

## Exercice I. AUTOUR DE LA VOITURE (7 points)

Les parties A et B sont indépendantes.

### Partie A : Le stationnement « ultra-simple » avec les ultrasons

*Les ultrasons sont des ondes mécaniques de période plus courte que les ondes sonores audibles. Elles ont été découvertes en 1883 par le physiologiste anglais Francis Galton.*

*Une des nouvelles applications des ultrasons se trouve dans l'industrie automobile, où l'on peut les utiliser afin d'éviter les obstacles.*

*Certains systèmes permettent de se garer automatiquement en quelques secondes : toute place de stationnement parallèle à la file de circulation disponible et mesurant au moins un mètre quarante de plus que le véhicule est reconnue par les capteurs à ultrasons qui permettent de calculer la trajectoire optimale pour effectuer le créneau sans que le conducteur n'ait à toucher le volant.*

#### 1. Généralités sur les ondes sonores

- 1.1. Donner la définition d'une onde mécanique progressive.
- 1.2. Les ondes sonores sont un exemple d'ondes mécaniques. Pourquoi une éventuelle communication par onde sonore entre la Terre et la Lune ne serait-elle pas possible ?
- 1.3. Donner un exemple d'onde pouvant se propager dans le vide.
- 1.4. Dans le cas d'une onde sonore, la direction de la perturbation est parallèle à celle de la direction de la propagation. Comment peut-on alors qualifier ces ondes ?

#### 2. Détermination de la célérité des ultrasons : 1<sup>ère</sup> méthode

On alimente un émetteur d'ultrasons en mode « Salve ».

On place face à l'émetteur deux récepteurs **A** et **B** comme indiqué sur le schéma simplifié du montage fourni en **ANNEXE PAGE 10**.

Le récepteur **A** est relié à la voie EA0 du boîtier d'acquisition, le récepteur **B** à la voie EA1.

L'enregistrement est présenté en **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 10**.

La fenêtre 1 correspond au récepteur **A**, la fenêtre 2 correspond au récepteur **B**.

- 2.1. Compléter le schéma simplifié du montage donné en **ANNEXE PAGE 10** en y faisant apparaître les branchements vers le boîtier d'acquisition.
- 2.2. Identifier et indiquer dans la fenêtre 1, les zones d'émission sonore et les zones sans émission.
- 2.3. Positionner les salves de l'acquisition obtenue dans la fenêtre 2 de la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 10**. (on ne représentera que leurs enveloppes).

On déplace ensuite le récepteur **B**, dans la direction émetteur-récepteur, d'une distance  $d$  suffisamment grande pour pouvoir mesurer avec précision le retard ultrasonore  $\Delta t$  correspondant au passage de l'onde par les deux récepteurs. Le déplacement s'effectue selon un axe parallèle à l'axe  $x'x$  du schéma simplifié du montage.

Afin de déterminer la célérité des ondes ultrasonores, on réalise une acquisition (sur une durée inférieure à celle d'une salve) pour une distance  $d = 0,3$  m donnant les enregistrements présentés dans la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

- 2.4. Indiquer sur la figure 2 le retard  $\Delta t$  correspondant et le mesurer.
- 2.5. En déduire la valeur  $v_1$  de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.

2.6. Obtiendrait-on le même résultat pour la célérité si on effectuait l'expérience en utilisant l'eau à la place de l'air comme milieu de propagation ? Justifier.

### 3. Détermination de la célérité des ultrasons : 2<sup>ème</sup> méthode

On fait maintenant fonctionner l'émetteur en mode « Continu ».

On visualise cette fois-ci les signaux à l'aide d'un oscilloscope : le récepteur **A** est relié à la voie 1 et le récepteur **B** à la voie 2.

Au départ, on place à nouveau les deux récepteurs en face de l'émetteur, côte à côte, comme sur le schéma simplifié du montage de départ.

**Les deux signaux sont alors superposés et confondus.**

En choisissant une sensibilité verticale de  $0,10 \text{ V.div}^{-1}$  et une sensibilité horizontale de  $10 \mu\text{s.div}^{-1}$ , on obtient l'oscillogramme du signal capté par le récepteur **A** présenté en **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

3.1. Déterminer la période et en déduire la fréquence des ultrasons.

3.2. On déplace le récepteur **B** en l'éloignant du récepteur **A**, ce dernier étant fixé. Le déplacement s'effectue dans la direction émetteur-récepteur selon un axe parallèle à l'axe  $x'x$  du schéma simplifié du montage : les deux sinusoïdes se décalent puis se superposent à nouveau.

On répète l'opération d'éloignement du récepteur **B** jusqu'à la 10<sup>ème</sup> superposition des courbes. La distance  $d_1$  entre **A** et **B** est alors de 8,4 cm.

Utiliser ces données pour déterminer la valeur d'une grandeur caractéristique de l'onde que l'on nommera.

3.3. Utiliser les questions 3.1 et 3.2 pour déterminer une valeur  $v_2$  de la célérité des ultrasons. On précisera la démarche et les calculs effectués.

3.4. On donne sur la **FIGURE 4 DE L'ANNEXE PAGE 11** le signal capté par le récepteur **B** lorsqu'il a été décalé d'une autre distance  $d_2$  par rapport au récepteur **A**. On néglige tout amortissement. La distance  $d_2$  étant comprise entre 3,5 cm et 4,0 cm, déduire à l'aide de la **FIGURE 4 DE L'ANNEXE PAGE 11**, la valeur de  $d_2$ .

### 4. Détection de distance

Une voiture est équipée d'un système comportant un émetteur et un récepteur d'ultrasons placés côte à côte à l'arrière du véhicule.

Lors d'une marche arrière, une salve ultrasonore est envoyée et réfléchiée par un obstacle puis détectée par le récepteur 9,0 ms après l'émission, la célérité du son étant considérée comme égale à  $1,2 \cdot 10^3 \text{ km.h}^{-1}$ .

A quelle distance se trouve l'obstacle de la voiture ? Justifier la réponse.

### Partie B : L'électrolyte utilisé dans la batterie

La batterie d'une voiture est composée de plusieurs cellules d'accumulateurs montées en série. L'électrolyte utilisé est une solution aqueuse d'acide sulfurique concentré. On se propose dans cette partie de mesurer la concentration  $c$  en soluté  $\text{H}_2\text{SO}_4$  apporté dans cet électrolyte.

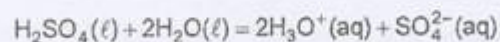
1. L'électrolyte  $S_0$  étant trop concentré, on se propose de le diluer 1000 fois. On obtient une solution  $S_1$ . Choisir, en justifiant, parmi le matériel proposé, la verrerie nécessaire pour réaliser cette manipulation :

- fioles jaugées de 10,00 mL, 50,00 mL, 100,00 mL, 1,00 L
- pipettes graduées de 1,0 mL, 2,0 mL, 10,0 mL
- pipettes jaugées de 1,00 mL, 2,00 mL, 10,00 mL
- béchers de 50 mL, 100 mL, 1 L

2. On mesure le pH de la solution  $S_1$  :  $\text{pH} = 2,13$  ; en déduire la concentration en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  de cette solution.

3. En déduire la concentration en ions oxonium de la solution  $S_0$ .

4. L'électrolyte  $S_0$  a été préparé par dissolution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dans l'eau. La réaction est totale et peut s'écrire :



4.1. Compléter le tableau d'avancement donné en **ANNEXE PAGE 12**

4.2. Etablir une relation entre la quantité de matière finale  $n_f(\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}))$  d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  et l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$  de la réaction.

4.3. En déduire une relation entre la quantité de matière initiale  $n_i(\text{H}_2\text{SO}_4)$  de soluté  $\text{H}_2\text{SO}_4$  apporté et la quantité finale  $n_f(\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}))$  d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ .

4.4. Montrer que la concentration  $c$  en soluté  $\text{H}_2\text{SO}_4$  apporté dans l'électrolyte vaut  $3,71 \text{ mol.L}^{-1}$ .

## EXERCICE II. PLUTON ET CHARON (5 points)

Pluton a été découverte par l'astronome Clyde W. Tombaugh, le 18 février 1930, après de longs mois d'observations. Pendant 66 ans, elle fut considérée comme la neuvième planète du système solaire. Cependant, depuis une quinzaine d'années, des objets semblables à Pluton de par leur taille et leur masse ont été découverts obligeant l'union astronomique internationale (UAI) à redéfinir la notion de planète.

Depuis le mois d'août 2006, Pluton est classée parmi les planètes naines.

Jusqu'en 1978, année de découverte du premier satellite naturel Charon, la masse de Pluton n'était pas connue avec exactitude.

### Données :

$$G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

1 année sidérale = 365,2564 jours solaires moyens.

1 jour solaire moyen a une durée égale à 86 400 s.

Les caractéristiques de Pluton et de Charon sont données ci-après :

Tableau n°1 : Caractéristiques de Pluton

Rayon à l'équateur (km)	Distance moyenne au Soleil (km)
$1,15 \cdot 10^3$	$5,91 \cdot 10^9$

Tableau n°2 : Caractéristiques de Charon

Masse (kg)	Rayon à l'équateur (km)	Période de rotation propre (en jours solaires)	Période de révolution autour de Pluton (en jours solaires)	Distance moyenne au centre de Pluton (km)
$1,61 \cdot 10^{21}$	$6,03 \cdot 10^2$	6,387	6,387	$1,94 \cdot 10^4$

L'objectif de cet exercice est de déterminer la masse de Pluton en utilisant deux hypothèses qui conduiront à deux valeurs de cette masse notées  $M_{P1}$  et  $M_{P2}$ .

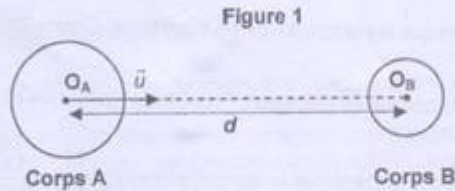
Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes.

### 1. Généralités

1.1. Définir un mouvement circulaire uniforme.

✕ 1.2. Quelles sont les deux conditions nécessaires pour observer un mouvement circulaire uniforme ?

1.3. La figure 1 ci-dessous représente deux corps A et B à symétrie sphérique et homogènes en masse, de centres de gravité respectifs  $O_A$  et  $O_B$ .  $\vec{u}$  est un vecteur unitaire. La distance entre les deux centres de gravité est notée  $d$ . La masse du corps A est notée  $M_A$ , celle du corps B est notée  $M_B$ .



Donner l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle  $\vec{F}_{A \rightarrow B}$  exercée par le corps A sur le corps B.

## 2. Etude du système Pluton - Charon

Le référentiel attaché à Pluton est appelé référentiel plutonocentrique. L'origine du référentiel est le centre de gravité de Pluton et ses axes sont parallèles à ceux du référentiel héliocentrique.

On considère que le référentiel plutonocentrique est galiléen. Les corps célestes Pluton et Charon sont à symétrie sphérique et à répartition uniforme de masse. On néglige toutes les interactions autres que les interactions entre Pluton et Charon.

On notera  $M_P$  la masse de Pluton,  $M_C$  la masse de Charon,  $P$  et  $C$  les centres de gravité respectifs de Pluton et de Charon.

On fera dans un premier temps l'hypothèse que la masse de Charon est négligeable devant celle de Pluton.

Le centre de gravité de Charon décrit une trajectoire circulaire de rayon  $R$  autour de Pluton. Cette trajectoire est représentée sur la figure 2 ci-dessous. On admet que cette trajectoire est plane.

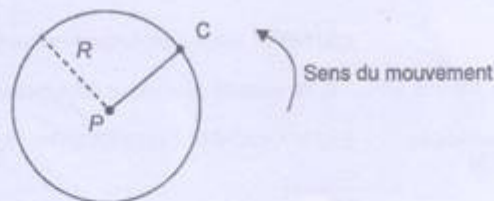


Figure 2

### 2.1. Période de révolution

Pluton met 6,387 jours solaires pour faire un tour sur elle-même et 248 années sidérales pour effectuer un tour autour du Soleil.

Quelle est la période de révolution de Pluton ? Justifier la réponse.

### 2.2. Étude du mouvement de Charon

2.2.1. En Appliquant la seconde loi de Newton au centre d'inertie de Charon, en déduire les caractéristiques (direction, sens, norme) du vecteur accélération  $\vec{a}$  du centre d'inertie de Charon. La norme sera exprimée en fonction des données de l'énoncé.

2.2.2. Vérifier que le mouvement circulaire uniforme est une solution de la relation établie à la question 2.2.1. et montrer alors que la vitesse du centre d'inertie de Charon est :  $v = \sqrt{\frac{GM_{P1}}{R}}$

2.2.3. Établir l'expression de la période de révolution  $T$  de Charon autour de Pluton.

2.2.4. Déduire des deux questions précédentes la relation suivante :  $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM_{P1}}$

### 2.3. Détermination de la masse de Pluton

2.3.1. A l'aide de la question 2.2.4, expliquer ce qui a permis, à partir de 1978, de déterminer la masse de Pluton.

2.3.2. En utilisant les tableaux de données et la question 2.2.4, calculer la masse  $M_{P1}$  de Pluton.

2.3.3. En réalité, la masse de Charon n'est pas négligeable devant celle de Pluton. On cherche donc à calculer la masse de Pluton, notée  $M_{P2}$  en tenant compte de cette nouvelle hypothèse.

On montre alors que  $\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G(M_{P2} + M_C)}$

En déduire la masse  $M_{P2}$  de Pluton.

2.3.4. La valeur admise pour la masse de Pluton est  $1,31 \cdot 10^{22}$  kg. Discuter de la pertinence de l'hypothèse formulée à la question 2.3.3.

### EXERCICE III. LA BOUTEILLE MAGIQUE (4 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève d'une terminale S doit réaliser le mélange réactionnel décrit dans le protocole expérimental suivant.

#### Protocole expérimental

- Dans un erlenmeyer contenant une solution S dont on ne se souciera pas du contenu, on dissout du glucose.
- On ajoute une solution de bleu de méthylène. Cette solution donne une coloration bleue au mélange réactionnel.
- On constate que la solution bleue devient progressivement incolore. → lente
- Boucher l'erlenmeyer et agiter vigoureusement : la solution devient immédiatement bleue puis se décolore de nouveau lentement.
- Agiter une nouvelle fois : la solution devient tout de suite bleue puis se décolore progressivement.

#### Données du problème

- La seule espèce colorée dans le mélange réactionnel est la forme oxydée du bleu de méthylène qui donne une coloration bleue. Elle est notée  $BM^+(aq)$ .
- La forme réduite est notée  $BMH(aq)$ .
- Dans les conditions de l'expérience, le glucose est un réducteur qui réduit le bleu de méthylène. On admettra qu'il est introduit en large excès devant les autres réactifs.
- Le glucose est noté  $RCHO(aq)$ . Sa masse molaire est  $M = 180 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

#### Couples oxydant / réducteur mis en jeu

- $BM^+(aq) / BMH(aq)$
- $O_2(aq) / H_2O(l)$
- $RCOOH(aq) / RCHO(aq)$

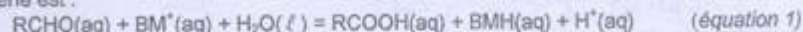
#### 1. Équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre le glucose et la solution de bleu de méthylène

1.1. Donner la définition d'un oxydant, puis d'un réducteur.

1.2. Écrire la demi-équation électronique de réduction de la forme oxydée  $BM^+(aq)$  du bleu de méthylène.

1.3. Écrire la demi-équation électronique d'oxydation du glucose  $RCHO(aq)$ .

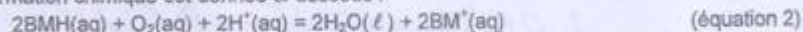
1.4. En déduire que l'équation d'oxydoréduction entre le glucose et la forme oxydée du bleu de méthylène est :



Cette réaction est lente.

#### 2. Interprétation des observations

Lorsque l'on agite l'erlenmeyer, une partie du dioxygène de l'air se dissout dans la solution puis réagit en oxydant la forme réduite du bleu de méthylène. L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique est donnée ci-dessous :



Cette réaction est rapide et totale.

2.1. À l'aide des caractéristiques des équations chimiques 1 et 2, expliquer les variations de couleur observées lors de l'expérience et leurs vitesses.

2.2. Quels facteurs cinétiques pourrait-on utiliser pour augmenter la vitesse de la réaction décrite dans la partie 1 ?

### 3. Étude quantitative

L'erenmeyer dans lequel l'élève réalise l'expérience est bouché hermétiquement et contient un volume  $V(O_2) = 48 \text{ mL}$  de dioxygène et 5,0 g de glucose RCHO.  
Le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience vaut  $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$ .

3.1. Compléter de façon littérale et en respectant les notations, le tableau d'avancement de l'ANNEXE PAGE 12.

3.2. Calculer la quantité de matière initiale  $n_i(O_2)$  de dioxygène contenu dans l'erenmeyer.

On réalise une série d'agitations successives qui permet de dissoudre tout le dioxygène présent dans l'erenmeyer.

3.3. En déduire la quantité de matière  $n_i(BMH)$  susceptible de réagir avec la quantité de matière initiale  $n_i(O_2)$  de dioxygène.

3.4. À partir de l'équation 1, montrer que la quantité de matière de glucose  $n(RCHO)$  ayant réagi au cours de l'expérience est  $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

3.5. En déduire la masse  $m$  de glucose n'ayant pas réagi dans l'erenmeyer.

48 mL  $O_2$

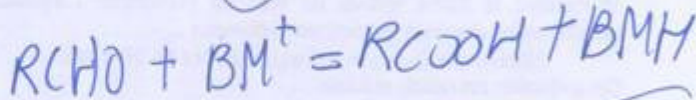
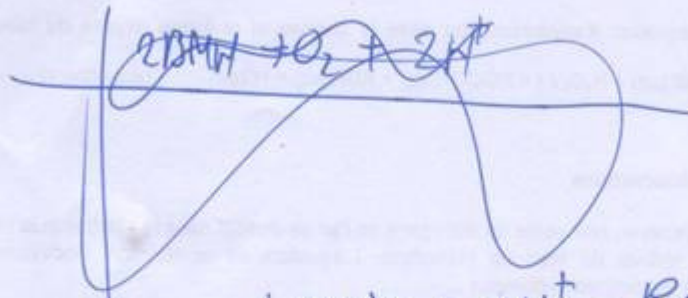
5g RCHO

$$V_m = 24 \text{ L/mol}$$

$$m(RCHO) = n_i - n_f$$

$$28 \cdot 10^{-2} - n_f = 4 \cdot 10^{-3}$$

$$n_f = 2,37 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

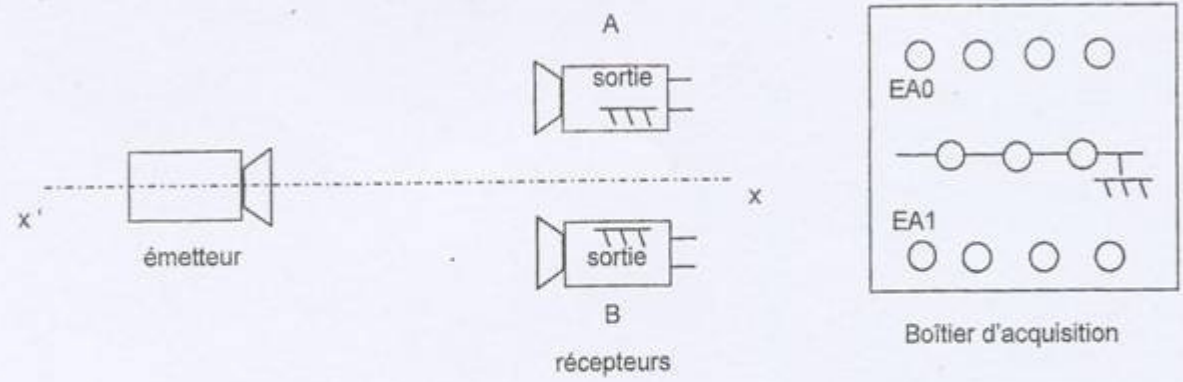


$$m_i = \frac{m}{M}$$

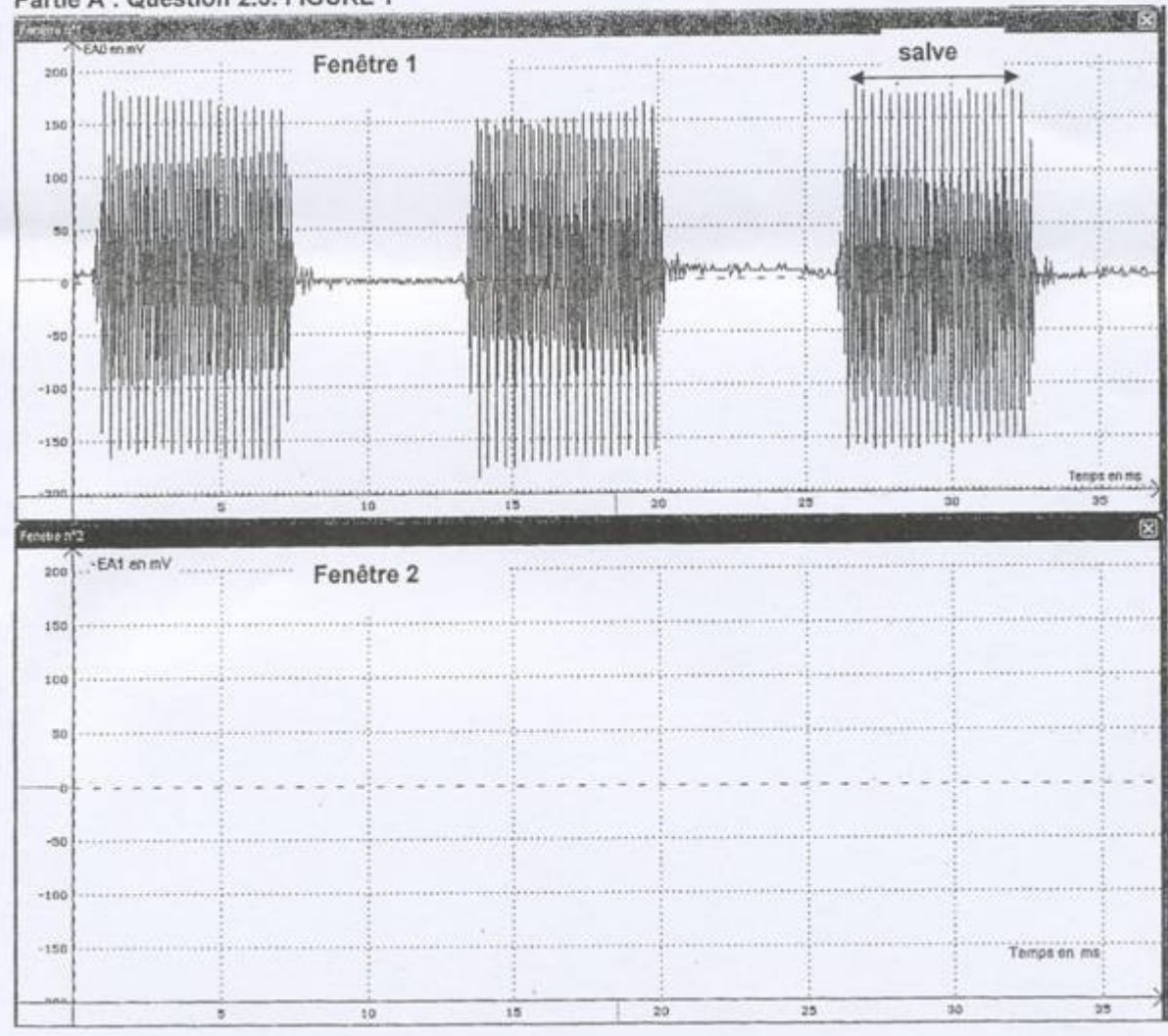
$$n_f = n_i - n_{max}$$

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Partie A : Question 2.1. Schéma simplifié du montage

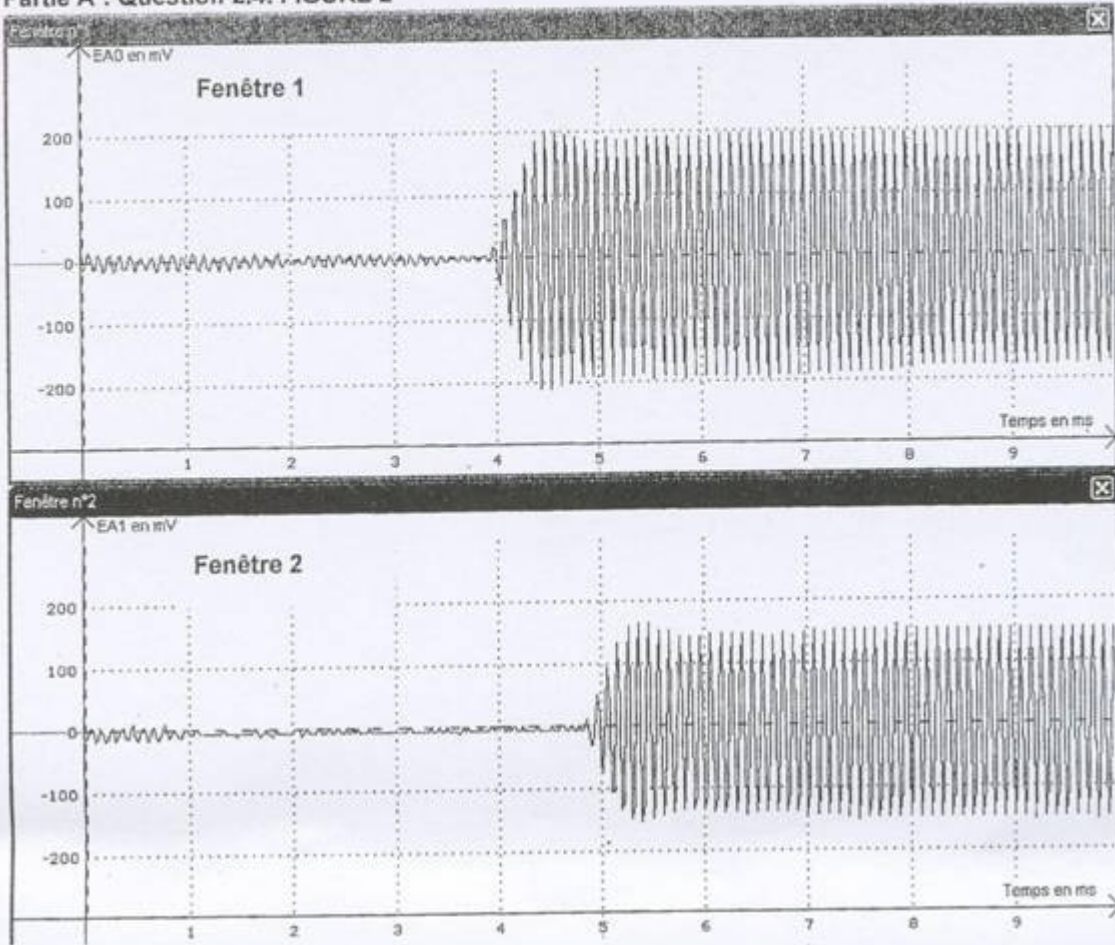


Partie A : Question 2.3. FIGURE 1

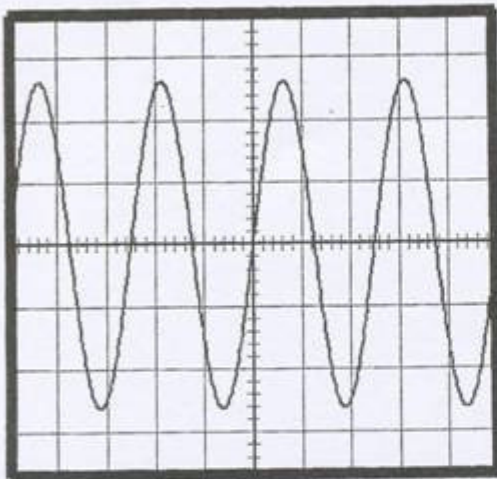


ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

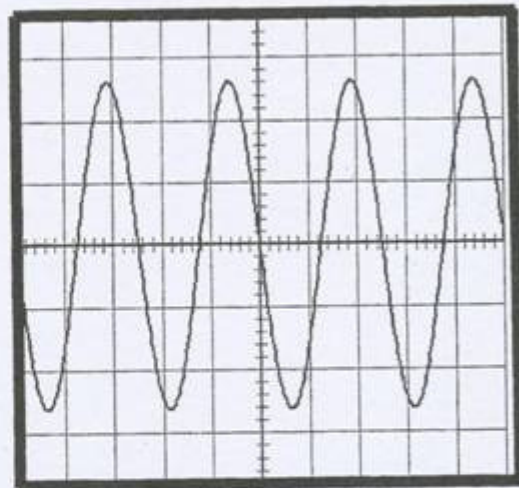
Partie A : Question 2.4. FIGURE 2



Partie A : Question 3.1 Figure 3



Question 3.4 Figure 4



## ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Partie B : Question 4.1 Tableau d'avancement

<i>Équation chimique</i>		<b><math>H_2SO_4(l) + 2 H_2O(l) = 2 H_3O^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)</math></b>			
<i>État du système</i>	<i>Avancement (mol)</i>	<i>Quantités de matière (mol)</i>			
<i>État initial</i>	0	$n_i(H_2SO_4)$	<i>excès</i>	0	0
<i>État intermédiaire</i>	x		<i>excès</i>		
<i>État final</i>	$x_{max}$		<i>excès</i>		