

# DEVOIR SURVEILLÉ

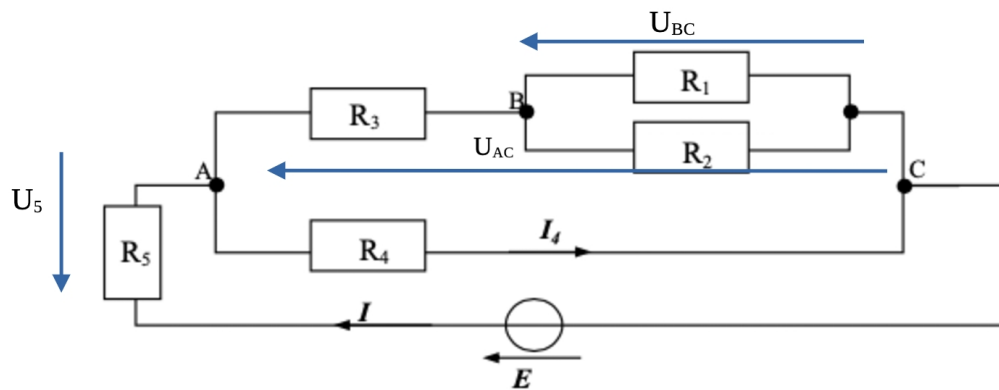
durée 4h

Calculatrice autorisée

## Partie électricité

### Exercice 1 ( 20 min )

Soit le circuit ci-dessous :



$$\begin{array}{ll} R_1 = 12 \, \Omega & R_2 = 20 \, \Omega \\ R_3 = 30 \, \Omega & R_4 = 40 \, \Omega \\ R_5 = 50 \, \Omega & E = 10 \, \text{V} \end{array}$$

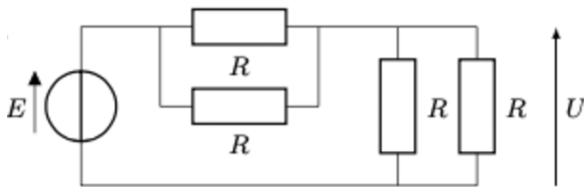
- 1- Calculer la résistance équivalente entre les points B et C :  $R_{12}$ .
- 2- Calculer la résistance équivalente entre les points A et C :  $R_{1234}$
- 3- Simplifier le circuit en une seule maille et en déduire I.
- 4 - Calculer  $U_5$  puis  $U_{AC}$
- 5 - Calculer  $U_{BC}$
- 6 - Calculer  $I_4$ .

### Exercice 2 ( 10 min )

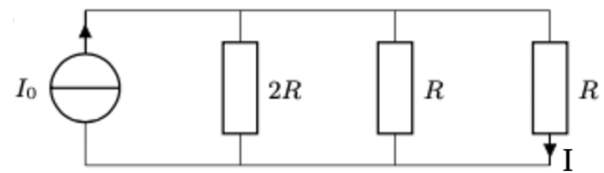
### ponts diviseurs

- 1- Dans le montage 1, calculer  $U$  sachant que  $E = 10 \text{ V}$ .
- 2- Dans le montage 2, calculer  $I$  sachant que  $I_0 = 10 \text{ mA}$ .

Indication : simplifier les circuits pour vous ramener aux montages des cours.



Montage 1



Montage 2

### Exercice 3 ( 35 min )

Les technologies développées dans l'industrie microélectronique ont été transposées avec succès pour fabriquer des microsystèmes électromécaniques, c'est-à-dire des systèmes miniaturisés qui intègrent sur une même puce des parties mécaniques (capteurs d'accélération ou de pression, miroirs, micromoteurs) et des circuits électroniques associés.

Un des premiers microsystèmes à avoir été développé est l'accéléromètre. Il est entre autres utilisé pour déclencher le gonflage des airbags des véhicules en cas de choc brutal.

L'accéléromètre est constitué de deux pièces en forme de peignes complémentaires. L'une est fixe et constitue le cadre, l'autre est mobile à l'intérieur de ce cadre, suspendue par une lamelle flexible, sans contact entre les deux parties. L'ensemble constitue un condensateur. En cas de choc brutal du véhicule, la partie mobile se déplace par inertie dans le sens opposé au mouvement, comme le passager d'un bus qui est debout et se trouve projeté en avant quand le bus freine (voir **figure 3**). Ce changement de distance entre le peigne mobile et le cadre modifie la capacité du condensateur. Dès que le circuit intégré détecte ce changement de capacité, il commande le gonflage de l'airbag, avant même que le conducteur et les passagers du véhicule ne soient projetés en avant.



D'après « À la découverte du nanomonde » ([www.nanomicro.recherche.gouv.fr](http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr)) défis CEA et Internet.

Un accéléromètre est, comme son nom l'indique, un appareil capable de mesurer une accélération et de la convertir sous forme de signal électrique (on parle de transducteur).

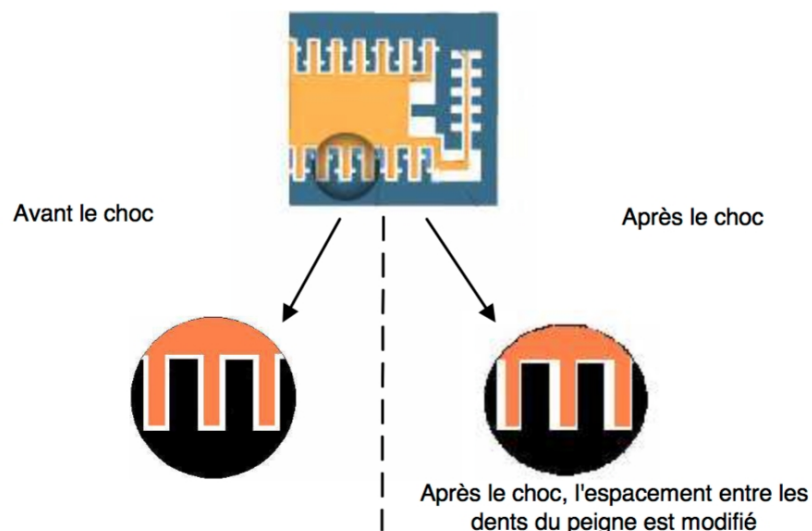


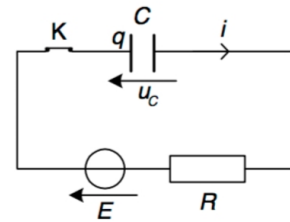
Figure 3 : Fonctionnement de l'accéléromètre et déclenchement d'airbag

Nous allons nous intéresser au principe de fonctionnement de ce dispositif. Le peigne mobile et le cadre constituent un condensateur de capacité  $C$ . Il est branché aux bornes d'une pile de résistance interne  $R$  et de force électromotrice  $E$ .

Le circuit est modélisé par le schéma de la **figure 1**.

Données :  $C = 100 \text{ pF}$

$E = 5,0 \text{ V}$



**Figure 1**

## 1. Comportement de l'accéléromètre en dehors de chocs

La mise sous tension de l'accéléromètre revient à fermer l'interrupteur  $K$  du montage modélisant le dispositif représenté sur la **figure 1**.

Le condensateur est **déchargé** avant la fermeture de l'interrupteur. À l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur.

Les courbes représentant les variations de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en fonction du temps sont données sur la **figure 2 DE L'ANNEXE de l'exercice 3**.

1.1. Sur cette figure, identifier en justifiant la courbe correspondant à la tension et celle correspondant à l'intensité.

1.2. Délimiter de façon approximative et qualifier, sur la **figure 2 DE L'ANNEXE de l'exercice 3** les deux régimes de fonctionnement du circuit.

1.3. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps  $\tau$  du dipôle RC. Comparer cette valeur à la durée d'un choc de l'ordre de 200 ms.

1.4. Donner l'expression littérale de cette constante de temps. En déduire un ordre de grandeur de la valeur de la résistance  $R$ .

1.5. Charge du condensateur.

1.5.1. Déterminer graphiquement sur la **figure 2 DE L'ANNEXE de l'exercice 3** les valeurs de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en régime permanent. Vérifier ces valeurs par une simplification du circuit en régime permanent.

1.5.2. En déduire, en régime permanent, la valeur de la charge  $q$  du condensateur.

## 2. Déclenchement de l'airbag

2.1. D'après le texte encadré, comment se nomment les parties de l'accéléromètre correspondant aux armatures mobile et fixe ?

2.2. Le rapprochement des deux armatures provoqué par un choc entraîne une augmentation de la capacité du condensateur (**figure 3 DE L'ANNEXE de l'exercice 3**). Il s'agit de comprendre les

conséquences de cette variation. En tenant compte du fait que la constante de temps est très faible, on considérera que la valeur de la résistance est nulle.

2.2.1. Parmi les deux propositions suivantes donnant l'expression de la capacité  $C$  en fonction de la distance  $d$  entre les armatures du condensateur, choisir en justifiant celle qui peut convenir :

a)  $C = k/d$  ;    b)  $C = k d$

2.2.2. Donner l'expression de la tension aux bornes du condensateur  $u_C$  et de la charge  $q$  du condensateur avant le choc, en fonction de  $E$ .

2.2.3. La tension aux bornes du condensateur n'est pas modifiée par le choc. En déduire que le choc a pour effet de faire augmenter la charge  $q$  du condensateur.

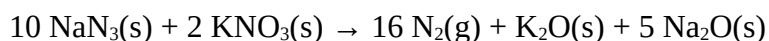
2.3. Donner la relation entre l'intensité  $i$  du courant et la charge  $q$  du condensateur. Choisir parmi ces affirmations celle qui convient : Le déclenchement du gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation :

- a) de tension aux bornes du condensateur
- b) d'intensité du courant dans le circuit
- c) de tension aux bornes du générateur.

### 3. Charge explosive

Lorsqu'une accélération excessive est détectée, un mélange constitué d'azoture de sodium ( $\text{NaN}_3$ ) et de nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ ) contenu dans une cartouche est mis à feu.

Cette mise à feu produit du diazote, gaz nécessaire au gonflage de l'airbag. La modélisation de cette transformation chimique, supposée totale, conduit à la réaction dont l'équation est la suivante :



1. Rappeler l'équation d'état du gaz parfait en précisant les unités de chacune des grandeurs. On note  $P$  la pression,  $V$  le volume,  $T$  la température et  $n$  le nombre de moles du gaz parfait.
2. Dans le cadre du modèle du gaz parfait, déterminer la valeur de la quantité de matière de diazote permettant, à 20 °C et à la pression atmosphérique ( $10^5 \text{ Pa}$ ), le gonflement d'un airbag de 60 L, volume moyen d'un airbag conducteur.
3. Montrer que la masse minimale d'azoture de sodium nécessaire à la production de diazote pour le gonflement de l'airbag est de 101 g. En déduire la masse minimale de nitrate de potassium que doit contenir la cartouche.
4. Le volume occupé par les réactifs solides est égal à 70 cm<sup>3</sup>. Expliquer l'intérêt d'utiliser un dispositif avec des réactifs solides plutôt que du diazote stocké dans un réservoir sous pression à la température de 20 °C.

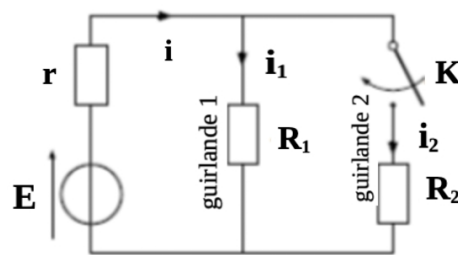
**Masses molaires (g/mol) : Na : 23 ; N:14 ; K:39 ; O:16.**

**Constante des gaz parfait :  $R = 8,314 \text{ S.I.}$**

#### Exercice n°4 Guirlande électrique de Noël. (1h30)

Dans cet exercice, on cherche à optimiser l'alimentation électrique d'un système comportant deux guirlandes électriques numérotées 1 et 2, modélisées par des résistors de résistances identiques  $R_1 = R_2 = R = 2\Omega$ .

La première guirlande est dédiée à un fonctionnement continu. La seconde est associée avec un interrupteur K en série qui bascule de manière périodique afin de produire un clignotement. On supposera dans cet exercice que la puissance lumineuse fournie par ces guirlandes est proportionnelle à la puissance électrique qu'elles reçoivent.



##### 1) Système de base

On considère dans un premier temps le circuit ci-dessus alimenté par un générateur réel de f.e.m.  $E = 6\text{ V}$  et de résistance interne  $r = 1\Omega$ .

1.1) Lorsque l'interrupteur K est ouvert, établir l'expression de l'intensité  $i_1$ , noté  $i_{1i}$ , en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R$ .

1.2) En déduire l'expression de la puissance électrique  $P_{1i}$  reçue par la guirlande  $R_1$  en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R$ .

1.3) Quelle est dans cette configuration (K ouvert) la puissance reçue  $P_{2i}$  par la seconde guirlande  $R_2$  ?

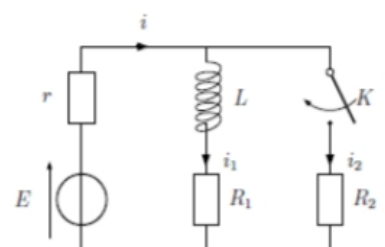
1.4) On ferme K. Quelle est la nouvelle expression  $i_f$  du courant  $i$  en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R$  ? En déduire les courants  $i_{1,f}$  et  $i_{2,f}$  qui circulent dans les deux guirlandes.

1.5) Quelles sont alors les puissances  $P_{1,f}$  et  $P_{2,f}$  reçues par les deux guirlandes en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R$  ?

1.6) La puissance reçue par la première guirlande est-elle identique lors des deux régimes étudiés (avant et après la fermeture de K) ? Qu'observe-t-on alors ?

1.7) Comment doit-on choisir  $r$  par rapport à  $R$  pour limiter cet effet ? Cette condition est-elle vérifiée pour les valeurs de  $r$  et  $R$  ici ?

##### 2) Système amélioré



On considère maintenant le circuit ci-contre afin de limiter la variation de puissance électrique reçue par la première guirlande et donc la variation du courant  $i_1$ . Une bobine d'inductance  $L$  a donc été ajoutée en série avec la première guirlande.

L'interrupteur  $K$  est ouvert de manière périodique pour  $t \in [0, \frac{T}{2}]$  et fermé pour  $t \in [\frac{T}{2}, T]$ .

2.1) Justifier que l'ajout de la bobine ne va pas modifier la valeur du courant  $i_1$  en régime permanent.

2.2) On s'intéresse à l'intervalle  $[0, \frac{T}{2}]$  lorsque l'interrupteur est ouvert.

Établir l'équation différentielle dont  $i_1$  est solution sur l'intervalle  $[0, \frac{T}{2}]$ .

On fera apparaître un temps caractéristique  $\tau_0$ .

2.3) Retrouver à l'aide de l'équation différentielle la valeur  $i_{1,i}$  du courant  $i_1$  en régime permanent.

2.4) On s'intéresse maintenant à l'intervalle  $[\frac{T}{2}, T]$  lorsque l'interrupteur est fermé.

- a) A l'aide d'une loi des mailles, écrire une relation faisant intervenir  $i$  et  $i_1$ .
- b) A l'aide d'une autre loi des mailles, écrire une relation faisant intervenir  $i_2$  et  $i_1$ .
- c) Ecrire la loi des nœuds.
- d) Montrer que  $i_1$  est solution de l'équation différentielle suivante :

$$\frac{di_1}{dt} + \frac{1}{\tau} i_1 = \frac{ER}{L(r+R)} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{L(r+R)}{R(R+2r)}$$

e) Retrouver à l'aide de l'équation différentielle la valeur  $i_{1,f}$  du courant  $i_1$  en régime permanent.

### 3) Étude expérimentale

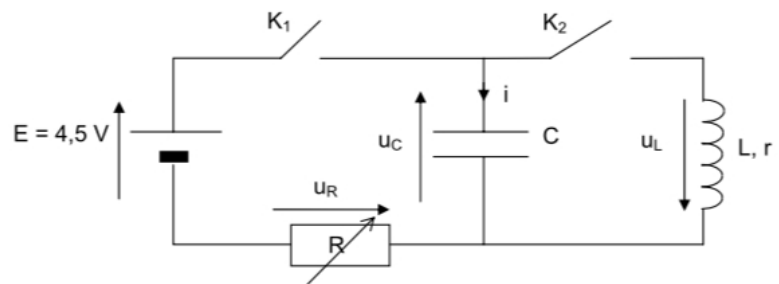
On étudie ensuite expérimentalement les variations du courant  $i_1$  à l'aide d'un oscilloscope et on obtient le résultat suivant pour deux valeurs différentes de l'inductance  $L$ ,  $L_1$  et  $L_2$ .

Figure 1 ANNEXE de l'exercice 4

- 3.1) En mesurant la tension aux bornes de quel composant, obtient-on les variations du courant  $i_1$  ?
- 3.2) Commenter le plus précisément possible les courbes obtenues.
- 3.3) Déterminer  $\tau_0$  à partir de l'étude graphique en expliquant votre démarche. Retrouver la valeur de  $L_1$ . Justifiez ensuite brièvement que  $L_2 \gg L_1$  sans chercher à déterminer sa valeur.
- 3.4) Quelle est la valeur de l'inductance à retenir entre  $L_1$  et  $L_2$  pour que  $i_1$  ne varie pas trop? Justifier.

### Exercice n°7 : (35 min)

Soit le circuit ci-dessous. Le but de cette expérimentation est de déterminer la valeur de la capacité du condensateur.



#### **1 Charge du condensateur**

1.1) On souhaite visualiser la tension aux bornes du condensateur, indiquer les branchements nécessaires à cette acquisition.

1.2) Les interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$  sont ouverts, le condensateur est déchargé. À la date  $t = 0 \text{ s}$ , on ferme l'interrupteur  $K_1$  et on déclenche l'acquisition de la tension  $u_C$ .

La courbe donnant  $u_C = f(t)$  est représentée sur l'**annexe 1 à rendre avec la copie**.

Déterminer la constante de temps  $\tau$  en précisant la méthode utilisée.

1.3) Donner l'expression littérale de  $\tau$ .

La valeur de la résistance  $R$  est réglée sur  $100 \, \Omega$ . Calculer la valeur de  $C$ .

1.4) Indiquer comment procéder pour charger plus rapidement ce condensateur.

#### **2. Décharge du condensateur à travers la bobine**

Le condensateur étant chargé, on ouvre l'interrupteur  $K_1$  et on ferme l'interrupteur  $K_2$  à une date prise comme nouvelle origine ( $t = 0 \text{ s}$ ).

2.1) Donner les valeurs de la tension  $u_C$  et de l'intensité  $i$  à la date  $t = 0 \text{ s}$ . Justifier

2.2) Étude théorique

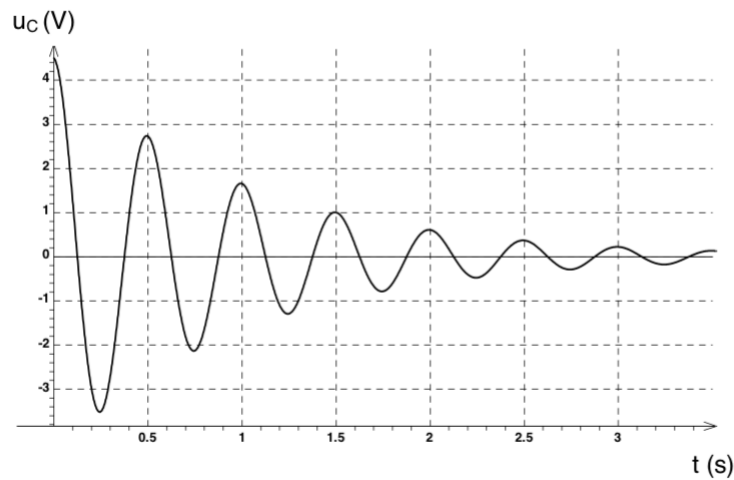
On néglige pour cette question la résistance  $r$  de la bobine. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$ .

2.3) Donner la solution de cette équation différentielle .

2.4) Quelle est l'expression de la période propre de ce circuit LC?

2.5) Étude expérimentale

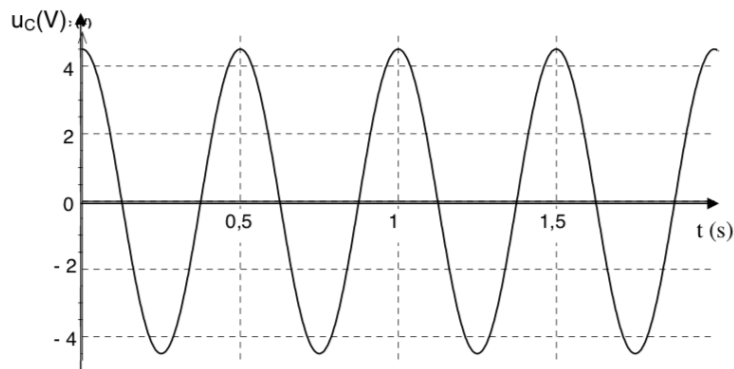
2.5.1) À l'aide du dispositif d'acquisition, on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du condensateur lors de sa décharge. On obtient la courbe représentant  $u_C = f(t)$  ci-après.



L'étude expérimentale montre qu'il y a un amortissement des oscillations.

Quelle simplification effectuée dans l'étude théorique précédente n'est manifestement pas justifiée ? Expliquer.

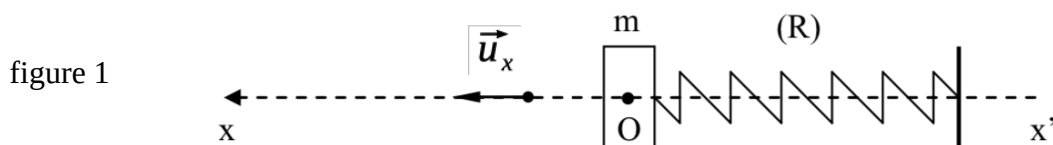
2.5.2) On ajoute au montage précédent un dispositif électronique permettant d'obtenir des oscillations électriques sinusoïdales de période  $T_0$ . L'évolution de la tension  $u_C$  à l'aide de ce dispositif est donnée ci-dessous. Quel est le rôle du dispositif électronique ?



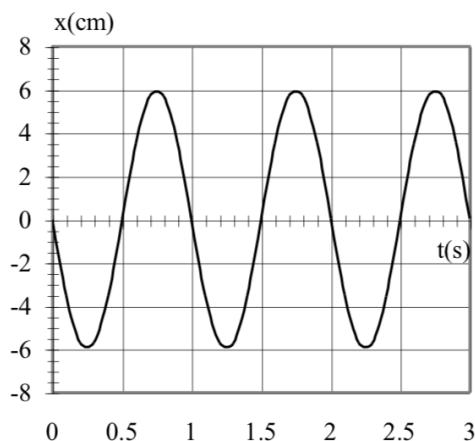
### Exercice n° 8 (15 min)

Un pendule élastique horizontal est formé d'une masse  $m = 250 \text{ g}$  et d'un ressort de  $k$ , de longueur à vide  $l_0$ . Le centre d'inertie  $G$  de la masse  $m$  est repéré par son abscisse  $x$  sur axe horizontal  $x'Ox$  où  $O$  est la position d'équilibre de  $G$  comme l'indique la figure 1.

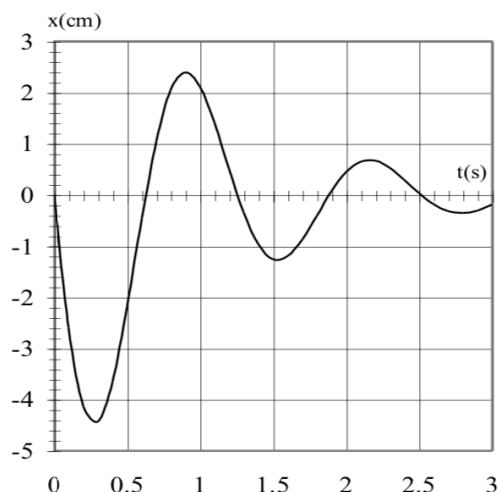
$M$  est au repos en  $O$  ( $l = l_0$ ), à la date  $t_0 = 0$  pris comme origine des dates, on lance  $m$  à la vitesse  $v_0$ ,  $m$  entre en oscillations libres.



On représente l'évolution de l'abscisse  $x$  des oscillations de  $m$  en fonction du temps sur deux surfaces dont l'une est lisse (figure 2) et l'autre est rugueuse (figure 3).



**Figure 2**



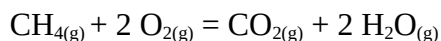
**Figure 3**

- 1) Déterminer (en détaillant bien les étapes) l'équation différentielle qui régit les oscillations libres non amorties de m. En déduire l'expression de période propre  $T_0$  du pendule.
- 2) Quelle est, en justifiant, la nature des oscillations dans chaque figure ?
- 3) Calculer, dans chaque situation des figures 2 et 3, la « période » des oscillations. Comment procéder pour que la mesure de T soit la plus précise possible ? Pour la figure 2, déterminer l'amplitude et la valeur moyenne des oscillations.
- 4) En déduire la valeur de la constante de raideur k du ressort.
- 5) Que devient l'équation différentielle si l'on ajoute une force de frottement de la forme  $\vec{f} = -h\vec{v}$  ? Donner la forme des solutions selon la valeur du facteur de qualité Q.

### Exercice n° 9 ( 15 min )

#### **Réaction totale**

On étudie la combustion du méthane, dont l'équation bilan s'écrit :



avec pour conditions initiales  $n_{\text{CH}_4,i} = 4,0 \text{ mol}$  et  $n_{\text{O}_2,i} = 6,0 \text{ mol}$  et aucun produit.

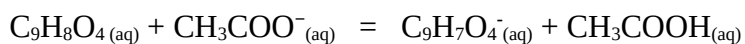
- 1 - Construire le tableau d'avancement en distinguant l'état initial (i), un état en cours de réaction, et l'état final (f). On note  $\xi$  l'avancement de la réaction en mol.
- 2 - Déterminer toutes les quantités de matière à l'instant où  $\xi = 1,5 \text{ mol}$ .
- 3 - Identifier le réactif limitant et la valeur de l'avancement maximal  $\xi_{\text{max}}$ .
- 4 - On suppose que la réaction est totale : à l'état final,  $\xi_f = \xi_{\text{max}}$ . En déduire la quantité de matière finale de chacune des espèces.

## Exercice 2. ( 30 min)

Une solution aqueuse de volume  $V = 50\text{mL}$  est obtenue en introduisant dans de l'eau

- 1,80 g d'acide acétylsalicylique  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$  et
- 0,010 mol d'éthanoate de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$ ).

L'équation bilan de la réaction s'écrit :



La constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction entre l'acide acétylsalicylique et l'ion éthanoate est égale à  $K^\circ = 15,8$  à  $25^\circ\text{C}$ .

Masses molaires (en g/mol): C:12; H:1 et O:16.

- 1 - Déterminer la concentration initiale de chaque réactif.
- 2 - Exprimer le quotient de réaction en fonction des concentrations.
- 3 - Dresser un tableau d'avancement.
- 4 - Déterminer la valeur de l'avancement volumique ( en  $\text{mol.L}^{-1}$ )  $x_f$  de la réaction dans l'état d'équilibre.
- 5 - Déterminer la valeur de l'avancement volumique maximal  $x_{\text{max}}$ .
- 6- En déduire  $\tau$  le taux d'avancement de la réaction.

**\*\* FIN \*\***

## Annexe (exercice 4)

figure 1

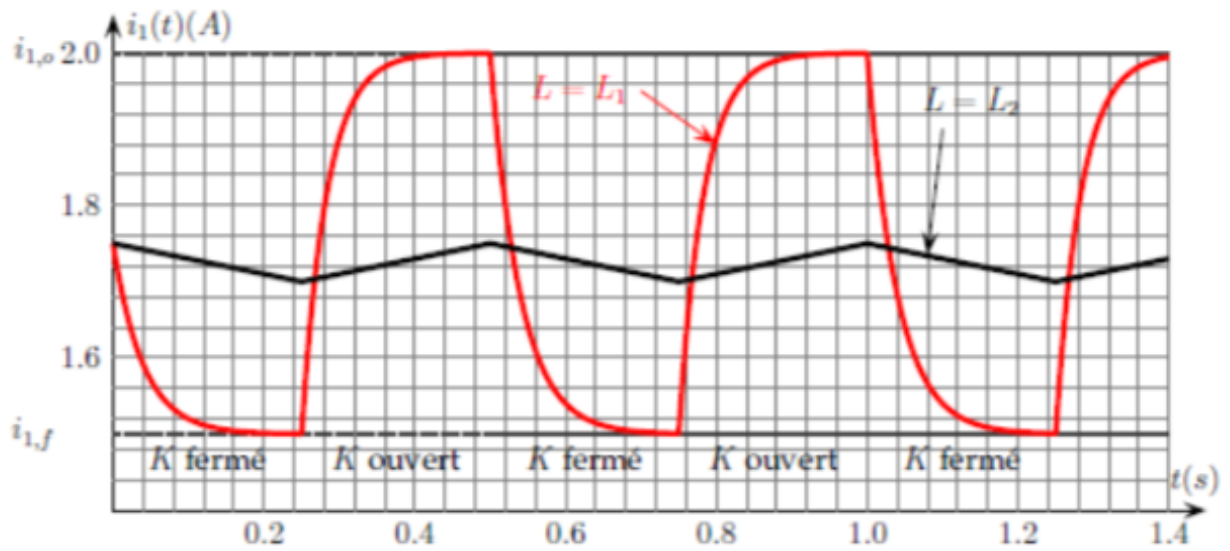
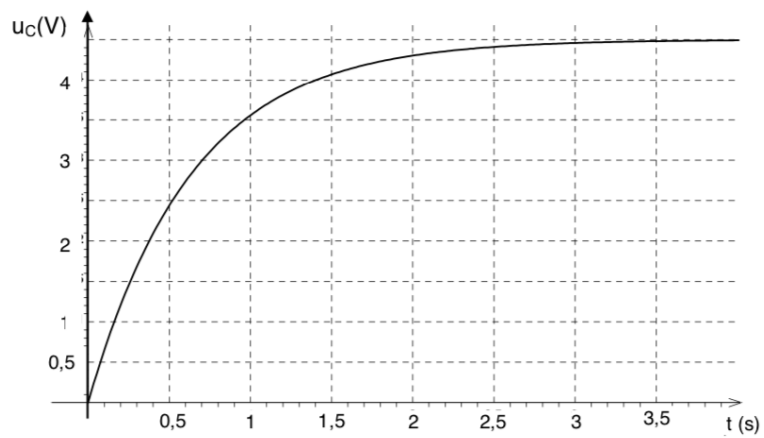
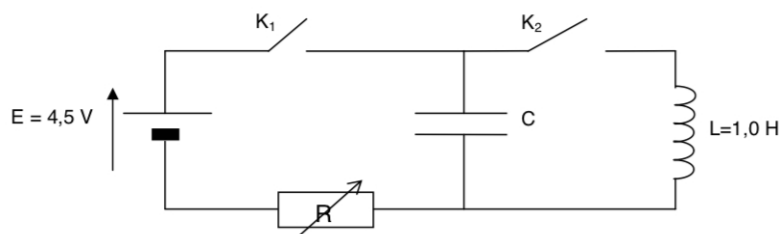
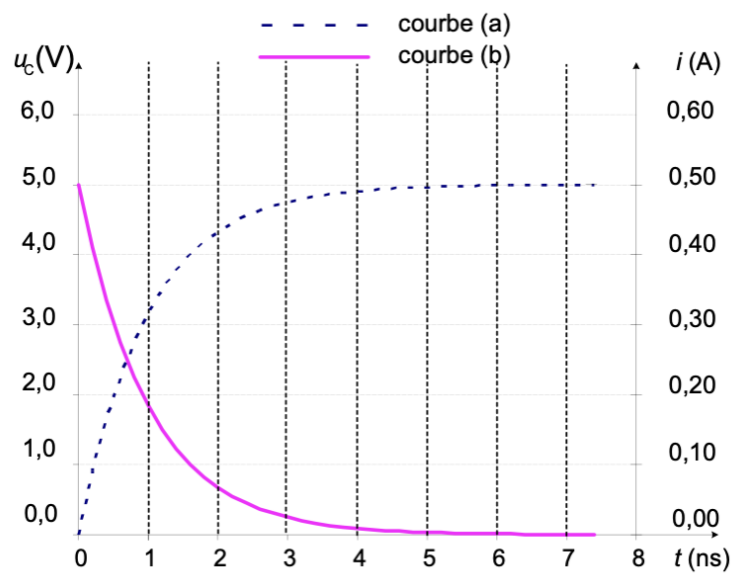


figure 2



## Annexe (exercice 3)

**FIGURE 2 : courbes d'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant**



**FIGURE 3 : rapprochement des deux armatures du condensateur lors d'un choc**

