

Préambule

Ce document est une proposition de correction d'épreuve du CAPES externe de physique-chimie. Il ne doit pas être considéré comme un modèle de copie à rendre mais plutôt comme une aide à la correction.

Il est possible que quelques erreurs se soient glissées dans cette version. Si vous pensez en avoir trouvé une, merci de me contacter via l'adresse phy-chim@laposte.net ou en flashant le QR-code suivant ;



Si vous appréciez la qualité de ce document vous pouvez me soutenir en effectuant un don en cliquant [ICI](#) ou en flashant le QR-code ci-dessous :



Ce document est mis à disposition gratuitement selon les termes de la Licence Creative Commons : Attribution – Pas d'utilisation commerciale – Partage dans les mêmes conditions 4.0 International.

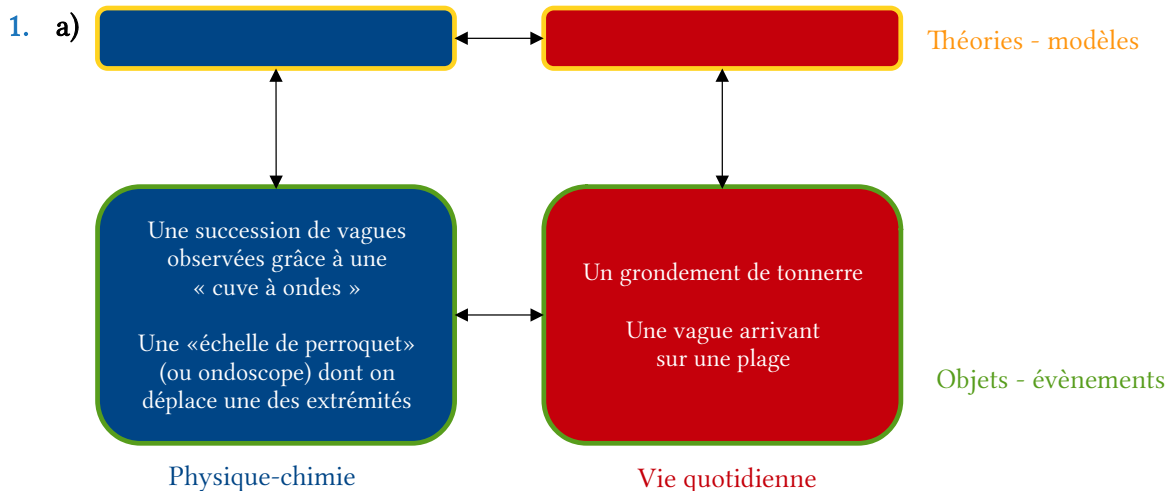


Table des matières

2022 – ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE APPLIQUÉE

Partie 1 – La modélisation en physique-chimie.....	3
Partie 2 – Étude de la poussée d'Archimède.....	7
Partie 3 – Quotient de réaction à l'état final.....	11
Partie 4 – Le concept d'énergie : enjeux et continuité.....	14
Partie 5 – Optimisation de la synthèse d'un arôme de framboise.....	17

Partie 1 – La modélisation en physique-chimie



b) Proposition de définition : « Une onde correspond à la propagation d'une perturbation locale et réversible sans déplacement global de matière ».

c) Proposition de correction :

Question 1 :

La propagation d'une onde sismique à la suite d'un séisme.

La propagation des ondes de marées dues à l'influence de la Lune et du Soleil.

La propagation d'un faisceau de lumière émis par un LASER.

La propagation d'une onde radio pour les télécommunications.

Question 2 :

Les situations 1, 2, 4, 5 et 6 font intervenir des ondes.

La situation 3 ne décrit pas une onde car il y a transport global de matière (l'ensemble de la dune se déplace sous l'effet du vent).

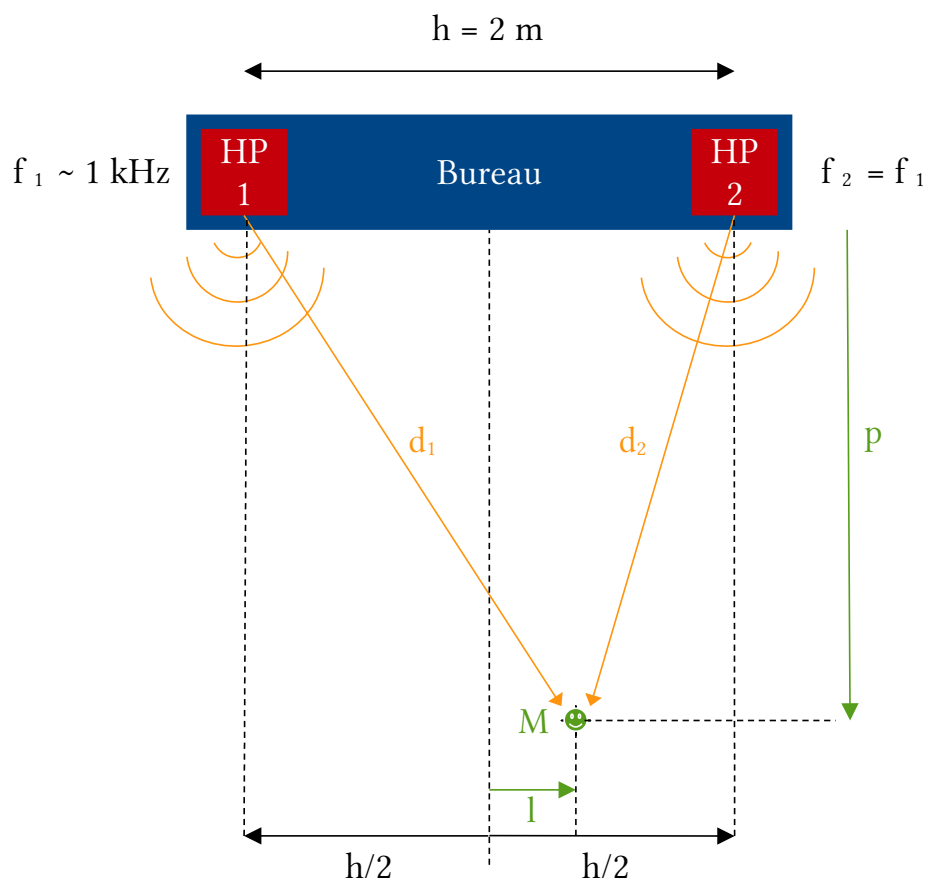
La situation 7 ne décrit pas une onde car il y a transport global de matière (celle de l'objet solide suspendu au fil).

La situation 8 ne décrit pas une onde car la perturbation (chute du domino) n'est pas réversible.

d) Ici on part d'une théorie physique (C) pour l'associer à différents événements de la vie quotidienne (A) ou de TP de physique (B). On pourrait parler de démarche déductive où l'on part d'une théorie générale pour expliquer des observations particulières (par opposition à la démarche inductive partant d'observations particulières pour aboutir à une théorie générale).

2. Le modèle de la vie quotidienne mis en défaut est celui d'un déplacement global de l'air pour modéliser la propagation du son. Une onde sonore n'est pas un courant d'air mais la propagation d'une surpression.
3. a) Au cours de son déplacement l'élève doit remarquer que certaines zones correspondent à des pics d'intensité sonore alors que d'autres correspondent à une intensité sonore nulle.

b)



L'élève doit maîtriser les concepts d'onde et d'interférence pour interpréter le phénomène.

c) En M l'onde émise par le haut-parleur 1 est modélisée par la fonction :

$$S_1(M, t) = A_1(M) \times \cos(\omega_1 \cdot t - k_1 \cdot d_1 + \varphi_1)$$

Celle émise par le haut-parleur 2 est modélisée par :

$$S_2(M, t) = A_2(M) \times \cos(\omega_2 \cdot t - k_2 \cdot d_2 + \varphi_2)$$

On suppose que les 2 ondes sont émises en phase au niveau des haut-parleurs (pas de décalage dû aux fils de connexion) $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$ et qu'elles sont cohérentes $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ et $k_1 = k_2 = k$

Il y a interférence constructive si et seulement si les ondes sonores émises par les 2 hauts parleurs arrivent en phase au point d'écoute M. Soit :

$$\omega \cdot t - k \cdot d_1 + \varphi \equiv \omega \cdot t - k \cdot d_2 + \varphi \quad (2\pi) \text{ ie } k \times (d_1 - d_2) \equiv 0 \quad (2\pi)$$

En utilisant la relation $k=2\pi/\lambda$, on obtient les relations :

- $d_1-d_2=n\times\lambda$ avec $n\in\mathbb{Z}$ pour les interférences constructives.
- $d_1-d_2=\left(n+\frac{1}{2}\right)\times\lambda$ avec $n\in\mathbb{Z}$ pour les interférences destructives.

d) On admet que les ondes sonores émises par les hauts parleurs se propagent à la vitesse

$c=340\text{ m/s}$. La relation de dispersion $c=\lambda\times f$ donne $\lambda=\frac{c}{f}=\frac{340}{1,0.10^3}=0,34\text{ m}$.

On considère que la salle de classe a une profondeur de $p=10\text{ m}$.

En un point M situé au fond de la salle la différence de marche vaut :

$$\Delta d=d_1-d_2=\sqrt{p^2+\left(\frac{h}{2}+l\right)^2}-\sqrt{p^2+\left(\frac{h}{2}-l\right)^2}=p\times\left(\sqrt{1+\left(\frac{h/2+l}{p}\right)^2}-\sqrt{1+\left(\frac{h/2-l}{p}\right)^2}\right)$$

En considérant que $\epsilon=\left(\frac{h/2+l}{p}\right)^2\ll 1$ on peut effectuer un développement limité à l'ordre 1

en ϵ autour de 1 : $\Delta d=p\times\left(1+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{h/2+l}{p}\right)^2-1-\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{h/2-l}{p}\right)^2\right)=\frac{l\cdot h}{p}$

Remarque : Le développement limité de la racine carré autour de 1 s'écrit :

$$\sqrt{1+\epsilon}=1+\alpha\cdot\epsilon+\alpha\cdot(\alpha-1)\cdot\epsilon^2+\alpha\cdot(\alpha-1)\cdot(\alpha-2)\cdot\epsilon^3+\dots \text{ avec } \alpha=1/2$$

Il faut donc se décaler d'une distance l_1 telle que $\Delta d=1\times\lambda$ pour obtenir 2 interférences constructives successives (et une interférence destructive entre les deux).

On en déduit que $l_1=\frac{p\times\lambda}{h}=\frac{10\times 0,34}{2}=1,7\text{ m}$. Ce déplacement latéral peut parfaitement être obtenu en fond de salle.

4. a) L'amplitudes des vagues est maximale là où les interférences sont constructives. Ces vagues se comportent comme des lentilles convergentes créant des maxima de luminosité.

b) En s'inspirant de la question 3, la condition d'interférence constructive s'écrit :

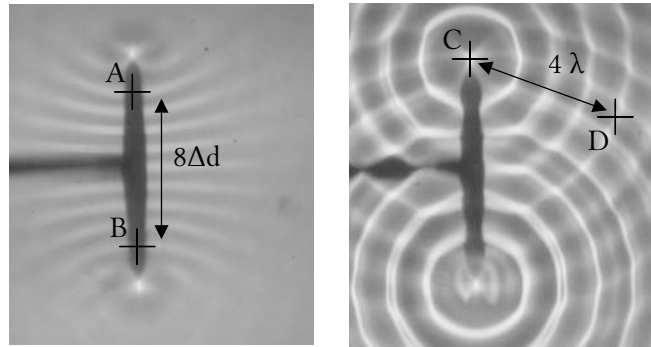
$$P_1M-P_2M=n\cdot\lambda \text{ avec } P_1 \text{ et } P_2 \text{ les points d'excitation de la surface de l'eau}$$

Cela correspond à l'équation d'hyperboles de paramètres $2a=n\lambda$ avec $n\in\mathbb{Z}$

Cela est conforme avec les paires de branches d'hyperboles observées.

c) Proposition de question : En effectuant 1 mesure sur chacune des 2 photographies, vérifie, en tenant compte des incertitudes, que la condition pour obtenir 2 interférences successives s'écrit $\Delta d=\lambda$. Tu écriras les informations utiles sur les images.

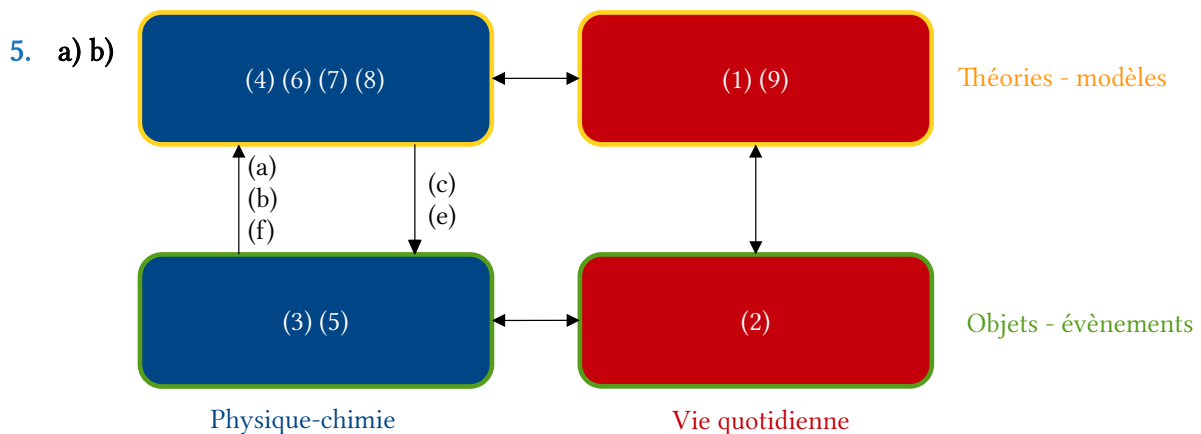
Réponse attendue :



L'image 1 donne $8\Delta d = (8,3 \pm 0,4) \text{ cm}$ et l'image 2 donne $4\lambda = (3,7 \pm 0,2) \text{ cm}$

Finalement : $\Delta d = (1,0 \pm 0,1) \text{ cm}$ et $\lambda = (0,9 \pm 0,1) \text{ cm}$

d) Dans le cas des ondes à la surface de l'eau, une interfrange correspond à la distance entre 2 points successifs d'interférence constructive le long de l'axe P_1P_2 .



c) La réaction subie par le zinc lors du fonctionnement de la pile est modélisée par l'équation de réaction : $\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + 2e^-$

Déterminons la quantité de matière de zinc contenue dans l'électrode en zinc :

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{15}{65,4} = 0,23 \text{ mol}$$

D'après le modèle précédent, un atome de zinc libère 2 électrons.

On obtient donc : $n(e^-) = 2 \times n(\text{Zn}) = 2 \times 0,23 = 0,46 \text{ mol}$

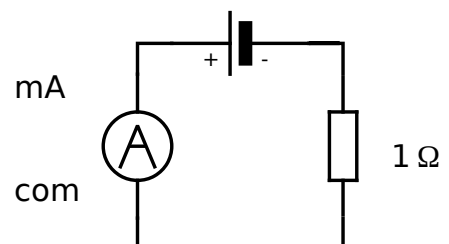
La capacité électrique de la pile est donnée par la relation :

$$Q = n(e^-) \times N_A \times e = 0,46 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,602 \cdot 10^{-19} = 4,4 \cdot 10^4 \text{ C}$$

d) La capacité totale de la pile peut être obtenue de manière électrique grâce à la relation suivante :

$$Q = I \cdot \Delta t$$

En réalisant le montage ci-contre, l'intensité ne sera pas constante. Il faudra alors réaliser l'opération :



$$Q = \int_0^{\Delta t} i(t) \cdot dt$$

Cela peut se faire en utilisant les données issues d'un logiciel d'acquisition relevant simultanément l'intensité électrique et le temps écoulé.

e) Dans une pile ont lieu des transformations chimiques qui ne sont pas réversibles. Lors de la décharge une réaction spontanée a lieu, elle consomme les réactifs de la pile. Lorsque les réactifs sont épuisés, la pile est usée.

Dans une pile rechargeable (ou plutôt accumulateur) la transformation es réversible. Il est possible d'obtenir de nouveau les réactifs initiaux à partir des produits de la décharge en forçant la recharge c'est-à-dire en faisant circuler les électrons dans le sens inverse de la décharge.

6. On peut citer le modèle de la liaison covalente pour expliquer la cohésion des atomes dans les molécules.

Partie 2 – Étude de la poussée d'Archimède

7. a) Proposition de correction :

Question 1 : Lorsque le cylindre est suspendu au dynamomètre et non immergé, il est immobile. D'après le principe d'inertie appliqué au cylindre dans le référentiel terrestre supposé galiléen, les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

Donc $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$ soit $T = P$.

Question 2 : On observe que $T' < T$ donc la poussée d'Archimède est verticale vers le haut.

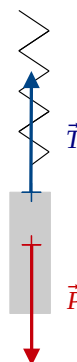
Question 3 : Lorsque le cylindre est suspendu au dynamomètre et immergé, il est immobile. Le principe d'inertie donne : $\vec{P} + \vec{T}' + \vec{\Pi} = \vec{0}$. On en déduit $\Pi = P - T' = T - T'$.

Question 5 :

- Choisir 2 cylindres du même matériau mais de volumes différents.
- Suspendre le 1^{er} de plus petit volume au dynamomètre et relever la valeur T_1 .
- L'immerger et relever la valeur de T'_1 .
- Calculer la valeur de la poussée $\Pi_1 = T_1 - T'_1$
- Faire de même avec le 2^e cylindre de volume supérieur et calculer $\Pi_2 = T_2 - T'_2$
- Comparer les 2 valeurs des poussées d'Archimède

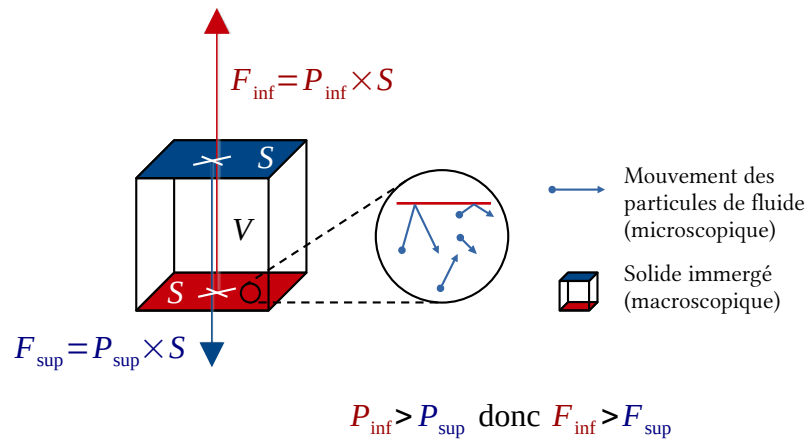
Question 7 : Faire de même que précédemment avec 2 cylindres de même volume mais de matériaux différents.

- b) Proposition de fiche de synthèse :



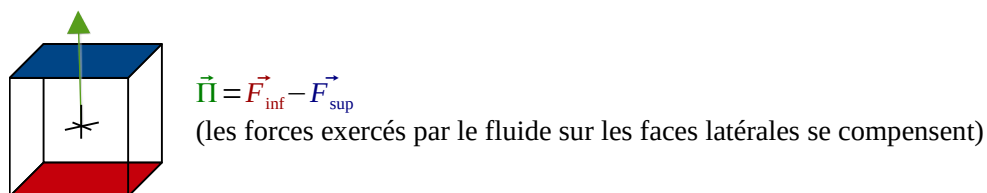
Pourquoi ?

Au niveau macroscopique, la poussée d'Archimède est égale à la résultante des forces pressantes exercées sur un solide immergé. Au niveau microscopique, la pression et les forces pressantes sont dues aux chocs des molécules du fluide sur les parties immergées du solide.



Comment ?

La poussée d'Archimède est toujours dirigée verticale vers le haut. Elle s'exerce au niveau du barycentre du solide immergé.



Combien ?

La poussée d'Archimède a pour expression :

$$\vec{\Pi} = -\rho \cdot V \cdot \vec{g}$$

Avec :

- $\vec{\Pi}$ le vecteur force de la poussée d'Archimède en N
- ρ la masse volumique du fluide en kg/m^3
- V le volume du solide effectivement immergé en m^3
- $\vec{g}$ le vecteur de champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Cette expression est valable dans le cadre d'un fluide incompressible de masse volumique ρ constante.

8. a) Proposition d'énoncé :

Document 1 : La poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède exercée par un fluide incompressible sur un solide immergé a pour expression :

$$\vec{\Pi} = -\rho \cdot V \cdot \vec{g}$$

Avec :

- $\vec{\Pi}$ le vecteur force de la poussée d'Archimède en N
- ρ la masse volumique du fluide en kg/m^3
- V le volume du solide effectivement immergé en m^3
- $\vec{g}$ le vecteur de champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Document 2 : Matériel à disposition

- Cylindre en inox munis d'un crochet
- Dynamomètre
- Éprouvette graduée de 500 mL
- Bouteille d'eau saturée en sel

Document 3 : Fiche méthode pour évaluer une incertitude de type A

Question 1 : Propose un protocole d'expérience permettant d'évaluer l'intensité de la poussée d'Archimède exercée sur le cylindre lorsqu'il est totalement immergé ainsi que son volume (tu pourras faire des schémas).

Question 2 : Après avoir fait valider le protocole par le professeur, effectue la mesure et note le résultat obtenu.

Question 3 : En utilisant l'expression de la poussée d'Archimède, déduis en la masse volumique de l'eau saturée en sel et écris ton résultat au tableau.

Question 4 : En utilisant la fiche méthode « évaluer une incertitude de type A » et à l'aide des résultats de l'ensemble de la classe présente le résultat sous la forme $\rho = (\text{valeur} \pm \text{incertitude}) \text{ unité}$. Ce résultat est-il satisfaisant ?

b) La poussée d'Archimède vaut : $\Pi = F_2 - F_1 = 2,0 - 1,7 = 0,3 \text{ N}$

$$\text{On en déduit } \rho = \frac{\Pi}{V \cdot g} = \frac{0,3}{25 \cdot 10^{-6} \times 9,81} = 1,10^3 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/L}$$

Ici on retrouve la densité de l'eau pure. Cela est dû au manque de précision sur la mesure des forces. Il faudrait utiliser un dynamomètre au moins 10 fois plus précis ou bien utiliser un solide 10 fois plus gros (qui subira une poussée d'Archimède 10 fois plus grande).

9. a) Les élèves considèrent – de manière erronée – que comme la boule n'est pas reliée de manière solide au bécher, mais plutôt au sol via la potence, alors cette dernière « ne s'appuie pas » sur la balance mais sur le sol.

b) **Question 1 :** La boule va subir une poussée d'Archimède verticale vers le haut de la part de l'eau (action). D'après le principe des actions réciproques, cette boule va donc exercer une force verticale vers le bas sur l'eau (réaction). Cela va donc augmenter la force exercée par le bécher et son contenu sur la balance donc augmenter la valeur affichée.

Question 2 :

Si la prévision est correcte : La différence de masse entre les 2 pesées vaut Δm . Cela correspond à une force de poussée d'Archimède de $\Pi = \Delta m \times g$.

On en déduit ensuite le volume de l'objet grâce à l'expression de la poussée d'Archimède.

$$\Pi = \rho \cdot V \cdot g \text{ soit } V = \frac{\Pi}{\rho \cdot g} = \frac{\Delta m \times g}{\rho g} = \frac{\Delta m}{\rho}$$

Si la prévision est incorrecte (aide) : Comment évoluerait l'indication de la balance si l'objet est moins dense que l'eau ? Et si l'objet est aussi dense que l'eau ? Rectifier alors l'hypothèse dans le cadre d'un objet plus dense que l'eau.

10. **Problématique de la séquence :** Pourquoi les montgolfières sont-elles aussi imposantes ?

Séance n°1 : réflexion individuelle, puis mise en commun

→ Objectif : expliquer et mettre en évidence la poussée d'Archimède.

- Mise en évidence de la poussée d'Archimède dans l'air à l'aide d'un baroscope et d'un sous-marin miniature.
- Interprétation au niveau microscopique à l'aide de schémas.
- Comparaison des forces en jeu et influence des différents paramètres à l'aide de documents

Séance n°2 : TP en binômes

→ Objectif : tester l'expression de la poussée d'Archimède

- Document avec l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède
- Activité de l'annexe 2.A avec une adaptation quantitative de la partie « influence du volume immergé ». On demande aux élèves de tracer la courbe $\Pi=f(V)$ et de vérifier que le coefficient directeur de la droite obtenue vaut $a=\rho \cdot g$.

Tâche complexe : par groupes de 4

→ La problématique est celle de la séquence

- Document sur les montgolfières précisant les caractéristiques de vol (masse de la nacelle, masse du ballon, température maximale de l'air chaud)

- Document sur les caractéristiques de l'air (lien entre température et masse volumique, température moyenne au sol).

Partie 3 – Quotient de réaction à l'état final

11. a) Au maximum d'absorption une petite variation de concentration en soluté entraîne une grande variation d'absorbance facile à mesurer. En revanche une petite fluctuation de longueur d'onde du faisceau de mesure n'entraînera quasiment pas de variation de l'absorbance.

Remarque : la sensibilité σ d'un appareil mesurant une grandeur de sortie s (ici l'absorbance) dépendant d'une grandeur d'entrée e (ici la concentration et la longueur d'onde) est définie par $\sigma = ds/de$. La sensibilité vis-à-vis de la concentration vaut $dA/dc = k$ même en dehors du maximum d'absorption (où k est le coefficient de proportionnalité de la loi de Beer-Lambert) en revanche $dA/d\lambda = 0$ seulement maximum d'absorption. Une petite fluctuation de la longueur d'onde du faisceau de mesure n'entraînera pas de variation de l'absorbance.

b) La longueur d'onde de $\lambda = 580 \text{ nm}$ choisie ne correspond pas au maximum d'absorption de l'ion complexe $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$. La sensibilité ne sera pas optimale. En revanche à cette longueur d'onde l'absorbance due aux ions Fe^{3+} est négligeable ce qui permet de ne doser que le complexe. De plus l'absorbance au maximum est bien trop importante pour être dans le domaine de validité de la loi de Beer-Lambert ($A < 1$).

c) La loi de Beer-Lambert stipulant que, à une longueur d'onde donnée, l'absorbance d'une espèce chimique colorée est proportionnelle à sa concentration ($A = k \cdot c$) n'est valable que pour de faibles absorbances n'excédant pas 1 à 1,5.

Pour une concentration $c = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ en complexe, l'absorbance vaut $A = 0,30$.

En appliquant la Loi de Beer-Lambert on obtient :

$$c_{\max} = A_{\max} \times \frac{c}{A} = 1,5 \times \frac{5,0 \cdot 10^{-4}}{0,30} = 25 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} = 2,5 \text{ mmol/L}$$

Ce qui est conforme à la valeur indiquée dans le tableau de l'annexe 3.B.

12. On cherche à préparer une échelle de teinte composée de 5 solutions fille d'ions $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$.

Numéro de la solution fille	F1	F2	F3	F4	F5
Volume de solution fille préparé (mL)	100	100	50	50	50
Concentration de la solution fille (mmol/L)	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Volume de solution mère à prélever (mL)					
Absorbance de la solution fille					

Question 1 : Calcule le volume de solution mère à prélever pour préparer la solution qui t'a été attribuée par le professeur. Déduis en par proportionnalité les volumes nécessaires pour préparer les autres solutions.

Question 2 : Propose un protocole permettant de préparer la solution qui t'a été attribuée, tu préciseras le matériel utilisé.

→ *Appelle le professeur pour faire vérifier ton protocole*

Question 3 : Prépare ta solution et en prélevant un peu des solutions des autres binômes réalise une échelle de teinte complète en ajoutant une solution F_0 composée d'eau seulement.

Question 4 : Effectue les mesures nécessaires pour tracer la courbe d'étalonnage de « l'absorbance en fonction de la concentration en ions $Fe(SCN)]^{2+}$ ». Trace cette courbe et modélise-la par une fonction adaptée.

→ *Fiches méthodes à disposition :*

- Régler et utiliser un spectrophotomètre
- Utiliser un tableur-grapheur (Régressi)

13. a) Une régression linéaire effectuée à la calculatrice sur les données du 1^{er} tableau de l'annexe 3.B permet de déterminer le coefficient de la loi de Beer-Lambert : $k = 0,59 \text{ L.mmol}^{-1}$.

D'après le 2^e tableau de l'annexe 3.B, l'absorbance de la solution S_1 vaut $A_1 = 0,66$.

$$\text{On en déduit } c_1 = [Fe(SCN)^{2+}]_1 = \frac{A_1}{k} = \frac{0,66}{0,59} = 1,1 \text{ mmol/L}$$

$$\text{Et enfin } Q_{rf1} = \frac{[Fe(SCN)^{2+}]_{f1}}{[Fe^{3+}]_{f1} \times [SCN^-]_{f1}} = \frac{x_f/V_{tot}}{(n_{SCN,i} - x_f)/V_{tot} \times (n_{Fe,i} - x_f)/V_{tot}}$$

$$\text{Ici } C = \frac{x_f}{V_{tot}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L et } V_{tot} = V_1 + V_2 = 20 \text{ mL}$$

$$\text{Donc } x_f = C \times V_{tot} = 1,1 \cdot 10^{-3} \times 20,0 \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$Q_{rf1} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{(50 \cdot 10^{-6} - 2,2 \cdot 10^{-5}) / (20 \cdot 10^{-3}) \times (100 \cdot 10^{-6} - 2,2 \cdot 10^{-5}) / (20 \cdot 10^{-3})} = 201$$

b) La principale source d'incertitude provient des mesures d'absorbance des solutions. La variabilité des résultats peut aussi être la conséquence des incertitudes sur les volumes de solution mère prélevés.

14. Séance n°1 : TP découverte (2 h – en binômes – 1/2 classe)

Partie A (30 min) : Étude des réactions entre :

- le diiode et les ions thiosulfate en solution aqueuse (groupe 1)
- les ions fer III et les ions thiocyanate en solution aqueuse (groupe 2)

Les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

Construction des tableaux d'avancement associés.

On met en évidence le caractère total de la réaction n°1 par ajout de diiode (qui subsiste). Le caractère non total de la réaction n°2 est mis en évidence par ajout d'ions fer III et d'ions thiocyanate dans 2 prélèvements du mélange final. Dans les 2 cas ces ajouts conduisent à une couleur rouge plus foncée ce qui démontre qu'il subsistait encore des 2 réactifs dans le mélange final.

→ *Conclusion : l'avancement final x_f d'une réaction n'est pas forcément égal à l'avancement maximal x_{max} . Certaines réactions sont en équilibre dynamique.*

Partie B (1h30) : activité expérimentale de l'annexe 3.A

→ *Conclusion : l'évolution spontanée d'un système chimique se fait de manière à ce que son quotient de réaction Q_r tende vers une valeur limite indépendante des quantités de réactifs et ne dépendant que de la température appelée constante d'équilibre $K(T)$.*

Séance n°2 : Institutionnalisation et réinvestissement (2 h – classe entière)

Partie A (30 min) : rédaction de la trace écrite pour réactiver le bilan de la séance précédente

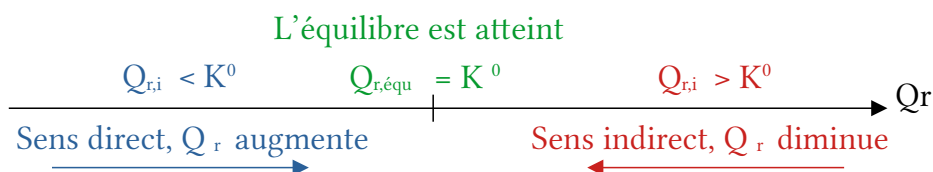
« Pour certaines réactions dites équilibrées, l'avancement final x_f est inférieur à l'avancement maximal x_{max} . Aucun des réactifs n'est totalement consommé et le taux d'avancement défini par $\tau = x_f / x_{max}$ est inférieur à 1.

Le quotient de réaction d'une réaction équilibrée $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ est défini par :

$$Q_r = \frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b} \text{ avec } [X] \text{ la concentration molaire de l'espèce chimique } X$$

À l'équilibre chimique ce quotient de réaction est égal à la constante d'équilibre de la réaction notée $K(T)$ et ne dépendant que de la température. $Q_{r, \text{équilibre}}(T) = K(T)$

Le critère d'évolution spontanée du système chimique régi par une telle réaction est le suivant : tout système chimique hors équilibre évolue spontanément de manière à ce que son quotient de réaction égalise la constante de réaction. Ainsi si $Q_r < K(T)$ la réaction se fait dans le sens direct de manière à diminuer la concentration des réactifs. Inversement si $Q_r > K(T)$ la réaction se fait dans le sens indirect de manière à diminuer



Partie B (1h30) : exercices d'application

Séance n°3 : Résolution de problème (1h - activité par groupes de 4 - classe entière)

Activité d'application avec la réaction de synthèse de l'ammoniac $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} = 2NH_{3(g)}$.

Document 1 : Principe du procédé Haber

Document 2 : Rappel du critère d'évolution spontanée d'une réaction, adaptation au cas des gaz.

Document 3 : Constante d'équilibre de la réaction étudiée à différentes températures pour une pression donnée.

Question : Les élèves doivent justifier l'intérêt de maintenir une température faible et de récupérer l'ammoniac en cours de réaction dans le procédé Haber.

Question bonus pour les groupes les plus rapides : discuter de l'influence de la pression grâce à un document complémentaire donnant la constante d'équilibre de la réaction étudiée à différentes pressions la température étant fixée.

Mode de restitution : 1 compte rendu A4 par groupe pour répondre à la problématique.

Séance n°4 : Évaluation (1h - classe entière)

L'évaluation se tient 1 semaine après le rendu des comptes rendus de résolution de problème corrigés.

Sujet : une réaction d'estérification

Partie 4 – Le concept d'énergie : enjeux et continuité

15. Expressions : « Libérer des énergies positives », « déborder d'énergie »

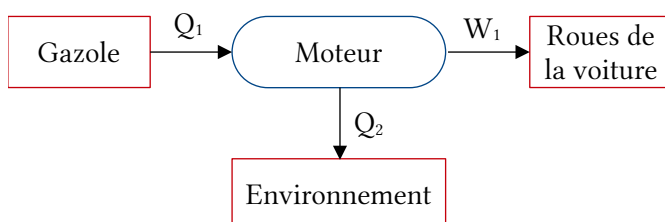
Ces expressions ne font pas apparaître la notion de conservation d'énergie.

16. L'énergie est une grandeur assez peu intuitive contrairement à la vitesse ou à la masse. De plus elle revêt plusieurs formes (cinétique, chimique, ...) ce qui rend cette grandeur difficile à cerner. De plus elle s'exprime généralement en Joules qui est une unité assez peu utilisée dans la vie quotidienne.

17. a) Proposition de correction

Question 1 : Le gazole est un combustible, il stocke l'énergie sous forme chimique.

Question 2 :



Question 3 : Il faut fournir un travail $W_1 = 72 \text{ MJ}$ aux roues de la voiture.

Le rendement du moteur est défini par $\eta = \frac{W_1}{Q_1}$

Donc le transfert thermique à fournir au moteur vaut : $Q_1 = \frac{W_1}{\eta} = \frac{72}{0,42} = 1,7 \cdot 10^2 \text{ MJ}$

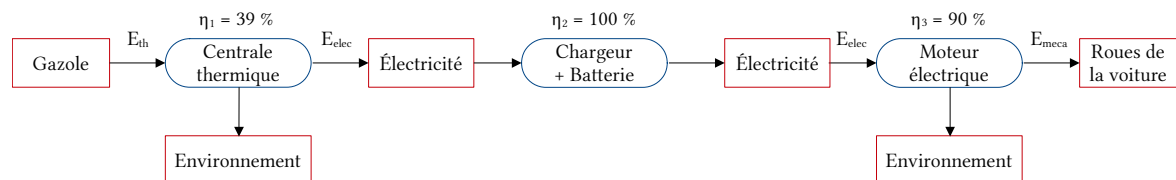
Question 4 : Le volume de carburant consommé est proportionnel à l'énergie à fournir au moteur, dressons un tableau de proportionnalité :

Énergie consommée (MJ)	Volume de carburant consommé (L)
37	1L
$1,7 \cdot 10^2$	V

On en déduit le volume de carburant nécessaire pour parcourir les 100 km :

$$V = \frac{1 \times 1,7 \cdot 10^2}{37} = 4,6 \text{ L}$$

Question 5 :



Question 6 : Le rendement du moteur électrique est défini par : $\eta_3 = \frac{E_{meca}}{E_{elec}}$

Le moteur électrique reçoit une énergie $E_{elec} = \frac{E_{meca}}{\eta_3} = \frac{72}{0,90} = 80 \text{ MJ}$

Question 7 : Le rendement de la centrale est défini par : $\eta_1 = \frac{E_{elec}}{E_{chim}}$

Cette centrale doit recevoir une énergie $E_{chim} = \frac{E_{elec}}{\eta_1} = \frac{80}{0,39} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ MJ}$

Question 8 : De manière analogue à la question 4 on obtient un volume de combustible brûlé par la centrale de $V' = \frac{1 \times 2,1 \cdot 10^2}{37} = 5,7 \text{ L}$ ce qui est supérieur au volume consommé par la voiture diesel.

Question 9 : Si le rendement de charge n'est pas de 100 % il faudrait consommer davantage de carburant pour une charge complète de manière à compenser les pertes. Le constat aurait été accentué.

b) On reprend les hypothèses de travail de l'annexe 4.A et ses données. On y ajoute les valeurs d'énergies absorbées et utiles d'un moteur diesel en régime optimisé et en situation réelle lors d'un trajet de 100 km.

Propositions de questions :

Question 1 : Complète la chaîne de conversion du moteur diesel avec les formes d'énergies adéquates.

→ Identifier les différentes formes d'énergie.

→ Réaliser un schéma

Question 2 : Calcule l'énergie perdue par un moteur diesel lors d'un trajet de 100 km en situation réelle.

→ Analyser une situation où, pour un système donné, les valeurs des transferts d'énergie entrant et sortant sont différentes

Question 3 : On considère que la voiture parcourt une distance de 100 km en une durée de 1 h. Calcule la puissance mécanique moyenne P développée par cette voiture.

→ Utiliser la relation liant puissance, énergie et durée

→ Transformer une équation, réaliser un calcul

Question 4 : Complète la chaîne de conversion détaillée d'une voiture hybride série diesel-électrique (on donne la chaîne de conversion à compléter sans les valeurs d'énergies perdues et sans les formes d'énergie + un schéma détaillant le fonctionnement d'une voiture hybride série diesel-électrique avec moteur en régime optimisé)

→ Identifier les différentes formes d'énergie.

Question 5 : Calcule les pertes totales du moteur hybride pour un trajet de 100 km.

→ Établir un bilan énergétique pour un système simple.

Question 6 : Discute de l'utilité d'un moteur hybride série diesel-électrique par rapport à un moteur diesel simple.

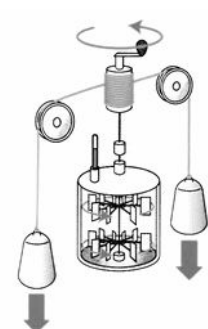
→ Analyser et interpréter des résultats.

18. a) On peut réaliser l'expérience de Joules ci-contre (conversion mécanique

→ thermique interne) ou bien réaliser une expérience de chauffage d'un fluide dans une enceinte calorifugée à l'aide d'une résistance électrique chauffante (conversion électrique → thermique interne).

b) **Question 1 :**

	Cinétique	Potentielle
Énergie macroscopique	4	2, 5
Énergie microscopique	3	1, 6



Expérience de Joules

Question 2 :

L'énergie interne correspond à la somme des énergies cinétiques des entités macroscopique. Ici seul le radiateur stocke principalement de l'énergie interne.

Origine des difficultés : ici l'enseignant a fait le choix de présenter des objets macroscopiques alors que l'énergie interne est liée à des propriétés microscopiques.

19. a. Réponses correctes : n°2 pour les 2 questions

La majorité des élèves pensent que l'essentiel du transfert thermique dans ces 2 situations se fait par rayonnement/convection plutôt que par conduction/convection. D'où le choix de l'aluminium. Les différences d'effectifs entre les 2 questions montrent que certains élèves pensent que les matériaux auront des comportements différents vis-à-vis du chaud et du froid ou du sens du transfert thermique.

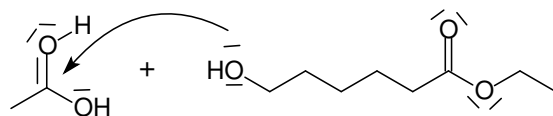
b. Pour modéliser ces 2 situations il faut faire appel au concept de résistance thermique et la loi phénoménologique de Newton.

Partie 5 – Optimisation de la synthèse d'un arôme de framboise

20. Corrections a destination des élèves :

Question 1 : Ce mécanisme comporte 5 étapes associées aux 5 doubles flèches.

Question 2 :

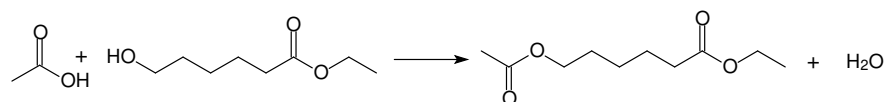


Question 3 : 2^e étape → addition

3^e étape → réaction acide-base (échange d'un H⁺)

4^e étape → élimination (d'une molécule d'eau)

Question 4 : Il faut lister les réactifs et les produits lors de chaque étape et simplifier les intermédiaires de réaction.



Question 5 : Le catalyseur est l'ion H⁺. Il est consommé en début de réaction et régénéré en fin de réaction, il n'apparaît pas dans l'équation bilan.

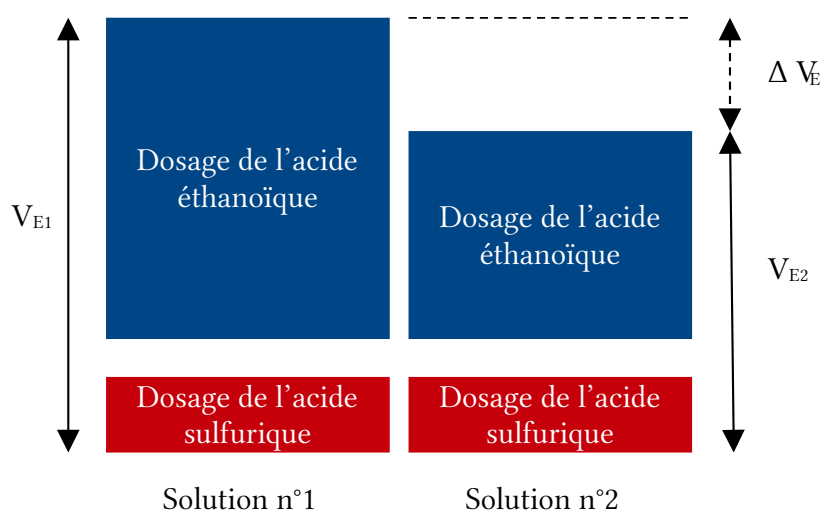
21. On peut réaliser une chromatographie sur couche mince sur plaque de silice avec révélation sous UV.

22. Document explicatif :

Lors du dosage colorimétrique par une base forte (comme les ions hydroxyde) d'un mélange contenant 2 acides, le volume équivalent obtenu au changement de couleur correspond au dosage de l'intégralité des 2 acides.

Pour remonter à la quantité d'un des 2 acides dans une solution n°2 on peut procéder par comparaison avec une solution n°1 similaire contenant une quantité connue des 2 acides et dosée dans les mêmes conditions.

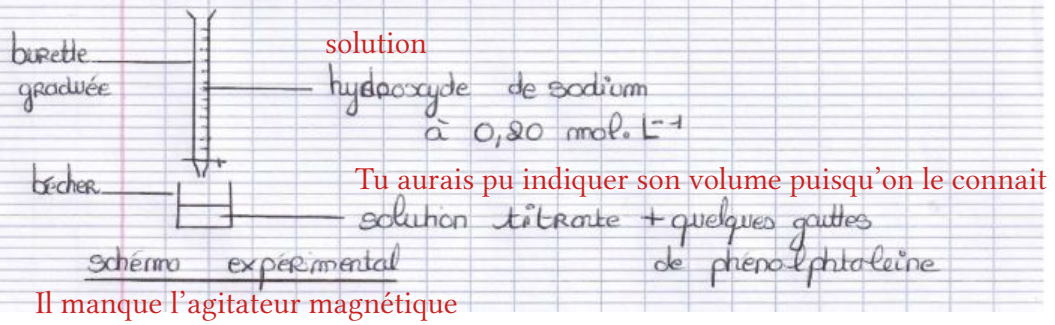
Ainsi si on effectue un dosage colorimétrique de 2 solutions aqueuses préparées avec la même quantité d'acide sulfurique pur mais avec des quantités d'acide éthanóïque différentes, la différence de volume équivalent ΔV_E correspondra au dosage de la différence entre les 2 quantités d'acide éthanóïque (voir schéma).



Lors d'un dosage colorimétrique effectué dans les mêmes conditions que celui du TP d'aujourd'hui sur une solution aqueuse de 100 mL préparée avec 0,5 mL d'acide sulfurique pur et 5 mL d'acide éthanóïque pur (solution 1), on obtient un volume équivalent de $V_{E1} = 25,9$ mL.

23.

II Titrage colorimétrique



La solution a changé de couleur à $V_{eq} = 18,2 \text{ mL}$

équivalence

À l'équivalence, il y a autant d'acide que de base

donc on a : $n_A = n_{B,eq}$

donc : $C_A V_A = C_B (V_{eq1} - V_{eq2})$

On calcule C_A : $C_A = \frac{C_B \times (V_{eq1} - V_{eq2})}{V_A}$

$$= \frac{0,20 \times (25,9 - 18,2)}{5,0}$$

$$= 0,308 \text{ mol.L}^{-1}$$

La concentration en acide vaut : $C_A = 0,308 \text{ mol.L}^{-1}$

Il s'agit seulement de l'acide éthanóïque consommé lors de la synthèse

Attention : à l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques qui ne sont pas forcément de « 1 pour 1 »

III Rendement de la synthèse

On sait que $\eta = \frac{n_{\text{théorique}}}{n_{\text{expérimental}}} \times 100$

On calcule $n_{\text{théorique}}$:

	alcool	+ acide	=	ester	+ eau
Etat initial	$3,1 \times 10^{-2}$	$8,7 \times 10^{-2}$		0	solvant
Etat final	$3,1 \times 10^{-2} - x_f$	$8,7 \times 10^{-2} - x_f$		x_f	solvant

$$n(\text{alcool}) = \frac{m}{M}$$

$$d = \frac{m}{V}$$

$$n(\text{alcool}) = \frac{d \times V}{M} = \frac{0,985 \times 5,0}{160,21} = 3,1 \times 10^{-2}$$

$$n(\text{acide}) = \frac{d \times V}{M} = \frac{1,049 \times 5,0}{60,052} = 8,7 \times 10^{-2}$$

Comme $n(\text{alcool}) < n(\text{acide})$ alors $x_f = 3,1 \times 10^{-2}$
et $n_{\text{théorique}} = 3,1 \times 10^{-2}$

On calcule $n_{\text{expérimental}}$:

$$n_{\text{expérimental}} = n(\text{acide}) - n_{\text{restant}}$$

$$= 8,7 \times 10^{-2} - n_{\text{restant}}$$

$$n_{\text{restant}} = C_A \times 100 \times 10^{-3}$$

$$= 0,308 \times 100 \times 10^{-3}$$

$$= 3,08 \times 10^{-2}$$

N'oublie pas les unités.

$$n_{\text{expérimental}} = 8,7 \times 10^{-2} - 3,08 \times 10^{-2}$$

$$= 5,62 \times 10^{-2}$$

Cette partie est à revoir. Le dosage permet d'obtenir la quantité d'acide éthanoïque consommée lors de la synthèse.

Ainsi l'avancement final vaut :

$$x_f = n(\text{ester})_f = 3,08 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

On calcule le rendement :

$$\eta = \frac{3,1 \times 10^{-2}}{5,62 \times 10^{-2}} \times 100 = 55 \%$$

Conclusion : on trouve un rendement plus petit alors qu'il devrait être plus grand, c'est bizarre, j'ai du mal manipuler

Il est tout à fait normal de toujours obtenir un rendement inférieur au rendement maximal théorique. Après rectification des calculs on obtiendrait

Il s'agit plutôt de la formule de la masse volumique que la quantité de matière maximale (numérateur) et celle obtenue expérimentalement (déterminateur).
N'oublie pas les unités.

Ici tu considères que l'avancement est maximal. On notera plutôt x_{max} .

24. Le montage de chauffage à reflux avec appareil de Dean Stark permet de maximiser le rendement d'une estérification. Lors du chauffage, l'espèce chimique la plus volatile, ici l'eau produite lors de l'estérification, est isolée du mélange réactionnel. Ainsi l'ester ne risque plus d'être hydrolysé. Du point de vue du quotient de réaction, en éliminant l'eau, ce dernier est maintenu faible ce qui favorise la production des réactifs. L'équilibre est déplacé dans le sens direct de la réaction.

25. A FAIRE

