TD - Dipôles électriques et magnétiques

Exercice 1* : MOLECULES POLAIRES

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 CH_4 et H_2O est-il nul ou non nul ? On écrira les formules de Lewis de ces molécules et on justifiera leur géométrie par la répulsion électrostatique des doublets d'électrons liants et non liants (théorie VSEPR).

Exercice 2♥ :** CHAMP MAGNETIQUE TERRESTRE

Le champ magnétique terrestre est modélisé par le champ d'un dipôle permanent de moment $\vec{M}$ situé au centre de la terre et dirigé du pôle nord géographique vers le pôle sud géographique. On assimile la terre à une sphère de rayon $R_T = 6360$ km. L'intensité du champ magnétique au pôle nord terrestre est $B_0 = 6.10^{-5}$T.
Quelle est la valeur de M ? Que valent les composantes horizontale et verticale du champ magnétique terrestre en un lieu de latitude $\lambda = 49°$ (latitude de Paris).

Exercice 3♥ :** OSCILLATIONS D'UNE BOUSSOLE

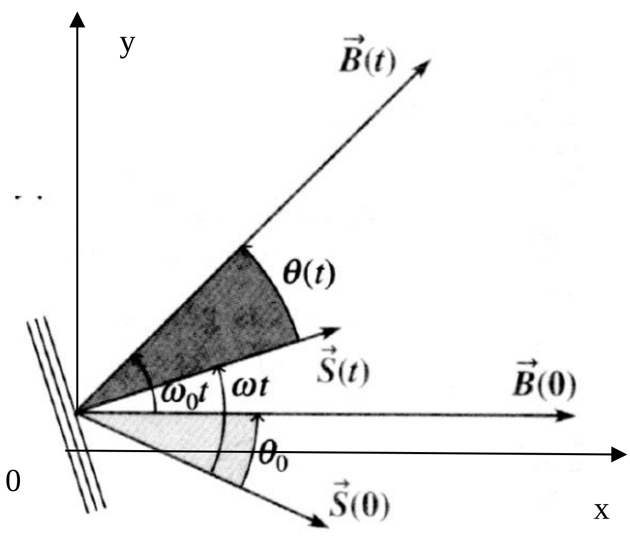
Une boussole est animée de petites oscillations dues à un champ magnétique uniforme et constant, orthogonal à son axe de rotation. Suite à une modification du champ magnétique, la pulsation des oscillations a été multipliée par 5. Comment a été modifié le champ magnétique ?

Exercice 4 :** PRINCIPE DU MOTEUR ASYNCHRONE

Soit un champ magnétique $\vec{B}$(t) uniforme tournant dans le plan xOy autour de Oz à la vitesse angulaire ω_0 constante.
Un circuit plan de N spires de surface S et de résistance totale R tourne aussi autour de Oz à la vitesse angulaire ω. Le plan du circuit contient Oz.
On négligera l'auto-induction.

1) Exprimer la force électromotrice et l'intensité du courant induits dans le circuit (valeurs instantanées).

2) Exprimer la valeur moyenne au cours du temps du couple exercé sur le circuit.
En déduire une explication de l'appellation « moteur asynchrone ».



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

Une particule possède un moment magnétique $\vec{m}$ proportionnel à son moment cinétique propre $\overrightarrow{L_O}$: $\vec{m} = \gamma\overrightarrow{L_0}$. 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), $\frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}=\vec{\Omega} \wedge \overrightarrow{OM}$ *avec* $\vec{\Omega} = \Omega\overrightarrow{e_z}$ *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 ?

Réponses :

Ex 2 : $M = \frac{2\pi R_T^3 B_0}{\mu_0} = 7{,}7.10^{22}$ A.m^2

A Paris, $B_{horizontal} = \frac{B_0}{2}\cos(\lambda) = 2{,}0.10^{-5}$ T $\quad B_{vertical} = -B_0\sin(\lambda) = -4{,}5.10^{-5}$ T

Ex 3 : Soit (Oz) l'axe de rotation de la boussole et θ l'angle entre son aiguille et le champ magnétique. On note M le moment magnétique de l'aiguille et J son moment d'inertie par rapport à (Oz).

Par application du théorème du moment cinétique à l'aiguille : $\ddot{\theta} + \frac{MB}{J}\theta = 0$.

Si la pulsation $\omega = \sqrt{\frac{MB}{J}}$ *a été multipliée par 5, c'est que B a été multiplié par 25.*

Ex 4 : 1) $e = Ri = -\frac{d\Phi}{dt} = BSN(\omega_0-\omega)\sin[(\omega_0-\omega)t+\theta_0]$

2) $\langle\vec{\Gamma}\rangle = \frac{B^2S^2N^2}{2R}(\omega_0 - \omega)\overrightarrow{u_z}$

Moteur asynchrone car si $\omega_0=\omega$, $\langle\vec{\Gamma}\rangle = \vec{0}$

Ex 5 : 1) *Par le théorème du moment cinétique (TMC)* $\frac{d\vec{m}}{dt} = -\gamma\vec{B}\wedge\vec{m}$

2) *Le vecteur* $\vec{m}$ *est en rotation autour de* $\vec{B}$ *à la vitesse angulaire γB.*

3) $E_p = -\vec{m}.\vec{B} = -m_{\parallel}B$ *est constante car* $m_{\parallel}$ *par le TMC 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.*