

Cette épreuve est formée de trois exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4  
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé

**Premier exercice (7 ½ pts)****Oscillateur mécanique**

On dispose d'un oscillateur mécanique constitué par un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m et un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de constante de raideur k. (S) peut glisser sur un rail horizontal ; G est repéré sur un axe horizontal  $\vec{Ox}$  dont l'origine O correspond à la position de G quand (S) est dans la position d'équilibre (Fig.1).

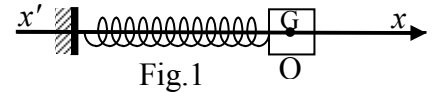


Fig.1

Un dispositif permet d'enregistrer les variations de l'abscisse x de G et de la mesure algébrique v de sa vitesse en fonction du temps.

Le plan horizontal contenant G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

Le but de l'exercice est de comparer les valeurs de certaines grandeurs physiques associées au mouvement de l'oscillateur dans deux situations.

**A - Première situation**

Le solide effectue des oscillations et l'énergie mécanique  $E_m$  du système (oscillateur, Terre) garde une valeur constante  $E_m = 64 \times 10^{-3} \text{ J}$ .

Le dispositif d'enregistrement fournit alors les courbes indiquées sur les figures (2) et (3).

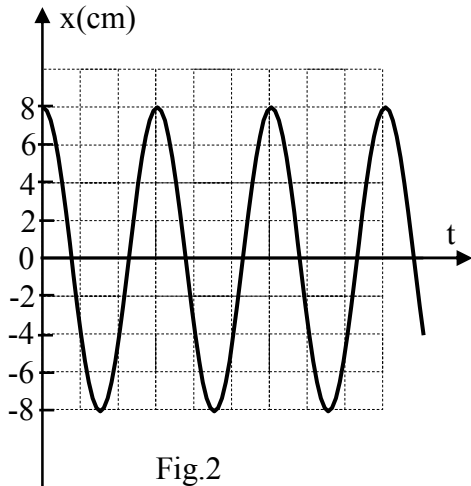


Fig.2

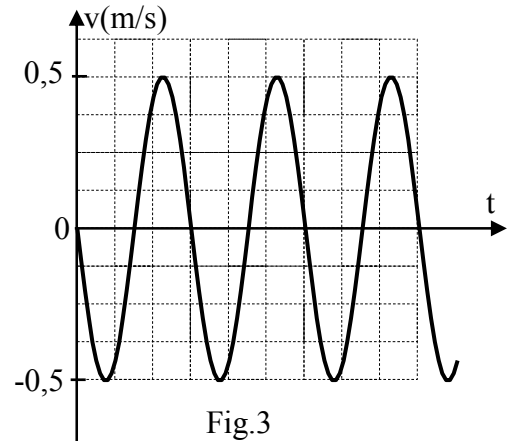


Fig.3

- 1) Se référer aux figures (2) et (3) .
  - a) Indiquer le type d'oscillations de (S).
  - b) Préciser : i) l'abscisse  $x_0$  et la valeur  $v_0$  de la vitesse à la date  $t_0 = 0$  ;  
 ii) la valeur de l'amplitude  $X_m$  des oscillations et la valeur maximale  $V_m$  de la vitesse;  
 iii) le sens du déplacement de G quand il passe pour la première fois par l'origine O.
- 2) En appliquant le principe de conservation de l'énergie mécanique, montrer que :
  - a) la constante de raideur du ressort a pour valeur  $k = 20 \text{ N/m}$  ;
  - b) la masse de (S) a pour valeur  $m = 512 \text{ g}$ .

- 3) a) Écrire l'expression de l'énergie mécanique du système (oscillateur, Terre) en fonction de  $m$ ,  $v$ ,  $k$ , et  $x$ .  
 b) Déterminer l'équation différentielle du second ordre en  $x$  qui régit le mouvement de G.  
 c) Dédire l'expression de la pulsation propre  $\omega_0$  en fonction de  $k$  et  $m$ .  
 d) La solution de l'équation différentielle du second ordre dans cette situation est  $x = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$  où  $\varphi$  est une constante. Déterminer la valeur de  $\varphi$ .

### B- Deuxième situation

Le solide (S), écarté maintenant d'une distance  $x_{01}$  de sa position d'équilibre, est lancé, à la date  $t_0 = 0$ , dans le sens positif avec une vitesse de valeur  $v_{01}$ . Le dispositif enregistre alors les variations de l'abscisse  $x$  en fonction du temps (Fig.4).

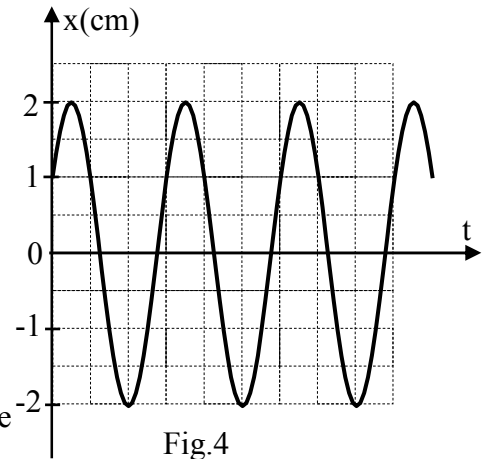


Fig.4

- 1) En se référant à la figure 4 :
- donner la valeur de  $x_{01}$  et celle de l'amplitude  $X_{m1}$  du mouvement ;
  - montrer que l'énergie mécanique  $E_{m1}$  du système (oscillateur, Terre) ne varie pas au cours du temps ;
  - montrer que la valeur de  $E_{m1}$  est différente de celle de  $E_m$  donnée dans la première situation.
- 2) Calculer la valeur de l'énergie potentielle élastique de l'oscillateur à  $t_0 = 0$  et déterminer la valeur de  $v_{01}$ .
- 3) La valeur de  $\omega_0$  est la même dans les deux situations. Pourquoi ?
- 4) La solution de l'équation différentielle du second ordre dans cette situation est  $x_1 = X_{m1} \cos(\omega_0 t + \varphi_1)$ . Montrer que la valeur de  $\varphi_1$  est différente de celle de  $\varphi$ .

## Deuxième exercice (6 ½ pts)

### Utilisation d'une bobine

#### A- Première expérience

Un aimant droit peut être déplacé selon l'axe d'une bobine dont les bornes A et C sont reliées à un conducteur ohmique de résistance R.

On approche le pôle nord de l'aimant de la face A de la bobine (Fig.1). Un courant induit d'intensité  $i$  passe dans le circuit.

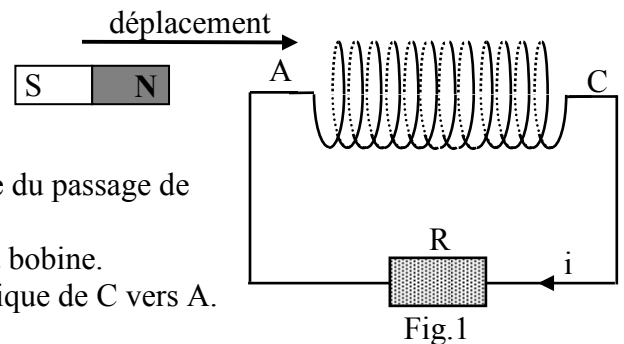


Fig.1

- Donner le nom du phénomène physique responsable du passage de ce courant.
- Donner, en le justifiant, le nom de chaque face de la bobine.
- Le courant induit passe à travers le conducteur ohmique de C vers A. Pourquoi ?
- Déterminer le signe de la tension  $u_{AC}$ .

#### B- Deuxième expérience

Une bobine d'inductance  $L = 0,01\text{H}$  et de résistance négligeable est montée en série avec un générateur G et un conducteur ohmique de résistance R (Fig.2). La bobine est alors parcourue par un courant dont l'intensité  $i$  varie avec le temps comme l'indique la figure 3.

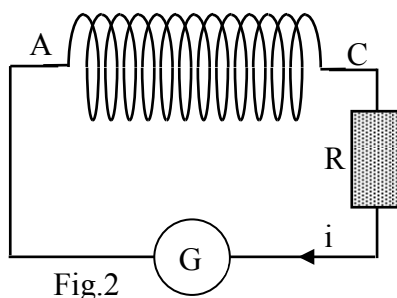


Fig.2

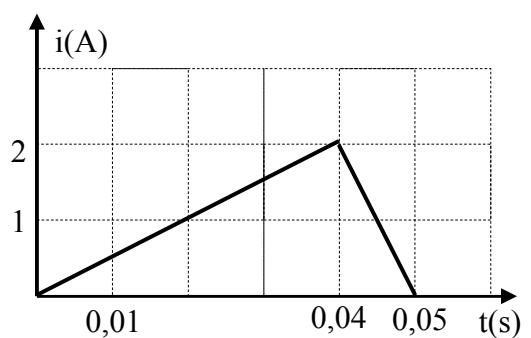


Fig.3

- 1) Donner le nom du phénomène physique qui apparaît dans la bobine.
- 2) Déterminer la valeur de la tension  $u_{AC}$  dans chacun des deux intervalles :  $[0; 0,04 \text{ s}]$  et  $[0,04 \text{ s}; 0,05 \text{ s}]$ .

### C- Troisième expérience

- 1) La figure 4 représente le schéma d'un transformateur en charge. Le générateur délivre une tension alternative sinusoïdale de fréquence  $f$ . La bobine (1) est parcourue par un courant alternatif sinusoïdal de fréquence  $f$  et d'intensité  $i_1$ . La bobine (2) est alors parcourue par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité  $i_2$  et de même fréquence  $f$ .

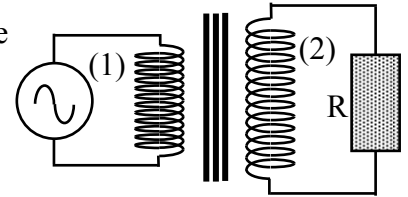


Fig.4

Expliquer l'apparition du courant dans la bobine (2).

- 2) Cette partie a pour but de mettre en évidence le rôle d'un transformateur dans le transport de l'énergie électrique.

Un générateur électrique G délivre une puissance  $P = 20 \text{ kW}$  sous une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace  $U$ . Une ligne de transport de résistance totale  $r = 1 \Omega$  alimente une installation électrique B. L'intensité efficace du courant qui passe dans la ligne est  $I$ . Le facteur de puissance de l'ensemble constitué par la ligne et l'installation est  $\cos \varphi = 0,95$ .

- a) Exprimer la puissance  $P$  en fonction de  $U$ ,  $I$  et  $\cos \varphi$ .
- b) i) Exprimer la puissance  $P'$  perdue, par effet Joule dans la ligne, en fonction de  $P$ ,  $r$ ,  $\cos \varphi$  et  $U$ .
- ii) Calculer  $P'$  dans le cas où  $U = 220 \text{ V}$  (Fig.5).

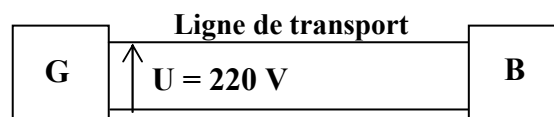


Fig.5

- iii) Un transformateur, branché aux bornes du générateur, élève la valeur efficace de la tension aux bornes de la ligne de transport. Le transport de la même puissance  $P$  à travers la ligne se fait alors sous la nouvelle tension efficace  $U = 10^4 \text{ V}$  (Fig.6). Calculer la nouvelle valeur de  $P'$ .

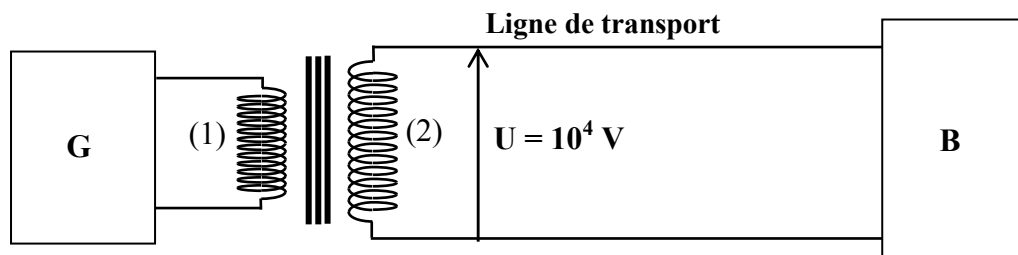


Fig.6

- c) Tirer une conclusion à propos de l'importance de l'utilisation du transformateur dans le transport de l'énergie électrique à grande distance.

### Troisième exercice (6 pts)

### Fusion nucléaire

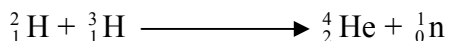
**Données :** Les masses des noyaux :  ${}^2_1\text{H}$ : 2,0134 u ;  ${}^3_1\text{H}$ : 3,0160 u ;  ${}^4_2\text{He}$ : 4,0015 u ;

${}^{235}_{92}\text{U}$ : 235,12 u ;  ${}_0^1\text{n}$ : 1,0087 u .

$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2 = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .  $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$ .

La combustion de 1 tonne de pétrole produit une énergie de  $42 \times 10^9 \text{ J}$ .

La fusion nucléaire contrôlée, si la technique en a été maîtrisée, offre d'énormes possibilités énergétiques. Actuellement, dans les centres de recherche, toutes les études portent sur la réaction de fusion qui se produit entre un noyau de deutérium ( ${}^2_1\text{H}$ ) et un noyau de tritium ( ${}^3_1\text{H}$ ) dont l'équation est:



Le deutérium est abondant dans la nature ; l'eau constitue une réserve énorme de ce gaz. Le tritium est facilement obtenu par irradiation neutronique du lithium disponible en grande quantité en minerai.

#### **A - Avantages de la fusion deutérium - tritium**

- 1) Montrer que la perte de masse dans cette réaction est :  $\Delta m = 0,0192 \text{ u}$ .
- 2) Calculer, en MeV puis en J, l'énergie libérée par cette réaction.
- 3) Montrer que l'énergie libérée par la fusion de 1 g d'un mélange constitué d'un même nombre de noyaux de deutérium et de tritium est  $3,42 \times 10^{11} \text{ J}$ .
- 4) Calculer, en J, l'énergie libérée par la combustion de 1 g de pétrole.
- 5) La fission d'un noyau d'uranium 235 donne, en moyenne, une énergie de 200 MeV. Déterminer, en J, l'énergie libérée par la fission de 1 g d'uranium 235.
- 6) Donner trois raisons qui rendent la fusion contrôlée une source d'énergie plus avantageuse que le pétrole et la fission nucléaire.

#### **B - La réaction de fusion deutérium - tritium se produit-elle dans le Soleil ?**

Les deux noyaux de tritium et de deutérium se repoussent. Pour qu'ils fusionnent, il faut réaliser entre eux un choc à très grande vitesse, chacun des deux noyaux possédant alors avant le choc une énergie cinétique dont la valeur minimale est  $E_C = 0,35 \text{ MeV}$ .

- 1) Pourquoi les deux noyaux de deutérium et de tritium se repoussent-ils ?
- 2) L'énergie cinétique d'un noyau est proportionnelle à la température  $T$  du milieu où il se trouve :  $E_C = 1,3 \times 10^{-4} T$  ( $E_C$  en eV et  $T$  en K). Calculer la température minimale  $T_1$  du milieu favorable à la fusion de ces deux noyaux.
- 3) Cette réaction de fusion se produit dans le cœur de certaines étoiles. La température du cœur du Soleil étant  $T_2 = 15 \times 10^6 \text{ K}$ , montrer que cette réaction de fusion ne se produit pas dans le cœur du Soleil.