Série de révision n°1 (oscillations électriques et mécaniques)   (Extraits du bac)

Exercice n°1 :

Un solide (S) de masse **m** est fixé à l'une des extrémités d'un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur **k = 25 N.m^{-1}** et dont l'autre extrémité est fixe. Le solide (S) est assujetti à se déplacer suivant l'axe du ressort (R) maintenu fixe et horizontal, tout en étant soumis à des frottements visqueux équivalents à une force $\vec{f} = -h\vec{v}$, où **h** est une constante positive appelée coefficient de frottement et $\vec{v}$ est la vitesse instantanée du solide (S). on donne **h = 1,4 N.s.m^{-1}**.

On applique au solide (S) une force excitatrice $\vec{F} = (1{,}1.\sin 2\pi Nt).\vec{i}$, où $\vec{i}$ est le vecteur directeur unitaire de l'axe du ressort (R) et **N** est la fréquence réglable de l'excitateur. Le solide (S) se met à osciller suivant $(O, \vec{i})$, de part et d'autre de la position d'équilibre O de son centre d'inertie G.

On désigne par **x(t)** l'élongation de G en fonction du temps par rapport au repère $(O, \vec{i})$.

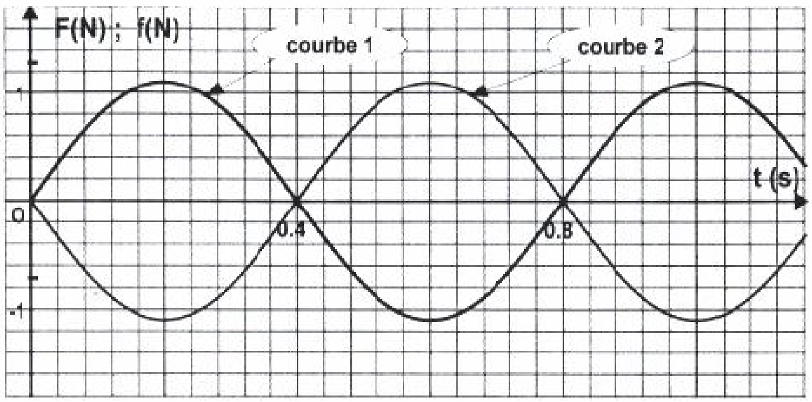
1. a) Par application de la relation fondamentale de la dynamique, montrer que les oscillations du centre d'inertie G du solide (S) sont régies par l'équation différentielle :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{1}{\tau}.\frac{dx}{dt} + \omega_o^2.x = \frac{F}{m}, \text{ où } \tau = \frac{m}{h} \text{ et } \omega_o^2 = \frac{k}{m}.$$

b) Cette équation différentielle admet comme solution $x(t) = X_m \sin(2\pi Nt + \varphi_x)$.

De quel régime d'oscillations s'agit-il ?Justifier la réponse.

2. La fréquence **N** de l'excitateur étant fixée à une valeur particulière **N$_1$**, on trace avec un dispositif approprié, les chronogrammes de la figure ci-contre ; l'un représente l'évolution de **F** et l'autre représente celle de **f** au cours du temps.



a) Déterminer parmi les courbes (1) et (2) celle qui représente **F(t)**.

b) A l'aide des deux courbes (1) et (2), déterminer :

- la valeur **N$_1$** de la fréquence de l'excitateur,
- la valeur de l'amplitude **f_m** de la force de frottement $\vec{f}$,

En déduire la valeur de **X_m** et celle de φ_x.

c) Montrer qu'à tout instant t, x(t) vérifie la relation : $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_o^2.x = 0$

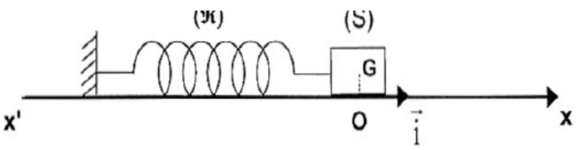
En déduire que l'oscillateur {(S), (R)} est en résonance de vitesse.
Montrer que son énergie totale E est constante.

d) Déterminer la valeur de la masse **m** du solide (S).

Exercice n°1 (6 points)

Les parties I et II sont indépendantes.

On dispose d'un pendule élastique horizontal comportant un ressort **(ℜ)** et un solide **(S)** de masse m. L'une des extrémités de **(ℜ)** est fixe tandis que l'autre extrémité est attachée à **(S)**, comme le montre la figure ci-dessous. Le solide **(S)** est susceptible de glisser sur un plan horizontal, dans le repère galiléen $(O, \vec{i})$ confondu avec l'axe du ressort et dont l'origine **O** est la position de repos du centre d'inertie **G** de **(S)**. Le ressort **(ℜ)** a une raideur **k** et une masse négligeable devant celle de **(S)**.



I- On écarte le solide **(S)** de sa position de repos O en le déplaçant, suivant l'axe **x'x**, de manière à ce que le ressort **($\mathfrak{R}$)** se comprime d'une longueur **a.** A l'instant **t = 0 s,** on l'abandonne à lui-même, sans vitesse initiale.

Avec un dispositif approprié, on enregistre dans le repère $(O, \vec{i})$ le diagramme de mouvement du centre d'inertie **G** de **(S)**. Ainsi, on obtient l'une des courbes sinusoïdales de la figure 1 **(feuille annexe, page 5/6)**.

1) a- De telles oscillations de **(S)** sont dites libres. Justifier cette qualification.

b- Montrer que ces oscillations sont non amorties.

2) a- Calculer la phase initiale φ des oscillations de **(S)** et en déduire que c'est la courbe **2** qui représente le diagramme du mouvement de **(S)**.

b- Montrer que l'amplitude des oscillations est égale à la longueur **a** dont on a comprimé initialement le ressort.

- Déterminer graphiquement la valeur de l'amplitude **a** et celle de la période T_o des oscillations.

c- Calculer la valeur de la raideur **k** du ressort sachant que **m = 289 g**.

II- Au cours de son mouvement, le solide **(S)** est soumis maintenant à des frottements visqueux équivalents à une force $\vec{f} = -h\vec{v}$, où **h** et $\vec{v}$ sont respectivement le coefficient de frottement et le vecteur vitesse instantanée du centre d'inertie **G** de **(S)**.

Pour entretenir ses oscillations, on soumet **(S)**, à l'aide d'un dispositif approprié, à une force excitatrice $\vec{F}(t) = F_m \sin(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_F)\vec{i}$. Ainsi, **(S)** se met à osciller à la période **T** et avec une amplitude X_m. Pour une valeur T_1 de **T**, les chronogrammes de **x(t)** et de **F(t)** sont représentés par les courbes sinusoïdales **I** et **II** de la figure 2 **(Annexe, page 5/6)**.

1) a- Sachant que l'élongation **x(t)** ne peut évoluer qu'en retard de phase par rapport à **F(t)**, montrer, parmi les courbes **I et II**, que c'est la courbe **I** qui représente **F(t)**.

b- A l'aide des graphiques de la même figure 2, écrire les expressions de **x(t)** et de **F(t)** tout en précisant les valeurs de leur fréquence N_1, de leur valeur maximale et de leur phase initiale.

2) a- Montrer qu'avec des excitations de période **T**, l'élongation **x** de **G**, sa vitesse instantanée $v = \frac{dx}{dt}$ et son accélération $a = \frac{d^2x}{dt^2}$, vérifient à tout instant t la relation :

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + kx = F_m \sin(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_F).$$

b- La construction de Fresnel inachevée de la figure 2 de la feuille annexe **(page 6/6 : feuille à remplir et à rendre avec la copie)** correspond aux oscillations forcées du pendule élastique à la période T_1. Compléter cette construction tout en l'annotant.

3) Déterminer (sans calcul) le sens dans lequel il faut faire varier la période **T** de l'excitateur à partir de la valeur T_1 pour obtenir une résonance d'élongation.

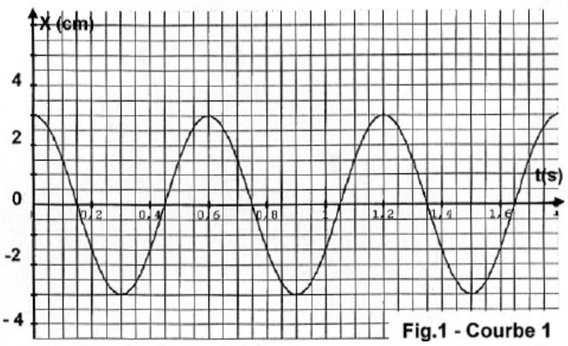


Fig.1 - Courbe 1

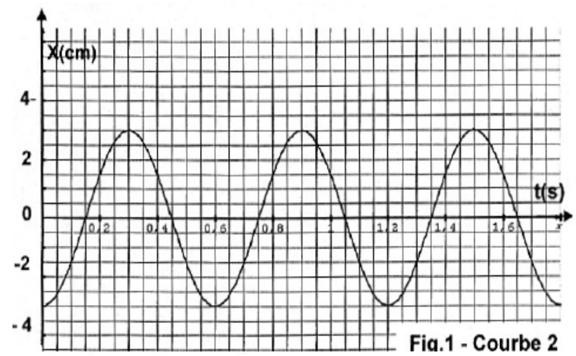


Fig.1 - Courbe 2

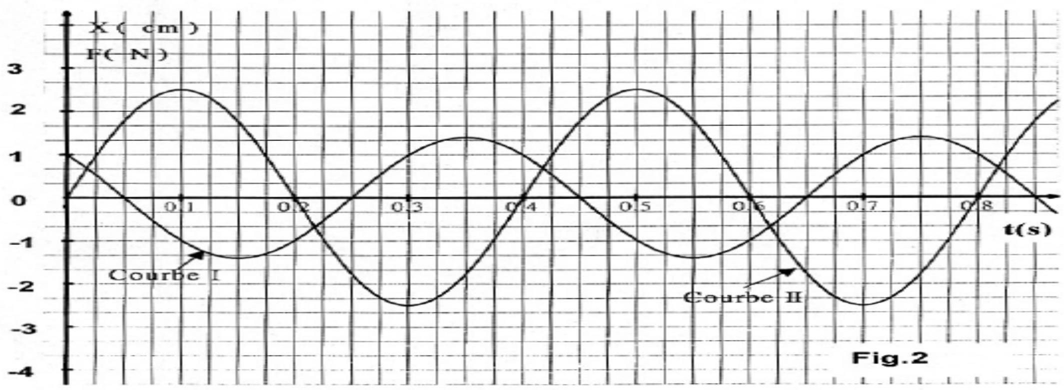


Fig.2

Exercice n° 1 (6 points)

Les parties I et II sont indépendantes.

I- On associe en série un générateur **G** de **fem E** et de résistance interne supposée nulle, un résistor de résistance **R** réglable, un condensateur de capacité **C** ne portant initialement aucune charge électrique et un interrupteur **K**.
A l'instant **t = 0 s** , on ferme le circuit.
Par un système approprié, on enregistre l'évolution temporelle de la tension u_c aux bornes du condensateur. On obtient alors le chronogramme ($\mathscr{C}$) et sa tangente (T) au point correspondant à **t = 0 s** (Fig.1).

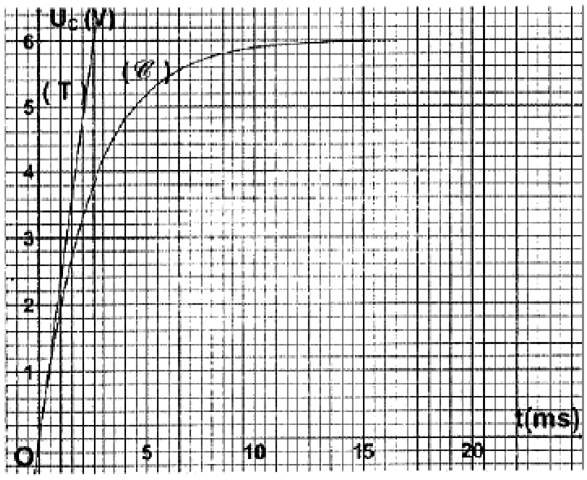


Fig.1

1) Déterminer graphiquement :
 a- la valeur de la **fem E** du générateur.
 b- la valeur de la constante de temps τ du dipôle **RC**.

2) Déduire de la valeur de τ, la durée approximative au bout de laquelle le condensateur devient complètement chargé.

3) Sachant que la résistance du résistor est fixée à la valeur **R = 2 kΩ**, calculer la valeur de la capacité **C** du condensateur utilisé.

II- On réalise un circuit comportant un **GBF** (Générateur basse fréquence), une bobine d'inductance **L** inconnue et de résistance **r = 50 Ω**, un résistor de résistance **R = 100 Ω**, un condensateur de capacité **C = 2,85 µF** et un ampèremètre, montés tous en série (Fig.2).

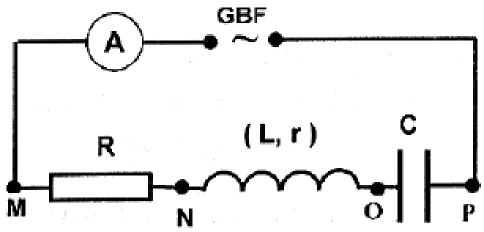


Fig.2

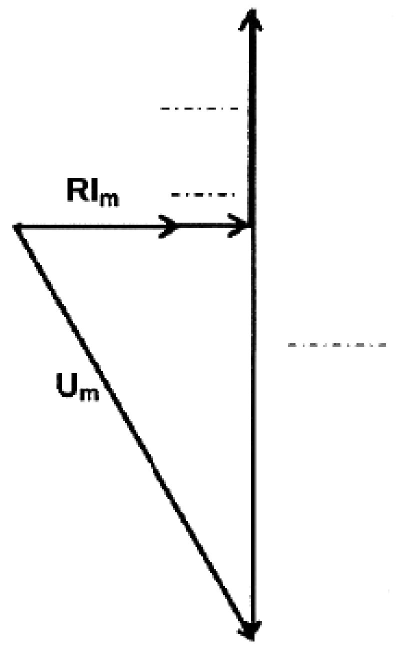
Le GBF utilisé alimente le circuit en délivrant à ses bornes une tension sinusoïdale **$u(t) = U_m\sin(2\pi Nt)$** de fréquence **N** réglable et d'amplitude **U_m = 6 V**. De ce fait, l'intensité **i(t)** du courant électrique qui circule dans le circuit vérifie l'équation différentielle suivante :

$$L\frac{di}{dt} + (R + r).i + \frac{1}{C}\int i.dt = U_m\sin(2\pi Nt)$$

1) On admet que **$i(t) = I_m\sin(2\pi Nt+\varphi_i)$** est une solution particulière de cette équation différentielle, en régime permanent.
A une valeur **N_1** de **N**, les mesures des tensions aux bornes des différents dipôles du circuit de la figure 2 permettent de réaliser, à l'échelle, la construction de Fresnel de la figure 3 de la feuille annexe **(page 5/5 : feuille à remplir et à rendre avec la copie).**
Compléter l'annotation de la construction de Fresnel sus indiquée.

2) A l'aide de la construction de Fresnel complétée :
 a- donner la valeur maximale **U_{Rm}** de la tension aux bornes du résistor et en déduire la valeur de l'intensité maximale **I_m**,
 b- donner la valeur maximale **U_{Cm}** de la tension aux bornes du condensateur et en déduire la valeur **N_1** de la fréquence du **GBF**,
 c- déterminer la valeur de l'inductance **L** de la bobine.

3) En fixant la fréquence **N** du **GBF** à la valeur **N_2 = 236 Hz**, l'ampèremètre indique la valeur **I_2 = 28,3 mA**.
 a- Calculer la valeur de l'impédance **Z_2** de l'oscillateur **RLC** série.
 b- Comparer **Z_2** à la résistance totale de l'oscillateur et en déduire que celui-ci est, dans ces conditions, le siège d'un phénomène dont on précisera le nom.
 c- Retrouver la valeur de l'inductance **L** de la bobine.



Échelle:
1 cm représente 1 V.

Figure 3

EXERCICE 2 (4,5 points)

Un pendule élastique est constitué d'un solide **(S)** de masse **m** et d'un ressort **(R)** de raideur **k = 40 N.m**$^{-1}$ et de masse négligeable devant celle de **(S)**.

I. Le solide **(S)**, libre de se mouvoir sur un banc à coussin d'air horizontal, est écarté de sa position de repos dans la direction d'un axe **(O,$\vec{i}$)** parallèle au banc, puis libéré sans vitesse initiale à un instant **t_o** qui sera pris comme origine des temps (**t_o = 0**). Pour étudier les oscillations du pendule, on repère au cours du temps, la position du centre d'inertie **G** du solide **(S)** dans le repère **(O,$\vec{i}$) (Fig.3)**.

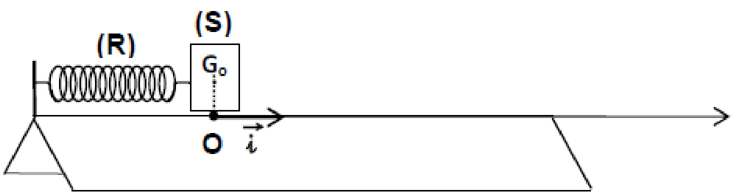


Fig.3

1. **a)** En désignant par **x** l'abscisse de **G** et par **v**, sa vitesse à un instant **t** donné, exprimer l'énergie mécanique **E** du pendule élastique en fonction de **m**, **k**, **v** et **x**.
   b) En admettant que **E** reste constante au cours des oscillations, établir en **x**, l'équation différentielle des oscillations de **G**.
2. Un système approprié d'acquisition des données permet d'obtenir les courbes **1** et **2** de la figure **4**.

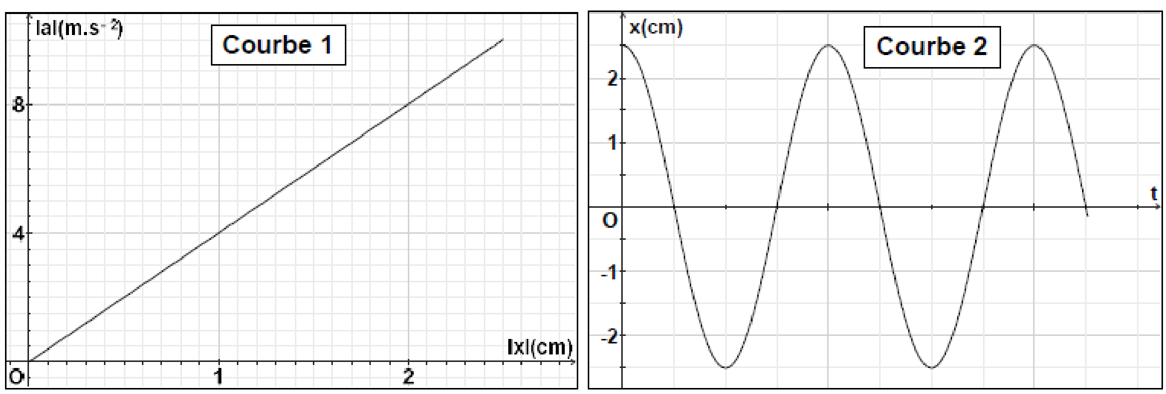


Fig.4

La courbe **1** traduit l'évolution de la valeur absolue de l'accélération **a** de **G** en fonction de la valeur absolue de son élongation **x** ; la courbe **2** représente l'évolution de **x** au cours du temps **t**.

a) Montrer que la forme droite de la courbe **1** vérifie l'équation différentielle établie dans **1.b.**

b) En déduire la valeur de :
- la pulsation des oscillations,
- la masse **m** du solide **(S)**.

c) Déterminer :
- les expressions de **x(t)** et de **v(t)**,
- le sens dans lequel le solide **(S)** a été écarté initialement.

II. Le solide **(S)** est maintenant soumis, au cours de ses oscillations, à une force excitatrice $\vec{F} = (1,2 \sin 18\, t).\vec{i}$ et à une force de frottement $\vec{f} = -h\vec{v}$, avec **h = 0,8 N.s.m^{-1}**.

1. Sachant que pour un dipôle **RLC série** soumis à une tension alternative sinusoïdale **u(t) = $U_m \sin\omega t$**, l'équation différentielle reliant la charge du condensateur **q** à sa dérivée première et à sa dérivée seconde est : $L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = u$ et sa solution est de la forme : $q = Q_m \sin(\omega t + \varphi_q)$,

avec $Q_m = \dfrac{U_m}{\sqrt{R^2\omega^2 + (L\omega^2 - \frac{1}{C})^2}}$: charge maximale et φ_q, phase initiale de **q** telle que $\text{tg}\,\varphi_q = \dfrac{R\omega}{L\omega^2 - \frac{1}{C}}$.

a) En précisant l'analogie utilisée, écrire :
- l'équation différentielle reliant l'abscisse **x** de **G** à sa dérivée première et à sa dérivée seconde pour l'oscillateur mécanique,
- l'expression de **x(t)** en régime permanent, en précisant son amplitude X_m et sa phase initiale φ_x.

b) En déduire l'expression de la vitesse **v(t)** de **G**.

2. On modifie la pulsation de l'excitateur. Pour une valeur ω_1 de celle-ci, l'amplitude des oscillations devient maximale.

a) Donner le nom du phénomène dont l'oscillateur est le siège à la pulsation ω_1.

b) Dans le cas d'un circuit **RLC série**, un phénomène analogue peut être observé à une valeur ω_r de la pulsation de la tension excitatrice **u(t)**.
Etablir l'expression de ω_r en fonction de la pulsation propre ω_0 du circuit, de la résistance **R** et de l'inductance **L**.

c)
- En déduire par analogie, l'expression de ω_1 en fonction de **h**, **m** et ω_0, la pulsation propre du pendule élastique.
- Calculer la valeur de ω_1.

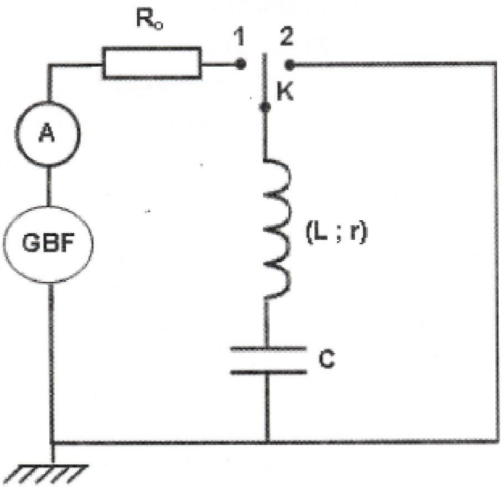
d) Calculer la puissance mécanique moyenne du pendule oscillant à la pulsation ω_1.

Exercice 1 (5 points)

On dispose d'un **GBF** (générateur basse fréquence) délivrant entre ses bornes une tension sinusoïdale **u(t) = $U_m\sin(2\pi Nt)$**, de fréquence **N** réglable et d'un circuit **RLC** série constitué d'un résistor de résistance **R_o = 35 Ω**, d'un condensateur de capacité **C = 2,8 µF** et d'une bobine d'inductance **L = 0,016 H** et de résistance interne **r = 6 Ω**. A l'aide d'un commutateur **K** (**Fig.1**) que l'on met dans la position **1**, un courant électrique oscille dans le circuit **RLC** série **($R = R_o + r$)** avec une intensité **i(t) = $I_m\sin(2\pi Nt + \varphi_i)$**, où

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{(R_o + r)^2 + (2\pi NL - \frac{1}{2\pi NC})^2}}$$

et φ_i est la phase initiale de **i(t)**.



Un système d'acquisition informatique permet de tracer les chronogrammes de la tension d'alimentation **u(t)** et de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

1. Pour une valeur N_1 de **N**, un ampèremètre inséré dans le circuit indique la valeur I_1 **= 207 mA** et on obtient pour **u(t)** et $u_C(t)$, les chronogrammes sinusoïdaux $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$ de la figure **Fig.2**.

   a) Montrer, en s'appuyant sur la figure **Fig.2**, que la courbe $\mathscr{C}_1$ est le chronogramme de **u(t)**.

   b) Déterminer graphiquement la valeur du déphasage $\Delta\varphi = (\varphi_{u_C} - \varphi_u)$ et en déduire que le circuit est le siège d'une résonance d'intensité.

   c) Calculer la valeur de N_1.

   d) Calculer les valeurs de U_m et de U_{Cm}.

Fig.1

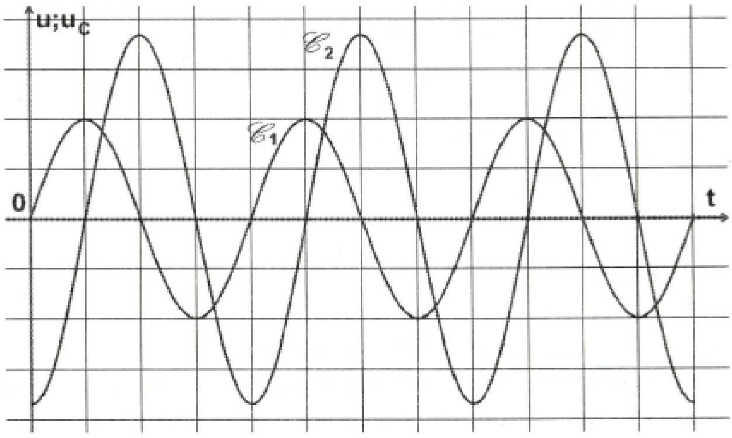


Fig.2

2. **a)** Etablir l'expression de la charge maximale Q_m du condensateur en fonction de la fréquence **N** du **GBF** et de l'intensité maximale I_m du courant oscillant dans le circuit **RLC** série.

   b) – Montrer que le circuit **RLC** série est le siège d'une résonance de charge à la fréquence $N_r = \sqrt{N_o^2 - \dfrac{(R_o + r)^2}{8\pi^2 L^2}}$, où N_o est la fréquence propre de l'oscillateur.

   – En déduire le sens dans lequel il faut faire varier la fréquence **N** du **GBF**, à partir de la valeur N_1, pour transformer la résonance d'intensité en une résonance de charge.

3. Après une certaine durée de fonctionnement et juste à l'instant où la tension u_C aux bornes du condensateur est maximale, on bascule le commutateur **K** de la position **1** à la position **2**. Sachant que la valeur **r = 6 Ω** est suffisamment petite pour que le circuit **rLC** série se mette à osciller, préciser la nature des oscillations et donner deux propriétés distinguant ces oscillations de celles des questions (**1**) et (**2**).

Exercice 1 (4,5 points)

Le circuit de **la figure 1** comporte un générateur supposé idéal de fem **E**, un interrupteur **K**, un ampèremètre (A_1), un résistor de résistance **R = 200 Ω** et un dipôle **D**, tous branchés en série.

Le dipôle **D** peut être soit :

- une bobine d'inductance **L** et de résistance interne supposée nulle,
- un condensateur de capacité **C**.

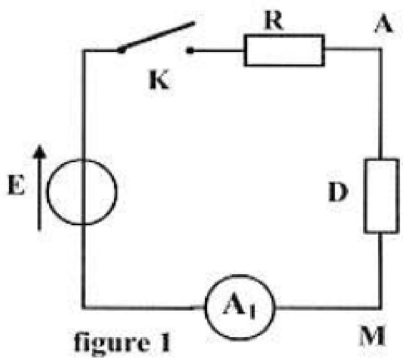


figure 1

A une date **t = 0**, on ferme l'interrupteur **K** et on visualise, la tension $u_{AM}(t)$ aux bornes du dipôle **D**, à l'aide d'un oscilloscope, on obtient alors la courbe de la **figure 2 de la page 5/5**.

1) Préciser, en le justifiant, si le dipôle **D** est une bobine ou bien un condensateur.

2) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{AM}(t)$.

3) La solution de l'équation différentielle précédente s'écrit : $u_{AM}(t) = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

   a- Déterminer graphiquement les valeurs de la tension U_0 et de la constante de temps **τ**.

   b- En déduire la valeur de la grandeur (**L** ou **C**) qui caractérise le dipôle **D**.

4) Maintenant, on insère en série, dans le circuit, une bobine d'inductance $L = 0,5$ **H** et de résistance interne **r** et on remplace le générateur de fem **E** par un **GBF** délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi N t)$ d'amplitude U_m constante et de fréquence **N** réglable.

L'intensité instantanée du courant électrique **i(t)**, circulant dans le circuit, vérifie l'équation différentielle suivante : $L\frac{di}{dt} + (R+r).i + \frac{1}{C}\int i.dt = u(t)$. La solution de cette équation s'écrit :

$$i(t) = I_m \sin(2\pi Nt - \frac{\pi}{4}).$$

On maintient la fréquence du **GBF** à une valeur N_1. Une étude appropriée permet de tracer le diagramme de Fresnel représenté par la **figure 3** de la **page 5/5**.

a- Préciser, en le justifiant, la nature (inductif, capacitif où résistif) du circuit.

b- Compléter, sur la **figure 3** de la **page 5/5 (à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie)**, en respectant l'échelle donnée, le diagramme de Fresnel correspondant à l'équation différentielle précédente. Préciser les expressions de X_2 et de X_3.

c- Montrer que l'impédance **Z** du circuit s'écrit : $Z = \sqrt{2}.(R+r)$.

d- L'intensité du courant électrique, mesurée à l'aide de l'ampèremètre, est de valeur $I = \frac{38,6}{\sqrt{2}}$ **mA.** Déterminer la valeur de la résistance **r**.

5) On fait varier la fréquence **N** du **GBF** à partir de la valeur N_1 jusqu'à la valeur N_0. Pour cette fréquence N_0, l'ampèremètre indique la valeur la plus élevée $I_0 = \frac{57,5}{\sqrt{2}}$ **mA.**

a- Justifier, sans faire de calcul, que pour $N = N_0$, on peut retrouver la valeur de la grandeur qui caractérise le dipôle **D**.

b- La tension maximale que peut supporter ce condensateur est de **20 V**. Préciser, en le justifiant, s'il y a risque de claquage du condensateur.

figure 2

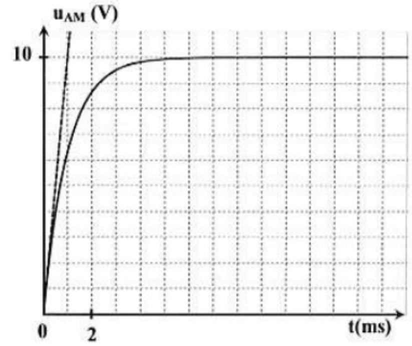
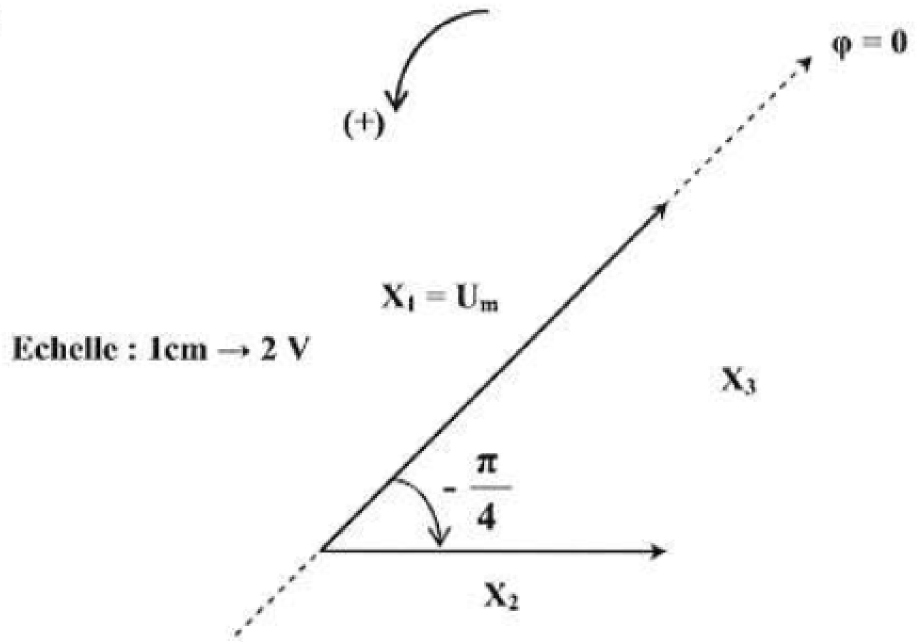


figure 3



Exercice 1 (5,25 points)

Les deux parties I et II sont indépendantes

Partie I

Afin d'étudier expérimentalement la réponse d'un dipôle **RC** à un échelon de tension, on réalise le circuit électrique de la **figure 1** qui comporte :

– un générateur de tension idéal de force électromotrice **E** ;
– un condensateur de capacité **C** = 2.10^{-6} **F** initialement déchargé ;
– un résistor de résistance **R** réglable ;
– un interrupteur K.

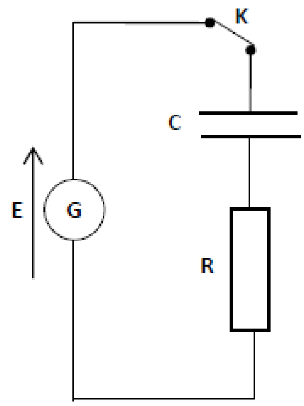


Figure 1

A un instant **t** = **0**, pris comme origine des temps, on ferme l'interrupteur K.

1) Préciser le phénomène physique qui se produit au niveau du condensateur.

2) **a** – Montrer que l'équation différentielle régissant les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours du temps s'écrit :

$$RC\frac{du_c}{dt} + u_c = E.$$

b – En admettant que la solution de cette équation différentielle est de la forme :

$u_c = A\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, préciser les expressions de **A** et de τ.

3) Un système d'acquisition approprié permet de suivre l'évolution temporelle des tensions u_C, u_G et u_R respectivement aux bornes du condensateur, du générateur et du résistor. Pour une valeur de $R = R_1$, on obtient les courbes $\mathscr{C}_1$, $\mathscr{C}_2$ et $\mathscr{C}_3$ de la **figure 2**.

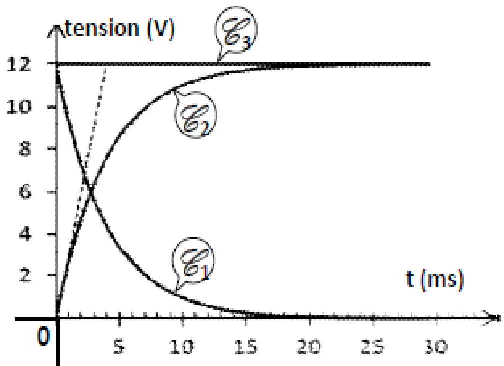


Figure 2

a –En justifiant la réponse, faire correspondre chacune des courbes $\mathscr{C}_1$, $\mathscr{C}_2$ et $\mathscr{C}_3$ à la tension qu'elle représente.

b –En exploitant les courbes de la **figure 2**, déterminer la fem **E** et la constante de temps τ du circuit. En déduire la valeur de R_1.

c – Déterminer l'instant t_1 pour lequel la tension $u_C(t)$ est égale à $u_{R1}(t)$.

d – Exprimer u_C en fonction de **E**, t_1 et **t**. En déduire le pourcentage de charge du condensateur aux instants : t_1 et $t_2 = 6{,}6\, t_1$.

Partie II

Dans le circuit précédent on insère, en série avec le condensateur de capacité **C** = $2.\,10^{-6}$ **F**, une bobine d'inductance **L** et de résistance **r**.

On ajuste la résistance du résistor à la valeur $R_2 = 90\ \Omega$ et on remplace le générateur de fem **E** par un générateur de basses fréquences **GBF** délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$, d'amplitude U_m constante et de fréquence N réglable (**figure 3**).

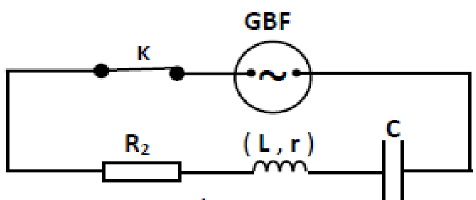


Figure 3

Le système d'acquisition permet d'avoir à la fois les chronogrammes de la tension **u (t)** et de la tension $u_{R2}(t)$ aux bornes du résistor.

Pour une valeur N_1 de la fréquence N du générateur, on obtient les courbes $\mathscr{C}_4$ et $\mathscr{C}_5$ de la **figure 4**.

1) a – Montrer que la courbe $\mathscr{C}_4$ correspond à **u (t)**.

b – Justifier que le circuit est le siège d'oscillations électriques forcées.

2) En exploitant les courbes de la **figure 4**, déterminer :

a – la fréquence N_1 de **u (t)** et l'intensité maximale I_{1m} du courant qui circule dans le circuit.

b – la phase initiale de u_{R2} **(t)**.

3) a – Préciser la nature du circuit (inductif, capacitif ou résistif) à la fréquence N_1.

b – Calculer l'impédance électrique **Z** du dipôle **RLC** étudié.

c – Déterminer les valeurs de **r** et **L** et déduire la fréquence propre N_0 de l'oscillateur.

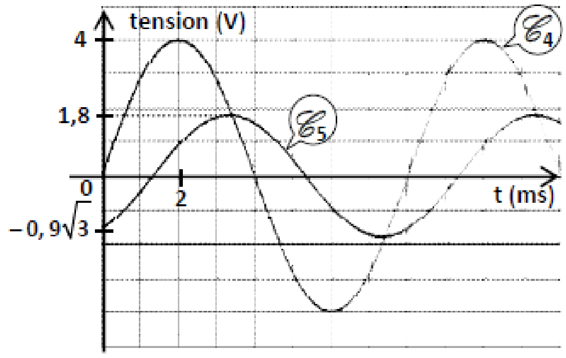


Figure 4

Exercice 1 (5 points)

PARTIE I :

On dispose d'un circuit électrique série constitué par :

– un résistor de résistance $R_0 = 50\Omega$;

– une bobine (B) d'inductance **L** et de résistance **r** ;

– un condensateur de capacité $C = 2{,}1\mu F$ complètement chargé au préalable à l'aide d'un générateur supposé idéal de force électromotrice **E = 6V.**

On réalise une expérience qui permet d'enregistrer séparément l'évolution temporelle des tensions suivantes : u_{R_0} aux bornes du résistor, u_B aux bornes de la bobine et u_C aux bornes du condensateur.

On obtient les courbes $\mathscr{C}_1$, $\mathscr{C}_2$ et $\mathscr{C}_3$ de la **figure 3** ci-dessous :

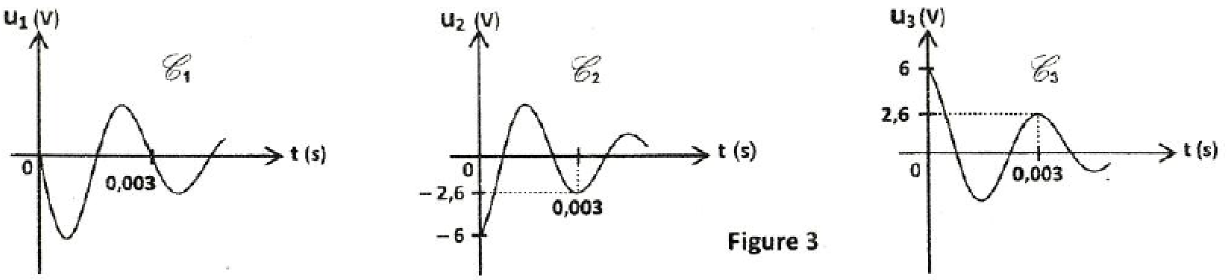


Figure 3

1) a – Justifier que la courbe $\mathscr{C}_3$ représente la tension $u_C(t)$.

b – Attribuer, en le justifiant, chacune des deux courbes $\mathscr{C}_1$ et $\mathscr{C}_2$, à la tension **u(t)** qu'elle représente.

2) Calculer la variation **ΔE** de l'énergie totale emmagasinée par l'oscillateur entre les deux instants $t_1 = 0s$ et $t_2 = 0{,}003s$. Donner la cause de cette variation.

Partie II

Dans le but de déterminer la valeur de la résistance **r** de la bobine (**B**) et celle de son inductance **L**, on insère en série dans le circuit précédent :

– un générateur de basses fréquences (**GBF**) délivrant une tension alternative sinusoïdale

$u(t) = U\sqrt{2}\sin(2\pi N t + \frac{\pi}{4})$, de valeur efficace **U** constante et de fréquence **N** réglable ;

– un ampèremètre (**A**) de résistance négligeable.

Pour une valeur $N_1 = 377{,}4$ **Hz** de la fréquence, l'intensité instantanée du courant électrique qui circule dans le circuit est: $i_1(t) = I_1\sqrt{2}\sin(2\pi N_1 t)$; où I_1 est l'intensité efficace du courant électrique. Deux voltmètres (V_1) et (V_2) sont branchés respectivement aux bornes du résistor de résistance R_0 et aux bornes de l'ensemble {bobine, condensateur}(**Figure 4**).

Les deux voltmètres (V_1) et (V_2) donnent respectivement les valeurs **$U_1 = 2{,}50$ V et $U_2 = 3{,}05$ V.**

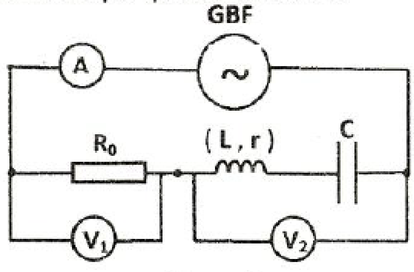


Figure 4

1) a – Déterminer la valeur de l'intensité I_1.

b – Préciser, en le justifiant, la nature du circuit (inductif, capacitif ou résistif).

2) La **figure 7 de la page 5/5 (à remplir par le candidat et à remettre avec la copie)**, représente la construction de Fresnel inachevée et associée au circuit étudié à la fréquence N_1.

a – Compléter la construction de Fresnel à l'échelle : **2 cm pour $\sqrt{2}$ V**. On désignera par :

* $\overrightarrow{OA}$ le vecteur associé à la tension $u_{R_0}(t)$;

* $\overrightarrow{AB}$ le vecteur associé à la tension $u_{(B,C)}(t)$, (tension aux bornes de l'ensemble bobine et condensateur);

* $\overrightarrow{OB}$ le vecteur associé à la tension u (t).

b – Déduire les valeurs de U, r et L.

3) On prendra dans la suite de l'exercice **r = 10 Ω**. On règle maintenant la fréquence N à une valeur N_2 de façon à avoir $U_1 = 5\,U_2$.

a – Montrer que le circuit est le siège d'une résonance d'intensité.

b – Montrer que dans ces conditions, on a : $\dfrac{U_c}{U} = \dfrac{1}{(R_0 + r)}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$.

c – Déduire la nature du phénomène qui se produit aux bornes du condensateur. Ya-t-il risque de claquage du condensateur sachant que sa tension nominale est égale à **18V** ?

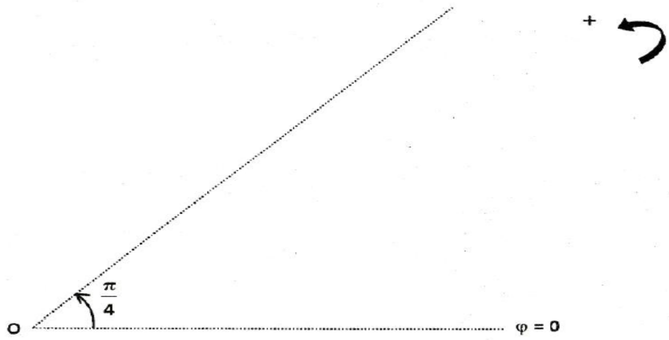


Figure 7

Exercice 3 : *Oscillateur électrique* (6 points)

Le circuit électrique schématisé sur la **figure 6** comporte les éléments suivants:

- Un générateur basses fréquences (**G.B.F**) délivrant une tension sinusoïdale **u(t)** de fréquence **N** variable et d'amplitude U_m constante,
- Un condensateur de capacité **C**,
- Une bobine d'inductance **L** et de résistance interne **r**,
- Un résistor de resistance R_o ,
- Un ampèremètre de résistance interne négligeable.

On se propose d'étudier la réponse de l'oscillateur (**R = Ro + r** , **L**, **C**), pour différentes valeurs de **N**.

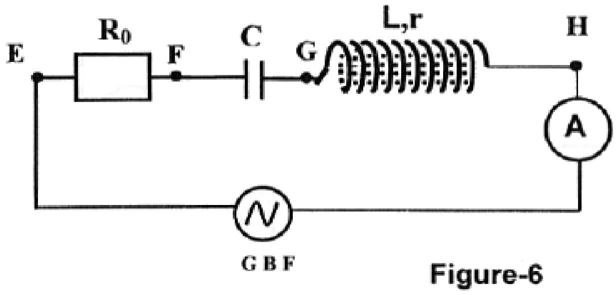
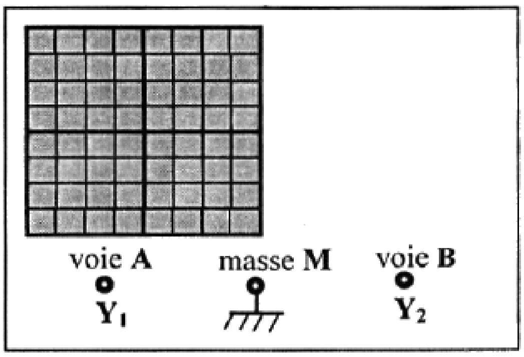


Figure-6



Oscilloscope

I – Expérience 1

Pour une valeur N_1 de la fréquence, un oscilloscope bicourbe, convenablement branché, permet de visualiser simultanément les deux tensions **u(t)** et $u_{Ro}(t)$, respectivement aux bornes du **GBF** et aux bornes du résistor R_0 ; on obtient les oscillogrammes de la **figure 7.**

Les sensibilités verticale et horizontale, pour les deux voies **A** et **B** utilisées, sont respectivement : **2 V / div** et **1ms / div**.

1) a – Montrer que la courbe **($\mathscr{C}_1$)** visualisée sur la **voie A** de l'oscilloscope correspond à la tension **u(t)** aux bornes du **G.B.F.**

b – Lequel des points **E**, **F**, **G** ou **H** de **la figure 6**, est relié à la **voie A** de l'oscilloscope ? Justifier la réponse.

2) En exploitant l'oscillogramme de la **figure 7.**

a – Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_{u(t)} - \varphi_{uRo(t)}$ et justifier son signe, sachant que $\varphi_{u(t)}$ est la phase initiale (à t=0) de **u(t)** et $\varphi_{uRo(t)}$ est la phase initiale de $u_{Ro}(t)$.

b – Sachant que $u(t) = U_m \sin(2\pi N_1.t)$, recopier puis compléter le tableau suivant, en précisant les valeurs des grandeurs physiques :

	Valeur maximale	Phase initiale	Fréquence N_1
u(t)			
$u_{Ro}(t)$			

c – Quelle est l'indication de l'ampèremètre, sachant que l'impédance du circuit est **Z = 90Ω**

d – Calculer la valeur de la résistance **Ro.**

On rappelle que l'impédance **Z** est :

$$Z = \sqrt{(Ro + r)^2 + (L\omega_1 - \frac{1}{C\omega_1})^2}$$

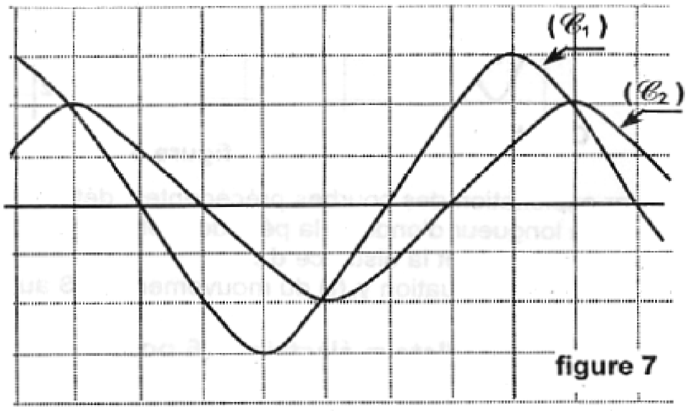


figure 7

II – Expérience 2

On fait varier la fréquence **N**.

Pour une valeur N_2 de cette fréquence les oscillogrammes obtenus sont représentés sur **la figure 8.**

La sensibilité horizontale des oscillogrammes est **2ms / div.** La sensibilité verticale est **2 V/div** pour la voie **A** qui visualise **u(t)** et **5 V/div** pour la voie **B** qui visualise $u_{Ro}(t)$.

1) Justifier le fait que l'oscillateur est en état de résonance d'intensité.

2) La valeur de **Ro** étant **Ro = 60** Ω, quelle est la nouvelle indication de l'ampèremètre ?

3) Montrer que la valeur de la résistance **r** de la bobine est environ 12 Ω.

4) Sachant que **L** = 1 H, calculer la valeur de la capacité **C** du condensateur.

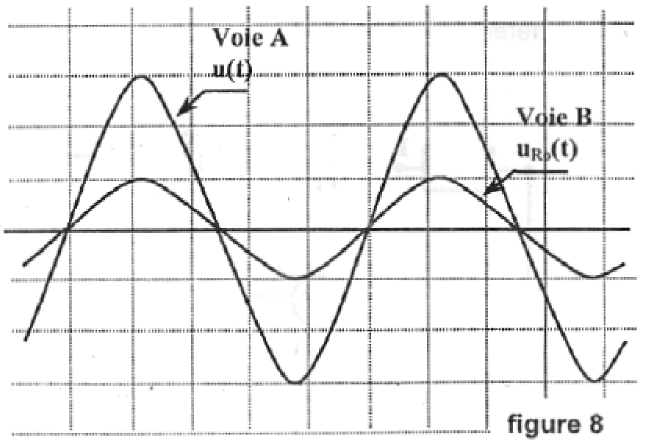
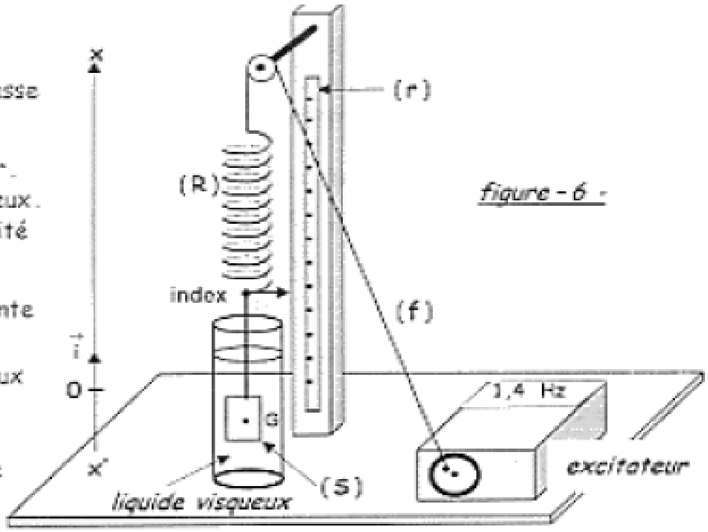


figure 8

Exercice n°3 (6 points)

Le dispositif de la figure - 6 - comporte :

- un ressort (R) de constante de raideur K et de masse négligeable, est disposé verticalement tel que son extrémité supérieure est attachée au fil (f) permettant de le mettre en liaison avec l'excitateur.
- un récipient transparent contenant un liquide visqueux.
- un solide (S) de masse m est accroché à l'extrémité libre du ressort. Au cours de son mouvement, il baigne totalement dans le liquide et est soumis à des frottements de type visqueux dont la résultante est $\vec{f} = -h.\vec{v}$ où h est une constante positive dont la valeur dépend de la nature du liquide visqueux utilisé et de la forme du solide et $\vec{v}$ est la vitesse instantanée du centre d'inertie G de (S).
  L'action de l'excitateur est équivalente à une force excitatrice $\vec{F} = F_{max} \sin(2\pi N_e t).\vec{i}$ qui s'exerce sur le solide (S).
- une réglette (r) sur laquelle on peut repérer la position de l'index.



La position de G est définie par son abscisse x par rapport au repère $(O, \vec{i})$ d'axe x' x. L'origine O correspond à la position d'équilibre de G lorsque (S) est au repos.

1 – L'expression de la fréquence propre de l'oscillateur formé par (S) et (R) est $N_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$.

a - Etablir une relation entre m, K, l'allongement $\Delta\ell$ du ressort lorsque (S) est au repos et l'intensité de la pesanteur $\|\vec{g}\|$.

b - En déduire l'expression de N_0 en fonction de $\Delta\ell$ et $\|\vec{g}\|$.

Calculer sa valeur sachant que $\Delta\ell$ = 118 mm et $\|\vec{g}\|$ = 9,8 m.s^{-2}.

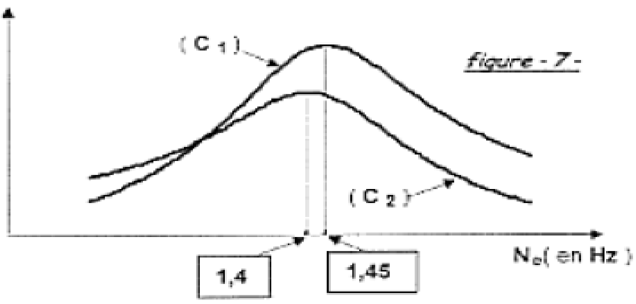
2 - Au cours d'une séance de travaux pratiques on mesure, pour différentes valeurs de la fréquence N_e, la durée Δt correspondante à 10 oscillations du solide (S). Ce qui permet d'obtenir le tableau de mesures suivant :

N_e (en Hz)	1,45	1,2	1
Δt (en s)	6,896	8,333	10
fréquence des oscillations $N = \frac{10}{\Delta t}$ (en Hz)			

a - Compléter le tableau en inscrivant, pour chaque mesure, la valeur de N.

b - En comparant les valeurs de N à celles de N_e, préciser la nature, libres ou forcées, des oscillations de (S).

3 - On fait varier la fréquence N_e de la force excitatrice, on mesure à chaque fois l'amplitude X_{max} des oscillations puis on en déduit l'amplitude V_{max} de la vitesse instantanée.
Ce qui a permis de tracer les courbes (C_1) et (C_2) de la figure - 7 - traduisant les variations de $X_{max} = f(N)$ et $V_{max} = g(N)$.



a - *Détermination expérimentale de* X_{max} :
Lorsque N_e = 1,2 Hz l'index oscille entre les deux graduations 43 mm et 93 mm de la réglette.
En déduire la valeur de X_{max} correspondant à cette fréquence.

b - La fréquence N_r de la force excitatrice correspondante à la résonance d'amplitude (ou résonance d'élongation) vérifie la relation $N_r^2 = N_0^2 - \frac{h^2}{8\pi^2 m^2}$.
Préciser, en le justifiant, laquelle des deux courbes (C_1) ou (C_2) correspond à $X_{max} = f(N)$.

c - Relever à partir de la figure - 7 - :

- la valeur de N_0 et la comparer à celle trouvée à la question 1 - b ; déterminer alors la valeur de K sachant que m = 0,22 Kg.
- la valeur de N_r ; calculer celle de h.

4 - L'élongation instantanée $x(t) = X_{max} \sin(2\pi N_e t + \varphi_x)$ de G est une solution de l'équation différentielle :

$$m\frac{d^2x(t)}{dt^2} + h\frac{dx(t)}{dt} + kx(t) = F(t) \qquad (1)$$

Sur la **figure - 8 -** de la **page - 5/5 -** à remplir par le candidat et à remettre avec la copie est représenté le vecteur de Fresnel $\overrightarrow{OA}$ associé à la fonction $h.\dfrac{dx(t)}{dt}$ lorsque $N_e = 1{,}2$ Hz.

a - Compléter la construction de Fresnel relative à l'équation (1) en traçant sur la **figure - 8 -** et dans l'ordre suivant les vecteurs $\overrightarrow{AB}$ et $\overrightarrow{BC}$ correspondant respectivement aux fonctions $K.x(t)$ et $m.\dfrac{d^2x(t)}{dt^2}$.

b - En déduire la valeur de F_{max} et celle de la phase à l'origine φ_x exprimée en degré.

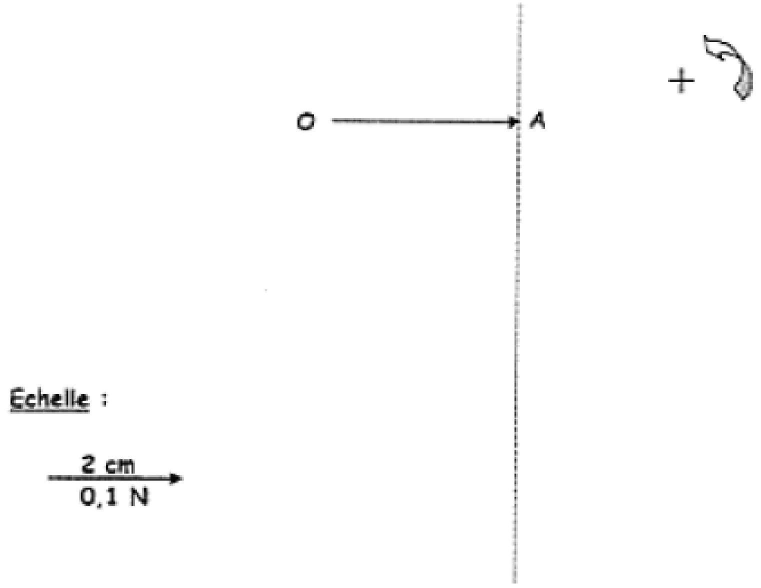


figure - 8 -