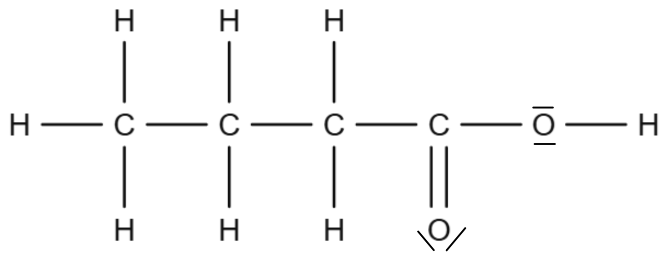
Sciences Physiques : Centres Etrangers Jour 3 (7 juin 2024)

> **Exercice 1 :**

1. Caractérisation des réactifs

Q1. Le réactif B possède une fonction alcool et 2 atomes de carbone. Il s'agit de l'éthanol.

Q2. La représentation de Lewis est la formule développée de l'espèce dans laquelle les doublets non-liants sont apparents.



Cette molécule possède un groupe carboxyle COOH dont le proton est susceptible d'être cédé. Or un acide au sens de Brönsted est une molécule capable de céder un ou plusieurs protons.

Q3. Le spectre IR du composé contenu dans le flacon 1 montre :

- une bande fine et forte autour de 1700 cm^{-1} caractéristique du groupe carbonyle C=O.
- une bande large et forte entre 2500 cm^{-1} et 3500 cm^{-1} caractéristique de la liaison O-H.
- plusieurs bandes de moyenne intensité entre 2800 cm^{-1} et 3000 cm^{-1}caractéristiques des liaisons C-H.

Le spectre IR du composé contenu dans le flacon 2 montre :

- une bande fine et forte autour de 1700 cm^{-1} caractéristique du groupe carbonyle C=O.
- plusieurs bandes de moyenne intensité entre 2800 cm^{-1} et 3000 cm^{-1}caractéristiques des liaisons C-H.

Le réactif A possède des liaisons C-H, C=O et O-H. Cette dernière n'est mise en évidence que sur le spectre du flacon 1. Le réactif A est associé au spectre « flacon 1 ».

2. Optimisation du rendement de synthèse

Q4. Le réactif A est corrosif. Il attaque et ronge différents matériaux et notamment les tissus organiques. Il ne faut pas respirer les vapeurs de ce produit, et éviter tout contact avec les yeux, la peau et les vêtements. Il est à manipuler avec des lunettes de protection (même au-dessus de lunettes de vue), des gants en latex et une blouse en coton.
Le réactif B est inflammable. Il est à manipuler loin de toute flamme ou étincelle.

Q5. Le chauffage à reflux accélère la réaction, la température est un facteur cinétique. Il permet également de travailler à volume constant en évitant l'évaporation des réactifs.

Q6. Déterminons la quantité de matière en réactif A :

$$n_A = \frac{m_A}{M_A} \text{ et } m_A = \rho_A \times V_A$$

$$n_A = \frac{\rho_A \times V_A}{M_A}$$

Application numérique :

$$n_A = \frac{0{,}96 \times 13{,}8}{88{,}0}$$

$$n_A = 0{,}15\ mol$$

Dans cette synthèse, 0,15 mol d'acide butanoïque a été introduit dans le mélange réactionnel.

Q7. D'après l'équation de la réaction, les coefficients stœchiométriques des deux réactifs sont égaux à 1 : la réaction a lieu mole à mole.

$$\frac{n_A}{1} = 0{,}15\ mol \text{ et } \frac{n_B}{1} = 0{,}15\ mol.$$

Les deux réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques. Le mélange est stœchiométrique.

Q8. D'après la stœchiométrie de la réaction, il se forme autant d'ester que de réactif introduit. Théoriquement, la synthèse conduit à la formation de $n_{th} = 0{,}15\ mol$ d'ester.
Par définition du rendement :

$$\eta = \frac{m_{ester}}{m_{th}} = \frac{m_{ester}}{n_{th} \times M_{ester}}$$

Application numérique :

$$\eta = \frac{11{,}7}{0{,}15 \times 116} = 0{,}67$$

Le rendement de la réaction étudiée est de 67%.

Q9. Pour augmenter le rendement d'une estérification, on peut augmenter la concentration d'un réactif afin de déplacer l'équilibre dans le sens direct. On peut aussi éliminer l'eau produite lors de la réaction au fur et à mesure de sa formation.

Q10. L'élimination de l'eau n'est pas applicable à cette synthèse. Sa température d'ébullition (100°C) est supérieure à la température d'ébullition de l'éthanol (79°C). On éliminerait ce réactif avant l'eau.

3. Suivi cinétique de la synthèse par titrage de l'acide A restant

Q11. L'équivalence est l'état du système où les réactifs ont été introduits en quantités stœchiométriques. On a alors la relation :

$$\frac{n_A}{1} = \frac{n_{base,eq}}{1}$$

Q12. D'après la relation précédente on a :

$$[A] \times V = C_{base} \times V_{eq}$$

d'où le calcul de la concentration en acide restant au temps t :

$$[A] = \frac{C_{base}}{V} \times V_{eq}$$

À t = 5 min on a : $$[A]_{t=5} = \frac{5{,}0.10^{-1}}{1{,}0} \times 7{,}7$$

$$[A]_{t=5} = 3{,}9\ mol.L^{-1}$$

À t = 5 min, il reste 3,9 mol.L^{-1} de réactif A dans le milieu réactionnel.

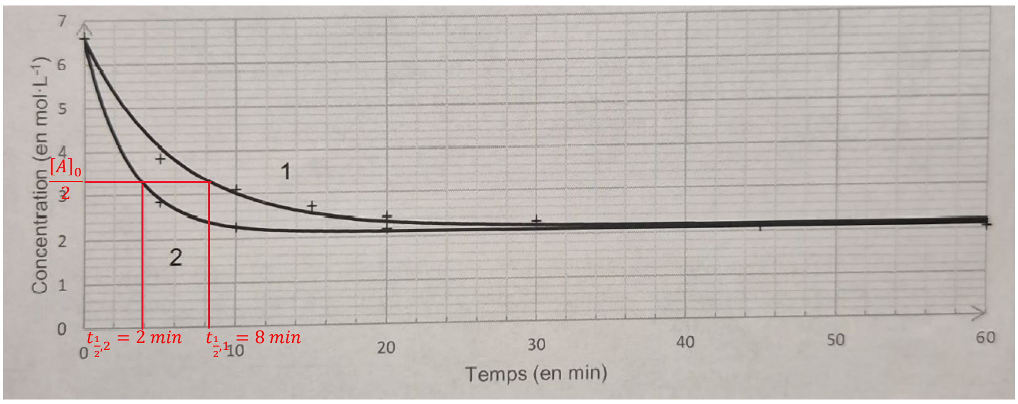
Q13. La vitesse volumique de disparition du réactif A est défini par $v_{d,A} = -\frac{d[A]}{dt}$.
Elle s'exprime en mol.L^{-1}.min^{-1}.

Q14. D'après la définition précédente, la vitesse volumique de disparition du réactif A à un temps t s'obtient graphiquement en déterminant le coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de l'évolution temporelle de la concentration en A au temps t.

La valeur absolue du coefficient directeur mesuré donne la vitesse volumique de disparition du réactif A au temps t.

Compte tenu du document 3, les tangentes pour des temps t croissants sont de moins en moins inclinées traduisant une vitesse de plus en plus faible au cours de la synthèse. La diminution de la concentration en réactif, facteur cinétique, explique cette évolution.

Q15. Déterminons les temps de demi-réactions pour les 2 protocoles :



Le temps de demi-réaction est le temps nécessaire pour consommer la moitié du réactif initialement introduit.
Sans ajout d'acide sulfurique, $t_{\frac{1}{2},1}$ est de 8 min.
Avec acide sulfurique, $t_{\frac{1}{2},2}$ est de 2 min.
L'ajout d'acide sulfurique a permis de diviser par 4 le temps de demi-réaction.
L'ajout d'acide sulfurique a permis d'améliorer la cinétique de cette synthèse.

Q16. L'acide sulfurique introduit dans le milieu accélère la réaction sans intervenir dans l'équation bilan. C'est un catalyseur.

> **Exercice 2 – Sécurité acoustique**

1. Risque sonore du canon anti-grêle

Q1. Par définition $I_1 = \frac{P}{4 \times \pi \times d_1^2}$

$$I_1 = \frac{503}{4 \times \pi \times 1{,}00^2} = 40{,}0\ W.m^{-2}$$

L'intensité sonore perçue par un travailleur situé à 1,00 m du canon est de 40,0 W.m^{-2}.

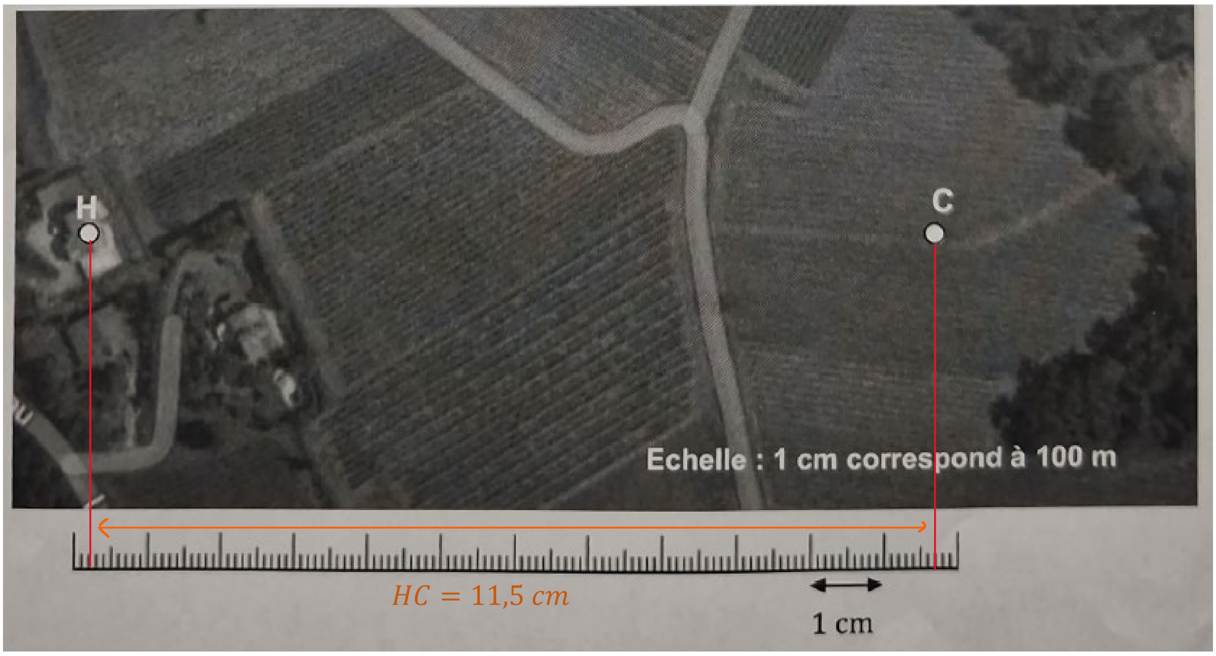
Q2. Par définition, $L_1 = 10 \times \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$

$$L_1 = 10 \times \log\left(\frac{40{,}0}{1{,}00.10^{-12}}\right) = 136\ dB$$

Le niveau d'intensité sonore est alors de 136 dB.

Q3. D'après le document 1, pour une exposition à des bruits courts de 135 dB à 137 dB comme ceux produits à 1,00 m d'un canon anti-grêle, il est conseillé de porter des protections individuelles contre le bruit et de réaliser un examen audiométrique préventif. Le travailleur doit être informé sur les risques et formé sur l'utilisation des protection individuelles contre le bruit.

Q4. Déterminons la distance d_2 :



Sur le plan, on mesure une distance HC = 11,5 cm.
Compte tenu de l'échelle du plan (1 cm ↔ 100 m) on en déduit :

$$d_2 = 1150\ m$$

Déterminons le niveau sonore L_2 :

$$L_2 = L_1 - 20 \times \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

$$L_2 = 136 - 20 \times \log\left(\frac{1150}{1{,}00}\right)$$
$$L_2 = 74{,}8\ dB$$

Le niveau sonore d'une détonation entendue au niveau de l'habitation H est de 47,8 dB.

Q5. En se référant au document 1, pour des bruits dont le niveau d'intensité sonore est inférieur à 80 dB quelle que soit la durée d'exposition, il n'est pas obligatoire de mettre en place des actions spécifiques. Les risques sont réduits au minimum. C'est le cas ici pour un niveau sonore de 74,8 dB.

Q6. L'émergence sonore est la différence de niveau sonore entre un son ponctuellement émis et le son ambiant.

$$\varepsilon_S = L_2 - L_H$$
$$\varepsilon_S = 75 - 65$$
$$\varepsilon_S = 10\ dB$$

L'émergence sonore due au fonctionnement du canon est de +10 dB.

Q7. Cette valeur est deux fois plus élevée que la valeur du code de santé publique de +5 dB le jour et plus de 3 fois supérieure à la valeur tolérée la nuit de +3 dB.

2. Réduction d'un risque au moyen d'un silencieux

Q8. Des données du document 2, on extrait les coefficients d'absorption des différents matériaux pour un son de fréquence égale à 1000 Hz

matériaux	mousse alvéolaire 30 mm	mousse faces lisses 30 mm	mousse mélamine 30 mm
C_{abs} à 1000 Hz	0,25	0,65	0,40

Le matériau ayant le coefficient d'absorption le plus élevé est la mousse faces lisses (30 mm). la mousse faces lisses est donc la plus adaptée pour tapisser les parois du silencieux.

Q9. $L_3 = L_2 - A = 75 - 14 = 61$ dB
Avec une atténuation de 14 dB, le niveau d'intensité sonore L_2 diminue de 14 dB passant ainsi à $L_3 = 61$ dB. Ce niveau est alors inférieur au niveau sonore ambiant moyen de 65 dB. Le phénomène d'émergence sonore est alors inexistant. La règlementation est respectée.

> **Exercice 3 – Détermination de la valeur du champ de pesanteur à la surface de la Lune**

Q1. Dans le référentiel lunaire supposé galiléen, le système {balle de golf} n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$ vertical dirigé vers le bas.
D'après la seconde loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$
$$\vec{P} = m\vec{a}$$
$$m\overrightarrow{g_L} = m\vec{a}$$
$$\text{donc } \vec{a} = \overrightarrow{g_L}$$

Or les coordonnées de $\overrightarrow{g_L}$ sont $\vec{g}\begin{pmatrix} 0 \\ -g_L \end{pmatrix}$ dans le repère (Ox ; Oy).

donc $a_x = 0$ et $a_y = -g_L$

Q2. Par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ avec $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ et $a_y = \frac{dv_y}{dt}$.
Par primitive, on a :
$v_x = C_1$ avec C_1 une constante.
$v_y = -g_L t + C_2$ avec C_2 une constante.
À $t = 0, v_{0x} = C_1 = V_0\cos(\theta)$
et $v_{0y} = C_2 = V_0\sin(\theta)$ d'après les conditions initiales sur $\vec{v}_0$.

Ainsi $\vec{v}\begin{pmatrix} v_x = V_0\cos(\theta) \\ v_y = -g_L t + V_0\sin(\theta) \end{pmatrix}$

Par définition $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ avec $v_x = \frac{dx}{dt}$ et $v_y = \frac{dy}{dt}$.
Par primitive :

$$x(t) = V_0\cos(\theta) \times t + C_3$$
$$y(t) = -\frac{g_L t^2}{2} + V_0\sin(\theta) \times t + C_4$$

avec C_3 et C_4 des constantes.

À $t = 0$, la balle est en (0 ; 0)
$x(0) = C_3 = 0$ et $y(0) = C_4 = 0$

On obtient les équations horaires suivantes :

$$x(t) = V_0\cos(\theta) \times t$$
$$y(t) = -\frac{1}{2}g_L t^2 + V_0\sin(\theta) \times t$$

Q3. La durée du vol de la balle est le temps mis par la balle pour toucher le sol à l'altitude $y = 0$.
On a :

$$y(t_{vol}) = -\frac{1}{2}g_L t_{vol}^2 + V_0\sin(\theta) \times t_{vol}$$

$$\Leftrightarrow -\frac{1}{2}g_L t_{vol}^2 + V_0\sin(\theta)\times t_{vol} = 0$$
$$\Leftrightarrow \left(-\frac{1}{2}g_L t_{vol} + V_0\sin(\theta)\right)\times t_{vol} = 0$$
$$\Leftrightarrow t_{vol} = 0 \; ou \; -\frac{1}{2}g_L t_{vol} + V_0\sin(\theta) = 0$$

$t_{vol} = 0$ correspond au temps initial.

$$-\frac{1}{2}g_L t_{vol} = -V_0\sin(\theta)$$
$$\Leftrightarrow t_{vol} = \frac{2V_0\sin(\theta)}{g_L}$$

Q4. Soit x_P la portée du tir, obtenue pour un temps $t = t_{vol}$.

On a $\quad x(t_{vol}) = x_P = V_0\cos(\theta)\times t_{vol}$

d'où : $\quad t_{vol} = \frac{x_P}{V_0\cos(\theta)}$

Q5. En mettant en relation les deux expressions obtenues en Q3. et Q4. on a :

$$\frac{2V_0\sin(\theta)}{g_L} = \frac{x_P}{V_0\cos(\theta)}$$

$$\Leftrightarrow 2V_0^2\cos(\theta)\sin(\theta) = g_L\times x_P$$

$$\Leftrightarrow g_L = \frac{2V_0^2\cos(\theta)\sin(\theta)}{x_P}$$

Q6. Avec la relation établie précédemment on calcule g_L :

$$g_L = \frac{\left(2\times\left(\frac{30}{3,6}\right)^2\times\cos(25)\times\sin(25\right)}{36}$$

$$g_L = 1,5\ N.kg^{-1}$$

Q7. Calcul de g_{L_0} :

$$g_{L_0} = \frac{6,67.10^{-11}\times 7,34.10^{22}}{(1740.10^3)^2}$$

$$g_{L_0} = 1,62\ N.kg^{-1}$$

Q8. Comparaison de g_{L_0} et g_L

$$\frac{|g_L - g_{L_0}|}{g_{L_0}} = \frac{|1,5-1,62|}{1,62} = 7,4\%$$

On observe un écart de 7,4% entre la valeur du champ de pesanteur lunaire obtenue à partir de la loi de la gravitation universelle et celle obtenue à partir du tir de golf d'Alan Shepard.