EPREUVE DE PHYSIQUE 2006

<u>EXERCICE 1 :</u> Electromagnétisme (15 points).

I- 1- Montrer que l'induction magnétique en un point quelconque x de l'axe d'une spire parcourue par un courant I est $B = \dfrac{\mu_0 m}{2\pi x^3}$ lorsque x est très grand devant le rayon r de la spire et où $m = \pi r^2 I$ est le moment magnétique. (2 pts)

2- Un aimant assimilé à une boucle de courant est placé à la distance x du centre O d'une bobine circulaire plate de rayon a<<x. La bobine comporte N tours de fil et l'aimant a son moment magnétique m' disposé suivant l'axe ox de la bobine dans les cas suivants :

a- la bobine a une résistance R et une inductance propre nulle. (1pt)

b- la bobine a une résistance R et une inductance propre L. (2pts)

II- Une onde électromagnétique plane monochromatique se propage suivant OZ. Mes expressions des composantes du champ électrique $\vec{E}$ sont :

$E_x = E_{ox}\cos\left(kz - \omega t + \varphi_1\right)$ $\quad E_y = E_{oy}\cos\left(kz - \omega t + \varphi_2\right)$ $\quad E_z = 0$ Calculer :

1. les composantes du champ magnétique $\vec{B}$. (2pts)
2. le vecteur de Poynting. (2pts)
3. la puissance moyenne traversant un élément de surface s disposé normalement à la direction propagation. (2pts)

III- Un conducteur cylindrique de rayon a est parcouru par un courant $I(z,t) = I_0 \exp i\left(\omega t - kz\right)$. Dans un plan z = constante, les composantes du champ électrique $\vec{E}$ et du champ magnétique $\vec{B}$ sont respectivement radiale et ortho radiale. Soit E et B les seules composantes non nulles de $\vec{E}$ et de $\vec{B}$ en coordonnées cylindriques. On désigne par r la distance d'un point de l'espace à l'axe du cylindre.

1. Calculer B(r,z,t) en fonction de I(z,t) et r en intégrant l'équation de Maxwell-Ampère (2pts)
2. Pour r = a, déterminer l'expression de E(r,z,t). (2 pts)

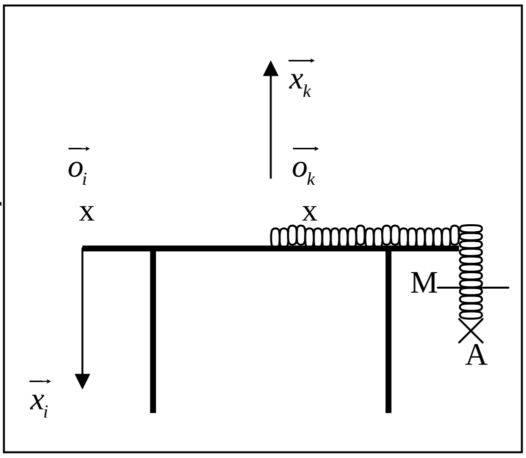
<u>Exercice 2 :</u> Mécanique (15 points)

Soit une chaîne flexible de masse linéique λ et de longueur L, pouvant glisser sans frotter sur une table polie de même longueur à laquelle est lié un référentiel $R_i\left(O_i, \vec{x_i}, \vec{y_i}, \vec{z_i}\right)$

(voir figure ci-contre) ;

le vecteur $\vec{z_i}$ est perpendiculaire au plan de la figure.

(Tous les vecteurs seront exprimés dans la base de (R_i)



A- <u>Etude dynamique de la chaîne</u>

1) Effectuer le bilan des forces agisant sur la chaîne lorsqu'une longueur x seulement de la chaîne est suspendue.

2) Par application du théorème du centre d'inertie, déterminer l'équation régissant le mouvement de glissement de la chaîne sur la table.
3) Sans résoudre cette équation différentielle, trouver une relation entre la vitesse de la chaîne et la longueur suspendue, à un instant t quelconque, en supposant qu'à l'instant initial V est nul et x vaut a.
4) Par résolution de l'équation d'état de la chaîne, déterminer les lois x(t) et V(t).
5) Vérifier la validité de la relation trouvée en 3)

B- Composition des mouvements

Pour étudier le mouvement d'une fourmi M, de masse évidemment négligeable, qui remonte la chaîne à la vitesse constante V_0 à partir de son bout A, on lie maintenant un référentiel $R_k\left(O_k, \overrightarrow{x_k}, \overrightarrow{y_k}, \overrightarrow{z_k}\right)$ à la chaîne, où O_k est le bout de la chaîne traînant sur la table (voir figure précédente), et on suppose que M commence son ascension au moment où une longueur a seulement de chaîne est suspendue et qu'à ce moment la chaîne est lâchée sans vitesse initiale.

6) Rayons vecteurs et vitesses
a) Donner les rayons vecteurs de O_k et m dans (R_i)
b) En déduire la vitesse relative de M, puis de sa vitesse absolue.

7) Accélérations
a) Donner les accélérations relative, d'entraînement, et absolue de la fourmi
b) A.N : Calculer l'accélération absolue de la fourmi à l'instant initial

8) Quel est l'hodographe du mouvement de la fourmi relativement à O_i, puis à O_k

9) Donner les équations horaires de la fourmi pour un observateur lié à O_i

10) Faire de même pour un observateur lié à O_k

Nota : pour ce problème et notamment pour la partie B, une grandeur vectorielle $\vec{A}$ relative à un référentiel (R_p) quelconque, $p \in \{i, j, k\}$ sera notée $\vec{A}^p$, c'est-à-dire avec comme indice supérieur la lettre p identifiant le référentiel.

Exercice 3 : Thermodynamique (10 pts)

1. deux enceintes isolées, aux parois rigides, peuvent communiquer par un robinet. L'une d'elles contient 0,5 mole d'hélium à 300K et l'autre 1 mole d'oxygène à 400K. Si on ouvre la vanne, quelle sera la température finale du mélange. On rappelle que les chaleurs spécifiques par mole sont 3R/2 pour l'hélium et 5R/2 pour l'oxygène où R est la constante des gaz parfaits. (2 pts)

2. Les deux enceintes ci-dessus sont encore considérées. La pression initiale est de 1 atmosphère et chaque enceinte est fermée par un piston mobile dans les deux sens pour maintenir la pression constante. Quelle est la température finale si l'on ouvre le robinet de communication entre les deux enceintes. (2 pts)

3. Un gaz parfait diatomique contenant trois moles subit une détente à pression constante. Le volume initial est de 1,3 m^2 et la température initiale est de 350K. Quelle température et quel volume aura le gaz si on lui fournit une quantité de chaleur équivalente à 10 000J. On rappelle que la chaleur spécifique à pression constante par mole de gaz diatomique vaut 7R/2 où R est la constante des gaz parfaits. (2 pts)

4. Dans une installation de climatisation, on maintient la température d'une pièce à 290K alors que la température à l'extérieur est de 305K. Les cylindres de la machine réfrigérante situés à l'extérieur sont à 320K et les serpentins situés dans la maison où se produit la détente, à 280K.

a. Si la machine fonctionne suivant un cycle réversible, quel travail faut-il fournir pour retirer de la maison une quantité de chaleur équivalente à 5000J ? (2pts)

b. Quelle variation d'entropie correspond à cette réfrigération pour le système formé par la maison et le milieu extérieur ? (2 pts)

<u>Exercice 4 :</u> Electrostatique (10 points)

I Dans un cristal de chlorure de sodium NaCl, la cellule élémentaire est un cube d'arête a. Les ions Na^+ occupent le centre du cube et le centre de chaque arête. Les ions Cl^- occupent les sommets du cube et le centre de chaque face du cube. Calculer

1. l'énergie potentielle de l'ion placé au centre du cube. (3 pts)

2. le champ électrique créé par la cellule élémentaire à une très grande distance de son centre. (3 pts)

II **1.** Entre les armatures d'un condensateur plan de surface S et distantes de d, on introduit parallèlement une grande plaque de diélectrique homogène, d'épaisseur e et de constante diélectrique relative ε_r . Quelle est la capacité du condensateur ainsi formé (on néglige les effets de bord).

2. .L'espace entre les armatures est maintenant entièrement rempli par 3 couches parallèles de diélectriques différents d'épaisseur d_1, d_2 et de d_3 et de constantes diélectriques respectives ε_1 ε_2 et ε_3 . Quelle est la capacité du nouveau condensateur ? (2 pts)