Lycée SBIKHA

Classe : 4Technique

SERIE N°7

2015/2016

SCIENCES PHYSIQUES

Proposé par: AMAMOU-M.S

PHYSIQUE Oscillations mécaniques forcées

Exercice N°1

Un solide (*S*) de masse est accroché à l'extrémité d'un ressort de raideur ***K*** dont l'autre extrémité est fixe. L'ensemble est horizontal et ***(S)*** subit des actions de frottement visqueux équivalentes à une force $\vec{f} = -h.\vec{V}$ où ***V*** est la vitesse du centre d'inertie ***G*** de (*S*) et ***h*** est une constante positive. De plus, (S) subit une force ***F*** dirigée suivant l'axe du ressort et dont la projection sur cet axe est : $F(t) = F_m.Sin(\omega.t)$.

1) Par recours à l'analogie formelle électrique – mécanique, établir l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse ***x(t).***
2) En utilisant la construction de Fresnel obtenue par analogie avec celle qui correspond à un circuit ***RLC*** série, montrer que $Z = \frac{F_m}{V_m}$ est exprimé par : $Z = \sqrt{h^2 + \left(m.\omega - \frac{K}{\omega}\right)^2}$ où V_m est la vitesse maximale de (*S*) et que le déphasage entre ***F*** et ***V*** est donné par : $tg(\varphi_F - \varphi_V) = \frac{m\omega - \frac{K}{\omega}}{h}$
3) En déduire l'expression de la vitesse ***V*** en fonction de ***t***, F_m, ***Z***, ω et φ_V.
4) De l'expression précédente, déduire celle de ***x(t).***
5) En faisant varier ω, mais en maintenant constante la valeur de F_m. Déterminer l'expression de ω pour laquelle V_m est maximale (*résonance de vitesse*). Quel est alors le déphasage entre la vitesse ***V*** et la force ***F***.
6) L'amplitude X_m des élongations varie également en fonction de ω.

Par recours à l'analogie formelle *électrique – mécanique*, établir l'expression de ω à la résonance d'élongation.

Exercice N°2

On considère le dispositif de la ***Figure-1*** formé par un solide (S) de masse ***m= 0,3kg*** est liée à l'extrémité libre ***A*** d'un ressort horizontal ® de raideur ***K= 20N.m⁻¹***.

On suppose que le solide (S) est soumis à une force de frottement de type $\vec{f} = -h.\vec{V}$ où ***h*** est une constante positive et ***V*** la vitesse du solide à l'instant ***t***.

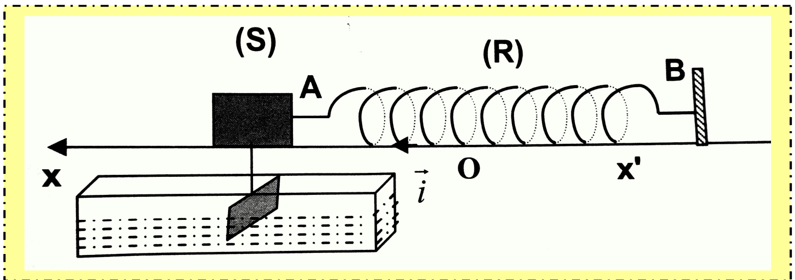

Figure-1

A/ On écarte le solide (*S*) de sa position d'équilibre de x_0 puis on le lâche à un instant de date ***t= 0s.***

1) Etablir l'équation différentielle vérifiée par ***x(t).***

2) Donner l'expression de l'énergie totale E du système ***{(S), ®, Terre}*** en fonction de m, K, x et v.
3) Montrer que cette énergie ne se conserve pas.
4) La courbe de la ***Figure-2*** représente l'évolution de l'élongation x en fonction du temps.

Déterminer l'énergie mécanique du système à l'instant de date t_1 indiqué sur la ***Figure-2***.

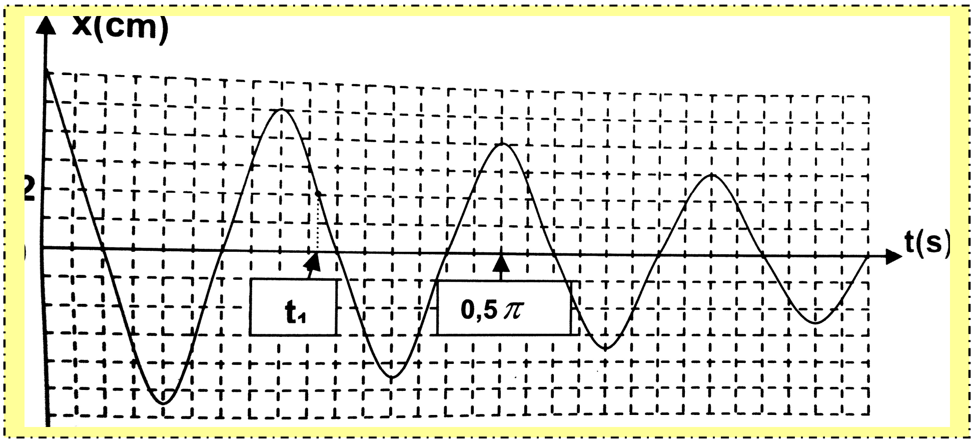

Figure-2

B/ Après avoir enlevé le crochet, un système approprié communique à l'extrémité B du ressort une force excitatrice sinusoïdale F exprimée par : $F(t) = F_m.Sin(\omega.t)$ et impose des oscillations forcées à l'oscillateur.

En régime permanent la réponse du résonateur est $x(t) = X_m.Sin(\omega.t + \varphi_x)$.

1) Par recours à l'analogie formelle *électrique – mécanique*, établir :

a- L'équation différentielle du mouvement vérifiant l'élongation x.

b- L'expression de X_m en fonction de Fm, K, m, h et ω.

c- L'expression de la pulsation ω_r de l'excitateur à la résonance d'élongation en fonction de ω_0 (pulsation propre de l'excitateur), h et m.

2) pour une valeur de $h=h_1$, en faisant varier la pulsation ω du moteur, on obtient la courbe de la ***Figure-3*** qui traduit l'évolution de l'amplitude X_m du résonateur en fonction de ω.

a- Déterminer la valeur ***de*** h_1.

b- Calculer l'amplitude X_m à la résonance d'élongation.

On donne : $F_m = 2N$.

3) On remplace (S) par un autre solide (S_2) de masse m_2 et on donne à h une valeur $h_2 \neq h_1$;

a- par recours à l'analogie formelle *électrique – mécanique*, établir en fonction de F_m, K, m_2, h_2 et ω l'expression de l'amplitude de la vitesse V_m du mouvement du solide (S_2).

b- Pour une pulsation ω de l'excitateur les courbes d'évolution de $F(t)$ et $v(t)$ sont celles ***figure-4***.

- Déterminer les lois horaires de $F(t)$ et $V(t)$.
- Montrer que l'oscillateur est en état de résonance de vitesse.
- Déterminer les valeurs de m_2 et h_2.

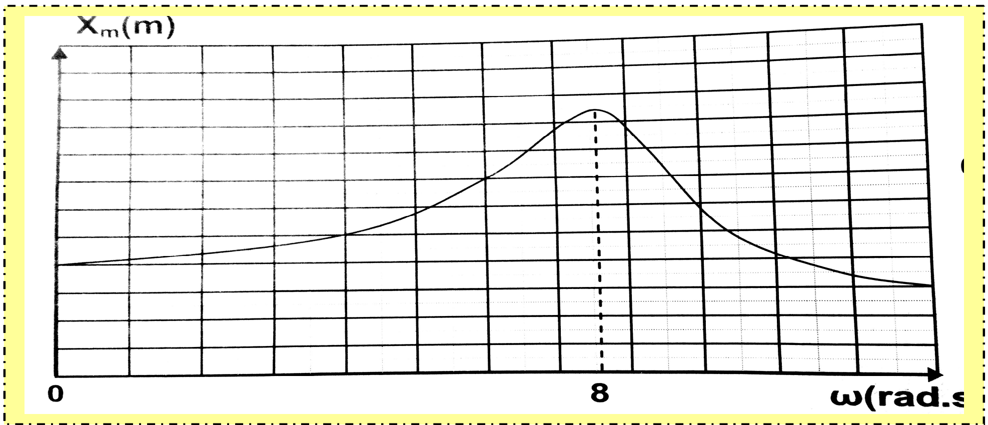

Figure-3

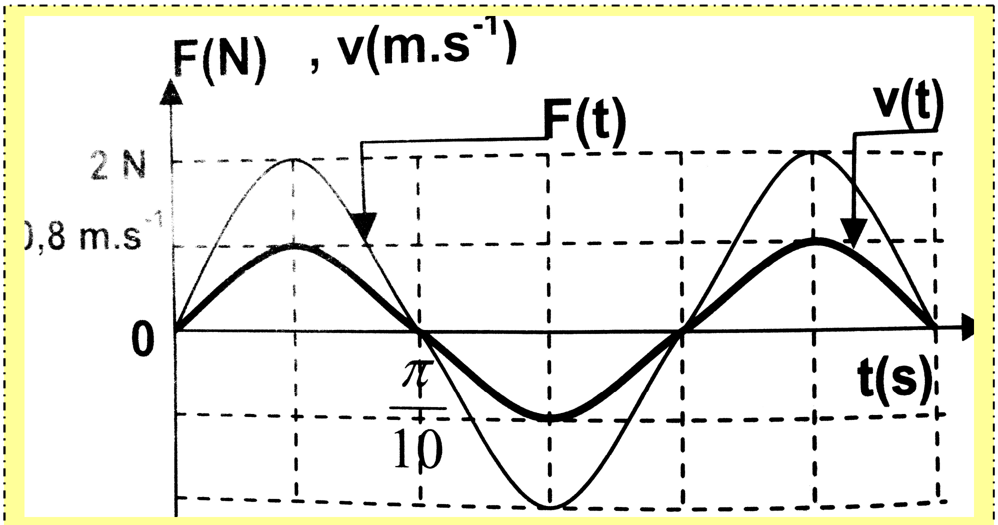

Figure-4

Exercice N°3

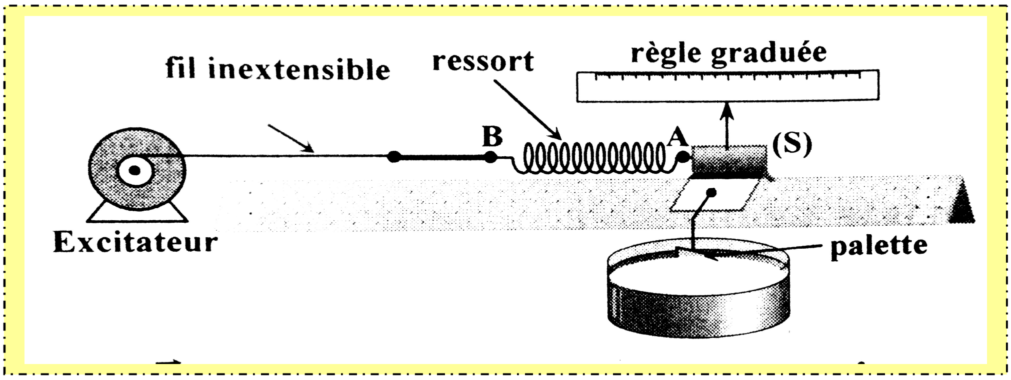

Figure-5

On considère le dispositif de la ***Figure-5*** : ***S*** : solide supposé ponctuel, de masse ***m= 200g***.
R : ressort de raideur ***K= 20N.m^{-1}.*** Le solde S est soumis à :
* Des frottements visqueux de la forme $\vec{f} = -h.\vec{v}$ où v est la vitesse de (***S***) et h une constante positive.
* Une force excitatrice $\vec{F}(t) = F_m.Sin(\omega.t).\vec{i}$ exercée par un dispositif non représenté jouant le rôle d'un excitateur. ***F_m*** est constant, ***ω*** est réglable.
L'enregistrement graphique du mouvement du solide (***S***) permet de tracer la courbe de *la Figure-6*

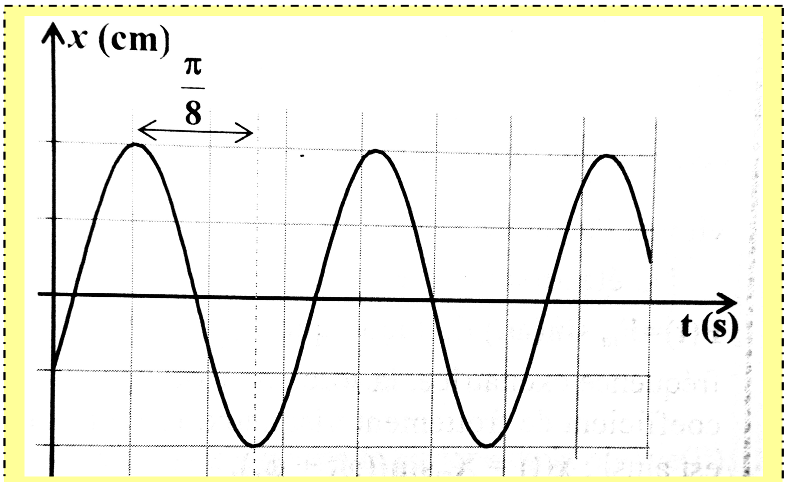

Figure-6

1) Rappeler le rôle de l'excitateur.
2)

a- Déterminer l'expression de l'élongation ***x(t)*** du solide (***S***) en précisant les valeurs de tous les paramètres.
b- Montrer que l'enregistrement confirme le régime forcé des oscillations.
3) On donne : $h = 0{,}625 kg.s^{-1}$; $F_m = 0{,}7N$.
On fait varier la pulsation ω de l'excitateur. Pour une valeur ω_1 de ω on constate que l'amplitude V_m de la vitesse est maximale.
On rappelle que l'intensité maximale Im du courant dans un circuit ***RLC*** série forcé a pour expression : $I_m = \dfrac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \dfrac{1}{C.\omega}\right)^2}}$.
a- En utilisant l'analogie *électrique – mécanique* donné, en justifiant, l'expression de l'amplitude V_m de la vitesse.
b- Déduire l'expression de $\omega_1$et calculer sa valeur.
c- Déterminer l'expression de ***f(t)***. (***f(t)*** *étant la valeur algébrique de la force de frottement*).
d- Donner l'expression de l'énergie mécanique de l'oscillateur. Montrer dans ces conditions qu'elle est constante et calculer sa valeur. (***Axe des phases*** $\varphi = 0$)

Exercice N°4

Un oscillateur mécanique formé d'un solide (***S***) de masse ***m*** et d'un ressort de raideur ***K*** est excité par une force sinusoïdale $\vec{F}(t) = F_m.Sin(\omega.t + \varphi_F).\vec{i}$ de pulsation ω variable. Au cour de son mouvement, le solide (***S)*** subit l'action d'une force de frottement $\vec{f} = -h.v.\vec{i}$, ***h*** est une constante positive et ***v*** la vitesse instantanée du centre d'inertie ***G*** du solide (***S***). La position de ***G*** lorsque (***S***) est en équilibre coïncide avec ***O*** origine du repère (***O, i***).
Pour une pulsation ω1, de ω, les variations en fonction du temps de ***F(t)*** et ***x(t)*** abscisse de ***G*** sont représentées sur la ***Figure ci-dessous***. (***Figure-***7).

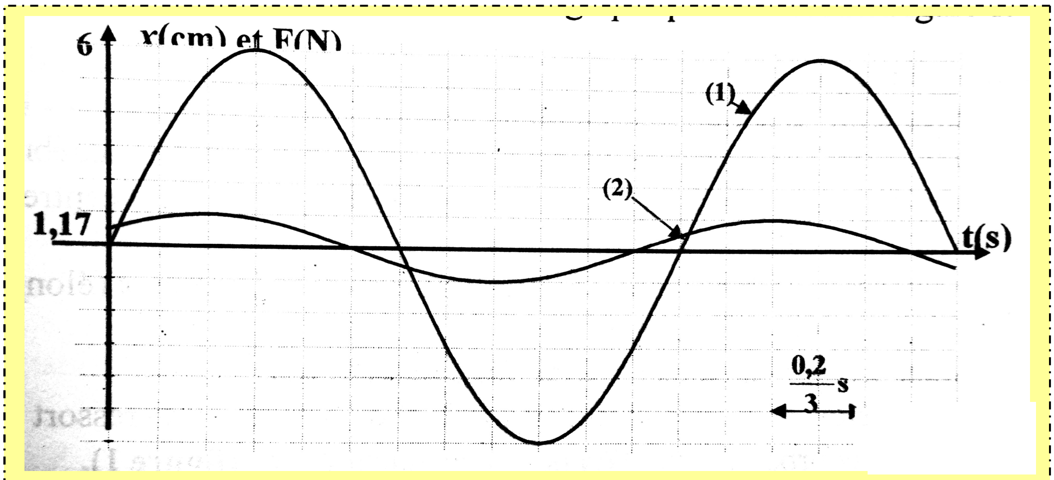

Figure-7

1) A partir du graphique :
a- Identifier les courbes. Justifier la réponse.
b- Déterminer la pulsation ω_1.
c- Déterminer le déphasage.
d- Ecrire les expressions de ***x(t)*** et ***F(t).***
2) On fait varier la pulsation ω de la force excitatrice et on suit les variations de l'amplitude X_m de l'élongation ***x(t)*** du mouvement du point ***G.*** On obtient la ***Figure-8.***
A partir de ce graphe, déterminer :
a- La pulsation ω_r de résonance d'amplitude.

b- La pulsation $\omega_1 \neq \omega_2$ on qui permet d'obtenir des oscillations d'amplitude égale à celle obtenue avec ω_1.

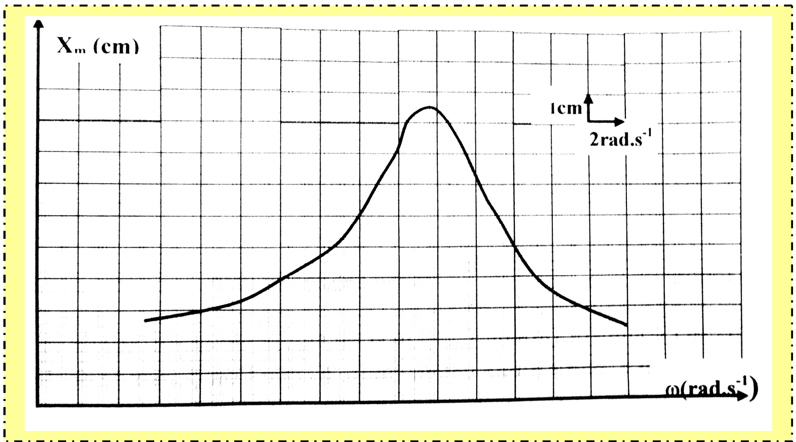

Figure-8

3) Sachant que la pulsation $\omega_0 = 20rd.s^{-1}$, $x(t)$ est en quadrature retard sur $F(t)$, déterminer pour cette pulsation :

a- $\varphi_F - \varphi_v$, que peut-on dire de $F(t)$ et $v(t)$, écrire l'expression de $v(t)$.

b- Quel phénomène se produit pour cette pulsation ? Que représente ω_0

Exercice N°5

Un pendule élastique horizontal est constitué d'un ressort de raideur K et d'un solide (*S*) de masse m. Le solide (*S*), soumis à une force de frottement $f = -h.v$, est mis en mouvement par une force excitatrice horizontal F de valeur algébrique : $F(t) = F_m.Sin(\omega.t + \varphi_F)$. sur un axe (***x'x***) d'origine la position d'équilibre du centre d'inertie G de (*S*).

1) Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur avec la variable x (*élongation de **G** sur **(x'x)***) par analogie *électrique – mécanique*.

2) la solution de cette équation est $x(t) = X_m.Sin(\omega.t + \varphi_x)$.

En déduire l'expression de la valeur algébrique $T(t)$ de la tension du ressort T.

3) On donne les courbes $F(t)$ et $T(t)$ pour une valeur de ω. (***figure-9***).

a- Montrer que *la courbe (1)* est celle de $F(t)$.

b- Déduire du graphique le déphasage $(\varphi_F - \varphi_T)$. Montrer que $(\varphi_F - \varphi_x) = \pi/3$ *rad*.

c- Déterminer les expressions de $T(t)$ et de $F(t)$ (*préciser les valeurs de* F_m, T_m, φ_F *et* φ_T).

d- on donne h= $\sqrt{3}.kg.s^{-1}$, $K = 25N.m^{-1}$ et $m = 0,1\ kg$. Calculer la valeur de X_m.

e- Montrer que l'oscillateur est en résonance d'élongation.

4) On fait varier ω.

a- Donner, en fonction de ω, l'expression de la puissance moyenne consommée par le pendule.

b- Pour quelle valeur de ω, cette puissance est-elle maximale ?

c- Quels changements obtient-on alors sur la ***Figure-9***.

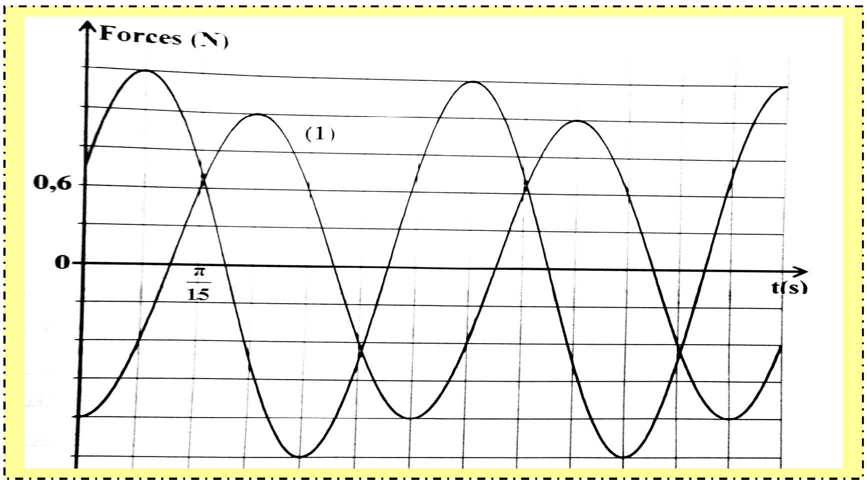

Figure-9