

TD – Ch EM 3 - Dipôles électriques et magnétiques

Exercice 1* : MOLECULES POLAIRES OU APOLAIRES ?

Le modèle du dipôle électrique est un modèle commode pour décrire certaines interactions entre molécules (polaires ou polarisables) appelées interactions de Van der Waals.

Une liaison covalente entre deux atomes d'électronégativité différente est polarisée, on lui attribue un moment dipolaire électrique. Mais il ne suffit pas qu'une des liaisons soit polarisée pour que la molécule complète le soit.

Le moment dipolaire des molécules SH_2 , SO_2 et SO_3 est-il nul ou non nul ? On écrira les formules de Lewis de ces molécules et on justifiera leur géométrie par la théorie VSEPR (répulsion maximale des doublets liants et non liants). On donne le numéro atomique du soufre : $Z=16$.

Exercice 2** : CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE

Le champ magnétique terrestre est modélisé par le champ d'un dipôle permanent de moment $\mathbf{M}$ situé au centre de la terre et dirigé du pôle nord vers le pôle sud. On assimile la terre à une sphère de rayon $R_T = 6360$ km. L'intensité du champ magnétique au pôle nord terrestre est $B_0 = 6.10^{-5}\text{T}$.

- 1) Quelle est la valeur de M ?
- 2) Que valent les composantes horizontale et verticale du champ magnétique terrestre en un lieu de latitude $\lambda = 49^\circ$ (latitude de Paris).

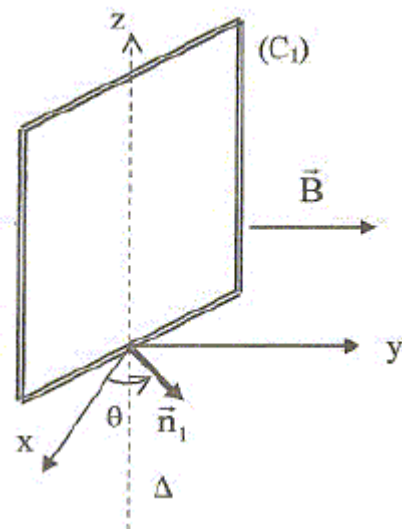
Exercice 3** : OSCILLATIONS D'UNE BOUSSOLE

Une boussole est animée de petites oscillations dues à un champ magnétique uniforme et constant, orthogonal à son axe de rotation. Suite à une modification du champ magnétique, la pulsation des oscillations a été multipliée par 5. Comment a été modifié le champ magnétique ?

Exercice 4** : CADRE TOURNANT DANS UN CHAMP MAGNETIQUE

On considère un cadre filiforme carré de côté $2a$, de résistance R , (d'inductance propre négligée car le cadre n'a qu'un seul tour de fil), tournant autour d'un axe Oz à la vitesse angulaire ω constante grâce à un moteur. Le cadre est soumis à un champ magnétique uniforme $\vec{B} \parallel \vec{e}_y$. Au temps $t=0$, la normale au cadre est parallèle à l'axe Ox .

- 1) Déterminer l'expression de la force électromotrice e induite dans le cadre en fonction du temps et de ω , a et B .
- 2) Exprimer le moment magnétique du cadre en fonction de ω , a , B , t , R et la normale $\vec{n}$ au cadre.
- 3) Déterminer la puissance moyenne du moteur nécessaire pour maintenir une rotation uniforme du cadre en fonction de ω , a , B et R .
- 4) Déterminer la puissance moyenne cédée par effet Joule. Conclure.



Exercice 5*♥ : PRECESSION DE PARTICULES DANS UN CHAMP MAGNETIQUE**

Une particule possède un moment magnétique $\vec{m}$ proportionnel à son moment cinétique propre $\vec{L}_O$: $\vec{m} = \gamma \vec{L}_O$. On désire décrire une propriété singulière d'une telle particule, lorsqu'elle est plongée dans un champ magnétique uniforme et stationnaire $\vec{B}$ (les applications de ce phénomène sont multiples : imagerie médicale par RMN . . .).

- 1) Quelle équation de la mécanique est adaptée à cette étude ? En déduire une équation différentielle vectorielle régissant l'évolution de $\vec{m}$.
- 2) À l'instant initial, le moment dipolaire magnétique fait un angle α connu avec le champ magnétique extérieur. Décrire le mouvement observé.

Rappel du cours de cinématique : dans un mouvement de rotation d'un point M autour de (Oz) ,

$$\frac{d\vec{OM}}{dt} = \vec{\Omega} \wedge \vec{OM} \text{ avec } \vec{\Omega} = \Omega \vec{e}_z \text{ le vecteur rotation.}$$

- 3) Que peut-on dire de l'énergie potentielle d'interaction entre le moment dipolaire et le champ magnétique au cours de ce mouvement ?
- 4) Quel système mécanique macroscopique décrit un mouvement identique dans le champ de pesanteur uniforme ?
- 5) Comment peut-on lever ce paradoxe : la boussole s'aligne sur le champ magnétique, alors que la particule maintient un angle constant ?

Ex 5 : 1) Par le théorème du moment cinétique $\frac{d\vec{m}}{dt} = -\gamma \vec{B} \wedge \vec{m}$
 2) Le vecteur $\vec{m}$ est en rotation autour de $\vec{B}$ à la vitesse angulaire γB .
 3) $E_p = -\vec{m} \cdot \vec{B} = -m_{\parallel} B$ est constante car $m_{\parallel}$ est constante par le théorème du moment cinétique en projection sur $\vec{B}$.
 4) Une toupie ou un gyroscope décrivent le même mouvement.
 5) C'est un paradoxe car les deux moments magnétiques $\vec{m}$ sont soumis au même couple $\vec{m} \wedge \vec{B}$. La différence est que le moment magnétique de la particule est proportionnel à son moment cinétique alors que celui de la boussole est permanent.

Ex 4 : 1) $e = -4a^2 \omega B \cos(\omega t)$ 2) $\vec{m} = -\frac{R}{16a^4 \omega B} \cos(\omega t) \vec{n}$ 3) $\langle P_{moteur} \rangle = \frac{R}{8a^4 \omega^2 B^2}$ 4) $P_{Joule} = P_{moteur}$
 Si la pulsation $\omega = \sqrt{\frac{MB}{J}}$ a été multipliée par 5, c'est que B a été multipliée par 25.
 Par application du théorème du moment cinétique à l'aiguille : $\ddot{\theta} + \frac{J}{M_B} \theta = 0$.
 On note M le moment magnétique de l'aiguille et J son moment d'inertie par rapport à (Oz) .
 Ex 3 : Soit (Oz) l'axe de rotation de la boussole et θ l'angle entre son aiguille et le champ magnétique.

Ex 2 : $M = \frac{2\pi R^3 B_0}{\mu_0} = 7,7 \cdot 10^{22} \text{ A.m}^2$
 $A_{Paris}, B_{horizontal} = \frac{B_0}{2} \cos(\lambda) = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
 $B_{vertical} = -B_0 \sin(\lambda) = -4,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Réponses :