Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2022

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

Le candidat traitera l'exercice 1 ainsi que 2 des exercices au choix parmi les 3 proposés (A,B,C).

EXERCICE 1 commun à tous les candidats (10 points)

EXERCICE 1 - TELEMETRE A ULTRASONS

Le télémètre à ultrasons permet de déterminer la position d'un objet en mesurant la durée nécessaire à une salve d'ultrasons pour faire un aller-retour entre un module télémètre et l'objet sur lequel la salve d'ultrasons se réfléchit (Cf. figure 1 ci-dessous).

Dans cet exercice, on s'intéresse au principe de la mesure de distances avec le télémètre (**Partie A**). Dans un second temps, on utilise le télémètre pour faire des relevés conduisant à évaluer la valeur d'une force de frottement (**Partie B**).

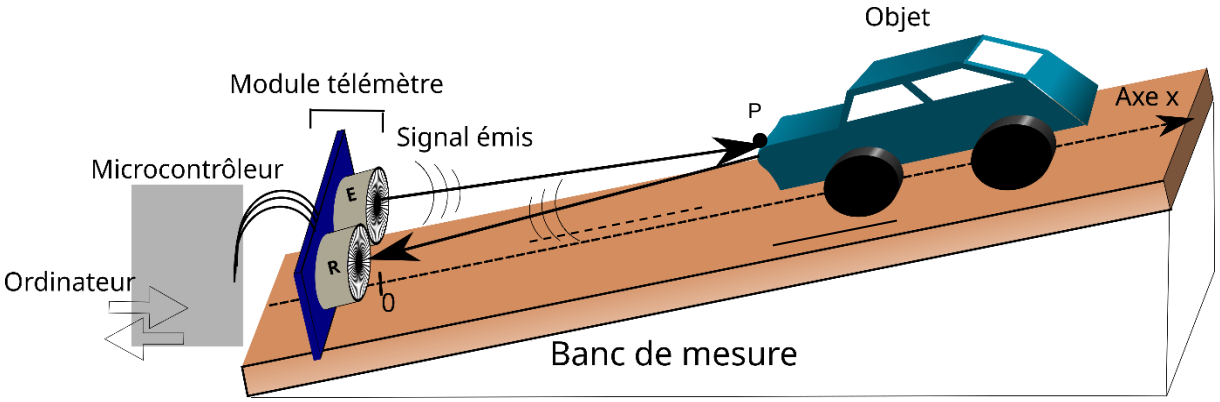


Figure 1*: Dispositif expérimental (non à l'échelle).*
L'objet représenté ici est un jouet d'enfant.

Données

- On suppose que la distance entre le télémètre à ultrasons et l'objet est grande devant la distance entre l'émetteur E et le récepteur R (Cf. figure 2). Ainsi, on peut considérer que la salve suit quasiment l'axe (Ox), à l'aller et au retour, et que la distance donnée par le télémètre est égale à l'abscisse x du point P de l'objet sur lequel se réfléchit la salve d'ultrasons : $EP = PR = x$.

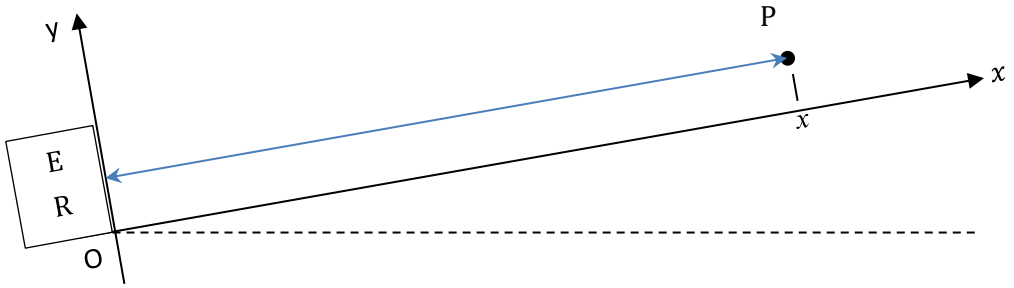


Figure 2.

- Les données sont traitées en langage Python (Cf. Document 1).

Document 1 - Extrait du code Python de traitement des données issues du microcontrôleur

```
# définitions
t_horloge=[673,688,703…]          # dates des mesures, en milliseconde
t_telemetre=[3189,3182,3186…]     # durées des allers-retours, en microseconde
t=[]        # durée depuis le début du mouvement, en seconde
x=[]        # position de l'objet sur l'axe x, en mètre
v=340       # vitesse des ultrasons, en m/s

# mise en forme des données
for i in range(len(t_horloge)):
    t.append((t_horloge[i]-t_horloge[0])*1e-3)   # Durée écoulée entre la première mesure et
                                                 # la mesure i, en seconde
    x.append(v*t_telemetre[i]*1e-6 / 2)          # Calcul de la distance (la notation 1e-6 signifie 10 -6)
```

Partie A – Principe de la mesure de distance avec le télémètre

Le module télémètre est constitué d'un émetteur (E) et d'un récepteur (R). Il est relié à un microcontrôleur qui commande l'émission de la salve d'ultrasons par l'émetteur et traite le signal reçu par le récepteur pour en déduire l'intervalle de temps Δt mis par la salve d'ultrasons pour faire l'aller-retour. Le microcontrôleur échange les données avec un ordinateur (Cf. figure 1).

1. Montrer que la relation liant la distance x à la durée Δt nécessaire à l'aller-retour de la salve d'ultrasons est :

$$x = v_s \frac{\Delta t}{2} \quad (1)$$

où v_s est la vitesse de propagation des ultrasons dans l'air.

2. Identifier la ligne du programme Python (Document 1) permettant de passer de la durée mesurée à la distance x et préciser l'unité dans laquelle le programme calcule la valeur de x.

Calibrage du télémètre et précision des mesures

Pour pouvoir réaliser des mesures avec le télémètre étudié, il est nécessaire de connaître la vitesse des ultrasons dans l'air. Or, cette vitesse dépend de la température de l'air. Afin de remédier à cette difficulté, on met en œuvre une démarche de type « calibrage » avant d'utiliser le télémètre pour réaliser des mesures de distance. En pratique, ce calibrage consiste à déterminer la vitesse des ultrasons grâce au télémètre.

3. À l'aide de la relation (1), proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la vitesse des ultrasons dans l'air à l'aide du télémètre.

Pour affiner la précision de la mesure de la vitesse des ultrasons, le protocole de calibrage est réalisé à 5 reprises. Le tableau ci-dessous donne les résultats successifs pour la valeur de la vitesse des ultrasons dans l'air :

Mesure n°	1	2	3	4	5
Valeur en m·s^{-1}	349	352	348	347	351

Pour la série de mesures, la valeur de l'écart-type donnée par la calculatrice est : σ = 2,07 m·s^{-1}.

Pour aider à l'analyse des données, le Document 2 ci-dessous rappelle des éléments sur l'incertitude-type.

Document 2 - Calculs d'incertitudes

- Calcul de l'incertitude de type A pour une grandeur a mesurée n fois :

$$u(\bar{a}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

  - $u(\bar{a})$ est l'incertitude-type sur la moyenne $\bar{a}$ des valeurs de a.
  - σ est l'écart-type à calculer en utilisant l'outil statistique de la calculatrice.

- Calcul de l'incertitude-type pour une grandeur a calculée à partir de deux autres grandeurs b et c par une relation du type $a = b \times c$:

$$u(a) = a \times \sqrt{\left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(c)}{c}\right)^2}$$

$u(a)$, $u(b)$ et $u(c)$ sont les incertitudes-types associées respectivement aux valeurs de a, b et c.

4. Calculer la valeur moyenne de la série de mesures. Montrer, en conservant un nombre adapté de chiffres significatifs, que le résultat de la mesure de la vitesse des ultrasons dans l'air peut s'écrire :

$$v_s = 349{,}4 \pm 0{,}9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \qquad (2)$$

5. Dans le **Document 1** présentant l'extrait du code Python, indiquer la ligne et la modification à faire pour tenir compte de la valeur moyenne de v_s établie à la question **4**.

Au niveau du microcontrôleur, la durée de l'aller-retour d'une salve d'ultrasons est déterminée avec une incertitude : $u(\Delta t) = 10$ µs.

Lors d'une mesure de distance x, le télémètre mesure une durée $\Delta t = 3438$ µs.

6. Calculer la valeur de x déterminée par le télémètre à l'issue du calibrage précédent. Estimer la valeur de l'incertitude de mesure $u(x)$ et écrire le résultat de la mesure avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

Partie B - Estimation de la valeur d'une force de frottement

On utilise le télémètre à ultrasons pour étudier le mouvement d'une voiture d'enfant posée sur un plan incliné (tel que représenté sur la figure 1). Par cette étude, on souhaite estimer la valeur f de la résultante de l'ensemble des forces de frottement appliquées sur la voiture en mouvement.

Un traitement des données permet d'obtenir la position du centre de masse du système {voiture}. Dans cette partie B, x désigne l'abscisse du centre de masse.

L'étude des relevés expérimentaux dans le cadre de la mécanique de Newton permet de tendre vers l'estimation recherchée de deux manières différentes.

Le système {voiture} est lâché **sans vitesse initiale** à la position $x_0 = 56{,}0$ cm sur un banc de mesure incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. On constate que le mouvement du centre de

masse du système {voiture} est rectiligne le long de l'axe (Ox) et accéléré dans le sens du déplacement précisé sur la figure 3.

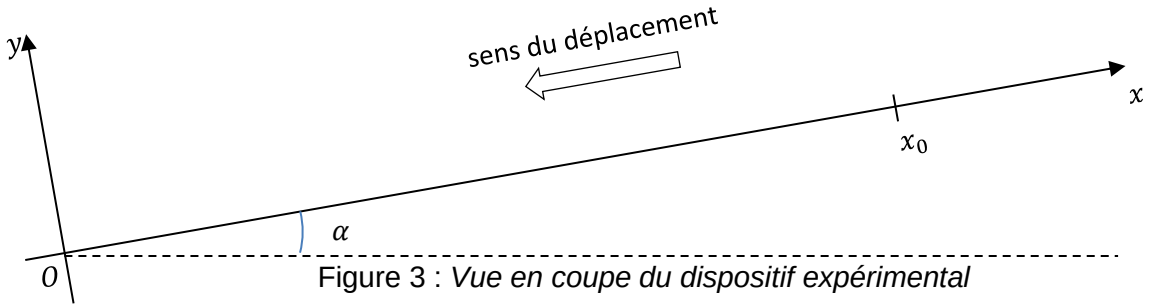


Figure 3 : *Vue en coupe du dispositif expérimental*

L'étude est menée dans le référentiel terrestre considéré comme étant galiléen.

Le système est soumis à :

- Son poids $\vec{P}$:
  - Direction : verticale,
  - Sens : descendant,
  - Valeur : $P = m\ g$.
- La réaction du support $\overrightarrow{R_N}$:
  - Direction : perpendiculaire au plan incliné (donc suivant (Oy)),
  - Sens : vers les y positifs,
- Des forces de frottements représentées par leur résultante $\vec{f}$:
  - Direction : tangente au plan incliné (donc suivant (Ox)),
  - Sens : opposé au mouvement, vers les x positifs,
  - Valeur : f.

On note $\vec{F}$ la résultante des forces extérieures exercées sur le système {voiture}, soit :

$$\vec{F} = \vec{P} + \overrightarrow{R_N} + \vec{f}$$

On note F la valeur de cette résultante.

Une étude des forces, non demandée ici, permet d'établir :

$$F = m\ g\ \sin(\alpha) - f \qquad (3)$$

On fait l'hypothèse que f (et donc F) est constante au cours du mouvement.

<u>Données</u> :

- Intensité du champ de pesanteur terrestre : g = 9,81 m·s^{-2}.
- Masse de la voiture d'enfant : m = 103 g.
- Angle d'inclinaison du plan incliné : α = 40°.

7. À l'aide de la description du mouvement, déterminer la direction et le sens du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ du centre de masse du système {voiture}.

8. Enoncer la deuxième loi de Newton.

9. En déduire la direction et le sens de la résultante des forces $\vec{F}$.

Etude mécanique :

L'étude est menée le long de l'axe (Ox).

10. Montrer que l'équation horaire du mouvement du centre de masse du système s'écrit :

$$x(t) = -\frac{1}{2}\frac{F}{m}\, t^2 + x_0 \qquad (4)$$

Les relevés expérimentaux de $x(t)$ sont présentés sous la forme d'un graphique (Cf. Figure 4).

Le tableur utilisé permet de superposer aux points de mesure une modélisation par un polynôme d'équation :

$$x(t) = k\, t^2 + c$$

avec : $k = -1{,}84\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$ et $c = 0{,}558\ \mathrm{m}$.

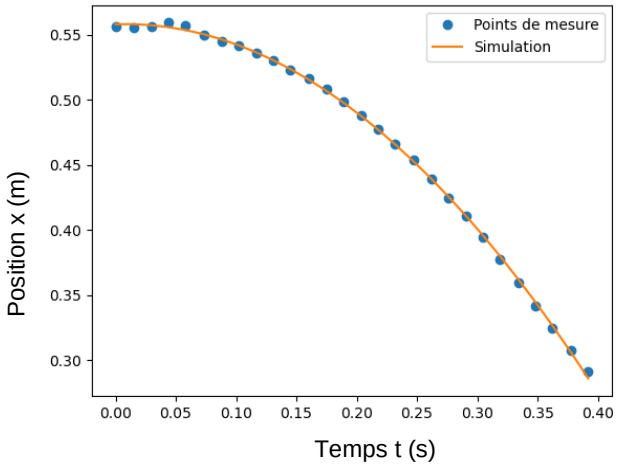


Figure 4 *: Evolution de la position en fonction du temps lors de la descente du mobile*

11. Indiquer si la valeur obtenue pour le coefficient c est cohérente avec les données du problème.

12. À partir de la modélisation des points expérimentaux, montrer que la valeur f de la force de frottement est voisine de 0,27 N.

Etude énergétique :

Pour compléter l'étude mécanique, on se propose d'estimer f par une étude énergétique entre le point A où la voiture a été lâchée sans vitesse initiale ($x_A = x_0 = 56{,}0\ \mathrm{cm}$) et le point B d'abscisse $x_B = 35{,}0\ \mathrm{cm}$.

13. Enoncer le théorème de l'énergie cinétique entre les positions A et B.

14. Exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la résultante des forces $\vec{F}$ entre A et B en fonction de m, g, f, α et $d = x_A - x_B$.

Les données acquises sur la position du centre de masse permettent de calculer la valeur de la vitesse du centre de masse au point B en considérant deux points au voisinage du point B. On obtient : $V_B = 1{,}21\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

15. Proposer une nouvelle estimation de la valeur de f.

EXERCICES au choix du candidat

Vous indiquerez sur votre copie **les 2 exercices choisis** :

exercice **A** ou exercice **B** ou exercice **C**

EXERCICE A – L'ACIDE FORMIQUE POUR STOCKER LE DIHYDROGENE ? (5 points)

Mots-clés : quantité de matière, conductivité, constante d'équilibre.

Le dihydrogène $H_2(g)$ est envisagé pour remplacer l'essence dans les moteurs à explosion, ou pour alimenter les piles à combustible, car son oxydation ne produit que de l'eau. Cependant, le dihydrogène pose certaines difficultés techniques : il est gazeux à température ambiante et hautement inflammable.

Une alternative consiste à « stocker » le dihydrogène en le faisant réagir avec du dioxyde de carbone pour former de l'acide formique, lequel est liquide et peu inflammable aux températures et pressions ambiantes. Pour récupérer le dihydrogène en vue de son utilisation, la transformation inverse est réalisée.

Dans cette perspective, des chercheurs de l'université de Rice (Etats-Unis) ont récemment trouvé un procédé catalytique permettant de produire de l'acide formique à bas coût.

Voici deux extraits parus dans des articles de vulgarisation scientifique :

Document 1. De l'acide formique dans le moteur.

« (…) Un litre d'acide formique contient plus de 53 grammes d'hydrogène, contre à peine 28 grammes pour un même volume d'hydrogène pur, pressurisé à 350 bar. »

D'après : www.enerzine.com

Document 2. Production de l'acide formique.

« (…) Avec leur réacteur actuel, les ingénieurs de l'université de Rice ont généré de l'acide formique, (…), en solution aqueuse contenant à peu près 30 % en masse d'acide formique, soit environ 7,0 $mol \cdot L^{-1}$ ».

D'après : www.futura-science.fr

Données :

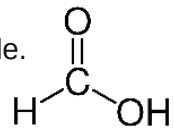
- Loi des gaz parfaits : $P\,V = n\,R\,T$, où P est la pression du gaz en Pa, V son volume en $\mathrm{m^3}$, n sa quantité de matière en mol, T sa température en K et R la constante des gaz parfaits, $R = 8{,}314\ \mathrm{J.K^{-1} \cdot mol^{-1}}$.
- $1\ \mathrm{bar} = 10^5\ \mathrm{Pa}$
- $1\ \mathrm{m^3} = 10^3\ \mathrm{L}$
- Conversion de température : $T(\mathrm{K}) = \theta(°\mathrm{C}) + 273{,}15$
- Masse molaire moléculaire de l'acide formique : $M_1 = 46{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$
- Masse molaire moléculaire du dihydrogène : $M_2 = 2{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$
- Masse volumique de l'acide formique pur à $25\ °\mathrm{C}$: $\rho = 1{,}22\ \mathrm{g \cdot mL^{-1}}$
- Préfixes utilisés pour la nomenclature :

Nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5
Préfixe	méth-	éth-	prop-	but-	pent-

Partie A - Intérêt de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène

L'objectif de cette partie A est d'étudier l'intérêt de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène par rapport au stockage du gaz sous pression.

1. La formule semi-développée de l'acide formique est donnée ci-contre.
Justifier que cet acide se nomme acide méthanoïque dans la nomenclature officielle.



2. Vérifier qu'un litre de dihydrogène à la pression $P = 350\ \text{bar}$ et à la température $\theta = 25\ °\text{C}$ contient une masse $m = 28\ \text{g}$ de dihydrogène. On supposera que ce gaz obéit à l'équation des gaz parfaits dans ces conditions de température et de pression.

Pour récupérer le dihydrogène à partir de l'acide formique, on réalise une transformation dont l'équation de réaction est :

$$\text{HCOOH (l)} \rightarrow \text{H}_2\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$$

Cette transformation est considérée comme totale.

3. Vérifier qu'un litre d'acide formique permet de produire $53\ \text{g}$ de dihydrogène, comme indiqué dans le **document 1**.

4. Citer deux avantages de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène par rapport au stockage du gaz sous pression.

Partie B – Contrôle de la teneur en acide formique d'une solution aqueuse d'acide formique

On met en œuvre une méthode conductimétrique pour contrôler rapidement la teneur en acide formique d'une solution aqueuse d'acide formique préparée par les chercheurs de l'université de Rice.

À cet effet :

- On dilue 100 fois la solution aqueuse S_0 d'acide formique préparée par les chercheurs. On obtient une solution fille S_1 de concentration C_1.
- On prélève un volume $V_1 = 1{,}00\ \text{L}$ de cette solution S_1.
- On réalise une mesure de la conductivité de la solution S_1.

L'équation de la réaction acido-basique de l'acide formique avec l'eau est :

$$\text{HCOOH(aq)} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrows \text{HCOO}^-\text{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+\text{(aq)} \quad \text{(réaction 1)}$$

En vue de relier la conductivité à la concentration, on fait les hypothèses suivantes :

- On néglige l'effet de l'autoprotolyse de l'eau.
- On suppose que les seules espèces contribuant significativement à la conductivité de la solution sont les ions oxonium, H_3O^+, et les ions formiate, HCOO^-.

Données :

- L'acide formique est un acide faible, il appartient au couple acide-base, acide formique / ion formiate : $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$

- Constante d'acidité du couple acide-base de l'acide formique $K_A = 1{,}77 \times 10^{-4}$

- Conductivités molaires ioniques à $25\ °\text{C}$:
$$\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35{,}0\ \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}\ ; \quad \lambda(\text{HCOO}^-) = 5{,}46\ \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

- Concentration standard : $c^0 = 1{,}00\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

5. Exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations et des conductivités molaires ioniques des ions oxonium et des ions formiate.

6. En déduire une relation entre σ, $\lambda(\mathrm{H_3O^+})$, $\lambda(\mathrm{HCOO^-})$, V_1 et l'avancement x_f en fin de réaction pour la réaction 1 (x_f en mol).

La mesure de la conductivité de la solution $\mathrm{S_1}$ donne : $\sigma = 144\ \mathrm{mS \cdot m^{-1}}$.

7. Montrer que l'avancement en fin de réaction a pour valeur :

$$x_f = 3{,}56 \times 10^{-3}\mathrm{mol}$$

On admet que la constante d'équilibre K_A peut s'écrire en fonction de l'avancement en fin de réaction x_f (x_f en mol) sous la forme approchée :

$$K_A = \left(\frac{x_f}{V_1}\right)^2 \times \frac{1}{c^0 \times C_1}$$

8. Déterminer la valeur de la concentration molaire C_1 de la solution S_1 .

9. En déduire la concentration molaire C_0 de la solution S_0. Comparer qualitativement la concentration obtenue à la teneur en acide formique annoncée dans l'article du document 2.

EXERCICE B – SAVON DE MARSEILLE (5 points)
Mots-clés : synthèse organique, rendement.

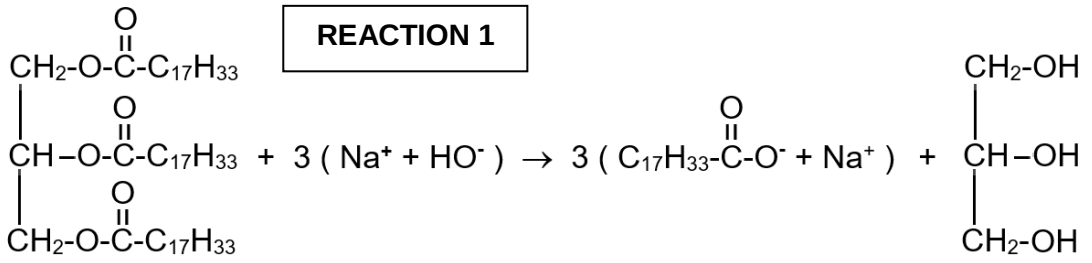
Pour fabriquer un savon, on réalise une réaction de saponification consistant à faire réagir un corps gras avec de la soude. Dans le cas du savon de Marseille, le corps gras utilisé est de l'huile d'olive. Dans cet exercice, on s'intéresse à la fabrication d'un savon de Marseille.

Analyse d'un protocole de production industrielle

Pour produire du savon de Marseille, on fait réagir de l'huile d'olive avec de l'hydroxyde de sodium en solution. Pour simplifier, on fait l'hypothèse que l'huile d'olive n'est constituée que d'une seule espèce chimique appelée oléine.

La transformation chimique est modélisée par la réaction chimique d'équation :

REACTION 1



oléine — soude — oléate de sodium (savon) — glycérol

Dans le **protocole** ci-dessous, on rapporte les étapes réalisées en laboratoire pour produire du savon de Marseille selon un procédé industriel.

Protocole : Saponification réalisée au laboratoire selon le procédé industriel

Etape 1. Dans un ballon, introduire $10\ \text{mL}$ d'huile d'olive, $10\ \text{mL}$ d'éthanol et $10\ \text{mL}$ d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration $c = [\text{HO}^-] = 10\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Ajouter quelques grains de pierre ponce. Adapter un réfrigérant à eau sur le ballon et chauffer à reflux pendant 30 min.

Etape 2. Verser le contenu du ballon dans un bécher contenant $100\ \text{mL}$ d'eau salée saturée. Agiter avec une tige en verre. Cette opération s'appelle le relargage. Filtrer le mélange obtenu, très basique, et récupérer le savon formé. Laver le savon à l'eau froide puis le placer sur une coupelle et le laisser sécher.

Données :

- Masse volumique de l'oléine $\rho = 0{,}90\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$.
- Solution de soude : CORROSIVE. Le contact avec la peau peut causer des douleurs, des rougeurs et des brûlures. Peut causer une grave irritation du nez et de la gorge.
- L'ion oléate de formule $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO}^-$ est la base conjuguée de l'acide oléique de formule $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$. Le p*Ka* du couple acide oléique / ion oléate a pour valeur 4,8.

- Quelques données relatives aux espèces chimiques citées :

	Oléine	Hydroxyde de sodium (soude)	Oléate de sodium (savon)	Glycérol
Masse molaire en $g \cdot mol^{-1}$	884	40	304	92
Solubilité dans l'éthanol	Forte	Forte	Forte	Forte
Solubilité dans l'eau	Nulle	Forte	Moyenne	Forte
Solubilité dans l'eau salée	Nulle	Forte	Faible	Forte

Analyse qualitative du protocole :

1. En analysant la formule chimique de l'oléine, justifier que l'oléine est un triester.

2. Citer deux règles de sécurité relatives à l'utilisation de la soude concentrée.

3. Proposer une hypothèse sur le rôle de l'éthanol.

4. Donner un argument permettant d'expliquer que l'ion oléate prédomine par rapport à l'acide oléique.

5. Préciser le rôle du chauffage.

6. Expliquer pourquoi on utilise de l'eau salée et non de l'eau douce dans la phase de relargage.

Rendement de la synthèse :

7. Montrer que l'oléine est le réactif limitant.

8. Justifier l'importance d'éliminer le réactif en excès par le lavage. Préciser quelle autre espèce chimique est également éliminée.

9. Calculer le rendement de la synthèse sachant que l'on a obtenu une masse de savon

m_{exp} = 7,3 g.

10. Proposer une hypothèse susceptible d'expliquer que le rendement ne soit pas de 100 %.

EXERCICE C – DISSOLUTION D'UNE COQUILLE D'ŒUF (5 points)
Mots-clés : réaction Acide-Base, titrage avec suivi pH-métrique, spectrocopie infrarouge

Pour permettre aux enfants de découvrir les sciences, certains sites internet proposent des expériences simples et réalisables chez soi, comme la dissolution d'une coquille d'œuf dans du vinaigre blanc.

Dans cet exercice, on se propose de vérifier le titre d'un vinaigre blanc et d'étudier l'action de ce vinaigre sur une coquille d'œuf.

A – Vérification du degré d'un vinaigre blanc

Le vinaigre blanc est une solution aqueuse d'un acide faible appelé acide éthanoïque dont la formule chimique est CH_3COOH (aq). Le vinaigre blanc a une acidité de 8 ° en acide éthanoïque. La valeur de son pH est d'environ 3.

Données :

- Couples acide / base : CH_3COOH (aq)/ CH_3COO^- (aq) ; H_2O (ℓ) / HO^- (aq)
- pK_A du couple (acide éthanoïque / ion éthanoate): 4,8 ;
- Masses molaires atomiques : M(H) = 1,0 g·mol^{-1} ; M(C) = 12,0 g·mol^{-1} ; M(O) = 16,0 g·mol^{-1} ; M(Ca) = 40,0 g·mol^{-1}.
- Le titre ou l'acidité d'un vinaigre est donné en degré (°) : 1,00° correspond à 1,00 g d'acide éthanoïque pur pour 100 g de vinaigre ;
- La valeur de la masse volumique du vinaigre ρ est : ρ = 1010 g·L^{-1}.

1. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide éthanoïque / ion éthanoate. Indiquer quelle espèce prédomine dans la solution de vinaigre.

Pour vérifier le titre en degré du vinaigre, on réalise un titrage avec suivi pH-métrique d'un volume de vinaigre $V_{vinaigre}$ égal à 5,0 mL par une solution de soude (Na^+ (aq) + HO^- (aq)) de concentration $c_b = 5{,}0 \cdot 10^{-1}$ mol·L^{-1}. La valeur du volume relevé à l'équivalence est :$V_{éq}$ = 13,4 mL.

2. Faire un schéma annoté du montage expérimental nécessaire à la mise en œuvre du titrage.

3. Écrire la réaction support du titrage qui a lieu entre la solution de soude et le vinaigre.

4. Déterminer la concentration en mol· L^{-1} de l'acide éthanoïque, notée c_a , présent dans ce vinaigre.

5. En détaillant le raisonnement, vérifier que le titre de ce vinaigre est bien de 8°.

Pour répondre à cette question, 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 nécessite d'être correctement présentée.

B – Action du vinaigre sur une coquille d'œuf

La coquille d'œuf des oiseaux est constituée en majorité (95 %) d'une substance minérale appelée carbonate de calcium dont la formule chimique est $CaCO_3$ (s).
Le processus est lent, mais en immergeant un œuf dans du vinaigre, on voit apparaître de petites bulles de gaz qui se forment à la surface de la coquille qui se dissout.

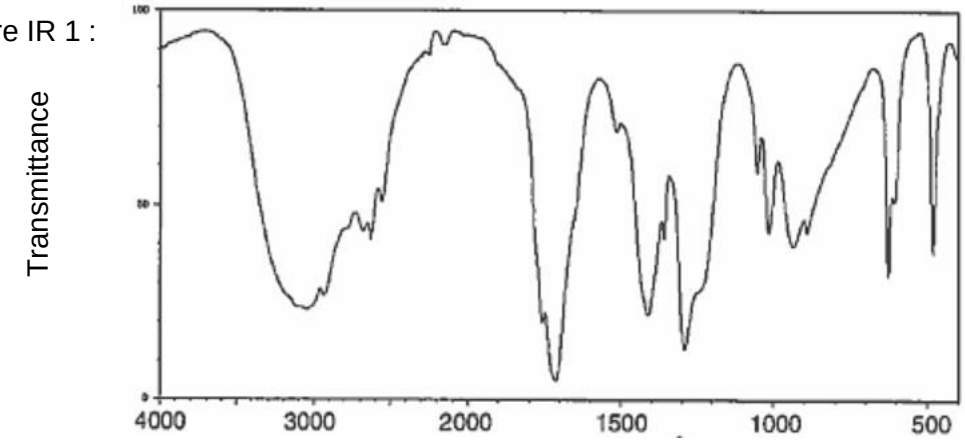
Données :

- Principales bandes d'absorption IR :
  O–H alcool : 3200 à 3400 cm^{-1} (bande forte et large)
  O–H acide carboxylique : 2600 à 3100 cm^{-1} (bande forte et très large)
  C=O : 1700 à 1760 cm^{-1} (bande forte et fine)
- Couples acide / base : CO_2 (g),H_2O (ℓ) / HCO_3^- (aq) ; HCO_3^- (aq) / CO_3^{2-} (aq)

6. Représenter le schéma de Lewis de l'acide éthanoïque CH_3COOH.

7. À l'aide des principales bandes d'absorption données, identifier le spectre infrarouge correspondant à l'acide éthanoïque parmi ceux proposés dans la figure 1 ci-dessous.

Spectre IR 1 :



Spectre IR 2 :

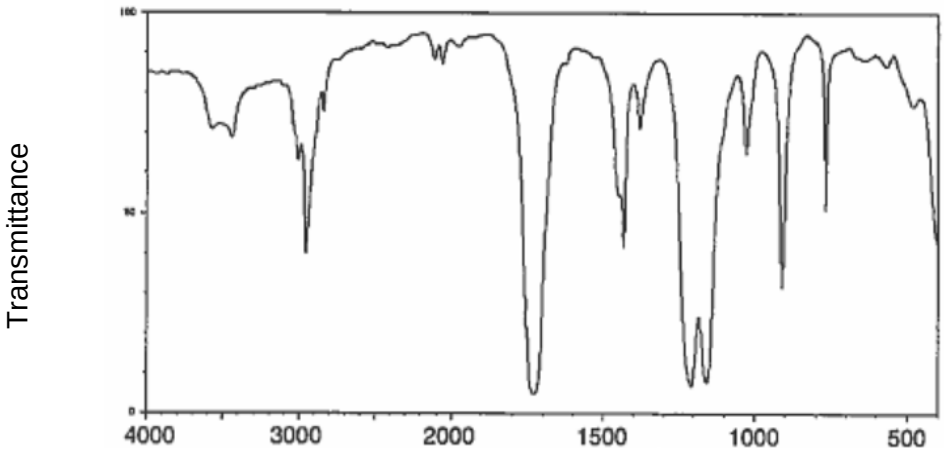


Figure 1. Spectres infrarouges de deux substances

Source : https://webbook.nist.gov/

En solution aqueuse, le carbonate de calcium $CaCO_3$ (s) se dissout, selon l'équation :

$$CaCO_3\,(s) \rightarrow Ca^{2+}\,(aq) + CO_3^{2-}\,(aq)$$

8. L'ion carbonate CO_3^{2-} (aq) réagit avec l'acide éthanoïque introduit en large excès. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui se produit entre ces deux espèces chimiques.

9. L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) ainsi formé réagit avec l'acide éthanoïque. Écrire l'équation de la réaction acido-basique qui se produit entre ces deux espèces chimiques.

10. Montrer que l'équation de la réaction qui modélise l'action du vinaigre sur le carbonate de calcium s'écrit :

$$CaCO_3\,(s) + 2\,CH_3COOH\,(aq) \rightarrow Ca^{2+}\,(aq) + CO_2\,(g) + H_2O\,(\ell) + 2\,CH_3COO^-\,(aq)$$

11. Indiquer, en le justifiant, le caractère acide-base de l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq).