

**Composition N°2 de Physique Chimie de TS2**

Durée 3h30. Total sur 40 points.

**La calculatrice personnelle n'est pas autorisée.** Il sera tenu compte de la présentation et de la rédaction.**Faire chacun des exercices sur une copie séparée.****Exercice 1 : Chimie et mouvement dans un projet scientifique (9 points)**

Dans le cadre d'un atelier scientifique ayant pour thème « Espace et mouvement », trois élèves s'interrogent sur les expériences qu'ils vont effectuer pour étudier des mouvements rectilignes :

Élodie : – Nous devrions étudier un mouvement ascendant et un mouvement descendant.

Arthur : – J'ai une idée. Pour étudier le mouvement ascendant nous pourrions filmer le mouvement dans l'eau de bulles de gaz.

Charlotte : – Et si par exemple nous filmions le mouvement ascendant de bulles de dihydrogène produites par réaction de l'acide chlorhydrique avec le magnésium ?

Arthur : – Et ensuite, pour comparer, nous pourrions filmer le mouvement d'une bille métallique lâchée dans l'eau.

À l'aide d'une caméra reliée à un ordinateur, les élèves filment la transformation chimique entre l'acide chlorhydrique et le magnésium produisant du dihydrogène. Le schéma de l'expérience est reproduit ci-dessous (figure 1).

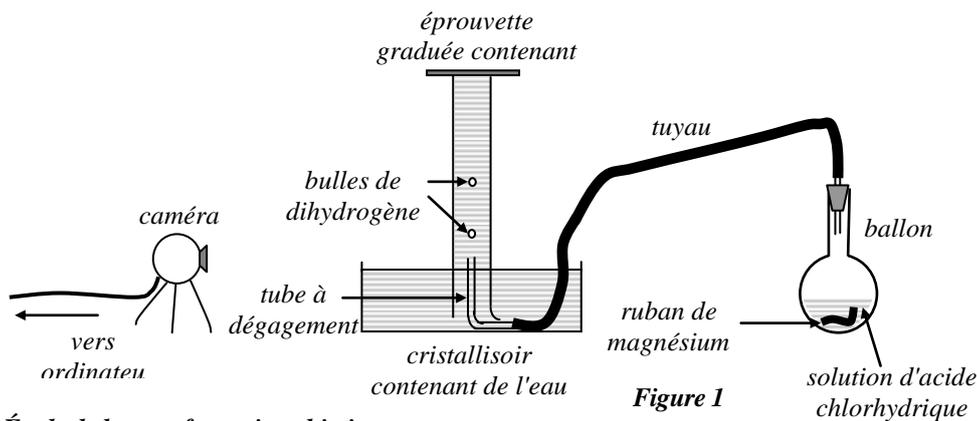


Figure 1

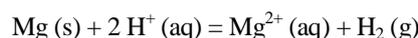
**1. Étude de la transformation chimique**

À l'instant de date  $t = 0$  s, le ruban de magnésium est mis en contact avec la solution d'acide chlorhydrique.

Les données nécessaires à la résolution de cette partie sont rassemblées dans le tableau suivant :

| Solution d'acide chlorhydrique   | Magnésium  |
|--|--|
| Concentration : $0,50 \text{ mol.L}^{-1}$<br>Volume : 40 mL                                | Masse du ruban : 0,12 g<br>Masse molaire : $24 \text{ g.mol}^{-1}$ |
| Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$ |  |

L'équation de la réaction associée à la transformation chimique qui a lieu dans le ballon s'écrit :



1.1. Identifier les couples oxydant/réducteur mis en jeu dans cette équation.

1.2. À partir des quantités de matière de réactifs introduites à l'instant de date  $t = 0$  s, montrer que l'avancement maximal est  $x_{\text{max}} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  (on pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique).

1.3. La figure 2 de l'annexe représente la variation de la valeur du volume de dihydrogène dégagé au cours du temps.

Déterminer graphiquement la valeur du volume de dihydrogène à l'état final et en déduire l'avancement final  $x_f$  de la réaction.

1.4. La transformation est-elle totale ? Justifier.

**2. Étude du mouvement ascendant d'une bulle de dihydrogène**

Après avoir purgé le dispositif pour chasser l'air, on surmonte le tube à dégagement d'une éprouvette graduée contenant de l'eau. Le film vidéo obtenu à la fin de l'expérience représentée figure 1 est analysé à l'aide d'un logiciel de pointage. On choisit une nouvelle origine des dates à l'aide du logiciel.

On peut donc suivre, image par image, la position du centre d'inertie  $G$ , à l'instant de date  $t_i$ , d'une bulle de dihydrogène au cours de son ascension dans l'éprouvette graduée.

Le mouvement de la bulle s'effectue selon la direction verticale d'axe  $Oz$ , orienté vers le haut.

On néglige les variations de pression dans l'éprouvette. Le dihydrogène est pratiquement insoluble dans l'eau : on peut donc considérer le volume d'une bulle comme constant.

Données et notations :

- bulle de dihydrogène : volume d'une bulle :  $V_b$  ;  
masse volumique du dihydrogène dans les conditions de l'expérience :  $\rho = 0,083 \text{ kg.m}^{-3}$
- masse volumique de l'eau dans les conditions de l'expérience :  $\rho_0 = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- intensité de la pesanteur :  $g$

### 2.1. Évolution de la vitesse au cours du temps

Les mesures successives de la coordonnée  $z(t)$  sont exploitées à l'aide d'un tableur-grapheur.

On obtient la courbe de la figure 3 ci-dessous représentant l'évolution de la valeur de la vitesse  $v$  en fonction du temps. R1 et R2 désignent les deux régimes successifs observés lors du mouvement.

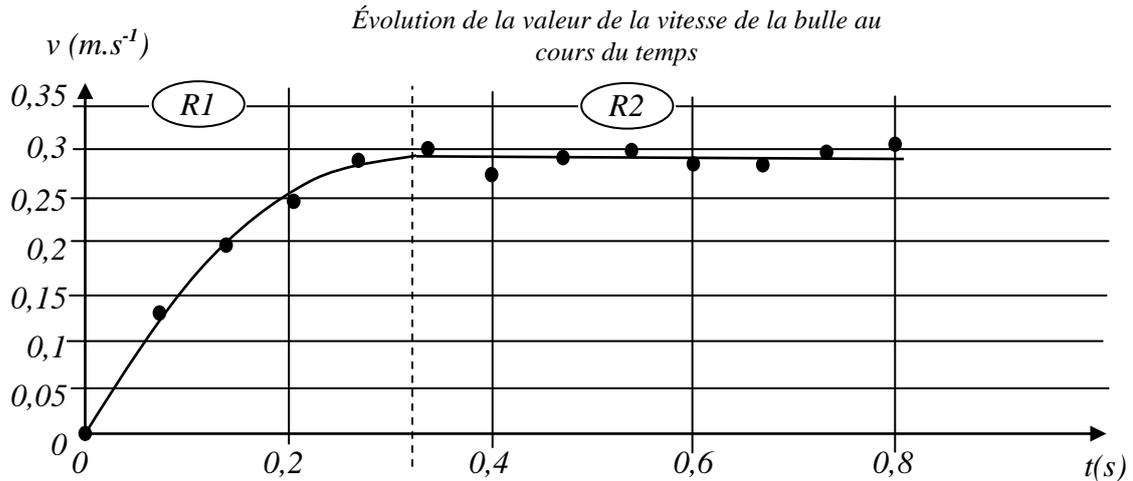


Figure 3

2.1.1. Quel nom donne-t-on au régime R2 ?

2.1.2. Déterminer graphiquement la valeur  $v_{lim}$  de la vitesse limite.

### 2.2. Bilan des forces

2.2.1. Donner l'expression de la valeur  $\Pi$  de la poussée d'Archimède, due à l'immersion de la bulle dans l'eau, en utilisant les notations des données.

2.2.2.  $P$  désigne la valeur du poids de la bulle.

Déduire du rapport  $\frac{P}{\Pi}$  exprimé en fonction de  $\rho$  et de  $\rho_0$ , que l'on peut négliger le poids de la bulle devant la poussée d'Archimède.

Lors du mouvement de la bulle de dihydrogène, on ne considère donc que deux forces :

- la poussée d'Archimède notée  $\vec{\Pi}$
- une force de frottement fluide, notée  $\vec{f}$ , de même direction et de sens opposé au vecteur vitesse  $\vec{v}$  et dont la valeur augmente avec la vitesse.

2.2.3. Parmi les trois représentations suivantes (figure 4) des forces exercées sur la bulle pendant le régime R1, choisir celle qui est correcte. Justifier.

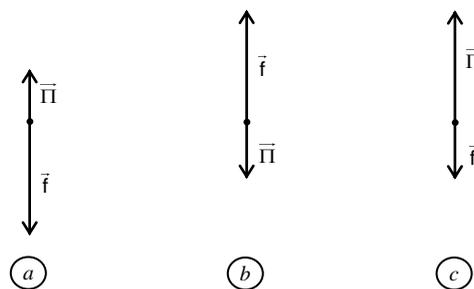


Figure 4

2.2.4. Que peut-on dire de ces forces lorsque le régime R2 est atteint ? Justifier.

### 3. Étude du mouvement vertical d'une bille d'acier dans l'air

Les élèves étudient le mouvement vertical du centre d'inertie  $G$  d'une bille d'acier de masse  $m$  dans l'air. Les frottements ainsi que la poussée d'Archimède peuvent être négligés lors de ce mouvement.

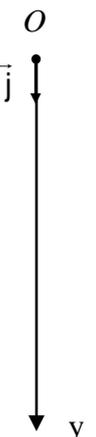
Le repère d'étude choisi est l'axe  $Oy$  vertical descendant.

À l'instant de date  $t = 0$  s, le vecteur vitesse initiale  $\vec{V}_0$  est tel que  $\vec{V}_0 = v_{0y} \cdot \vec{j}$ ,

$v_{0y}$  étant une valeur algébrique.

3.1. Quel nom donne-t-on à ce type de mouvement ?

3.2. Etablir l'expression de la coordonnée  $v_y(t)$  du vecteur vitesse du centre d'inertie de la bille.



**Exercice 2 : Circuits RL et RLC (11 points)**

L'objectif de cette étude est de retrouver expérimentalement la capacité d'un condensateur et l'inductance d'une bobine pour les comparer à celles données par le fabricant.

Le matériel disponible pour l'ensemble de cet exercice est le suivant : une bobine d'inductance dont les indications du fabricant sont  $L=1,0H$  et  $r=10\Omega$ , un condensateur dont l'indication du fabricant est  $C = 10 \mu F$ , un générateur de tension  $E = 10 V$ , un conducteur ohmique de résistance  $R= 1,0 k\Omega$ , un interrupteur simple et un commutateur bipolaire, des fils de connexion, un système d'acquisition informatisé.

**1. Étude expérimentale d'un circuit RL**

Le schéma du montage réalisé est représenté sur la figure 1 ci-contre (le système d'acquisition est connecté mais non représenté):

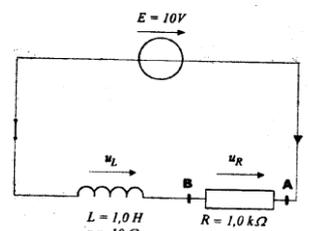
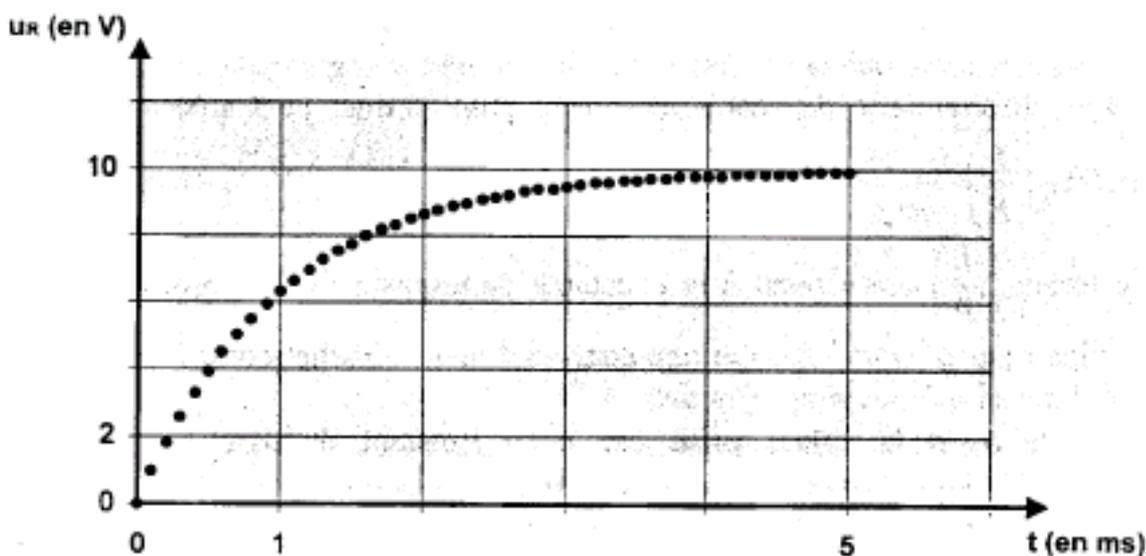


Figure 1

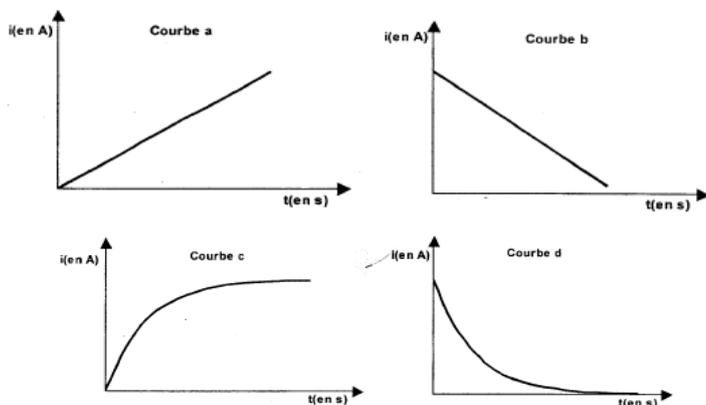
Une fois le paramétrage du système d'acquisition effectué, on ferme l'interrupteur à l'instant de date  $t_0 = 0 s$  et on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance  $R$  en fonction du temps. On obtient l'enregistrement représenté sur la figure 2 ci-dessous :



1.1 L'adaptateur du système d'acquisition s'utilise comme un voltmètre. Il possède deux bornes : COM et V. Préciser à quels points du circuit il faut relier ces bornes pour obtenir la courbe de la figure 2.

1.2 On donne différentes courbes susceptibles de représenter l'intensité du courant en fonction du temps.

Choisir celle qui correspond à l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps dans le circuit de la figure 1, après la fermeture de l'interrupteur. Justifier à partir de la courbe expérimentale donnée sur la figure 2.



1.3 Quelle est l'influence de la bobine sur l'établissement du courant lors de la fermeture du circuit ?

## 2. Modélisation et équation différentielle

2.1 Si l'on considère que la résistance  $r$  de la bobine est négligeable devant  $R$ , montrer que l'équation différentielle de ce circuit,

interrupteur fermé, peut s'écrire sous la forme : 
$$E = u_R(t) + \left( \frac{L}{R} \right) \frac{du_R(t)}{dt}$$

2.2 Le terme  $\left( \frac{L}{R} \right)$  correspond à la constante de temps  $\tau$  de ce circuit (dans lequel on a négligé  $r$  par rapport à  $R$ ). Par une analyse dimensionnelle montrer que cette constante a la dimension d'un temps (ou durée).

2.3 Déterminer à partir du graphe de la figure 2 la valeur de la constante de temps  $\tau$  de ce circuit. Expliquer votre méthode.

2.4 En déduire la valeur de  $L$  et la comparer avec l'indication du fabricant.

## 3. Résolution numérique de l'équation différentielle par la méthode d'Euler

La méthode de résolution numérique d'Euler permet de trouver des couples de valeurs  $(t, u_R)$  qui vérifient l'équation différentielle du 2.1. On rappelle que les couples de valeurs sont liés par la relation :

$$(u_R)_{t_{n+1}} = (u_R)_{t_n} + (\Delta u_R)_{t_n} \text{ avec } (\Delta u_R)_{t_n} = \left( \frac{du_R}{dt} \right)_{t_n} \cdot \Delta t$$

et  $t_{n+1} = t_n + \Delta t$  où  $\Delta t$  est le pas de la méthode numérique

3.1. À partir de l'expression du 2.1, exprimer  $\frac{du_R}{dt}$  en fonction de  $u_R$  et des données.

3.2. La tension  $u_R$  est initialement nulle. Pour compléter progressivement le tableau de l'annexe, en utilisant un pas de valeur

$\Delta t = 1,0 \times 10^{-4}$  s, calculer, littéralement puis numériquement,  $\frac{du_R}{dt}$  à la date  $t = 0$  s puis  $(u_R)_{\Delta t}$  à la date  $t = \Delta t$ , puis  $\frac{du_R}{dt}$  à la date

$\Delta t$  puis  $(u_R)_{2\Delta t}$  à la date  $2\Delta t$ .

Présenter tous les résultats numériques dans le tableau de l'annexe à rendre avec la copie.

A l'aide d'un tableur grapheur on continue les calculs pas à pas jusqu'à  $t = 5$  ms. Les valeurs calculées de  $(u_R)_i$  sont portées sur le graphique de la figure 3 et sont représentées par le symbole +.

Sur la même figure, on porte aussi les valeurs expérimentales de  $(u_R)_i$  que l'on représente par le symbole •

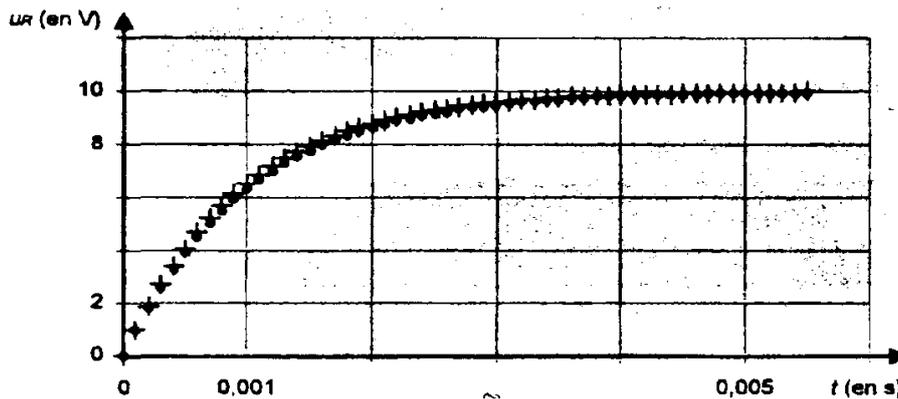


figure 3

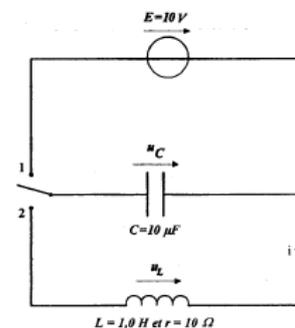
Chaque • représente une valeur expérimentale.

Chaque + représente une valeur calculée par la méthode numérique d'Euler avec  $\Delta t = 1,0 \cdot 10^{-4}$  s.

3.3 Quelle serait qualitativement l'influence d'une augmentation du pas de calcul  $\Delta t$  sur l'écart entre le nuage de points ainsi obtenu par la méthode d'Euler et la courbe expérimentale ?

## 4. Étude du circuit oscillant

On réalise ensuite le montage correspondant au schéma de la figure ci-contre.



On bascule le commutateur en position 1 pour charger le condensateur puis on le bascule en position 2. Avec le même système d'acquisition et de traitement qu'au 1, en adaptant le paramétrage, on enregistre la tension  $u_c(t)$  dont le graphe est représenté sur la figure 5.

L'enregistrement débute à l'instant de date  $t_o = 0$  s qui correspond au basculement du commutateur en position 2.

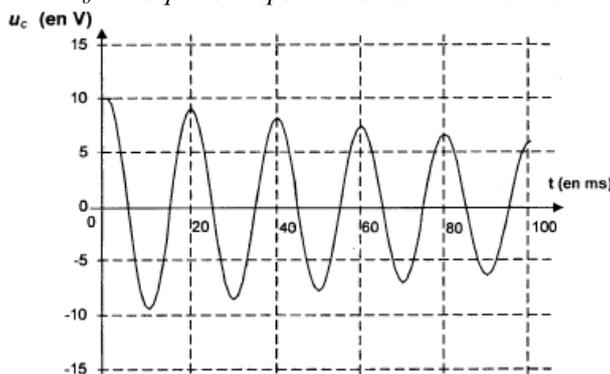


figure 5

4.1 Comment peut-on expliquer la diminution d'amplitude des oscillations au cours du temps ?

4.2 Déterminer la valeur de la pseudo-période du signal.

4.3 Ici on peut considérer que la période propre et la pseudo-période ont la même expression.

En déduire la valeur de la capacité  $C$  du condensateur et comparer avec l'indication du fabricant.

On donne  $\pi^2 \approx 10$

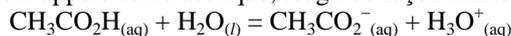
### Exercice 3 : Détermination d'une constante d'équilibre par 2 méthodes (13 points)

Quelques valeurs numériques pouvant aider à la résolution des calculs:

|  |                               |                        |                      |                         |
|--|-------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| $\log(2,0 \cdot 10^{-4}) = -3,7$       | $\frac{2}{2,3} = 0,87$        | $\frac{2}{2,7} = 0,74$ | $\frac{2}{3} = 0,67$ | $(10^a)^b = 10^{ab}$    |
| $1,0 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-4}$ | $(1,25)^2 = 1,56 \approx 1,6$ | $\frac{4}{2,5} = 1,6$  | $\frac{5}{4} = 1,25$ | $\frac{100}{1,25} = 80$ |

#### 1. La transformation chimique étudiée

L'acide éthanóique  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ , également appelé acide acétique, réagit de façon limitée avec l'eau selon l'équation chimique :



1.1. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.

1.2. Dans l'équation ci-dessus, identifier puis écrire les deux couples acide/base mis en jeu.

1.3. Exprimer la constante d'équilibre  $K$  associée à l'équation de cet équilibre chimique.

#### 2. Etude pH-métrique

Une solution d'acide éthanóique, de concentration molaire initiale  $c_1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  et de volume  $V_1 = 100 \text{ mL}$  a un pH de 3,70 à 25°C.

2.1. Déterminer la quantité de matière initiale d'acide éthanóique  $n_1$ .

2.2. Compléter le tableau d'avancement joint en annexe (à rendre avec la copie) en fonction de  $n_1$ ,  $x_{\text{max}}$  ou  $x_f$ . Exprimer puis calculer l'avancement maximal théorique noté  $x_{\text{max}}$ . Justifier la réponse.

2.3. Déduire, de la mesure du pH, la concentration molaire finale en ions oxonium de la solution d'acide éthanóique.

Exprimer puis calculer l'avancement final expérimental de la réaction noté  $x_f$

2.4. Donner l'expression littérale du taux d'avancement final  $\tau_1$  de la réaction. Vérifier, en posant l'opération, que  $\tau_1$  est égal à  $7,4 \cdot 10^{-2}$ .

La transformation étudiée est-elle totale ? Justifier la réponse.

2.5.1. Exprimer puis calculer la concentration molaire finale en ions éthanóate  $\text{CH}_3\text{CO}_2^{-}_{(\text{aq})}$ .

2.5.2. Exprimer la concentration molaire finale effective de l'acide éthanóique  $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}]_f$ . Calculer sa valeur.

2.6. Vérifier, en posant l'opération, que la valeur de la constante d'équilibre  $K_1$  associée à l'équation de cet équilibre chimique est égale à  $1,6 \cdot 10^{-5}$ .

### 3. Etude conductimétrique

On mesure ensuite, à 25°C, la conductivité d'une solution d'acide éthanóique  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  de concentration  $c_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . Le conductimètre indique :  $\sigma = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$ .

3.1. On néglige toute autre réaction chimique. Citer les espèces ioniques majoritaires présentes dans cette solution. Donner la relation liant leur concentration molaire.

3.2. Donner l'expression littérale de la conductivité  $\sigma$  de la solution en fonction des concentrations molaires finales en ions oxonium et en ions éthanóate.

3.3. Donner l'expression littérale permettant d'obtenir les concentrations molaires finales ioniques en fonction de  $\sigma$ ,  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$ ,  $\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-}$ .

Déterminer la valeur de la concentration molaire finale en ions oxonium et éthanóate en  $\text{mol.m}^{-3}$ , puis en  $\text{mol.L}^{-1}$ .

Données:  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35,9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$        $\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

3.4. L'expérimentateur affirme que dans le cas présent, la solution d'acide éthanóique est suffisamment concentrée pour pouvoir faire les approximations suivantes:

Approximation 1: la concentration molaire finale en ions éthanóate est négligeable devant la concentration initiale en acide éthanóique. Ceci se traduit par l'inégalité:  $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_f < \frac{c_2}{50}$

Approximation 2: la concentration molaire finale en acide éthanóique est quasiment égale à la concentration molaire initiale en acide éthanóique:  $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}]_f \approx c_2$

3.4.1. Comparer les valeurs de  $c_2$  et  $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_f$  (calculée à la question 3.3.). L'approximation n°1 est-elle justifiée?

3.4.2. En supposant que l'approximation n°2 soit vérifiée, que peut-on dire de la dissociation de l'acide? En déduire si la transformation chimique est totale, limitée ou très limitée. Justifier la réponse.

3.4.3. En tenant compte de l'approximation n°2, vérifier, en posant l'opération, que la valeur de la constante d'équilibre  $K_2$  associée à l'équation de cet équilibre chimique est égale à  $1,56 \cdot 10^{-5}$ .

3.4.4. Le taux d'avancement final pour la solution considérée est donné par l'expression:  $\tau_2 = \frac{[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]_f}{c_2}$

Vérifier, en posant l'opération, que le taux d'avancement final de la réaction  $\tau_2$  est égal à  $1,25 \cdot 10^{-2}$ .

### 4. Conclusion: comparaison des résultats obtenus

On vient d'étudier deux solutions d'acide éthanóique de concentrations initiales différentes.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

|                        | Concentration molaire initiale d'acide éthanóique | Constante d'équilibre           | Taux d'avancement final       |
|------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Étude pHmétrique       | $c_1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$      | $K_1 = 1,6 \cdot 10^{-5}$       | $\tau_1 = 7,40 \cdot 10^{-2}$ |
| Étude conductimétrique | $c_2 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$      | $K_2 \approx 1,6 \cdot 10^{-5}$ | $\tau_2 = 1,25 \cdot 10^{-2}$ |

4.1. La constante d'équilibre  $K$  dépend-elle de la concentration initiale en acide éthanóique? Justifier la réponse à partir du tableau.

4.2. Le taux d'avancement final d'une transformation chimique limitée dépend-il de l'état initial du système chimique? Justifier la réponse à partir du tableau.

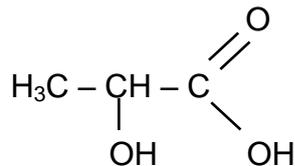
4.3. Un élève propose les deux affirmations suivantes. Préciser si elles sont justes ou fausses, une justification est attendue.

Affirmation 1: Plus l'acide est dissocié et plus le taux d'avancement final  $\tau$  est grand.

Affirmation 2: Plus la solution d'acide éthanóique est diluée, moins l'acide est dissocié.

#### Exercice 4 : Injections alcalinisantes (7 points)

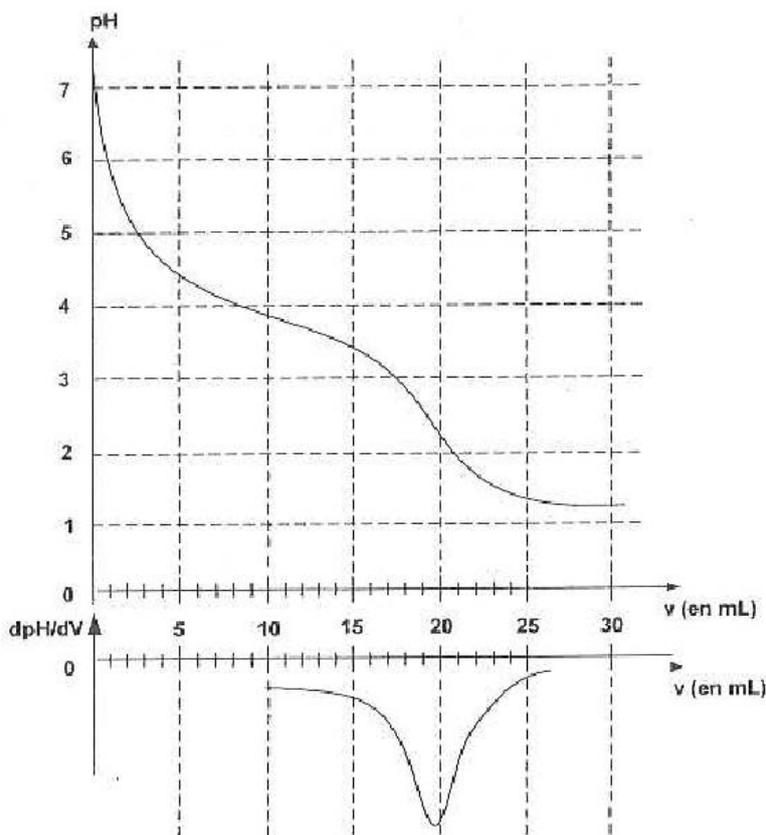
Des solutions d'hydrogencarbonate de sodium ou de lactate de sodium sont utilisées en injection par les médecins pour leurs propriétés alcalinisantes (traitement de l'excès d'acidité). L'ion lactate est la base conjuguée de l'acide lactique (ou acide 2-hydroxypropanoïque) de formule :



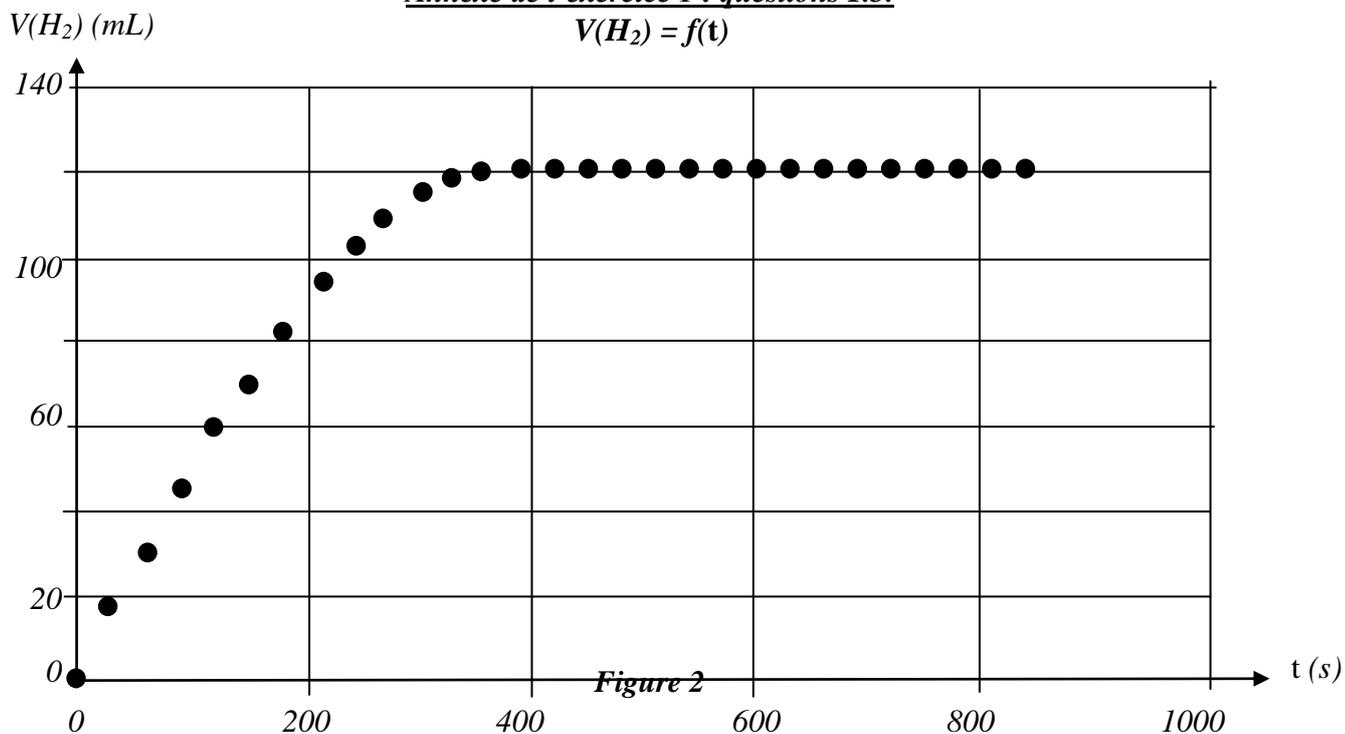
1. Recopier la formule de l'acide lactique. Entourer et nommer les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) présents dans la molécule d'acide lactique. L'acide lactique sera noté AH dans la suite du problème.
2. Écrire la formule semi-développée de l'ion lactate. L'ion lactate sera noté  $A^-$  dans la suite du problème.
3. Pour vérifier la concentration d'une solution commerciale, on procède à un titrage pH-métrique des ions lactate contenus dans cette solution.

On prélève un volume  $V_1 = 20,0$  mL de solution S de lactate de sodium et l'on y verse une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire en soluté apporté  $C_2 = 1,0$  mol.L<sup>-1</sup>. On mesure le pH au fur et à mesure de l'addition d'acide. On obtient la courbe en annexe.

- 3.1. Écrire l'équation de la réaction du titrage, la transformation associée étant considérée comme totale.
- 3.2. Déterminer graphiquement le volume d'acide versé à l'équivalence  $V_{2E}$ , en expliquant la méthode choisie.
- 3.3. En déduire la concentration molaire en soluté apporté  $C_1$  de la solution de lactate de sodium. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.
- 3.4. Pour vérifier que la réaction support du dosage est bien totale, on se place dans un cas particulier avant l'équivalence lorsque l'on a versé 9,0 mL d'acide.
  - 3.4.1 Calculer la quantité d'ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  introduite dans ces conditions.
  - 3.4.2 Le pH de la solution est alors égal à 4,0. Calculer la quantité d'ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  alors présente dans la solution.
  - 3.4.3 En déduire que la transformation pouvait être considérée comme totale.



Annexe de l'exercice 1 : questions 1.3.



Annexe de l'exercice 2 :

| date             | Valeur de $(u_R)_t$ en V | Valeur de $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_t$  |
|------------------|--------------------------|---|
| $t_0 = 0$ s      | $(u_R)_0 = 0,000$        | $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{t_0} =$      |
| $t = \Delta t$   | $(u_R)_{\Delta t} =$     | $\left(\frac{du_R}{dt}\right)_{\Delta t} =$ |
| $t = 2 \Delta t$ | $(u_R)_{2\Delta t} =$    |   |

Annexe de l'exercice 3 :

|   | Avancement           | $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ |          |  |  |
|---|----------------------|---|----------|--|--|
| État initial                                | $x = 0$              |   | en excès |  |  |
| État final théorique                        | $x = x_{\text{max}}$ |   | en excès |  |  |
| État final expérimental ou état d'équilibre | $x = x_f$            |   | en excès |  |  |

**Exercice 2 : les sons et la flute de pan (11 points) pour les spé**

• **Étude des sons produits par différents instruments.**

Un microphone est relié à un ordinateur. Différents instruments sont placés devant ce microphone. On réalise une acquisition des sons émis par ces instruments, puis, pour certains, une analyse spectrale à l'aide d'un logiciel adapté.

Un son est caractérisé par des propriétés physiologiques : intensité, hauteur, timbre. L'étude des courbes obtenues lors des acquisitions (documents 1 à 4) permet de retrouver certaines de ces propriétés.

1. Deux des sons étudiés correspondent à la même note.

1.1. *Quelle est alors leur propriété physiologique commune ? Nommer la grandeur physique associée.*

1.2. *Identifier les documents correspondants et calculer cette grandeur.*

1.3. *Sont-ils obtenus avec le même instrument ? Pourquoi ? Quelle est la propriété physiologique mise en jeu ?*

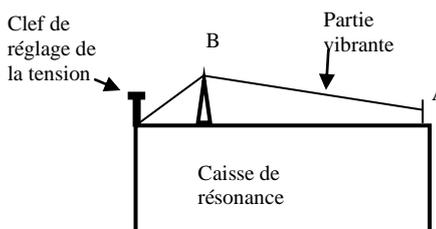
2. Les documents 5 et 6 correspondent à l'analyse spectrale des sons relatifs aux documents 1 et 2.

2.1. *Pour chacun des deux sons, déterminer la fréquence fondamentale. Donner les fréquences des harmoniques. Quel est le rapport entre les fréquences des harmoniques et celle du fondamental ?*

2.2. *Attribuer chaque spectre de fréquence au son correspondant*

2.3. *Le son n°4 a été produit en pinçant une corde tendue entre deux points fixes selon le dispositif suivant :*

*On pince la corde. Elle vibre suivant ses différents modes propres de vibration.*



AB = L = 50 cm  
B : chevalet pouvant être déplacé

2.3.1. *En utilisant le spectre de ce son (document 7), déterminer sa fréquence fondamentale f.*

*Le mode propre de vibration de fréquence f correspond à une onde stationnaire produite par la propagation entre A et B d'une onde progressive sinusoïdale de longueur d'onde λ.*

On rappelle l'expression de la célérité v d'une onde sur une corde tendue : 
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

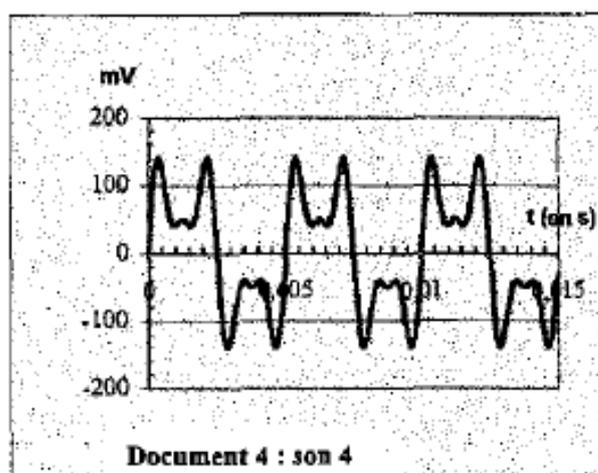
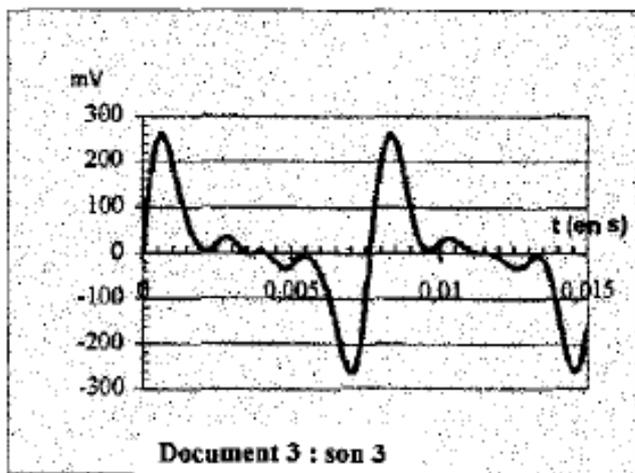
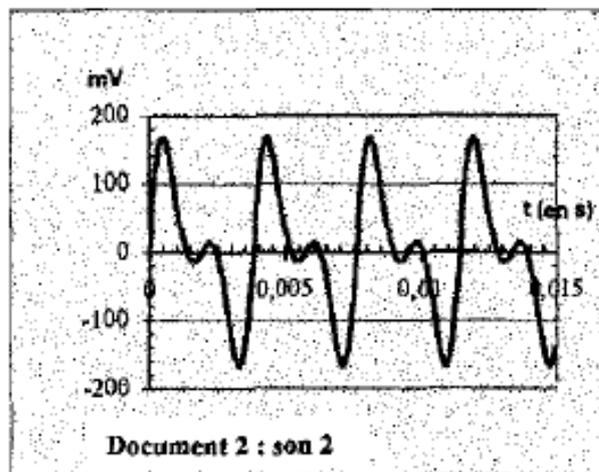
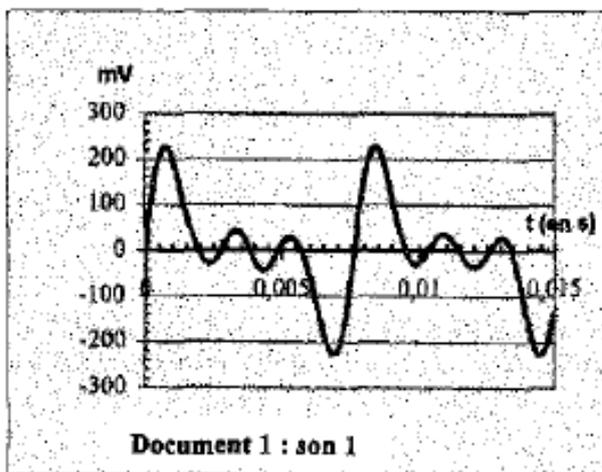
F (en N) étant la tension et μ (en kg.m<sup>-1</sup>) la masse linéique ou masse par unité de longueur de la corde.

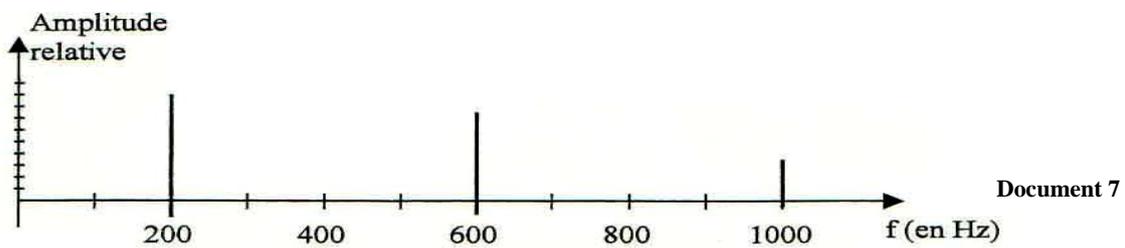
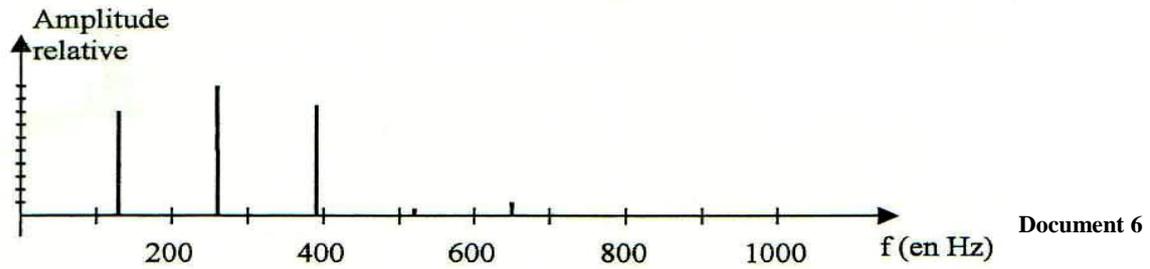
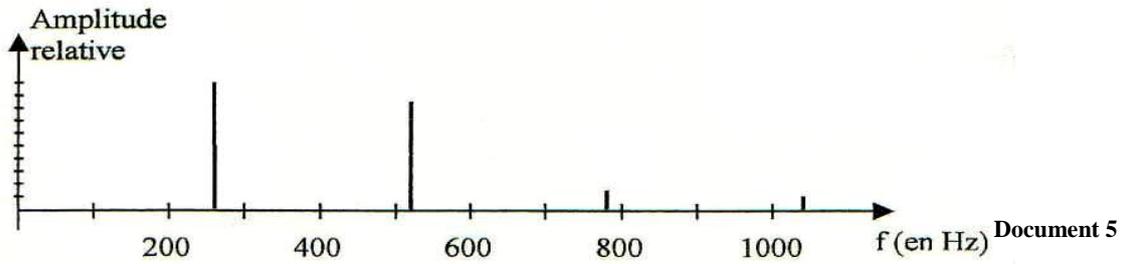
2.3.2. *Exprimer L en fonction de λ pour que cette onde stationnaire correspondant à la fréquence fondamentale puisse s'établir.*

2.3.3. *Rappeler la relation entre la célérité v, la fréquence f d'une onde sinusoïdale et la longueur d'onde λ.*

2.3.4. *Exprimer la valeur de la tension de la corde AB en fonction de L pour qu'elle émette le son étudié.*

2.3.5. *Si on diminue cette tension, le son émis devient-il plus grave ou plus aigu ? Justifier*

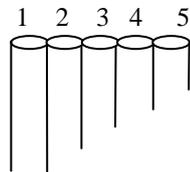




• **Quelques propriétés de la flûte de pan**

La flûte de Pan est très certainement un des instruments les plus faciles à fabriquer. Il suffit de quelques bouts de roseau bien évidés, d'un peu de bougie et d'un bon couteau !

Cette flûte consiste en une série de tuyaux de longueurs différentes qui sont maintenus ensemble par des ligatures (voir figure ci-dessous). Une extrémité de chaque tuyau est à l'air libre, l'autre (le fond) est fermée.



Une fois construite, cette flûte doit jouer les notes  $do_3$ ,  $mi_3$ ,  $sol_3$ ,  $do_4$  et  $mi_4$ . Les deux dernières notes sont à l'octave respectivement des notes  $do_3$  et  $mi_3$ , c'est-à-dire qu'il y a une octave entre  $do_3$  et  $do_4$  (idem pour  $mi_3$  et  $mi_4$ ), la note  $do_4$  étant plus aiguë que  $do_3$  (idem pour  $mi_4$  plus aiguë que  $mi_3$ ).

Une recherche documentaire a permis de connaître les fréquences des trois premières notes :

|                 |        |        |         |
|-----------------|--------|--------|---------|
| notes           | $do_3$ | $mi_3$ | $sol_3$ |
| Fréquence en Hz | 262    | 328    | 393     |

3.1. Rappeler la définition de deux sons à l'octave et déterminer les fréquences de la note  $do_4$ .

Une étude plus fine montre qu'il y a toujours un nœud de vibration à une extrémité fermée d'un tuyau et un ventre de vibration à une extrémité ouverte.

On note  $\lambda$  la longueur d'onde du son de fréquence  $f$ . On rappelle qu'un nœud et un ventre consécutifs sont distants de  $\frac{\lambda}{4}$ .

3.4. Montrer que le tuyau de la flûte de longueur  $L$  est accordé sur le son de longueur d'onde  $\lambda$  si  $L = n \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$ ,  $n$  étant un nombre entier positif ou nul.

3.5. On appelle mode chaque valeur de  $n$ . Qu'appelle-t-on mode fondamental ? Que vaut  $L$  dans ce cas ?

3.4. On dit parfois que les seuls sons possibles pour une flûte de Pan sont les harmoniques impairs. Justifier cette affirmation.