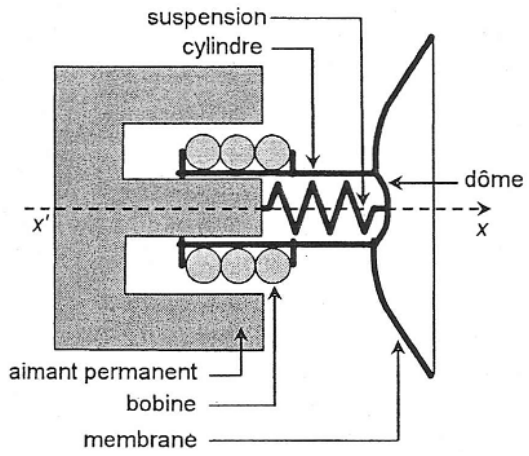
Nouvelle Calédonie Mars 2011 rattrapage bac 2010
EXERCICE III. LES OSCILLATIONS DANS LE HAUT-PARLEUR (4 points)
CALCULATRICE INTERDITE



La partie mécanique d'un haut-parleur électrodynamique est constituée d'une membrane mobile, solidaire d'un cylindre creux sur lequel est enroulé le fil d'une bobine en cuivre. L'ensemble, appelé équipage mobile, possède une masse totale *m* et est astreint à se déplacer selon l'axe x'x. La suspension est modélisée par un ressort de constante de raideur *k*, de longueur à vide ℓ_0 pouvant travailler en extension comme en compression.

Figure 1. Schématisation simplifiée d'un haut-parleur électrodynamique

L'objectif de cet exercice est d'étudier les oscillations de l'équipage mobile d'un haut-parleur appelé « woofer » spécialisé dans la reproduction des sons graves afin de déterminer quelques unes de ses caractéristiques.

1. Étude théorique du mouvement de l'équipage mobile en l'absence de frottement

L'équipage mobile modélisé sur la figure 2 est constitué par un solide S, de masse *m*, de centre d'inertie G, assujetti à se déplacer sans frottement sur une tige horizontale. Ce solide est attaché à un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur *k*.

La position du solide est repérée par l'abscisse *x* de son centre d'inertie G sur l'axe (O, $\vec{i}$). La position du point G à l'équilibre correspond à l'origine O des abscisses.

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre, supposé galiléen.

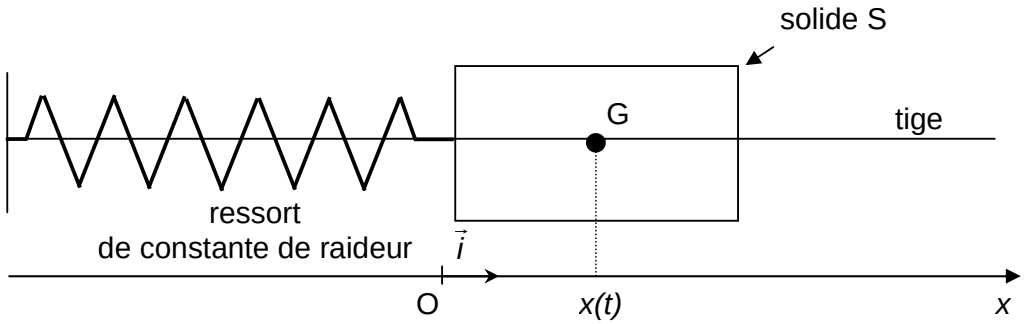


Figure 2. Modélisation de l'équipage mobile du haut-parleur à la date *t*

1.1. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le solide S à la date *t*. Représenter ces forces sur un schéma simplifié, sans souci d'échelle.

1.2. Écrire l'expression vectorielle de la force de rappel $\vec{F}$ du ressort en fonction de l'abscisse *x*.

1.3. En appliquant la deuxième loi de Newton au solide dans le référentiel terrestre, vérifier que l'équation différentielle du mouvement relative à l'abscisse *x* du centre de gravité G du solide à la date *t* peut se mettre sous la forme :

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{k}{m}.x=0$$

1.4. Une solution de l'équation différentielle précédente est de la forme :

$$x(t) = X_m \cos\left[\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)t\right]$$ où X_m est une constante.

Montrer que l'expression de la période propre T_0 de l'équipage mobile est : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

1.5. Par une analyse dimensionnelle, vérifier l'homogénéité de l'expression de la période propre T_0 de cet oscillateur.

2. Étude expérimentale du mouvement de l'équipage mobile

On se propose dans cette partie de déterminer expérimentalement la masse *m* de l'équipage mobile et la constante de raideur *k* du ressort modélisant la suspension du haut parleur.
Une interface d'acquisition préalablement paramétrée est reliée aux bornes de la bobine du haut-parleur étudié. La membrane étant initialement au repos, on frappe légèrement avec un doigt son dôme d'un coup unique et rapide, puis on déclenche l'acquisition. Après traitement informatique des données on obtient sur la **figure 3** les variations au cours du temps de l'abscisse *x* du centre d'inertie G de l'équipage mobile.

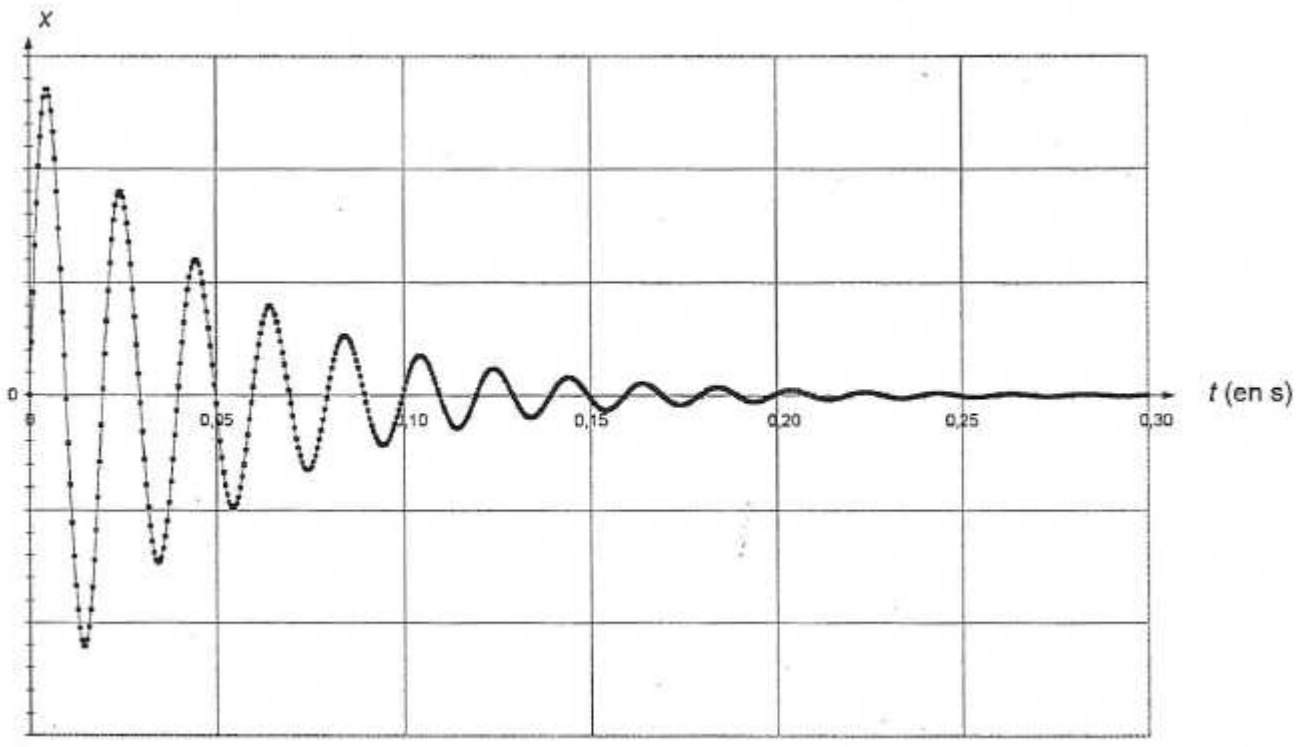


Figure 3. Évolution temporelle de l'abscisse *x* du centre d'inertie G

2.1. Quelle est la nature des oscillations observées et quel est le nom du régime qui leur est associé ?

2.2. Interpréter l'évolution temporelle de l'amplitude des oscillations.

2.3. Déterminer la valeur de la pseudo-période *T* des oscillations et en déduire, dans l'hypothèse d'un amortissement faible, la valeur de la fréquence propre f_0 de l'équipage mobile.

2.4. Afin de déterminer la masse m de l'équipage mobile, on fixe au dôme de la membrane une masse additionnelle m' = 10 g. La fréquence propre de l'ensemble {équipage mobile + masse additionnelle} devient alors f'_0 = 45 Hz.

2.4.1. Exprimer la fréquence propre f'_0 en fonction de m, m' et k.

2.4.2. En comparant les expressions littérales des fréquences propres f_0 et f'_0, montrer que la masse de l'équipage mobile est :

$$m = \frac{m'}{\left[\left(\frac{f_0}{f'_0}\right)^2 - 1\right]}$$

Cette expression permet de calculer la masse m. Dans la suite de l'exercice, on prend m = 40 g.

2.5. Exprimer la constante de raideur k du ressort modélisant la suspension du haut-parleur en fonction de la fréquence propre f_0 de l'équipage mobile. En déduire la valeur de k.

Aide au calcul : $\pi^2 \approx 10$.

2.6. Après avoir déconnecté l'interface d'acquisition, on branche aux bornes du haut-parleur un générateur basses fréquences (G.B.F.) qui impose un signal sinusoïdal de fréquence f et d'amplitude non nulle constante.

2.6.1. À quel type d'oscillations est soumis l'équipage mobile du haut-parleur ? Identifier dans le montage réalisé le résonateur et l'excitateur.

2.6.2. En admettant que l'amortissement des oscillations est suffisamment faible, qu'observe-t-on lorsque f est voisine de f_0 ? Quel est le nom de ce phénomène ?