}$$

$$n_{\text{acide}} = \frac{m_{\text{acide}}}{M} = \frac{w \cdot m_{\text{sol}}}{M}$$

$$C_0 = \frac{n_{\text{acide}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{w \cdot m_{\text{sol}}}{M \cdot V_{\text{sol}}}$$

$$C_0 = \frac{\frac{37}{100} \times 1,19 \times 10^3}{36,5 \times 1,000} = 12 \text{ mol.L}^{-1}$$

On procède à une dilution.

Solution mère concentrée à 37%

$$C_0 = 12 \text{ mol.L}^{-1}$$

$V_0 = ?$ à prélever

Au cours d'une dilution, il y a conservation de la quantité de matière de soluté.

$$C_0 \cdot V_0 = C \cdot V$$

$$V_0 = \frac{C \cdot V}{C_0}$$

$$V_0 = \frac{2,4 \text{ mol.L}^{-1} \times 250,0 \text{ mL}}{12 \text{ mol.L}^{-1}} = 50 \text{ mL}$$

Solution fille, solution S

$$C = 2,4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$V = 250,0 \text{ mL}$$

Protocole :

À l'aide d'une pipette jaugée de 50,0 mL, on prélève de la solution mère préalablement placée dans un bécher de 100 mL.

On verse la solution mère dans une fiole jaugée de 250,0 mL.

On ajoute de l'eau distillée jusqu'au 1/3 de la fiole. On agite. On poursuit l'ajout d'eau jusqu'au trait de jauge. On agite.

Q.3. Écrire l'équation de la réaction acide-base qui modélise la transformation chimique ayant lieu dans l'ampoule à décanter (étape 2) et préciser le nom du gaz formé.

Parmi les couples acide-base proposés, on a le couple $\text{CO}_2(\text{g}), \text{H}_2\text{O}(\ell) / \text{HCO}_3^-$ dont l'acide conjugué est le dioxyde de carbone gazeux. C'est lui qui se forme et provoque l'effervescence. Il réagit avec les ions oxonium apportés par l'acide chlorhydrique.

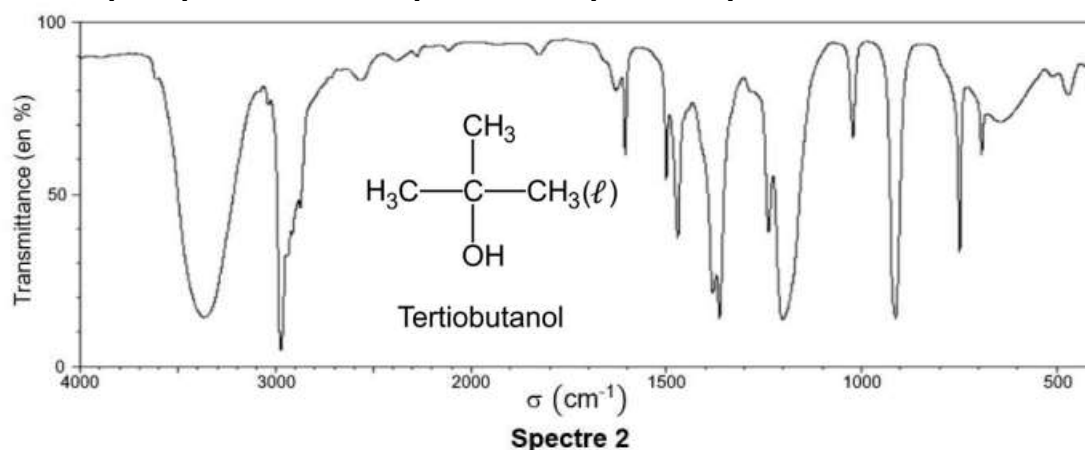
On peut avoir la réaction : $\text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}), \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$.

Q.4. Parmi les montages ci-après, indiquer celui utilisé pour purifier le chlorure de tertibutyle par distillation.

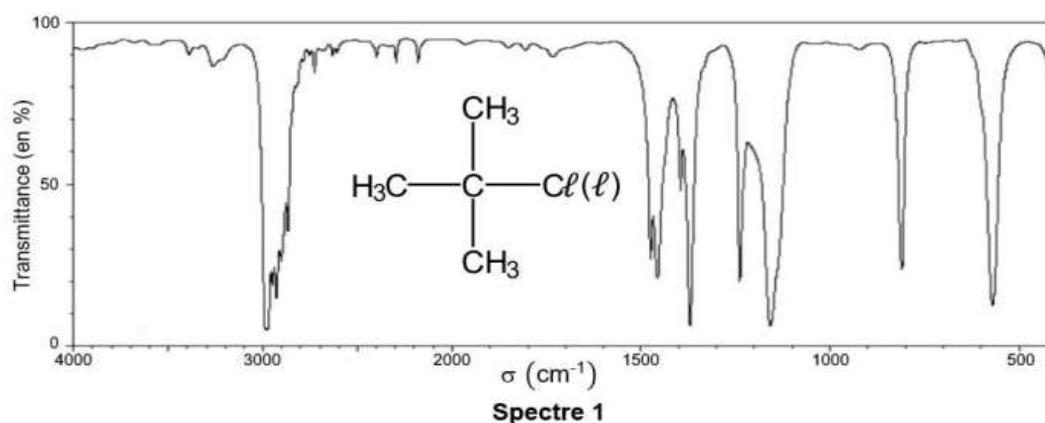


Montage C

Q.5. La figure 1 fournit les spectres IR du tertibutanol et du chlorure de tertibutyle. Attribuer chaque spectre à une espèce chimique en explicitant le raisonnement.



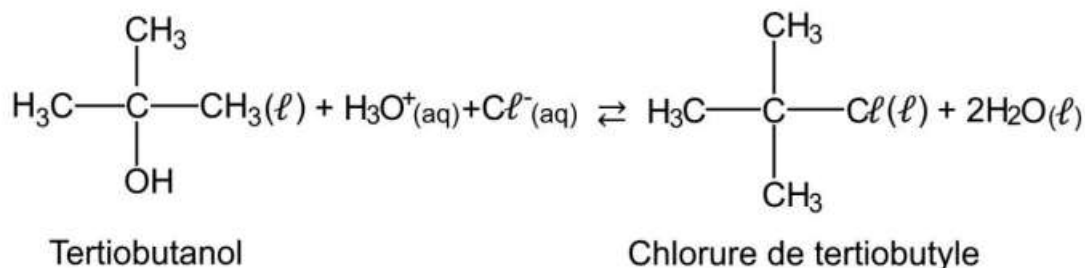
Présence d'une bande large et de forte intensité entre 3200 et 3400 cm^{-1} caractéristique de la liaison O-H alcool lié.



Absence de la bande caractéristique de l'alcool.

Q.6. À l'issue de la distillation, on recueille une masse $m = 4,45$ g de chlorure de tertiobutyle. Déterminer la valeur du rendement de la synthèse.

Rendement $\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{théo}}}$ où m_{exp} est la masse de produit obtenu expérimentalement et $m_{\text{théo}}$ la masse maximale obtainable.



Déterminons le réactif limitant.

Quantité de matière d'ions H_3O^+ apportée par l'acide chlorhydrique :

$$n_1 = C \cdot V$$

$$n_1 = 2,4 \times 0,2500 = 0,60 \text{ mol}$$

Quantité de matière de tertiobutanol :

$$n_2 = \frac{m_A}{M_{\text{tertio}}}$$

$$n_2 = \frac{5,00}{74,0} = 6,76 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

L'équation de la réaction indique que pour consommer une mole de tertiobutanol, il faut introduire une mole d'ions H_3O^+ .

Ici $\frac{n_1}{1} > \frac{n_2}{1}$ donc le tertiobutanol est le réactif limitant.

On peut obtenir au maximum $x_{\text{max}} = 6,76 \times 10^{-2}$ mol de chlorure de tertiobutyle.

Soit une masse $m_{\text{théo}} = x_{\text{max}} \cdot M_{\text{tertriobutyle}}$

$$m_{\text{théo}} = 6,76 \times 10^{-2} \times 92,5 = 6,25 \text{ g.}$$

$$\eta = \frac{4,45}{6,25} = 0,712 = 71,2\%$$

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