Antilles 09-2007	**LE DIOXYDE DE CARBONE ATMOSPHÉRIQUE**
Exercice n°1 (9,5 points)	**DE L'EFFET DE SERRE À LA RADIOCHRONOLOGIE**

Note à l'attention du candidat : les trois parties du problème sont indépendantes.

Le dioxyde de carbone CO_2 entre dans la composition des gaz atmosphériques à hauteur de 0,04% en volume. Issus naturellement de la respiration du monde vivant– animal et végétal – sa présence dans l'atmosphère a régulièrement augmenté depuis environ 150 ans, ceci en raison des activités humaines, notamment industrielles. On sait maintenant que cette augmentation contribue à accroître l'effet de serre naturel de la Terre et contribue ainsi au réchauffement climatique global.
On se propose donc dans ce problème de comprendre pourquoi ce dioxyde de carbone est ce qu'on appelle couramment un « gaz à effet de serre ». On cherchera par la suite à voir comment ce même dioxyde de carbone atmosphérique permet indirectement la datation au carbone 14.

1. Vibration d'une molécule de dioxyde de carbone.

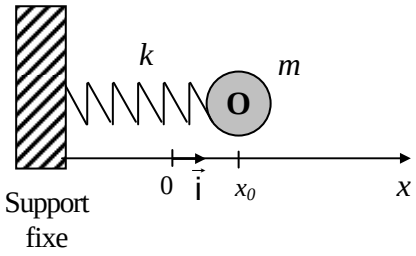
La molécule de dioxyde de carbone est une molécule linéaire dont la représentation de Lewis est la suivante :

$$\langle O = C = O \rangle$$

Dans cette molécule, les atomes ne sont pas fixes, mais peuvent vibrer les uns par rapport aux autres. On peut ainsi modéliser cette molécule en considérant que les différents atomes de cette molécule sont des masses reliées entre elles par des ressorts, ressorts modélisant les deux liaisons chimiques. On aura ainsi le modèle suivant :



Pour simplifier davantage la mise en forme du problème, on considérera que seuls les atomes d'oxygène sont en mouvement unidirectionnel par rapport à l'atome de carbone, qui lui, reste fixe. L'étude sera donc portée sur le mouvement d'un seul atome d'oxygène, oscillant librement sans frottement par rapport à un support fixe. **L'action de la pesanteur est négligée dans ce problème.** Cette simplification conduit alors à une dernière modélisation représentée ci-dessous où le ressort de masse nulle a pour raideur k :



On se place dans un référentiel galiléen.
On écarte la masse m de sa position d'équilibre ($x = 0$ sur le schéma) en lui donnant l'abscisse x_0. La masse est alors abandonnée sans vitesse initiale.

1.1. Quelle est le nom de l'unique force mise en jeu dans ce problème compte tenu des simplifications de l'énoncé. Quelle est son expression littérale pour un allongement quelconque $x(t)$?

1.2. Sur la feuille fournie en **ANNEXE (à rendre avec la copie)** représenter cette force dans le cas où $x > 0$.

1.3. En appliquant une loi dont on donnera le nom, établir l'équation différentielle vérifiée par la position $x(t)$ de la masse m.

1.4. En considérant que l'expression $x(t) = x_0 . \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right)$ est solution de cette équation différentielle, déterminer l'expression littérale de T_0 en fonction de k et m. Quel est le nom de cette grandeur ?

1.5. En déduire l'expression littérale de la fréquence f_0 des oscillations. Faire l'application numérique avec $k = 422$ N.m^{-1} et $m = 2{,}66.10^{-26}$ kg.

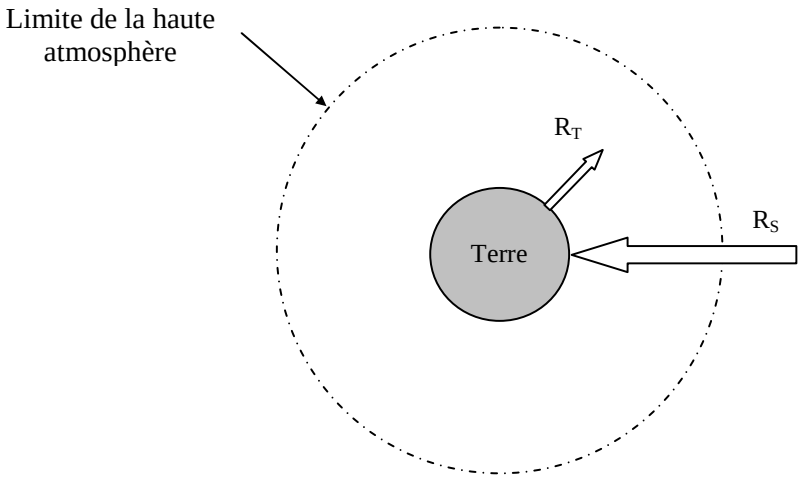
2. Dioxyde de carbone et effet de serre.

L'effet de serre est avant tout un phénomène naturel. Il permet à notre planète de maintenir une température moyenne à la surface du globe de 15°C. Sans celui-ci, cette température moyenne serait de l'ordre de -18°C. Il existe un effet de serre additionnel, dû à l'importance des rejets en dioxyde de carbone, qui risque de compromettre l'équilibre climatique.
Pour comprendre l'effet de serre, on retiendra la modélisation très simplifiée suivante :

- une énergie thermique R_S parvient à la surface de la Terre sous la forme de rayonnement électromagnétique solaire. Les fréquences de ces radiations sont principalement celles du spectre visible,

- la Terre recevant cette énergie doit la restituer vers l'espace. Cette restitution d'énergie R_T se fait sous la forme d'un rayonnement électromagnétique terrestre, essentiellement situé dans l'infrarouge. L'équilibre est assuré lorsque $R_S = R_T$,

- l'atmosphère peut alors jouer un rôle de couvercle pour ces radiations en absorbant les radiations R_T, retenant ainsi l'énergie émise par la Terre et la réémettant vers l'espace. Le dioxyde de carbone intervient dans ce processus.



2.1. Rappeler sur un axe gradué en longueurs d'onde, les valeurs limites du spectre visible dans le vide, ainsi que les couleurs associées à ces limites. Ces valeurs limites seront données en micromètre (µm) et nanomètre (nm).

2.2. Nommer et situer les domaines de radiations situés au-delà de chacune de ces limites ?

2.3. Pour une onde électromagnétique dans le vide, quelle relation littérale relie sa longueur d'onde λ_0, sa fréquence f et sa célérité c ?

Par la suite on considérera $c = 3{,}00.10^8$ m.s^{-1}

Pour comprendre les vibrations de la molécule de dioxyde de carbone, il faut considérer qu'elle absorbe certaines radiations électromagnétiques susceptibles de la mettre en mouvement vibratoire. Si la fréquence du rayonnement électromagnétique est la même que sa fréquence propre de vibration mécanique, alors il y a absorption de ce rayonnement.

2.4. La fréquence propre de vibration de la molécule de dioxyde de carbone vaut $f_0 = 2{,}00.10^{13}$ Hz. Déterminer la longueur d'onde λ_0 du rayonnement électromagnétique correspondant que peut absorber le dioxyde de carbone. On mettra la valeur calculée en micromètre.

2.5. Dans quelle gamme du spectre de la question 2.1 se situe la longueur d'onde calculée ?

2.6. Expliquer alors pourquoi le dioxyde de carbone atmosphérique peut piéger l'énergie thermique émise par la surface terrestre.

3. Des pingouins à Marseille !

On se propose dans cette dernière partie d'expliquer comment le dioxyde de carbone atmosphérique permet indirectement de comprendre le principe bien connu de datation au carbone 14.

Dans la haute atmosphère un atome d'azote du diazote atmosphérique N_2 est soumis à un rayonnement de neutrons. Lorsqu'un neutron entre en collision avec un atome d'azote, il s'en suit la formation d'un atome de carbone 14 et d'une autre particule que l'on nomme X.
On a ainsi l'équation suivante :

$$^{1}_{0}\text{n} + {}^{14}_{7}\text{N} \rightarrow {}^{14}_{6}\text{C} + {}^{A}_{Z}\text{X}$$

3.1. Énoncer les lois de conservation relatives à une transformation nucléaire. En déduire l'identité de la particule X produite lors de cette collision.

L'atome de carbone 14 ainsi produit se retrouve dans une molécule de dioxyde de carbone CO_2. Cette molécule peut alors être assimilée par un organisme végétal grâce à la photosynthèse. Tant que l'organisme est vivant, sa teneur en carbone 14 par rapport à l'isotope majoritaire carbone 12 reste constante. C'est à la mort de l'organisme que ce taux diminue en raison du caractère radioactif du carbone 14.

3.2. Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ? Citer les quatre types d'émissions qui caractérisent la radioactivité.

3.3. Sachant que le carbone 14 présente une radioactivité β^-, écrire l'équation traduisant sa désintégration.

En 1991, un plongeur amateur découvre près de Marseille l'ouverture d'une grotte sous-marine située à 37 m sous le niveau de la mer (la grotte COSQUER du nom de son découvreur). En remontant la grotte, il y trouva des cavités présentant des peintures rupestres, avec entre autres animaux des pingouins !
L'analyse du charbon ayant servi à ces peintures montre que le taux de carbone 14 présent n'est que de 9,20% par rapport à celui trouvé dans un organisme vivant.

On donne la demi-vie du carbone 14 à savoir $t_{1/2} = 5370$ *ans*.

3.4. Rappeler la définition de la demi-vie.

On rappelle également la loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$ avec $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

3.5. Quel nom donne-t-on à la constante λ ? Quelle est son unité compte tenu des données de l'énoncé ?

3.6. D'après le taux de carbone 14 donné, que vaut le rapport $\dfrac{N(t)}{N_0}$?

3.7. Quel est alors l'âge de ces peintures ?

On sait aujourd'hui que l'accroissement de l'effet de serre lié aux activités humaines risque de compromettre l'équilibre climatique pour le siècle à venir. Un des risques majeurs serait une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre, avec entre autres conséquences une fonte partielle des glaces polaires.

3.8. Que peut traduire la présence de ces animaux dans ces grottes quant au climat de cette époque ? Pourquoi la grotte était-elle alors accessible aux hommes ?

ANNEXE :

