



Le sujet comporte cinq pages numérotées de 1/5 à 5/5. La page 5/5 est à remettre avec la copie.

## Chimie (9 points)

### Exercice 1 (4,5 points)

Afin d'étudier expérimentalement la réaction d'estérification, on réalise un mélange **équimolaire** formé d'un monoacide carboxylique (A) et d'un alcool primaire (B), en phase liquide, auquel on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré dont on négligera le volume. Le mélange est réparti en des échantillons identiques dans des tubes à essai surmontés chacun d'un réfrigérant à air. Chaque échantillon contient initialement  $n_0$  mol de (A) et  $n_0$  mol de (B).

A l'instant initial  $t = 0$ , pris comme origine des temps, on place les tubes à essai dans un bain-marie porté à une température  $\theta$  convenable. A des instants successifs  $t$ , on retire un des tubes chauffés et on verse immédiatement son contenu dans un erlenmeyer placé dans un bain d'eau glacée. On dose, à chaque fois, l'acide carboxylique restant dans chacun des tubes, par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire  $C_B = 2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe de la **figure 1** qui représente l'évolution de  $V_{BE}$  en fonction du temps, où  $V_{BE}$  désigne le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence du dosage de l'acide carboxylique restant à l'instant  $t$ .

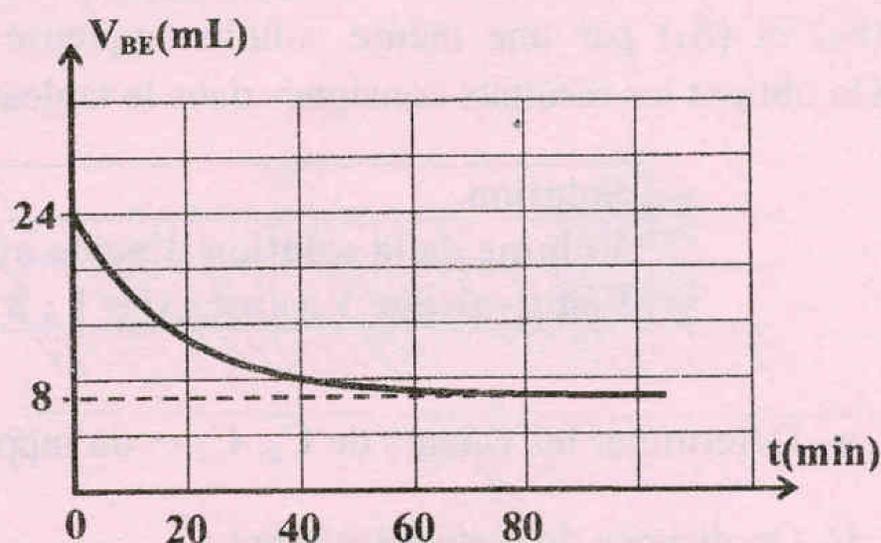


Figure 1

- 1) a- Indiquer le rôle du réfrigérant à air surmontant le tube à essai.  
b- Expliquer pourquoi l'erlenmeyer est placé dans un bain d'eau glacée.  
c- En exploitant la courbe de la **figure 1**, déterminer la valeur de  $n_0$ .
- 2) On désigne par  $n_E$  le nombre de mole d'ester (E) formé, à l'instant  $t$ , dans un tube à essai.  
a- Dresser le tableau descriptif en avancement  $x$  relatif à la réaction d'estérification.  
b- Exprimer  $n_E$  en fonction de  $n_0$ ,  $C_B$  et  $V_{BE}$ .  
c- Déterminer la valeur du taux d'avancement final  $\tau_f$  de la réaction d'estérification. En déduire une caractéristique de cette réaction.

- 3) Montrer que la fonction des concentrations  $\Pi$  relative à cette réaction s'écrit : 
$$\Pi = \left( \frac{n_0}{C_B \cdot V_{BE}} - 1 \right)^2$$

Calculer sa valeur à l'équilibre chimique.

- 4) On reprend l'expérience précédente, à la même température  $\theta$ . A l'instant  $t = 0$ , chaque tube à essai contient un mélange non équimolaire formé de  $n_0$  mol de l'acide carboxylique (A) et  $a$  mol de l'alcool primaire (B) ; avec  $a > n_0$ . Le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence lorsque l'équilibre chimique est atteint devient  $V'_{BE} < 8 \text{ mL}$ .  
a- Préciser, en le justifiant, si le nouveau taux d'avancement final  $\tau'_f$  de la réaction devient inférieur ou supérieur à  $\tau_f$  (calculé à la question 2) c-).  
b- Déduire l'intérêt pratique du choix d'un mélange initial non équimolaire.

## Exercice 2 (4,5 points)

Toutes les solutions sont considérées à  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , température à laquelle le produit ionique de l'eau est  $K_e = 10^{-14}$ . On négligera les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau.

On prépare par dilution, à partir d'une solution aqueuse ( $S_1$ ) d'une monobase ( $B$ ) de concentration molaire  $C_1$ , deux solutions aqueuses ( $S_2$ ) et ( $S_3$ ) de concentrations molaires respectives  $C_2$  et  $C_3$ . On désigne par  $\tau_f$  le taux d'avancement final de la réaction de la monobase ( $B$ ) avec l'eau. Pour la solution ( $S_3$ ), la plus diluée, le taux d'avancement final est  $\tau_{f3} = 3,98 \cdot 10^{-2}$  et le pH a pour valeur  $\text{pH}_3 = 10,6$ .

1) Justifier que la monobase ( $B$ ) est faible.

2) Pour toute solution ( $S_i$ ) ( $i = 1 ; 2 ; 3$ ), on désigne par  $C_i$ ,  $\text{pH}_i$  et  $\tau_{fi}$ , respectivement sa concentration molaire, son pH et le taux d'avancement final de la réaction de la monobase ( $B$ ) avec l'eau dans ( $S_i$ ).

a- Dresser le tableau descriptif d'avancement volumique  $y_i$  de la réaction de la monobase ( $B$ ) avec l'eau.

b- Exprimer  $\tau_{fi}$  en fonction de  $\text{pH}_i$ ,  $\text{pK}_e$  et  $C_i$ . En déduire que  $C_3 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

3) a- Montrer, en justifiant les approximations utilisées, que pour chacune des trois solutions étudiées le

pH s'écrit :  $\text{pH}_i = \frac{1}{2}(\text{pK}_a + \text{pK}_e + \log C_i)$ ; où  $K_a$  est la constante d'acidité du couple  $\text{BH}^+ / B$ .

b- En déduire la valeur du  $\text{pK}_a$  du couple  $\text{BH}^+ / B$ .

4) On effectue séparément le dosage d'un même volume  $V_b = 20 \text{ mL}$  de chacune des trois solutions ( $S_1$ ), ( $S_2$ ) et ( $S_3$ ) par une même solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire  $C_a$ . On obtient les résultats consignés dans le tableau suivant :

Solution	( $S_1$ )	( $S_2$ )	( $S_3$ )
Volume de la solution d'acide ajouté à l'équivalence $V_{aEi}(\text{mL})$ ( $i = 1 ; 2 ; 3$ )	20	10	4

a- Déterminer les valeurs de  $C_a$ ,  $C_2$  et du rapport  $\frac{C_1}{C_3}$ .

b- On dispose du matériel suivant :

- un flacon contenant 100 mL de la solution ( $S_1$ ) ;
- deux fioles jaugées de 50 mL et de 250 mL ;
- deux pipettes jaugées de 10 mL et de 20 mL ;
- une pissette remplie d'eau distillée.

En indiquant le matériel adéquat, décrire le mode opératoire à suivre pour préparer la solution ( $S_3$ ) à partir de la solution ( $S_1$ ).

## Physique (11 points)

### Exercice 1 (3,5 points)

Le circuit électrique de la figure 2 comporte, montés en série :

- une bobine ( $B$ ) ;
- un résistor de résistance  $R_0 = 20 \Omega$  ;
- un générateur de tension idéal de fem  $E$  ;
- un interrupteur  $K$ .

On branche un voltmètre aux bornes de la bobine ( $B$ ) et à l'instant  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur  $K$ . Après une durée suffisante, le régime permanent est atteint et le voltmètre indique une tension de valeur constante  $U_1 = 2 \text{ V}$ .

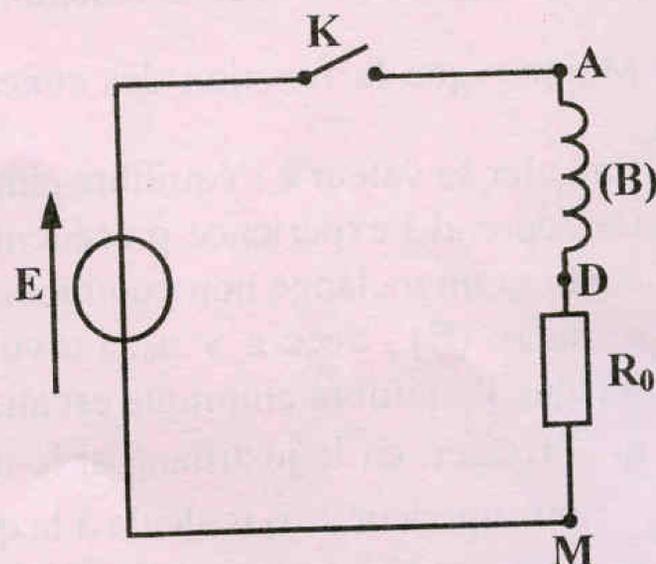


Figure 2

- 1) Justifier que la bobine (B) possède une résistance  $r$  non nulle.
- 2) Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser simultanément l'évolution au cours du temps des tensions  $u_{DM}(t)$  et  $u_{AM}(t)$ , respectivement sur ses voies X et Y. La courbe représentée sur la **figure 3** correspond à l'une des tensions visualisées.
  - a- Compléter, sur la **figure 4** de la **page 5/5** (à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie), le schéma du montage en indiquant les connexions nécessaires à l'oscilloscope pour visualiser les tensions  $u_{DM}(t)$  et  $u_{AM}(t)$ .
  - b- Identifier, en le justifiant, la courbe de la **figure 3**.
  - c- On désigne par  $U_0$ , la valeur de  $u_{DM}(t)$  lorsque le régime permanent est atteint.

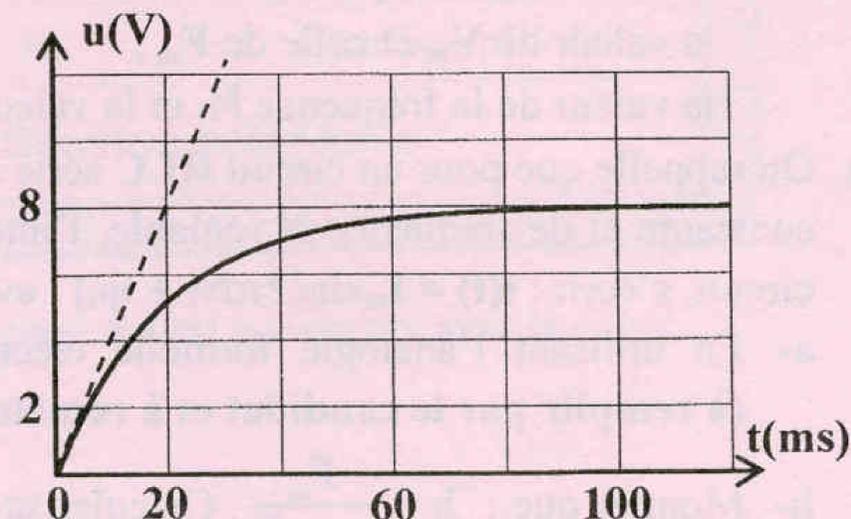


Figure 3

- d- Déterminer graphiquement  $U_0$  et déduire la valeur de  $E$ .
- 3) La bobine (B) est d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ .
  - a- Montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de  $u_{DM}$  au cours du temps s'écrit :
 
$$\tau \frac{du_{DM}(t)}{dt} + u_{DM}(t) = U_0 ; \text{ où } \tau = \frac{L}{R_0 + r} \text{ est la constante de temps du circuit.}$$
  - b- Montrer que  $r = 5 \Omega$ .
  - c- Déterminer graphiquement la valeur de  $\tau$ . En déduire la valeur de  $L$ .

**Exercice 2 (4,5 points)**

Un pendule élastique est constitué d'un solide (S) de masse  $m = 50 \text{ g}$  fixé à l'une des extrémités d'un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur  $k$  et dont l'autre extrémité est fixe (**figure 5**). Le solide (S) est assujéti à se déplacer suivant l'axe du ressort (R) qui est maintenu fixe et horizontal, tout en étant soumis à des frottements visqueux équivalents à

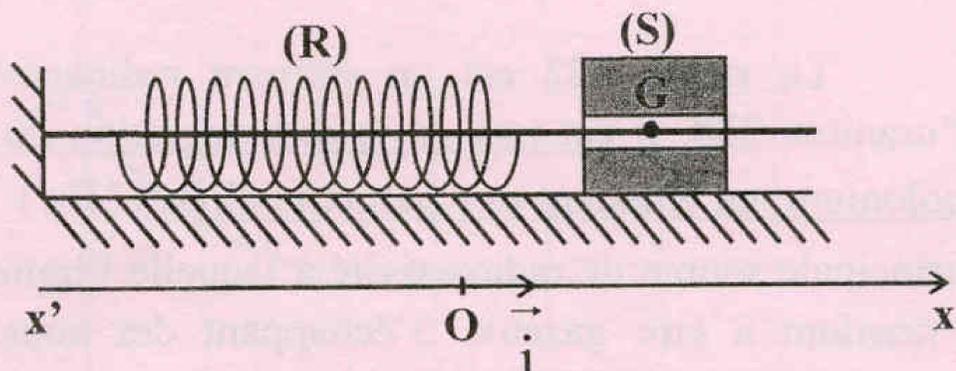


Figure 5

une force  $\vec{f}(t) = -h \cdot \vec{v}(t)$ , où  $h$  est une constante positive et  $\vec{v}$  est le vecteur vitesse instantanée du centre d'inertie  $G$  du solide (S). A l'équilibre, le centre d'inertie  $G$  de (S) coïncide avec l'origine  $O$  d'un repère

( $O, \vec{i}$ ), de vecteur unitaire  $\vec{i}$  porté par l'axe  $x'x$ . Un excitateur transmet au système {(R) + (S)} une force excitatrice  $\vec{F}(t) = F_m \sin(2\pi Nt) \cdot \vec{i}$ ; d'amplitude  $F_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable. Le système {(R) + (S)} oscille en régime sinusoïdal forcé. La vitesse instantanée de  $G$  s'écrit :  $v(t) = V_m \sin(2\pi Nt + \varphi_v)$ , où  $V_m$  est l'amplitude et  $\varphi_v$  est la phase initiale.

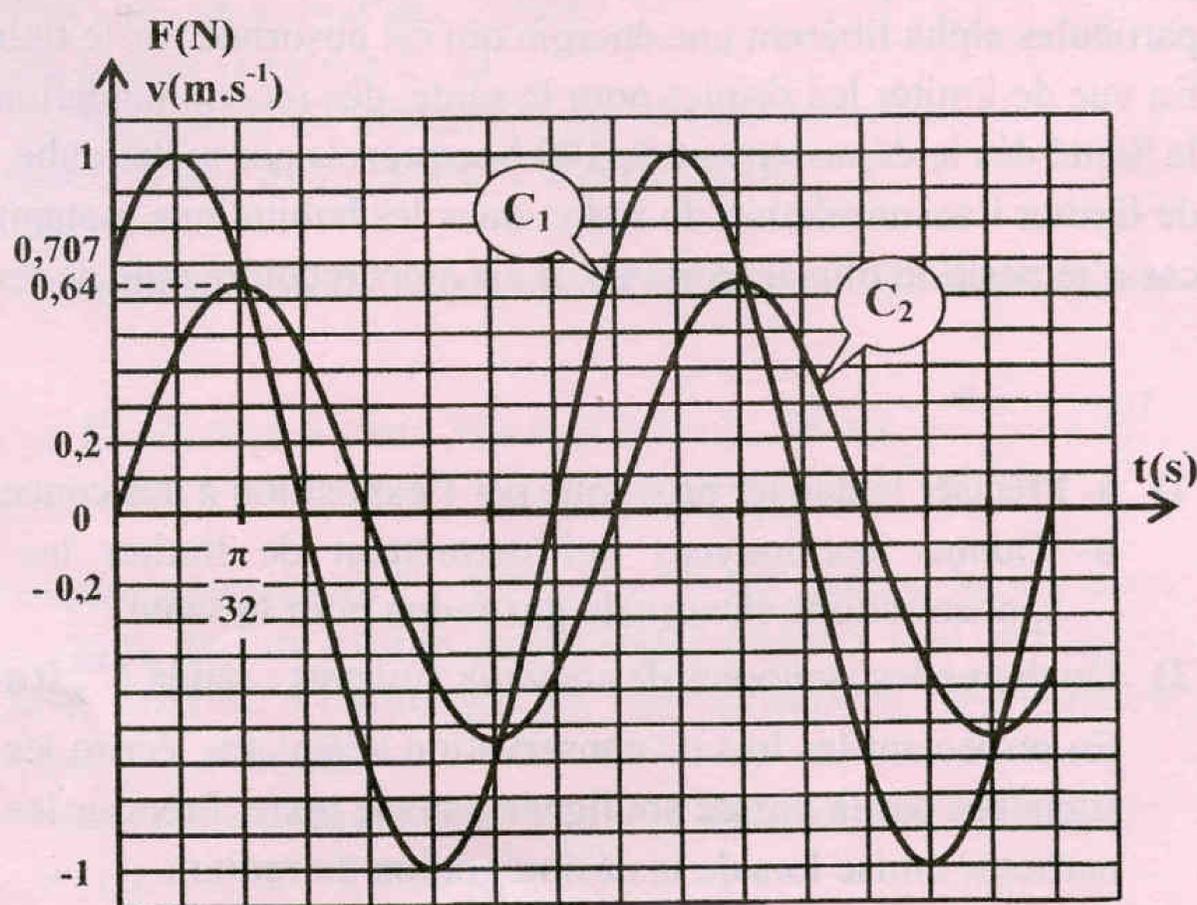


Figure 6

- 1) Un système approprié permet de suivre, simultanément, l'évolution au cours du temps de  $v(t)$  et de  $F(t)$ . Pour une valeur  $N_1$  de  $N$ , on obtient les courbes ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ) représentées sur la **figure 6**.

a- Justifier que la courbe ( $C_1$ ) correspond à  $v(t)$ .

b- Déterminer graphiquement :

- la valeur de  $V_m$  et celle de  $F_m$  ;

- la valeur de la fréquence  $N_1$  et la valeur de la phase initiale  $\varphi_v$ .

2) On rappelle que pour un circuit **RLC** série alimenté par une tension  $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ , d'amplitude  $U_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable, l'intensité instantanée  $i(t)$  du courant électrique, circulant dans le circuit, s'écrit :  $i(t) = I_m \sin(2\pi Nt + \varphi_i)$  ; avec  $I_m$  son amplitude et  $\varphi_i$  sa phase initiale.

a- En utilisant l'analogie formelle électrique-mécanique, compléter le **tableau 1** de la **page 5/5** (à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie).

b- Montrer que :  $h = \frac{F_m}{V_m \sqrt{2}}$ . Calculer sa valeur.

c- Déduire la valeur de  $k$ .

3) On fait varier la fréquence  $N$  de la force excitatrice. Pour une valeur  $N_2$  de  $N$ , l'amplitude  $V_m$  de  $v(t)$  prend sa valeur la plus grande notée  $V_{m0}$ . Par recours à l'analogie formelle électrique-mécanique :

a- montrer que le système  $\{(R) + (S)\}$  est le siège d'un phénomène physique particulier dont on précisera le nom ;

b- déterminer  $N_2, V_{m0}$  et la nouvelle valeur  $\varphi'_v$  de la phase initiale de  $v(t)$ .

### Exercice 3 (3 points) « Etude d'un document scientifique »

#### ... Et qui respire du Radon ?

Le radon **222** est un élément radioactif naturel, qui fait partie de la famille radioactive de l'uranium **238**. Il est issu de la désintégration du radium et se désintègre lui-même en quelques jours en polonium, en émettant une particule alpha ( ${}^4_2\text{He}$ ). Le radon, de période très courte (**3,8 jours**), constitue la principale source de radioactivité à laquelle l'homme est exposé, parce qu'il est le seul des descendants de l'uranium à être gazeux. S'échappant des sous-sols volcaniques et granitiques ainsi que de certains matériaux de construction, le radon est présent partout à la surface de la terre et hante nos maisons.

A long terme, le seul risque connu lors d'une exposition à des concentrations élevées est de développer un cancer du poumon. En effet, le gaz radon et ses descendants solides présents dans l'air peuvent être emprisonnés dans les poumons où ils se désintègrent et émettent des « particules alpha ». Les particules alpha libèrent une énergie qui est absorbée par le tissu pulmonaire et endommage celui-ci.

En vue de limiter les risques pour la santé, des recommandations sont émises par l'Organisation Mondiale de la Santé dès le dépassement de **100 becquerels** par mètre cube. La mise en œuvre de moyens simples permet de limiter l'accumulation du radon dans les habitations, notamment en aérant régulièrement le logement. En cas d'exposition plus importante, il est alors recommandé de renforcer l'étanchéité des murs et des sols...

*D'après Jacqueline Denis-Lempereur*

*Science & Vie n° 846, mars 1988*

1) a- Préciser le danger provoqué par l'exposition à des concentrations élevées du gaz radon.

b- Donner les moyens qui permettent de limiter les risques provenant d'une exposition à des concentrations élevées du gaz radon pour la santé.

2) On donne les symboles des noyaux suivants : radon ( ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ ) ; radium ( ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ) ; polonium ( ${}^A_{84}\text{Po}$ ).

En respectant les lois de conservation adéquates, écrire les équations traduisant les deux désintégrations signalées par la phrase soulignée dans le texte. Préciser les valeurs de  $A$  et de  $Z$  ainsi que la nature de la particule émise lors de la désintégration du radium.

3) Déterminer le nombre minimal  $N_{\min}$  de noyaux de radon, présents dans un mètre cube, nécessitant la mise en œuvre des moyens de protection.

Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....

Nom et Prénom : .....

Date et lieu de naissance : .....

Signatures des surveillants

.....

.....



Sciences physiques (section : Sciences expérimentales )

La page 5/5 est à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie.

Figure 4

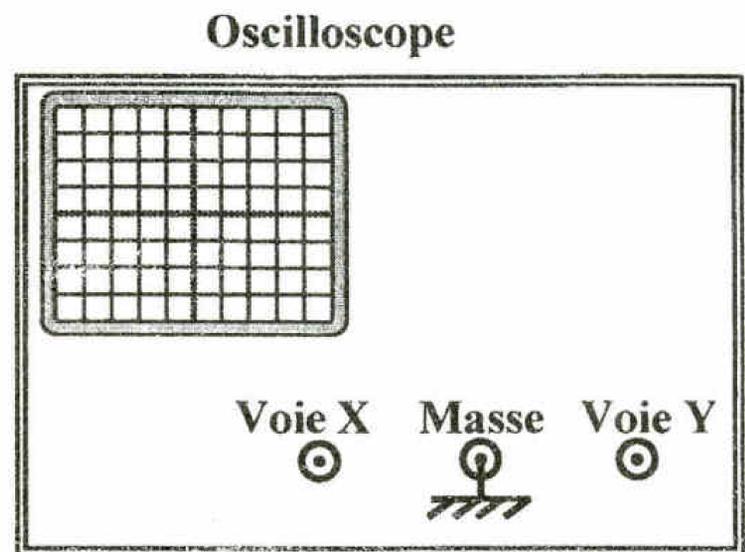
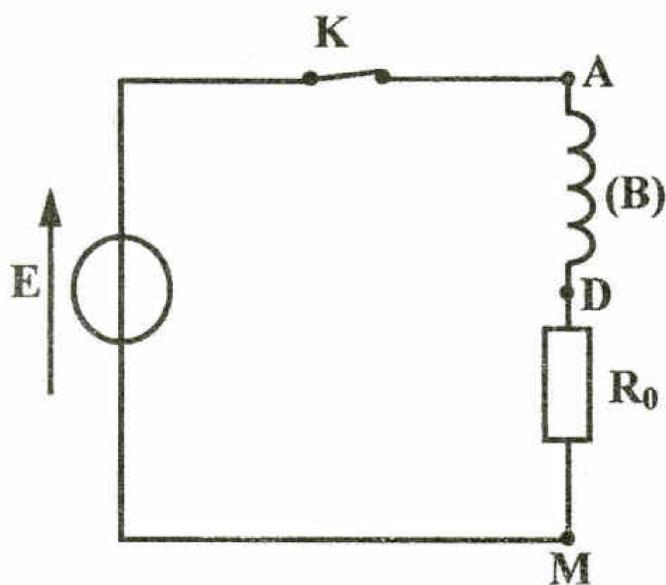


Tableau 1

Oscillateur forcé en régime sinusoïdal	Circuit RLC série	Pendule élastique
Amplitude de la grandeur oscillante	$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi NC} - 2\pi NL\right)^2}}$	.....
Impédance Z	$Z = \frac{U_m}{I_m}$	.....
Expressions donnant la phase initiale de la grandeur oscillante	$\cos(\varphi_i) = \frac{R}{Z}$	.....
	$\text{tg}(\varphi_i) = \frac{\frac{1}{2\pi NC} - 2\pi NL}{R}$	.....