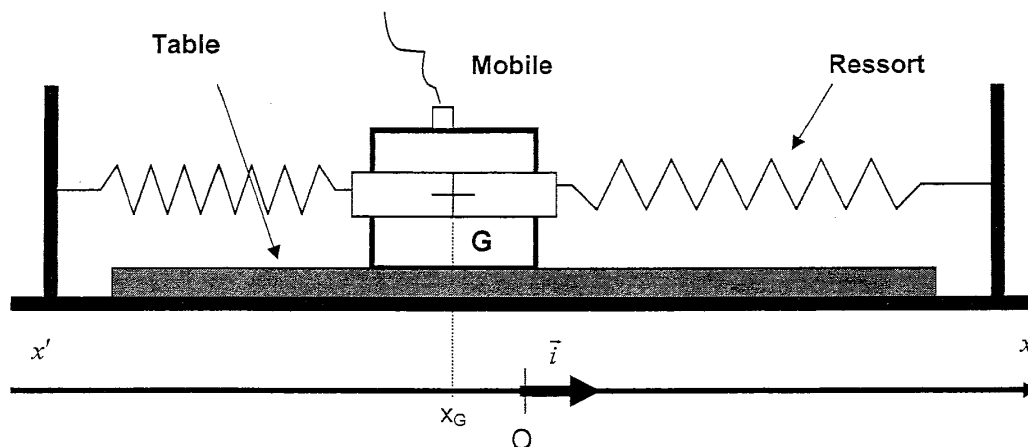


## EXERCICE I : ÉTUDE EXPERIMENTALE D'UN OSCILLATEUR MECANIQUE (5 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques des élèves étudient le mouvement, sur une table horizontale, d'un mobile autoporteur de masse  $m = 0,714 \text{ kg}$  relié à deux ressorts à spires non jointives et de masses négligeables.

Le mobile est initialement écarté de sa position d'équilibre et lancé avec une vitesse initiale  $V_0$ . Le mouvement du mobile est filmé par les élèves. Les positions successives du centre d'inertie  $G$  du mobile sont repérées à l'aide d'un logiciel de pointage à partir de la date du lancement  $t_0$ . Elles sont repérées sur un axe  $x'x$  horizontal, orienté de gauche à droite. L'origine  $O$  de l'axe coïncide avec la position du centre d'inertie  $G$  lorsque le mobile est au repos. L'intervalle de temps séparant deux positions successives est  $\tau = 80 \text{ ms}$ .

Le schéma ci-dessous représente, à une date  $t$  quelconque, le dispositif expérimental utilisé ainsi que l'axe  $x'x$ .



On admettra que ce dispositif, constitué d'une masse et de deux ressorts, est équivalent à celui constitué de la même masse et d'un seul ressort de constante de raideur notée  $K$ .

### 1. Une première exploitation du pointage

Le tableau suivant donne les abscisses  $x_G$  des positions successives du centre d'inertie du mobile entre les dates  $t_{14}$  et  $t_{21}$ .

Position	14	15	16	17	18	19	20	21
Date $t$ (en s)	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	1,52	1,60	1,68
Abscisse $x_G$ (en m)	-0,119	-0,112	-0,096	-0,073	-0,046	-0,015	0,017	0,048

1.1 En exploitant numériquement les données du tableau précédent, un élève calcule la valeur de la vitesse à la date  $t_{17}$ . Il trouve  $V_{G_{17}} = 0,31 \text{ m.s}^{-1}$ . Calculer la valeur de la vitesse  $V_{G_{19}}$  à la date  $t_{19}$ .

1.2 Exprimer le vecteur accélération  $\vec{a}_{G_{18}}$  du mobile au passage du point  $G_{18}$  en fonction des vecteurs vitesses  $\vec{V}_{G_{17}}$  et  $\vec{V}_{G_{19}}$  et de l'intervalle de temps correspondant. Tous ces vecteurs étant colinéaires, vérifier que la valeur de l'accélération à la date  $t_{18}$  est égale à  $0,50 \text{ m.s}^{-2}$ .

1.3 La **figure 1** fournie en **ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**, représente le dispositif équivalent au dispositif expérimental (il ne comporte donc qu'un seul ressort de raideur  $K$ ). Sur cette représentation, le ressort est comprimé. Les forces de frottements sont supposées négligeables.

**SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**, représenter les trois forces qui s'exercent sur le mobile autoporteur sans considération d'échelle.

1.4 Parmi les propositions suivantes, choisir l'expression vectorielle de la force de rappel exercée par le ressort sur le mobile en fonction de l'abscisse  $x_G$  du centre d'inertie.

$$\vec{F} = K x_G \vec{i} \quad \text{ou} \quad \vec{F} = -K x_G \vec{i}$$

1.5

1.5.1 En projetant sur l'axe  $x'x$  la relation entre vecteurs traduisant la seconde loi de Newton appliquée sur le mobile, établir la relation entre  $K$ ,  $m$ ,  $x$  et  $a_x$  (équation 1).

1.5.2 En reprenant les valeurs de l'abscisse et de l'accélération à la date  $t_{18}$ , en déduire une estimation de la valeur numérique de la constante de raideur  $K$  du ressort équivalent. *Donnée* :  $m = 0,714 \text{ kg}$

## 2. La période propre de l'oscillateur

L'équation horaire du mouvement est de la forme générale :

$$x_G(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi_0\right)$$

2.1 Nommer les deux grandeurs  $X_m$  et  $\varphi_0$ .

2.2 Choisir l'expression correcte de la période propre parmi les suivantes. Justifier par une analyse dimensionnelle.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{K}{m}} \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{m \times K} \qquad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

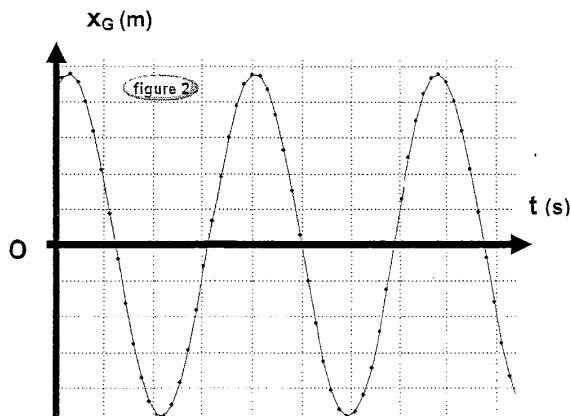
2.3 Les élèves mesurent la période des oscillations. Ils trouvent  $T_0 = 1,88 \text{ s}$ .

Déduire de cette mesure une nouvelle estimation de la valeur de  $K$ .

Rappel :  $m = 0,714 \text{ kg}$

### 3. Les conditions initiales et l'énergie mécanique

La **figure 2** ci-dessous représente la courbe  $x_G = f(t)$  obtenue par les élèves ainsi que le résultat de sa modélisation.



Résultat de la modélisation de la courbe  $x_G = f(t)$  :

$$x_G(t) = a \times \cos(b \times t + c)$$

$$\begin{aligned} \text{Avec } a &= 0,120 \text{ m} \\ b &= 3,34 \text{ rad.s}^{-1} \\ c &= -0,488 \text{ rad} \end{aligned}$$

**3.1** Vérifier à l'aide du résultat de la modélisation que l'abscisse  $x_{G_0}$  du centre d'inertie du mobile à la date  $t_0 = 0$  s est égale à 10,6 cm.

**3.2** Toujours en utilisant le résultat de la modélisation, montrer que l'expression de la vitesse  $V_G$  en fonction du temps est donnée par :

$$V_G(t) = -0,401 \sin(3,34 t - 0,488) \quad (\text{ms}^{-1})$$

**3.3** Calculer la valeur de la vitesse initiale  $V_{G_0} = \left( \frac{dx_G}{dt} \right)_{t=0}$  communiquée au mobile.

Dans quel sens cette vitesse a-t-elle été communiquée ?

**3.4** Soit  $E_m$  l'énergie mécanique du système {Mobile+Ressort}. La masse du ressort est négligeable.

**3.4.1** Donner l'expression de l'énergie mécanique  $E_m$  en fonction de  $K$ , de  $m$ , de l'abscisse  $x_G$  et de la vitesse  $V_G$  du centre d'inertie du mobile.

**3.4.2** La valeur de l'énergie mécanique à la date  $t_{17}$  pour laquelle  $V_{G_{17}} = 0,31 \text{ m.s}^{-1}$  est  $E_m = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ J}$ . En utilisant le tableau de valeurs **page 2/11**, retrouver la valeur de la constante de raideur  $K$ .

**3.4.3** L'énergie mécanique  $E_m$  du système se conserve-t-elle sur la durée de l'enregistrement ? Justifier (aucun calcul n'est demandé).

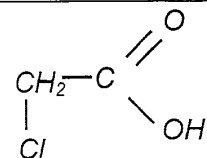
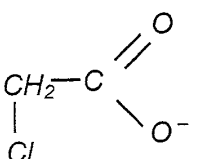
## EXERCICE II : L'ELEMENT CHLORE (7 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

### 1. Réactions totales ou partielles ?

Dans cette partie, on cherchera à comparer la réactivité avec l'eau de deux acides dont les molécules comportent l'élément chlore : l'acide monochloroéthanoïque et l'acide chlorhydrique.

L'ensemble des informations concernant le premier couple acido-basique étudié (acide monochloroéthanoïque / ion monochloroéthanoate) est regroupé dans le tableau ci-dessous.

	Formule brute	Formule semi-développée
acide monochloroéthanoïque	$\text{ClCH}_2\text{COOH}$	
ion monochloroéthanoate	$\text{ClCH}_2\text{COO}^-$	

La masse molaire de l'acide monochloroéthanoïque est égale à :  
 $M(\text{ClCH}_2\text{COOH}) = 94,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .

On a préparé une solution notée  $S_1$  en dissolvant une masse  $m_1 = 0,945 \text{ g}$  d'acide monochloroéthanoïque dans l'eau. Le volume de solution, après dissolution totale, est égal à  $V_1 = 1,00 \text{ L}$ . Le pH de cette solution vaut  $\text{pH}_1 = 2,5$ .

La concentration molaire en soluté apporté en acide monochloroéthanoïque dans cette solution  $S_1$  est notée  $c_1$ .

On a préparé une solution d'acide chlorhydrique notée  $S_2$  en dissolvant une quantité de matière  $n_2 = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  de chlorure d'hydrogène gazeux dans l'eau. Le volume de solution après dissolution totale est égal à  $V_2 = 100 \text{ mL}$ . Le pH de cette solution vaut  $\text{pH}_2 = 2,0$ .

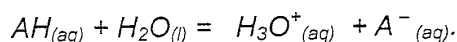
La concentration molaire en soluté apporté en acide chlorhydrique dans cette solution  $S_2$  est notée  $c_2$ .

1.1 Donner la définition d'un acide au sens de Brönsted.

1.2 Recopier sur la copie la formule semi-développée de l'acide monochloroéthanoïque. Entourer le groupe acide carboxylique présent dans cette molécule.

1.3 Montrer que les concentrations  $c_1$  et  $c_2$  sont égales.

1.4 On modélise la transformation chimique, entre chacun des deux acides et l'eau, par l'équation générale :



On considère un volume  $V$  de solution aqueuse d'un acide  $AH$ , de concentration molaire en soluté apporté  $c$ . On notera l'avancement  $x$ , l'avancement maximal  $x_{max}$  et l'avancement final  $x_f$ .

1.4.1 Compléter le tableau d'avancement, **SUR LE DOCUMENT 2 DE L'ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**, de la réaction de l'acide  $AH$  avec l'eau en le complétant avec les grandeurs  $c$ ,  $V$ ,  $x$ ,  $x_{max}$  et  $x_f$ .

1.4.2 Exprimer la quantité de matière finale en ion oxonium en fonction du pH et du volume  $V$ .

1.4.3 Définir le taux d'avancement final (ou à l'équilibre) noté  $\tau$ .

1.4.4 Montrer que le taux d'avancement s'écrit :

$$\tau = \frac{10^{-pH}}{c}$$

1.4.5 En déduire les valeurs  $\tau_1$  et  $\tau_2$  du taux d'avancement final de chacune des deux réactions associées aux transformations donnant les solutions  $S_1$  et  $S_2$ .

1.4.6 Conclure sur la réactivité avec l'eau de ces deux acides étudiés.

## 2. Datation d'une carotte glaciaire

### Informations générales :

Le chlore possède plusieurs isotopes dont trois seulement existent à l'état naturel : le chlore 35 (symbole :  $^{35}_{17}\text{Cl}$ ), le chlore 37 ( $^{37}_{17}\text{Cl}$ ) et le chlore 36 ( $^{36}_{17}\text{Cl}$ ).

Les deux premiers sont stables alors que le chlore 36 est radioactif.

Dans les eaux de surface (mers, lacs) le chlore 36 est constamment renouvelé et la teneur en chlore 36 reste constante au cours du temps. Cette constatation permet de nous donner une référence.

Dans la glace à plusieurs mètres sous la surface, le renouvellement n'existe plus et la proportion en chlore 36 par rapport à tous les noyaux de chlore présent initialement diminue au cours du temps.

La connaissance du temps de demi-vie du chlore 36 ( $t_{1/2} = 3,08 \cdot 10^5$  ans) et de sa teneur dans un échantillon de glace permet de dater celui-ci.

On note :  $N(t)$ , le nombre de noyaux de chlore 36 présents à la date  $t$ .  
 $N_0$ , le nombre de noyaux de chlore 36 présents initialement.  
 $\lambda$ , la constante radioactive de ce radioélément.

On rappelle que la constante radioactive et le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  sont liés par la relation :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

- 2.1** Donner la composition du noyau de chlore 36.
- 2.2** Donner la définition du terme « isotope ».
- 2.3** Donner la définition d'un noyau radioactif.
- 2.4** La réaction de désintégration du chlore 36 donne un noyau d'argon stable de symbole :  ${}_{18}^{36}\text{Ar}$ .
- 2.4.1** Donner l'équation de la désintégration d'un noyau de chlore 36 en indiquant les lois de conservation utilisées.
- 2.4.2** Donner le nom de la particule émise et le nom du type de radioactivité mis en jeu.
- 2.5** Donner l'expression de la loi de décroissance, c'est à dire l'expression de  $N(t)$  en fonction de  $N_0$ , et de  $t$ .
- 2.6** Donner la définition du temps de demi-vie.
- 2.7** Calculer la valeur de la constante radioactive.
- 2.8** On cherche à déterminer l'âge  $t_1$  d'un échantillon de glace de masse  $m$  prélevé dans une carotte glaciaire de l'Arctique et pour lequel il n'y a plus que 75 % de noyaux de chlore 36 par rapport à un échantillon récent de même masse.
- 2.8.1** Donner la valeur du rapport  $\frac{N(t_1)}{N_0}$  pour le morceau de glace étudié.
- 2.8.2** À l'aide de la loi de décroissance, montrer que l'âge  $t_1$  de l'échantillon s'exprime par :
- $$t_1 = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( \frac{N(t_1)}{N_0} \right)$$
- 2.8.3** Déterminer l'âge  $t_1$  de l'échantillon de glace de l'Arctique.
- 2.8.4** La glace contient également des bulles de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ . Lors de la formation de la glace, le carbone de ces molécules est composé d'isotopes de carbone 12 et de carbone 14 radioactif. On suppose qu'une fois piégé le dioxyde de carbone ne se renouvelle pas.
- Pourquoi ne pas avoir utilisé la datation au carbone 14 de demi-vie 5 700 ans pour dater cet échantillon ?

### EXERCICE III : ELECTROZINGAGE D'UNE PIECE EN ACIER (4 points)

Afin de protéger les aciers contre la corrosion, il existe plusieurs procédés industriels de recouvrement de l'acier, notamment l'électrozingage très largement utilisé dans l'industrie automobile. L'électrozingage est un dépôt de zinc par électrolyse sur une pièce : c'est une méthode extrêmement fiable et précise, elle permet le dépôt de zinc d'une épaisseur d'une dizaine de micromètres sur une pièce en acier.

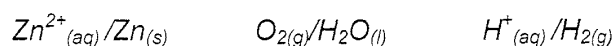
L'étude est réalisée avec du matériel couramment utilisé en travaux pratiques.

#### 1. Étude du montage de l'électrolyse

Le schéma de montage du dispositif utilisé est donné en ANNEXE 2 document 3 page 11/11. La pièce en acier est plongée dans une solution aqueuse de sulfate de zinc acidifiée ( $Zn^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$ ). Elle est reliée au pôle négatif du générateur. La pièce en zinc est reliée au pôle positif du générateur.

1.1 Indiquer le sens conventionnel du courant, ainsi que le sens de circulation des électrons sur le schéma de montage, **document 3 ANNEXE 2 PAGE 11/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE.**

1.2 On observe que la pièce en zinc se désagrège. Préciser l'équation modélisant la réaction ayant lieu au niveau de la pièce de zinc, en utilisant l'un des couples ci-dessous.

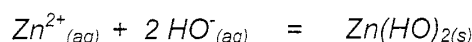


1.3 À quelle électrode, de zinc ou d'acier, l'oxydation a-t-elle lieu ? Justifier.

1.4 La concentration en ion zinc dans la solution aqueuse de sulfate de zinc, varie-t-elle au cours de l'électrolyse ? Justifier la réponse.

#### 2. Nécessité du milieu acide

En milieu basique, l'ion zinc  $Zn^{2+}$  peut réagir avec l'ion hydroxyde  $HO^-$ , selon l'équation ci-dessous pour laquelle on associe la constante d'équilibre  $K$  à 25°C :



2.1 Donner l'expression de la constante d'équilibre  $K$ .

2.2 On constate que le précipité se forme si la concentration en ion hydroxyde est supérieure à  $3,16 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  à 25°C.

Montrer que la valeur du pH correspondant à cette concentration en ion hydroxyde est égale à 5,5.

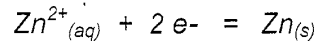
Donnée : Produit ionique de l'eau  $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$  à 25°C.

2.3 Le pH de la solution doit être inférieur à 5,5 pour réaliser cette électrolyse. Justifier.

### 3. Détermination de la masse de zinc déposée

Au cours de l'électrolyse, l'intensité  $I$  du courant est maintenue constante. La durée de passage du courant est notée  $\Delta t$ .

On étudie la réaction qui a lieu à l'électrode reliée au pôle négatif, selon l'équation :



Données : intensité  $I = 2,00 \text{ A}$  ;  $\Delta t = 40,0 \text{ min}$  ;  $M(\text{Zn}) = 65,37 \text{ g.mol}^{-1}$  ;

Faraday  $1 \mathcal{F} = 96\,500 \text{ C.mol}^{-1}$  ;  $1 \mathcal{F} = N_A e$

$N_A$  : constante d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  ;

$e$  : charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

3.1 Quelle relation existe-t-il entre la quantité de matière de zinc formée, notée  $n_{\text{Zn}}$ , et la quantité de matière d'électron échangée,  $n_e$  ?

3.2 Montrer que la masse de zinc formé  $m_{\text{Zn}}$  peut se mettre sous la forme :

$$m_{\text{Zn}} = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M(\text{Zn})}{2 \mathcal{F}}$$

3.3 En utilisant l'expression précédente, calculer la valeur de la masse de zinc formé pendant la durée  $\Delta t$ .

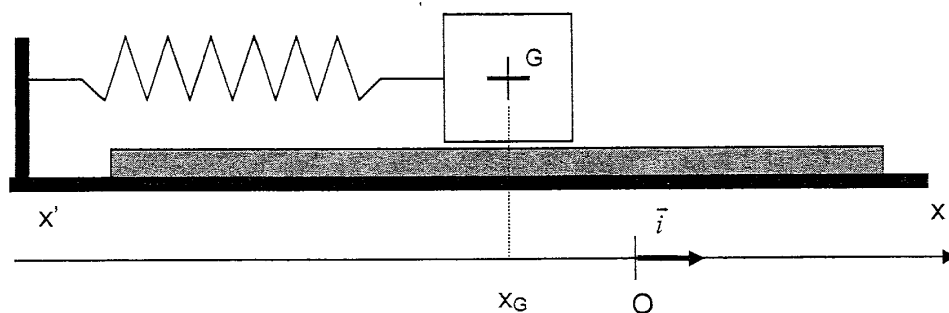
3.4 On considère que le zinc se dépose équitablement et uniformément sur les deux faces de la plaque d'acier. Celle-ci est carrée, de côté  $d = 10,0 \text{ cm}$  et d'épaisseur négligeable.

3.4.1 Calculer la valeur de l'épaisseur  $e_1$  de zinc déposé sur un côté, en utilisant comme valeur de la masse volumique du zinc  $\rho_{\text{Zn}} = 7,14 \text{ g.cm}^{-3}$ .

3.4.2 Convertir en micromètre le résultat précédent. Ce résultat est-il conforme à la valeur indiquée dans le texte introductif ?



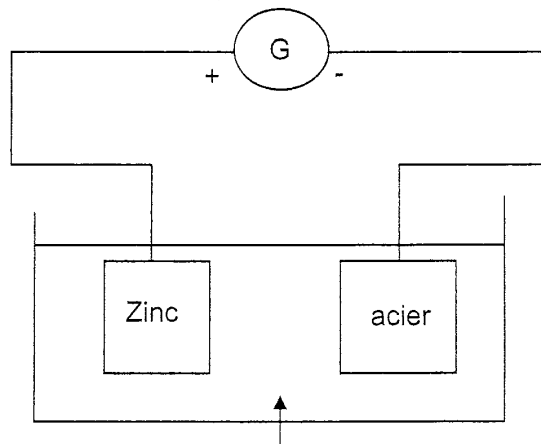
Exercice I Figure 1



Exercice II Document 2

Équation chimique		$AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$			
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	$x = 0$	$cV$	<del> </del>	0	0
État en cours de transformation	$x(t)$	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
État final	$x_f$	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>
État d'avancement maximal	$x_{max}$	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>	<del> </del>

**Exercice III document 3**



Solution aqueuse acidifiée de sulfate de zinc