

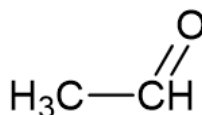
Sciences Physiques : Centres Etrangers Jour 1 (5 juin 2024)

> **Exercice 1**

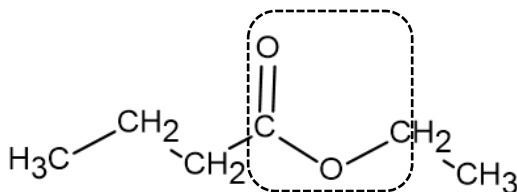
1. Composition d'un vin

Q1. Formule semi-développée de l'éthanal :

Dans une formule semi-développée, les liaisons Carbone-Hydrogène sont masquées



Q2. Formule demi-développée de la molécule étudiée :



La molécule ci-dessus appartient à la famille des esters.

Q3. La chaîne carbonée principale possède 4 atomes de carbone, la chaîne secondaire en possède 2. Il s'agit du butanoate d'éthyle.

2. Différentes formes prises par le dioxyde de soufre dans le vin

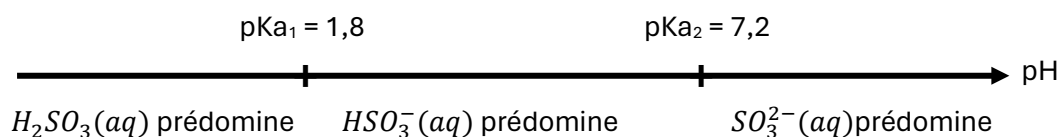
Q4. $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HSO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

Q5. La constante d'acidité associée à l'équation de réaction ci-dessus est :

$$K_{A1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq} \times [\text{HSO}_3^-]_{eq}}{[\text{H}_2\text{SO}_3]_{eq}}$$

Q6. $\text{HSO}_3^-(\text{aq})$ est une base dans le couple $\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) / \text{HSO}_3^-(\text{aq})$ mais également un acide dans le couple $\text{HSO}_3^-(\text{aq}) / \text{SO}_3^{2-}(\text{aq})$. C'est une espèce amphotère.

Q7. Diagramme de prédominance des 3 espèces étudiées :



Q8. D'après le diagramme de prédominance ci-dessus, à pH = 3,1 l'espèce soufrée prédominante contenue dans le vin est $\text{HSO}_3^-(\text{aq})$.

3. Titrage colorimétrique du dioxyde de soufre total par une solution de diiode.

Partie 1 : vérification de la concentration de la solution titrante

Q9. Déterminons le volume de solution à prélever pour la diluer 10 fois :

La facture de dilution F est de 10.

$$F = \frac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}}$$

$$V_{\text{mère}} = \frac{V_{\text{fille}}}{F}$$

$$V_{\text{mère}} = \frac{100,0}{10} = 10,0 \text{ mL}$$

Protocole de dilution :

Verser la solution à diluer dans un bécher de 50 mL.

Prélever 10,0 mL de solution avec une pipette jaugée de 10,0 mL munie d'une propipette.

Déposer la solution dans une fiole jaugée de 100,0 mL.

Compléter aux deux tiers avec de l'eau distillée.

Fermer la fiole et agiter.

Ouvrir la fiole et compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Fermer la fiole et agiter pour homogénéiser la solution.

Q10. Afin d'avoir la meilleure sensibilité lors du titrage colorimétrique, la longueur d'onde sélectionnée doit être la longueur d'onde associée au maximum d'absorption λ_{max} .

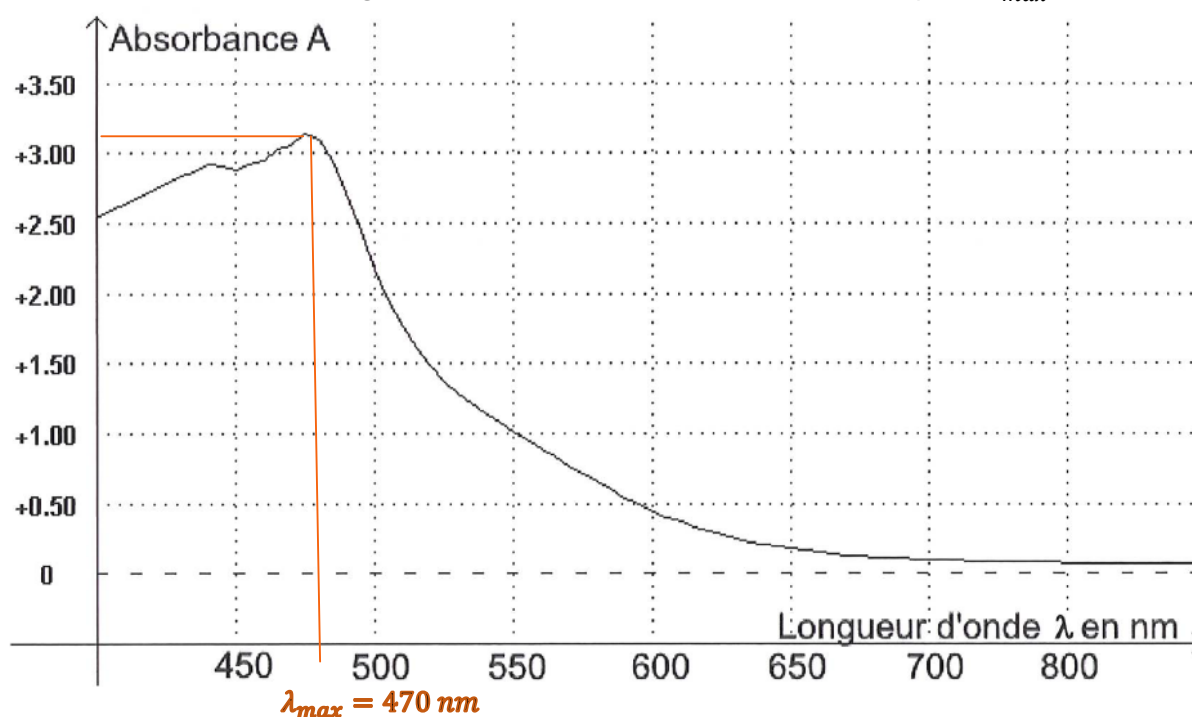


Figure 1 : spectre d'absorption de la solution diluée S_1 de diiode

D'après la figure 1, la longueur d'onde pertinente pour réaliser les mesures d'absorbance est $\lambda = 470 \text{ nm}$.

Q11. Sur la figure 2, le nuage de points obtenu montre un alignement des mesures avec l'origine du repère. On observe une situation de proportionnalité validant la loi de Beer-Lambert $A = k \times C$ dans laquelle l'absorbance est proportionnelle à la concentration des solutions.

Q12. En exploitant la droite d'ajustement obtenu à partir de la figure 2, on mesure pour une absorbance $A_1 = 0,80$ une concentration $C_1 = 0,50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ de la solution diluée S_1 .

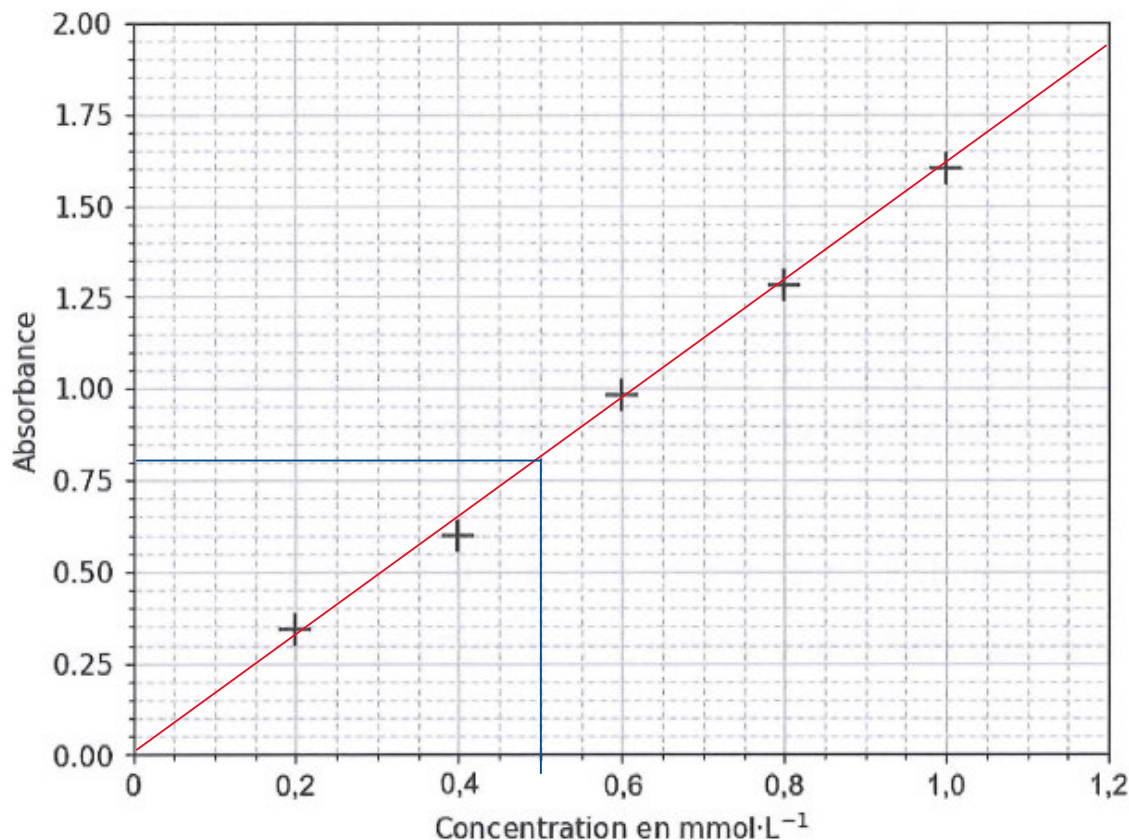


Figure 2 : évolution de l'absorbance en fonction de la concentration en diiode

Partie 2 : titrage colorimétrique du dioxyde de soufre total

Q13. Noms du matériel :

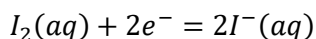
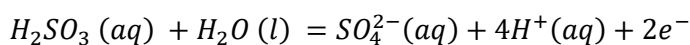
1 : burette graduée

2 : solution titrante S_1 de diiode de concentration $c_1 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

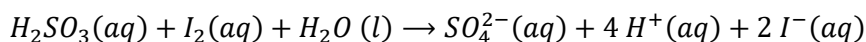
3 : barreau aimanté

4 : solution titrée S_2 de volume $V=10,0 \text{ mL}$.

Q14. Les demi-réactions redox des couples mis en jeu sont :



L'équation bilan est donc :



Q15. À l'équivalence, les réactifs ont réagi en quantités stoechiométriques.

$$\frac{n_E(I_2(aq))}{1} = \frac{n_0(H_2SO_3(aq))}{1}$$

$$n_E(I_2(aq)) = n_0(H_2SO_3(aq))$$

Q16. Déterminons la concentration molaire de la solution S_2 puis sa concentration massique.

$$n_E(I_2(aq)) = n_0(H_2SO_3(aq))$$

$$c_1 \times V_e = c_2 \times V_2$$

$$c_2 = \frac{c_1 \times V_e}{V_2}$$

$$c_2 = \frac{5,0 \cdot 10^{-4} \times 9,9 \cdot 10^{-3}}{10,0 \cdot 10^{-3}}$$

$$c_2 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1} \text{ à 2 chiffres significatifs.}$$

Déterminons le titre massique t :

$$t = \frac{m}{V} = \frac{nM}{V} = cM$$

$$t_2 = c_2 \times M_{H_2SO_3}$$

$$t_2 = 5,0 \cdot 10^{-4} \times 82,1$$

$$t_2 = 4,1 \cdot 10^{-2} \text{ g} \cdot L^{-1}$$

$$t_2 = 41 \text{ mg} \cdot L^{-1}$$

La concentration en masse en SO_2 , H_2O du vin est de 41 mg/L.

La concentration en masse en SO_2 , H_2O dans le vin est inférieure aux trois critères de concentration pour les certifications AB (150 mg/L) Terra Vitis (170 mg/L) et Demeter (90 mg/L) donc le vigneron peut prétendre aux trois certifications.

> **Exercice 2 : utilisation d'un laser comme instrument de mesure**

Q1. D'après la figure 2, on a d'après la trigonométrie :

$$\tan(\theta) = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)}{D} \text{ Or dans l'approximation des petits angles } \tan(\theta) \approx \theta.$$

$$\text{Ainsi } \theta = \frac{L}{2D}.$$

Q2. D'après la figure 2 sur laquelle on observe un alignement des points avec l'origine du repère, on en déduit une proportionnalité entre θ et $\frac{1}{a}$.

$$\text{Or, d'après l'énoncé, on a } \theta = \lambda \times \frac{1}{a}.$$

Donc le coefficient directeur de la droite d'ajustement du nuage de points est égale à la longueur d'onde λ_{laser} du faisceau laser utilisé.

D'après la figure 3, la pente de la droite est $k = 6,41.10^{-7}$.

$$\text{Donc } \lambda_{laser} = 6,41.10^{-7} m \text{ soit } \lambda_{laser} = 641 nm.$$

Q3. On calcule le z-score :

$$\left| \frac{\lambda_{laser} - \lambda_{ref}}{u(x)} \right| = \left| \frac{(641 - 650).10^{-9}}{5,7.10^{-9}} \right| = 1,58$$

Le z-score est inférieur à 2. On peut considérer que la valeur expérimentale de la longueur d'onde mesurée du laser est en accord avec la valeur indiquée par le constructeur.

2. Mesure de la taille d'une maille rectangulaire d'un voile de polyester.

Q4. Sur la figure 6 on mesure :

$$\text{horizontalement : } 7i = 45 mm \Leftrightarrow i = 6,4 mm$$

$$\text{verticalement : } 4i' = 18 mm \Leftrightarrow i' = 4,5 mm$$

$$\text{Q5. On a } i = \frac{\lambda \times D'}{b} \text{ et } i' = \frac{\lambda \times D'}{b'}.$$

$$\text{Donc } b = \frac{\lambda \times D'}{i} \text{ et } b' = \frac{\lambda \times D'}{i'}$$

Application numérique :

$$b = \frac{650.10^{-9} \times 6,17}{6,4.10^{-3}} = 6,3.10^{-4} m$$

$$b' = \frac{650.10^{-9} \times 6,17}{4,5.10^{-3}} = 8,9.10^{-4} m$$



Déterminons les incertitudes relatives :

$$u(b) = b \times \sqrt{\left(\frac{u(D')}{D'}\right)^2 + \left(\frac{u(i)}{i}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

$$u(b) = 6,3 \cdot 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0,03}{6,17}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{6,4}\right)^2 + \left(\frac{20}{650}\right)^2}$$

$$u(b) = 2,2 \cdot 10^{-5}$$

Par convention les incertitudes relatives sont arrondies à 1 chiffre significatif par excès/

$$u(b) = 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Et $b = (6,3 \pm 0,3) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

De même :

$$u(b') = b' \times \sqrt{\left(\frac{u(D')}{D'}\right)^2 + \left(\frac{u(i')}{i'}\right)^2 + \left(\frac{u(\lambda)}{\lambda}\right)^2}$$

$$u(b') = 8,9 \cdot 10^{-4} \times \sqrt{\left(\frac{0,03}{6,17}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{4,5}\right)^2 + \left(\frac{20}{650}\right)^2}$$

$$u(b') = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$u(b') = 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

et $b' = (8,9 \pm 0,4) \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Q6. Dans le montage de la partie 1, les mesures ont été réalisées avec des fentes de dimension variant entre 30 μm et 200 μm . On observe que la largeur de la tache centrale diminue quand la dimension de la fente augmente passant ainsi de 77 mm à 12 mm.

Or les dimensions des trous du maillage étudié sont comprises entre 600 μm et 900 μm . La tache centrale aurait été trop petite pour mesurer les interférences en gardant cette distance D. En augmentant la distance à la valeur D', on obtient une figure d'interférence plus grande et plus exploitable.

Q7. Une ouverture est assimilable à un rectangle de dimensions $b \times b'$.

Calculons le rapport entre 1 cm^2 de voile et la surface d'une ouverture :

$$\frac{1}{0,063 \times 0,089} = 1,8 \cdot 10^2$$

Dans 1 cm^2 de voile, on peut estimer qu'il y a 180 ouvertures. Ce voile polyester possède plus de 150 ouvertures par cm^2 , soit 3 fois plus qu'une moustiquaire classique. Il peut être utilisé comme moustiquaire anti-pollen.



> Exercice 3 : L'homme canon

1. Étude énergétique du vol de l'homme canon

Q1. A la date $t = 0$ l'homme possède une vitesse V_0 et est à une altitude H .

on a : $E_{m_0} = E_{c_0} + E_{pp_0}$

$$E_{m_0} = \frac{1}{2}mV_0^2 + mgH$$

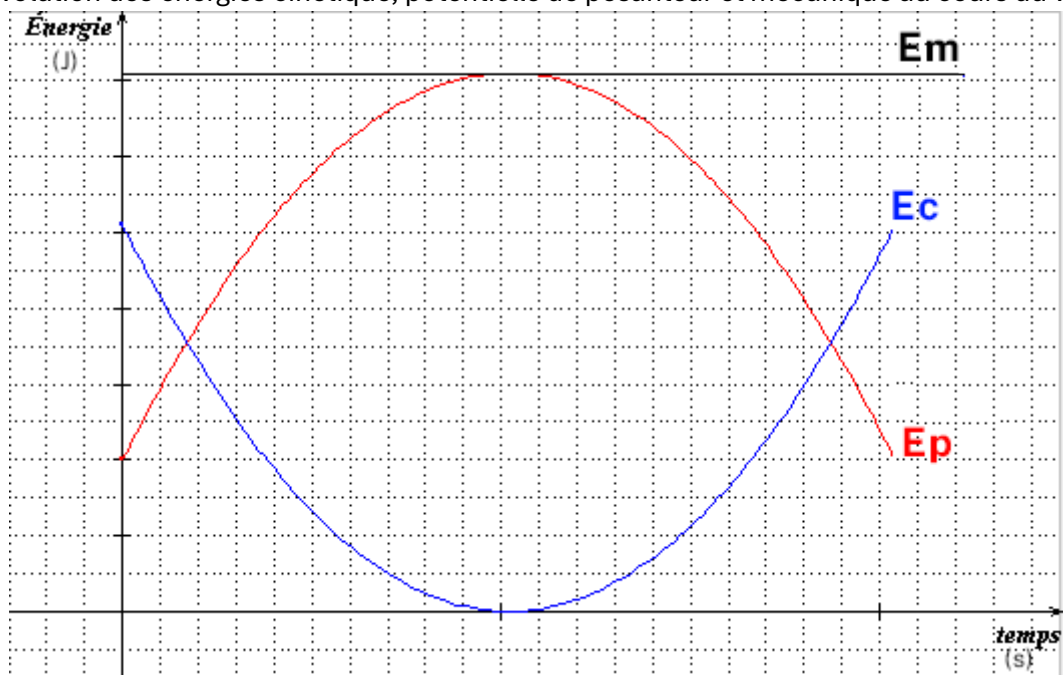
Q2. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, l'homme canon n'est soumis qu'à son poids et on néglige l'action de l'air. Ainsi il y a conservation de l'énergie mécanique du système {homme-canon} étudié.

$$E_{m_0} = E_{m_f}$$

$$\frac{1}{2}mV_0^2 + mgH = \frac{1}{2}mV_f^2 + mgh$$

Or $h = H$ donc $\frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{1}{2}mV_f^2$ et $V_f = V_0$

Q3. Evolution des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique au cours du vol :



2. Étude du mouvement de l'homme canon après le lancer

Q4. Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, le système {homme canon} n'est soumis qu'à son poids $\vec{P}$. D'après la seconde loi de Newton :

$$\sum \vec{F}_{\text{extérieures}} = m \times \vec{a}$$



$$\vec{P} = m \times \vec{a}$$

$$m \times \vec{g} = m \times \vec{a}$$

donc $\vec{a} = \vec{g}$.

Dans le repère choisi on a $\vec{g} \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$ donc $a_x = 0$ et $a_z = -g$.

Q5. Par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, en particulier $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ et $a_y = \frac{dv_z}{dt}$.

Par primitive on a :

$$\begin{cases} v_x = C_1 \\ v_z = -g \times t + C_2 \end{cases} \text{ avec } C_1 \text{ et } C_2 \text{ des constantes.}$$

$$\text{A } t = 0, v_{0x} = V_0 \cos \alpha = C_1 \text{ et } v_{0z} = V_0 \sin \alpha = C_2$$

$$\text{Ainsi } \vec{v} \begin{cases} v_x = V_0 \cos \alpha \\ v_z = -g \times t + V_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Par définition $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$, en particulier $v_x = \frac{dx}{dt}$ et $v_z = \frac{dz}{dt}$.

Par primitive on a :

$$\vec{OG} \begin{cases} x(t) = V_0 \cos \alpha \times t + C_3 \\ z(t) = -g \times \frac{t^2}{2} + V_0 \sin \alpha \times t + C_4 \end{cases} \text{ avec } C_3 \text{ et } C_4 \text{ des constantes.}$$

$$\text{À } t = 0 \quad \vec{OG}_{t=0} \begin{cases} x(0) = 0 = C_3 \\ z(0) = H = C_4 \end{cases}, \text{ ainsi :}$$

$$\vec{OG} \begin{pmatrix} x(t) = (V_0 \cos \alpha) \times t \\ z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + (V_0 \sin \alpha) \times t + H \end{pmatrix}$$

Q6. D'après le schéma de la situation $z(t) = h = H$ quand le système entre en contact avec le filet de protection.

Q7. On résout $-\frac{1}{2}gt^2 + (V_0 \sin \alpha) \times t + H = H$

$$-\frac{1}{2}gt^2 + (V_0 \sin \alpha) \times t = 0$$

$$t \left(-\frac{1}{2}gt + (V_0 \sin \alpha) \right) = 0$$

$$t = 0 \text{ ou } -\frac{1}{2}gt + V_0 \sin \alpha = 0$$

$$t = 0 \text{ ou } t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\text{Ainsi } t_v = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$



Application numérique :

$$t_v = \frac{2 \times 31 \times \sin 45}{9,81}$$

$$t_v = 4,5 \text{ s}$$

La durée du vol est de 4,5 s.

On calcule $x(t_v) = V_0 \cos \alpha \times t_v$

$$x_v = 31 \times \cos 45 \times 4,5$$
$$x_v = 98 \text{ m}$$

La portée du tir est de 98 m.

Q8. La longueur du record homologué est de 56,64 m bien inférieure à la longueur calculée à la question précédente. Le modèle de la chute libre n'est pas adapté à la description du vol. L'action de l'air n'est pas négligeable.