TD OSCILLATEURS MECANIQUES FORCES

Diffusion atomique

Sur le site internet d'un passionné d'astrophysique on trouve l'article suivant :

L'atmosphère est ce qu'on appelle un milieu optique. La lumière ne s'y propage pas comme dans le vide. En effet, les molécules de l'atmosphère se comportent comme des dipôles électriques induits : ils rayonnent l'énergie qu'ils reçoivent dans toutes les directions. La lumière émise par le Soleil est alors diffusée. Seulement, cette diffusion n'est pas la même pour toutes les longueurs d'ondes. **Il s'avère que le bleu (faible longueur d'onde) est 16 fois mieux diffusé que le rouge (longueur d'onde plus importante). Le ciel apparaît donc bleu**. Cette diffusion est appelée diffusion de Rayleigh.

Nous allons essayer de justifier ses affirmations (en gras) à l'aide du modèle de l'oscillateur mécanique forcé.

Pour décrire les interactions entre une onde lumineuse, caractérisée par le vecteur champ électrique $\vec{E}(t) = E_0 \cos(\omega t)\vec{e}_x$, et les électrons de la couche externe d'un atome, on utilise l´hypothèse de l'électron élastiquement lié due à J. J. Thomson : l'électron est rappelé vers le centre *O* de l'atome par une force de rappel élastique isotrope $\vec{F} = -k\,\overrightarrow{OM}$ et il est freiné par une force de frottement visqueux linéaire (coefficient *h*). Le poids est négligeable.
On précise que la force subie par une charge *q* placée dans un champ électrique $\vec{E}$ est $\vec{F_e} = q\vec{E}$.

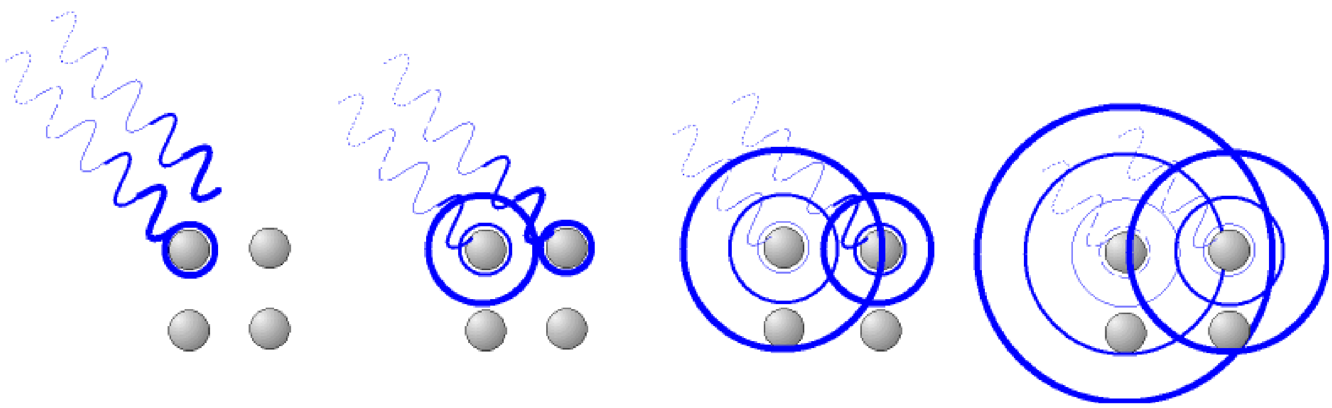
1) Établir l'équation du mouvement d'un électron quand il est excité par $\vec{E}(t)$. On notera – *e* et *m* sa charge et sa masse, et on posera : $2\alpha = \frac{h}{m}$ et $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

2) Démontrer qu'en régime établi, l'électron oscille parallèlement à $\vec{e}_x$. On notera alors *x* (*t*) son élongation.

3) Déterminer, en régime établi, l'amplitude de *x*(*t*) et celle de l'accélération $a_x(t)$.

4) Cet atome est éclairé par de la lumière blanche, composée de champs ayant toutes les pulsations ω comprises entre ω_1 (rouge) et ω_2 (bleu), avec $\omega_2 \approx 2\omega_1$. Sachant que ω_2 et α sont toutes les deux très inférieures à ω_0, montrer que dans ces conditions l'amplitude de $a_x(t)$ est proportionnelle à ω^2.

5) Sachant qu'un électron acceleré rayonne une puissance lumineuse proportionnelle au carré de son accélération, expliquer alors la couleur du ciel.



Suspension d'un véhicule

(voir animation sur internet « Figures animées pour la physique » dans Mécanique à Oscillateurs)

- OSCILLATIONS .

On modélise les phénomènes se produisant au niveau de chaque roue d'un camion de la manière suivante :

une roue de centre O supporte une charge assimilée à un point matériel M de masse $m=2.10^3$ kg par l'intermédiaire d'un ressort linéaire de longueur à vide Lo=75 cm et de raideur $K= 65.10^3$ $N.m^{-1}$ en parallèle sur un amortisseur A(figure 6) .

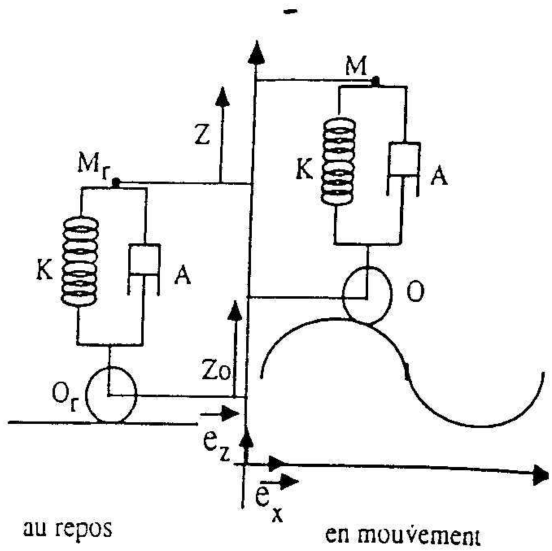


Fig 6

On suppose que OM reste toujours vertical . On prend $g=9,8$ $N.kg^{-1}$.
Lorsque l'ensemble est au repos, le point O est en Or et M en Mr; le ressort a la longueur Le .

Mr et Or déterminent les origines des déplacements Z de M et Zo de O respectivement , sur un axe vertical fixe dans le référentiel terrestre par rapport auquel on étudie les mouvements .

On rappelle que l'amortisseur exerce sur M une force $\vec{F}$ proportionnelle à la vitesse relative de M par rapport à O soit $\vec{F} = - h.\left(\frac{dZ}{dt} - \frac{dZo}{dt}\right).\vec{ez}$ avec $h = 5.10^3$ $kg.s^{-1}$.

1°) déterminer $\Delta L = Le - Lo$.

2°) La roue se déplace le long d'une piste ondulée en restant toujours à son contact .
La trajectoire de O a pour équation $Zo = a.\cos(2\pi x/\lambda)$ avec $a = 15$ cm et $\lambda = 1$ m . La vitesse selon X'X est constante: Vx = Ve .
Ecrire l'équation horaire x(t) (avec x(0)=0) et identifier ω dans l'expression $Zo = a.\cos(\omega t)$.

3°) a- trouver, à la date t, la longueur L(t) du ressort en fonction de Z, Zo et Le .
b- donner l'équation différentielle en Z . Mettre sous la forme d'une équation différentielle du 2° ordre avec 2° membre : $m\ddot{Z} + h\dot{Z} + KZ = h\dot{Z}_0 + KZ_0$
c- évaluer l'ordre de grandeur de la durée du régime transitoire .

4°) on suppose le régime sinusoïdal établi .
On recherche la solution Z(t) sous la forme $Z(t) = Zm.\cos(\omega t + \phi)$ par la méthode des complexes (l'amplitude complexe associée à Z est $\underline{Z} = Zm.e^{j\phi}$ avec $j^2 = -1$)
a- donner l'expression littérale de $\underline{Z}(j\omega)$.
b- tracer la courbe représentant Zm en fonction de ω . On posera $\omega_0^2 = \frac{K}{m}$; $\frac{\omega_0}{Q} = \frac{h}{m}$; $x = \frac{\omega}{\omega_0}$
c- déterminer la valeur Ver de la vitesse réalisant la résonance d'élongation .
d- commenter l'extrait suivant: <u>AN</u> $\omega_0 = 5,7$ rad/s $\omega_r = 5,5$ rad/s $Q = 2,3$ $V_{e_r} = 3$ km/h

" Dans le roman ' le salaire de la peur ' de Georges Arnaud, un conducteur pilote un camion chargé de nitroglycérine, produit qui explose au moindre choc . Il arrive sur une piste en tôle ondulée et choisit, pour éviter de secouer le liquide dangereux, d'aller très vite sur cette piste . ".