BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

PHYSIQUE-CHIMIE

Mardi 8 septembre 2026

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 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

Exercice 1 – Étude d'une éruption volcanique (11 points)

Une éruption volcanique projette dans l'atmosphère des gaz, des fluides et des roches dont l'analyse renseigne sur les caractéristiques du volcan. Cet exercice s'intéresse aux propriétés physiques de certaines de ces projections.

1. Modèle physique du mouvement d'un pyroclaste

Dans cette partie, on étudie le mouvement d'un fragment de roche magmatique solidifiée, appelé pyroclaste, projeté lors d'une éruption volcanique filmée sur le mont Aso au Japon, volcan qui a récemment connu plusieurs éruptions.

Données :

- intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9{,}8\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$;
- masse du pyroclaste étudié : $m = 3{,}4$ kg.

L'allure de la trajectoire du pyroclaste étudié, assimilé à un point matériel, est représentée sur la figure 1 ci-dessous. L'étude du mouvement du pyroclaste est menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen, muni d'un repère d'origine O située à la sortie du cratère, d'axe horizontal (Ox) de vecteur unitaire $\vec{i}$ et d'axe vertical (Oy) de vecteur unitaire $\vec{j}$ orienté vers le haut. À la date $t = 0$, le vecteur vitesse du pyroclaste, noté $\vec{v_0}$, forme un angle α avec l'axe horizontal (Ox). L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est choisie pour $y = 0$.

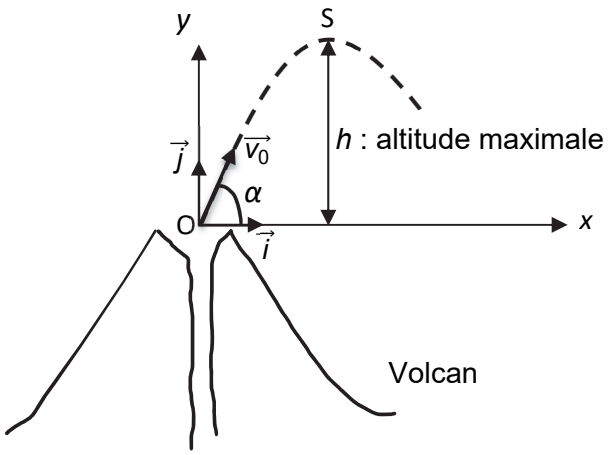


Figure 1. Représentation, sans souci d'échelle, de l'éjection du pyroclaste étudié lors d'une éruption volcanique

On se place dans le cadre d'un modèle de chute libre, sans frottement.

Q1. Dans le cadre de ce modèle, écrire la relation entre l'énergie mécanique du système au point O et celle au point S, sommet de la trajectoire.

Q2. Montrer que l'altitude maximale h atteinte par le pyroclaste s'écrit :

$$h = \frac{v_0^2 - v_S^2}{2 \cdot g}$$

où v_0 désigne la vitesse initiale du pyroclaste et v_S, sa vitesse au sommet de la trajectoire.

Afin d'effectuer un suivi des trajectoires des pyroclastes éjectés lors d'une explosion, une équipe de chercheurs a filmé le cratère du volcan en activité. Une photographie de cet événement explosif est donnée sur la figure 2 ci-dessous.

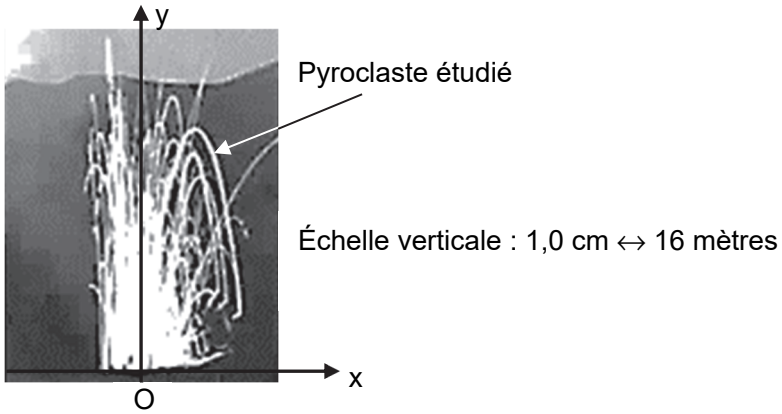


Figure 2. Photographie d'un événement explosif étudié en haut du mont Aso au Japon le 25 Avril 2015

D'après Transport of ballistic projectiles during the 2015 Aso Strombolian eruptions, Kae Tsunematsu et al.

On présente sur la figure 3 ci-dessous l'évolution temporelle des coordonnées v_x et v_y du vecteur vitesse d'un pyroclaste éjecté par le mont Aso, obtenue par pointage vidéo. Sur ce graphique, on modélise ces évolutions et on donne l'équation de la relation entre la coordonnée v_y et le temps t.

On rappelle que la valeur de la vitesse v s'exprime à partir des coordonnées (v_x ; v_y) du vecteur vitesse par la relation :

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

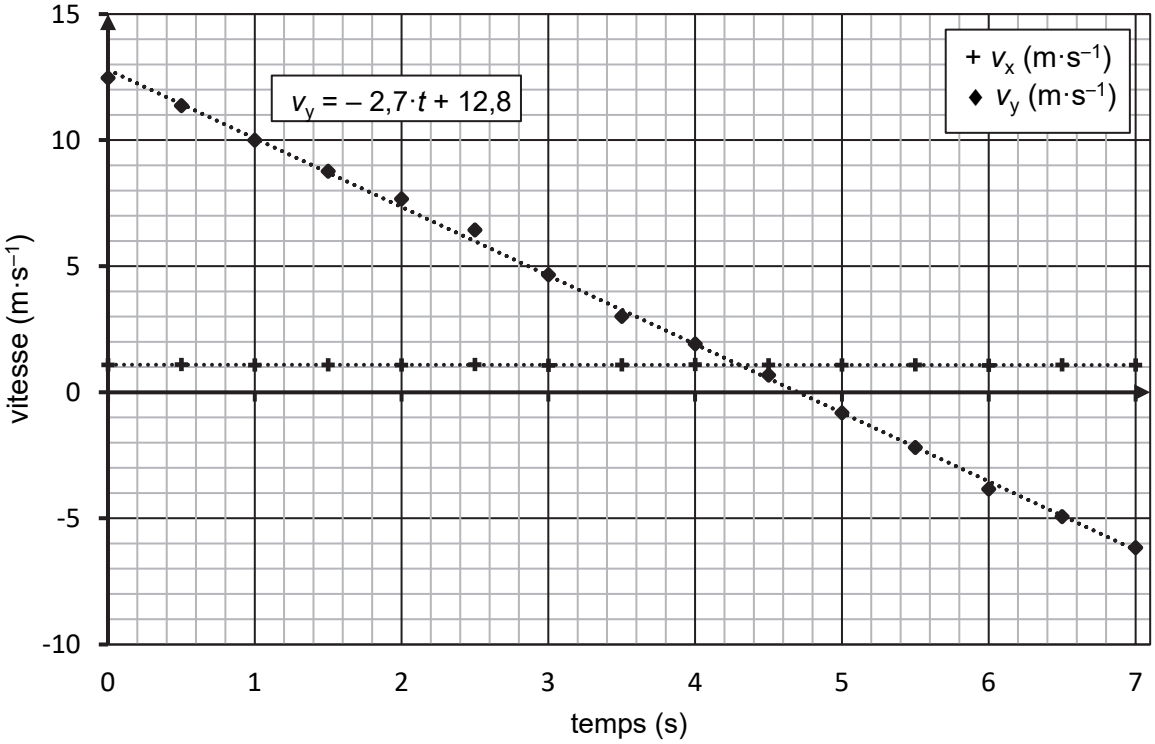


Figure 3. Évolution des coordonnées v_x et v_y du pyroclaste étudié lors de son mouvement

Q3. Déterminer, à l'aide de la figure 3, la valeur de la vitesse initiale v_0.

Q4. Montrer, à l'aide de la figure 3, que la valeur de la vitesse au sommet de la trajectoire est voisine de 1 m·s^{-1}.

Q5. En déduire la valeur de l'altitude maximale h atteinte par le pyroclaste projeté par le mont Aso, dans le cadre du modèle de la chute libre sans frottement.

Q6. En exploitant la photographie de la figure 2 et l'échelle associée, indiquer si l'altitude maximale du pyroclaste est compatible avec le modèle précédent.

En réalité, les gaz éjectés avec le pyroclaste exercent sur celui-ci une force de poussée verticale dirigée vers le haut, notée $\overrightarrow{F}$. On suppose cette force constante et identique en tout point ; sa valeur est notée F.

Q7. Déterminer les expressions des coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération $\vec{a}$ du pyroclaste, dans le repère (Ox ; Oy), en fonction de g, m et F.

Q8. Montrer que les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ du pyroclaste, dans le repère (Ox ; Oy) peuvent s'écrire :

$$v_x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_y(t) = \left(\frac{F}{m} - g\right) \cdot t + v_0 \cdot \sin \alpha$$

Q9. Justifier alors, à l'aide de la figure 3, que le modèle adopté est correct et montrer que la valeur F de la force de poussée est voisine de 24 N.

2. Accélération des gaz éjectés

Dans cette partie, on souhaite expliquer le mouvement ascendant des gaz éjectés avec le pyroclaste au sommet du mont Aso, en prenant en compte la poussée d'Archimède exercée par l'air ambiant sur les gaz chauds.

Données :

- équation d'état du gaz parfait appliqué à un système de volume V, de pression P, de température T et de quantité de matière n : $PV = nRT$;
- constante des gaz parfaits : R = 8,31 J·mol^{-1}·K^{-1} ;
- intensité de la pesanteur terrestre : g = 9,8 m·s^{-2} ;
- masse volumique de l'air ambiant au sommet du mont Aso : ρ_{air} = 0,91 kg·m^{-3} ;
- données relatives aux gaz chauds au sommet du mont Aso :
  - température des gaz chauds : T = 1300 K ;
  - pression des gaz chauds : P = 8,7×10^4 Pa ;
  - masse molaire des gaz chauds : M = 22 g·mol^{-1}.

On étudie un volume de gaz chaud émis par le volcan. Pour cela on considère le système {volume de gaz chaud}, assimilé à un gaz parfait. Ce système est caractérisé par sa pression P, son volume V, sa température T, sa masse volumique ρ, sa masse m, sa quantité de matière n et sa masse molaire M.

Q10. Montrer que l'équation d'état du gaz parfait conduit à la relation : $P\,M = \rho\,R\,T$.

La poussée d'Archimède qui s'exerce sur le volume de gaz chaud est verticale ascendante et a pour expression : $\Pi = \rho_{air}\,g\,V$.

On considère que le volume de gaz chaud est seulement soumis à son poids et à la poussée d'Archimède.
On peut alors montrer que l'accélération verticale ascendante du volume de gaz chaud, notée *a,* est donnée par la relation :

$$a = g \cdot \frac{\rho_{air} - \rho}{\rho}$$

Q11. Déterminer la valeur de l'accélération ascendante du volume de gaz chaud. Commenter le résultat.

3. Estimation de la durée de refroidissement des pyroclastes éjectés

Dans cette partie, on souhaite étudier la loi de refroidissement d'un pyroclaste en deux étapes : une étude théorique permet tout d'abord d'élaborer un modèle de l'évolution de sa température, puis une vérification expérimentale du modèle établi est proposée.

Étude théorique : établissement d'un modèle

À la date $t = 0$, le pyroclaste, de masse m et de capacité thermique massique c, est à la température θ_0. Il est ensuite au contact de l'air ambiant considéré à température constante θ_{amb}.

On considère dans la suite le système {pyroclaste} simplement constitué du pyroclaste étudié.

On effectue, entre les instants t et $t + \Delta t$, le bilan d'énergie sur le système {pyroclaste}, supposé incompressible, recevant un flux thermique ϕ (en W) de la part de l'air ambiant. Pendant la durée Δt, sa température varie de $\Delta\theta$.

Q12. Exprimer, en appliquant le premier principe de la thermodynamique, la variation d'énergie interne ΔU du système pendant la durée Δt, en fonction du flux thermique ϕ. En déduire une relation entre m, c, ϕ, Δt et $\Delta\theta$.

Le flux thermique ϕ reçu par le pyroclaste de surface S (en m^2) à la température $\theta(t)$ de la part de l'air ambiant à la température θ_{amb} est modélisé par la loi de Newton :

$$\phi = h \cdot S \cdot (\theta_{amb} - \theta(t))$$

où h est le coefficient d'échange thermique surfacique exprimé en $W \cdot K^{-1} \cdot m^{-2}$.

La durée Δt est supposée faible devant une durée caractéristique d'évolution de la température du système.

Q13. Montrer alors que l'équation différentielle vérifiée par la température $\theta(t)$ du système peut s'écrire :

$$\frac{d\theta(t)}{dt} + \frac{\theta(t)}{\tau} = \frac{\theta_{amb}}{\tau} \qquad \text{avec } \tau = \frac{m \cdot c}{h \cdot S}$$

Q14. Montrer que la grandeur $\frac{m \cdot c}{h \cdot S}$ est homogène à un temps.

L'équation différentielle précédente admet des solutions de forme générale :

$$\theta(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B \qquad \text{où } A \text{ et } B \text{ sont des constantes.}$$

Q15. Exprimer $\theta(0)$ et la limite θ_{lim} de $\theta(t)$ lorsque $t \to +\infty$ en fonction de A et B. En déduire les expressions littérales des constantes A et B en fonction de θ_0 et θ_{amb}.

On admet que l'expression précédente permet d'aboutir à la relation ci-dessous qui sera utilisée pour la suite de l'exercice :

$$\ln(\theta(t) - \theta_{amb}) = K - \frac{t}{\tau} \qquad \text{où K est une constante.}$$

Vérification expérimentale du modèle établi

Afin de vérifier le modèle établi lors de l'étude théorique sur un système analogue au pyroclaste, on étudie une pierre ponce (roche volcanique) chauffée au barbecue pendant une dizaine de minutes. La pierre ponce est ensuite posée au sol et exposée à l'air ambiant. On étudie alors l'évolution temporelle de sa température. Les résultats de cette expérience sont présentés sur la figure 4.

Données :

- surface de la pierre ponce exposée à l'air : $S_{pierre} = 5{,}5\times10^{-3}$ m^2 ;
- masse de la pierre ponce : $m_{pierre} = 1{,}6\times10^{-2}$ kg ;
- capacité thermique massique de la pierre ponce : $c_{pierre} = 1{,}0\times10^{3}$ J·kg^{-1}·K^{-1}.

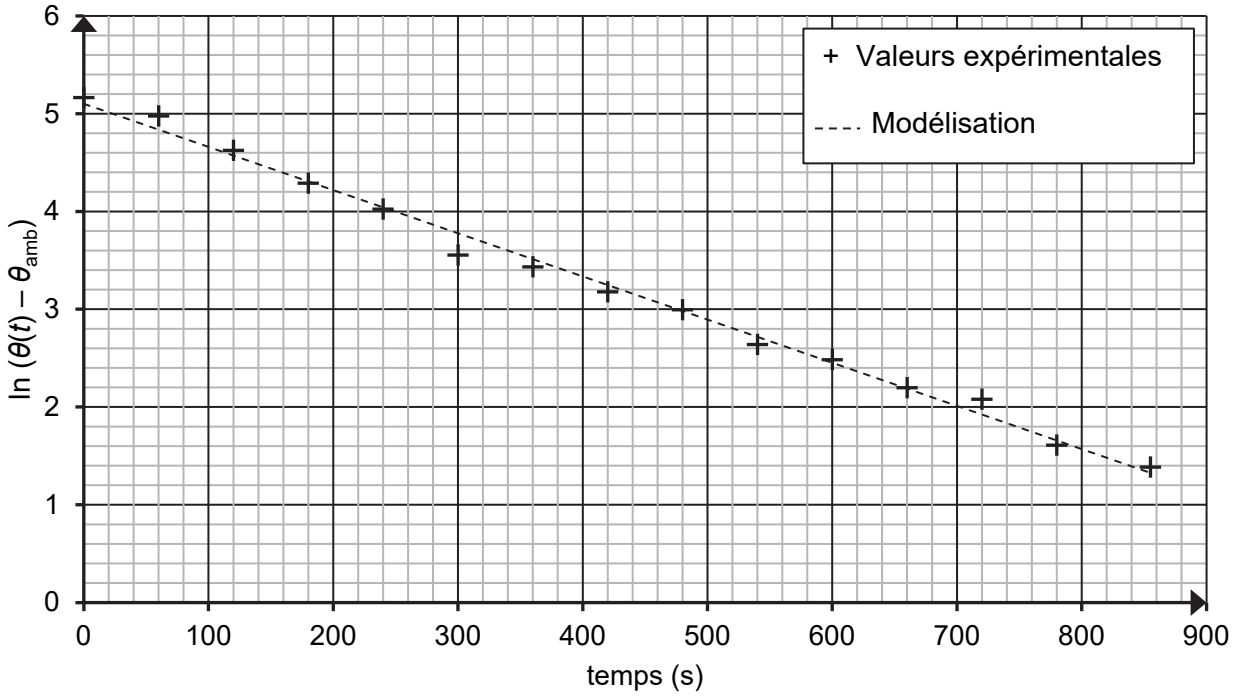


Figure 4. Évolution temporelle de $\ln(\theta(t) - \theta_{amb})$

Q16. Déterminer la valeur de la constante de temps τ.

Q17. En déduire la valeur du coefficient h d'échange thermique surfacique entre la pierre ponce et l'air ambiant. Commenter le résultat obtenu en s'appuyant sur les valeurs données dans le tableau ci-dessous.

Conditions expérimentales	Valeur du coefficient h d'échange thermique surfacique entre l'air et une paroi solide en W·K^{-1}·m^{-2}
Sans courant d'air	De 5 à 10
Avec courant d'air	De 10 à 500

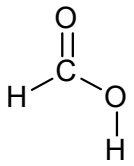
D'après le cours de P-Y Lagrée : « coefficients d'échange, Ailettes »

Exercice 2 – Loi de dilution d'Ostwald (4 points)

La loi de dilution d'Ostwald, du nom du chimiste allemand Wilhelm Ostwald (prix Nobel de chimie en 1909), énonce que plus une solution aqueuse d'acide faible est diluée, plus la réaction de l'acide faible avec l'eau est avancée, c'est-à-dire que le comportement d'un acide faible très dilué rejoint celui d'un acide fort.

L'acide méthanoïque est un acide utilisé couramment au laboratoire. Le but de cet exercice est de vérifier expérimentalement que cet acide suit la loi de dilution d'Ostwald.

La représentation développée de l'acide méthanoïque est :



Q1. Recopier la molécule puis entourer et nommer son groupe caractéristique.

On considère l'équilibre suivant : $HCOOH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows HCOO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

Données :

- $pK_A(HCOOH(aq)/HCOO^-(aq)) = 3{,}8$;
- concentration standard : $c° = 1{,}0\ mol\cdot L^{-1}$;
- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|x-x_{ref}|}{u(x)}$ avec x la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et $u(x)$ l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x.

On souhaite préparer une solution aqueuse d'acide méthanoïque, notée S_1, de concentration en soluté apporté $C = 4{,}0\times10^{-2}\ mol\cdot L^{-1}$, à partir d'une solution S_0 de concentration $C_0 = 2{,}0\times10^{-1}\ mol\cdot L^{-1}$.
On dispose :

- de fioles jaugées de volumes 50 mL ou 200 mL ;
- de pipettes jaugées de volumes 10 mL, 20 mL ou 25 mL.

Q2. Déterminer la verrerie à utiliser pour effectuer cette dilution avec un seul prélèvement de S_0.

Dans un premier temps, on mesure expérimentalement le pH de la solution aqueuse S_1 d'acide méthanoïque préparée précédemment. La valeur obtenue est pH = 2,70 avec une incertitude-type associée u(pH) = 0,05.

Dans un second temps, on cherche à déterminer la valeur théorique de ce pH, dans le cas où le comportement de l'acide étudié est celui d'un acide faible.

Q3. À l'aide d'un diagramme de prédominance, justifier que l'acide méthanoïque ne se dissocie pas totalement dans l'eau dans les conditions de l'expérience.

Q4. Déterminer la relation entre la constante d'acidité K_A et les concentrations en quantité de matière des différentes espèces à l'équilibre et la concentration standard $c°$.

Q5. Exprimer la constante d'acidité K_A en fonction uniquement de la concentration en ion oxonium à l'équilibre $[H_3O^+]_{éq}$, de la concentration en soluté apporté C et de la concentration standard $c°$.

Cette relation permet d'établir l'équation du second degré suivante :

$$[H_3O^+]_{éq}^2 + K_A \cdot [H_3O^+]_{éq} \cdot c° - K_A \cdot C \cdot c° = 0 \qquad (1)$$

La résolution de cette équation du second degré permet de déterminer la valeur théorique du pH de la solution S_1 préparée précédemment. Pour cela, on utilise un programme en langage Python (figure 1).

```
1  import math
2
3  pKa = 3.8
4  Ka = 10**(-pKa)
5  C = 4*10**(-2)                    # mol/L
6  c0 = 1                            # mol/L
7
8  a =  ............                 # pas d'unité
9  b =  ............                 # mol/L
10 c =  ............                 # mol²/L²
11
12 # Fonction permettant de calculer les racines
13 # de l'équation du second degré a.x^2+b.x+c=0
14 def calcul_racines(a, b, c):
15     # Calcul du discriminant
16     delta = b**2 - 4*a*c
17
18     # Discriminant négatif → erreur
19     if delta < 0:
20         return "Erreur : discriminant négatif, pas de racines réelles."
21
22     # Racines réelles
23     if delta == 0:
24         x = -b / (2*a)
25         return f"x1 = x2 = {x}"
26     else:
27         x1 = (-b + math.sqrt(delta)) / (2*a)
28         x2 = (-b - math.sqrt(delta)) / (2*a)
29         return f"x1 = {x1}\nx2 = {x2}"
30
31 resultat = calcul_racines(a, b, c)
32 print(resultat)
```

Figure 1. Script Python utilisé

Q6. Recopier sur la copie et compléter les lignes 8, 9 et 10 du programme permettant de calculer les solutions x1 et x2 de l'équation du second degré (1).

Le programme Python renvoie alors deux valeurs pour x1 et x2 :

```
x1 = 0.0024398528942488128
x2 = -0.0025983422134949244
```

Q7. Déduire des résultats renvoyés par le programme la valeur théorique du pH de la solution S_1 dans ce modèle. Vérifier l'accord entre la valeur expérimentale obtenue précédemment et cette valeur théorique, considérée comme référence.

On prépare plusieurs solutions en réalisant différentes dilutions de la solution S_0 et on mesure, pour chacune d'elles, la valeur du pH. On reporte, sur le graphe de la figure 2, les valeurs expérimentales obtenues sous la forme pH = f(– log *C*).

Pour chacune de ces solutions, il a par ailleurs également été calculé les valeurs théoriques des pH :

- avec le modèle du comportement d'un acide faible, c'est-à-dire avec le programme Python précédent ;
- avec le modèle du comportement d'un acide fort où pH = - log(C).

Les valeurs de pH obtenues par ces deux modèles sont également reportées sur la figure 2.

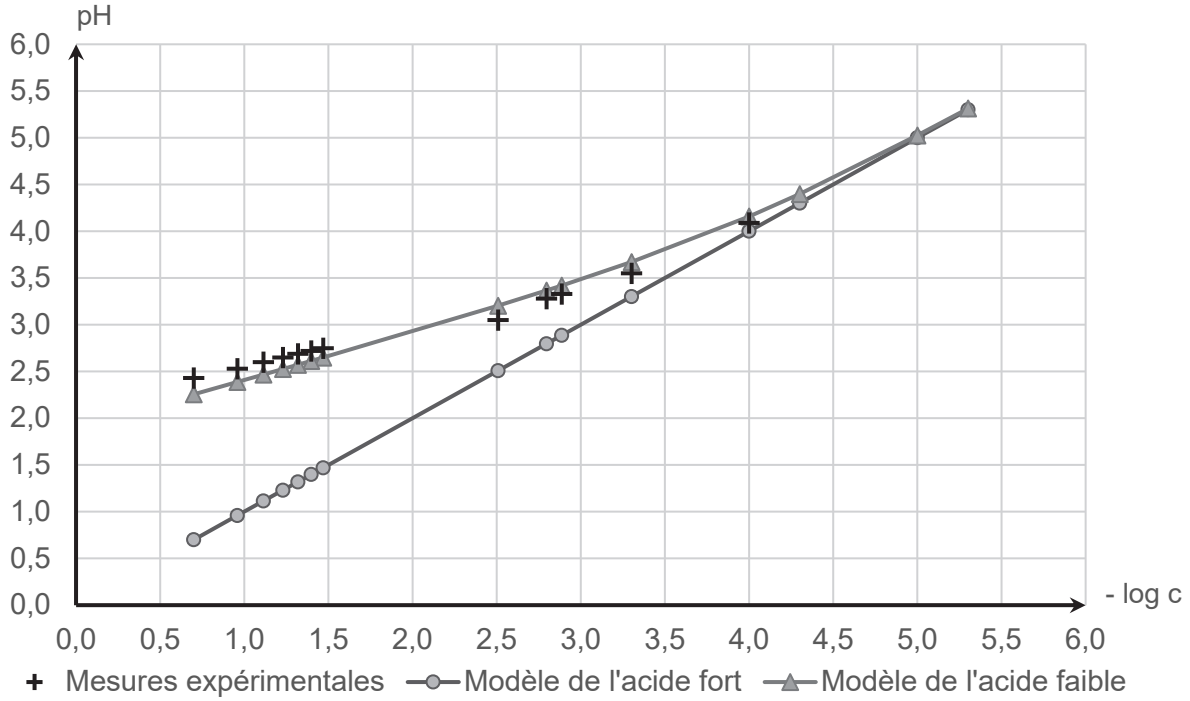


Figure 2 : Confrontation des mesures expérimentales du pH aux valeurs théoriques calculées pour les deux modèles (acide fort et acide faible)

Q8. Parmi les deux modèles étudiés (acide fort ou acide faible), indiquer en justifiant celui qui rend le mieux compte du comportement de l'acide méthanoïque dans l'eau, dans l'intervalle de pH étudié.

Q9. Vérifier que les deux modèles proposés confirment la loi de dilution d'Ostwald appliquée aux réactions acide-base : « en solution aqueuse très diluée, un acide faible se comporte comme un acide fort ».

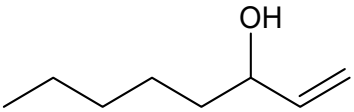
Exercice 3 – Synthèse de l'alcool de champignon (5 points)

L'alcool de champignon est une espèce chimique très odorante. Il est à l'origine du parfum des champignons (figure 1) ou encore de l'odeur de l'haleine et de la transpiration des mammifères.

Il peut être dissous dans une huile pour parfumer une préparation culinaire, ou associé au dioxyde de carbone pour attirer dans des pièges des insectes vecteurs de maladies comme les moustiques.

Dans cet exercice, on se propose d'étudier une synthèse de cet alcool dont la formule topologique est donnée ci-dessous.

Figure 1. *Tricholoma Matsutake*, champignon très riche en alcool de champignon
(D'après wikipedia.fr)



Données :

- données physico-chimiques :

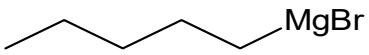
	Bromure de pentylmagnésium	Acroléine	Alcool de champignon	Diéthyléther	Butan-2-ol
Formule brute	$C_5H_{11}MgBr$	C_3H_4O	$C_8H_{16}O$	$C_4H_{10}O$	$C_4H_{10}O$
Masse molaire moléculaire (en $g \cdot mol^{-1}$)	175,4	56,1	128,2	74,1	74,1
Température d'ébullition à pression atmosphérique (en °C)		53	175	35	98
Solubilité dans l'eau ou miscibilité avec l'eau à 25 °C		Peu soluble	Insoluble	Non miscible	
Solubilité dans le diéthyléther à 25 °C	Soluble	Soluble	Soluble		

- formule semi-développée du diéthyléther : $CH_3 – CH_2 – O – CH_2 – CH_3$;
- données de spectroscopie infrarouge :

Liaison	O–H	C–H	C=C	C=O
Nombre d'onde (en cm^{-1})	3200 – 3700	2850 – 3100	1620 – 1680	1650 – 1730
Allure de la bande caractéristique	Forte et large	Forte	Faible et fine	Forte et fine

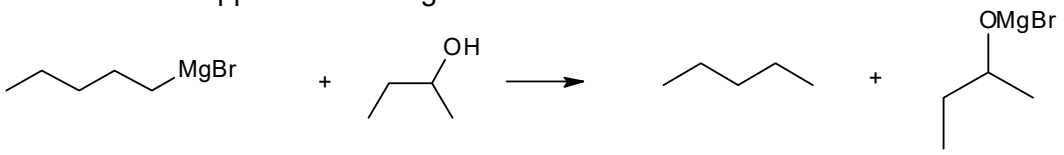
1. Contrôle qualité d'une solution commerciale de bromure de pentylmagnésium

Pour synthétiser l'alcool de champignon, un des réactifs utilisés est le bromure de pentylmagnésium, dont la formule topologique est donnée ci-dessous :



La solution commerciale de bromure de pentylmagnésium a une concentration indiquée C_{com} = 2,00 mol·L^{-1}. Celle-ci se dégradant au cours du temps, il est nécessaire de mesurer sa concentration avant utilisation pour vérifier si la concentration réelle $C_{réel}$ en bromure de pentylmagnésium est suffisamment proche de celle indiquée sur l'étiquette de la solution commerciale.

On titre donc la solution commerciale de bromure de pentylmagnésium par une solution de butan-2-ol dans le diéthyléther ; la concentration en butan-2-ol est C_{alcool} = 1,00 mol·L^{-1}
L'équation de la réaction support de ce titrage est la suivante :



bromure de pentylmagnésium butan-2-ol produit 1 produit 2

À 25 °C, la constante thermodynamique d'équilibre associée à cette réaction a pour valeur :
$K = 10^{25}$.

Q1. Justifier que le quotient réactionnel à l'état initial est nul et en déduire que cette transformation chimique est bien spontanée dans le sens direct dès l'ajout de la première goutte de la solution de butan-2-ol.

Pour repérer l'équivalence de ce titrage, on utilise la bisquinoléine comme indicateur coloré.

Couleur de l'indicateur en l'absence de bromure de pentylmagnésium	Couleur de l'indicateur en présence de bromure de pentylmagnésium
Incolore	Rose

Q2. Préciser le changement de couleur observé à l'équivalence lors de ce titrage, la solution de butan-2-ol étant placée dans la burette. Justifier.

Dans un erlenmeyer de 50 mL, on introduit à l'aide d'une pipette jaugée un volume V_0 = 10,0 mL de la solution commerciale de bromure de pentylmagnésium que l'on souhaite contrôler et de quelques gouttes de l'indicateur coloré. On titre cette solution : au changement de couleur, on a introduit un volume V_E = 19,4 mL de la solution de butan-2-ol.

Q3. Déterminer la concentration réelle en quantité de matière, notée $C_{réel}$, en bromure de pentylmagnésium.

L'incertitude-type, notée u($C_{réel}$), sur la concentration expérimentale $C_{réel}$ peut être calculée à l'aide de la relation suivante :

$$\frac{u(C_{réel})}{C_{réel}} = \sqrt{\left(\frac{u(V_0)}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{alcool})}{C_{alcool}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2}$$

avec u(V_0) = 0,01 mL ; u(C_{alcool}) = 0,05 mol·L^{-1} et u(V_E) = 0,06 mL.

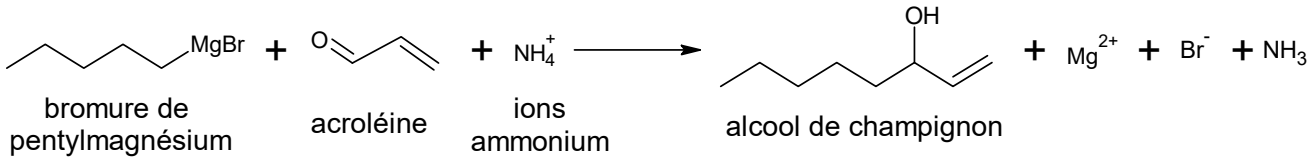
Q4. Calculer la valeur de l'incertitude-type u($C_{réel}$) sur la concentration expérimentale $C_{réel}$.

Pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\frac{|x-x_{ref}|}{u(x)}$ avec x, la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et u(x), l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x.

Q5. Comparer la valeur de la concentration réelle mesurée en bromure de pentylmagnésium et celle indiquée sur la bouteille neuve. Conclure.

2. Synthèse de l'alcool de champignon

On choisit de synthétiser l'alcool de champignon en effectuant la transformation chimique modélisée par la réaction d'équation suivante :



Protocole et résultats expérimentaux

Étape 1 : Synthèse
- introduire dans un ballon, 10,0 mL de la solution commerciale de bromure de pentylmagnésium à la concentration 2,00 mol·L^{-1}, du diéthyléther puis ajouter goutte-à-goutte de l'acroléine jusqu'à ce qu'elle soit en excès par rapport au bromure de pentylmagnésium ;
- chauffer à reflux le milieu réactionnel pendant 10 minutes puis laisser refroidir ;
- introduire au goutte-à-goutte une solution aqueuse de chlorure d'ammonium afin que les ions NH_4^+ soient en excès par rapport au bromure de pentylmagnésium. L'ammoniac formé (NH_3) au cours de la transformation se trouve majoritairement dans la phase aqueuse.

Étape 2 : Séparation
- introduire le mélange réactionnel dans une ampoule à décanter pour récupérer la phase organique.

Étape 3 : Purification
- réaliser une distillation fractionnée de la phase organique. On récupère 2,25 g de produit.

Étape 4 : Analyse
- réaliser le spectre infrarouge du produit obtenu (figure 2) ;
- réaliser une chromatographie sur couche mince (figure 3).

Q6. Justifier l'utilisation d'un montage à reflux lors du chauffage de l'étape de synthèse.

Q7. Indiquer, en justifiant, les espèces présentes dans chacune des deux phases de l'ampoule à décanter.

Dans l'étape 3, un thermomètre placé en haut de la colonne permet de mesurer la température des vapeurs qui y parviennent et qui sont ensuite condensées afin d'obtenir le distillat.

Q8. Indiquer la température à sélectionner pour obtenir le produit désiré.

Les résultats de l'analyse sont donnés ci-après en figures 2 et 3.

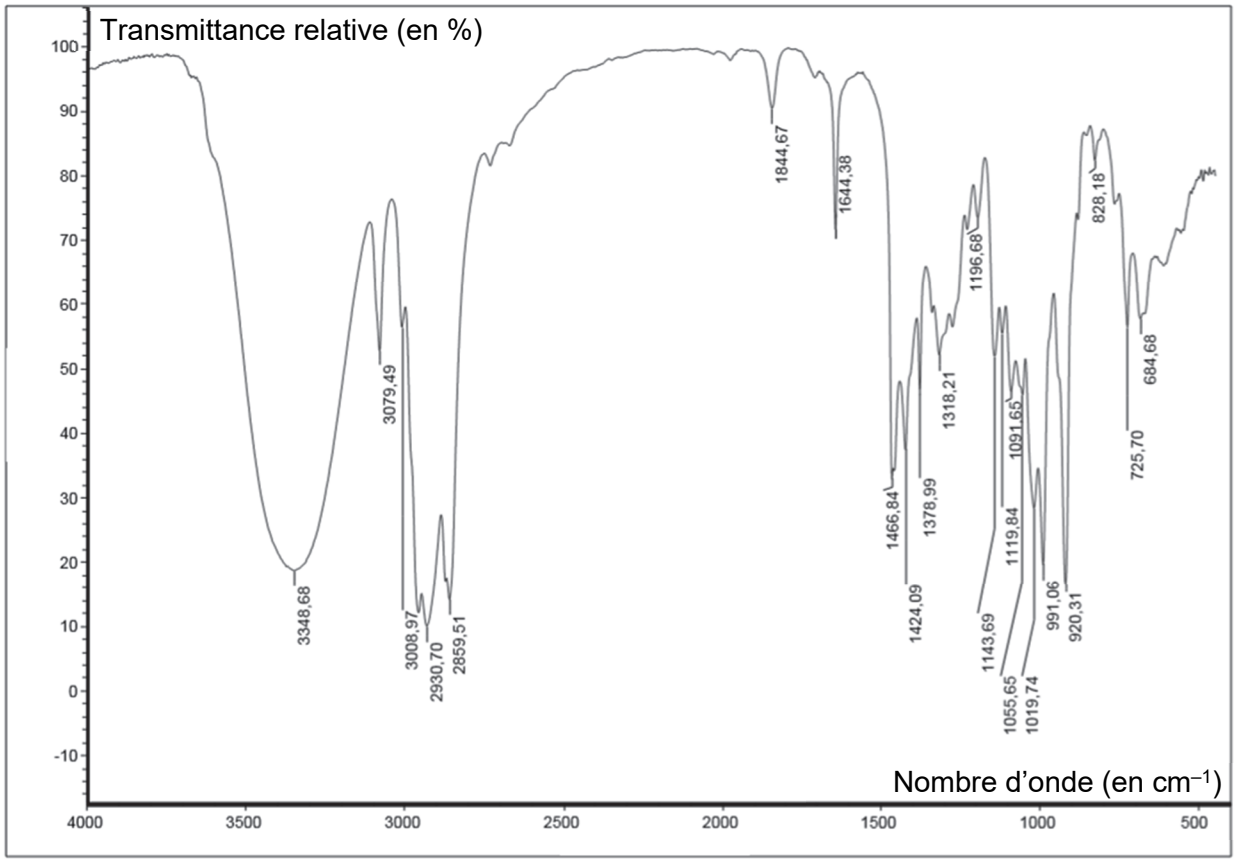


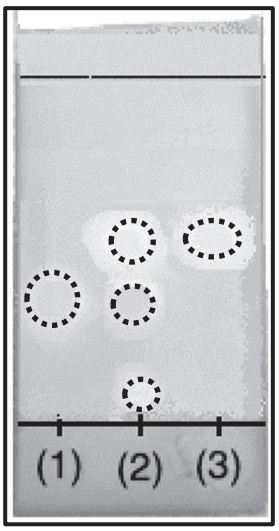
Figure 2. Spectre infrarouge du produit synthétisé

Dépôts :

(1) acroléine commerciale

(2) phase organique avant la purification

(3) produit obtenu après purification



Éluant : mélange d'éthanoate d'éthyle et d'heptane

Révélation à l'aide d'une solution de permanganate de potassium

Figure 3. Chromatogramme obtenu

Q9. Interpréter les résultats des analyses des figures 2 et 3.

Q10. Déterminer le rendement de la synthèse.