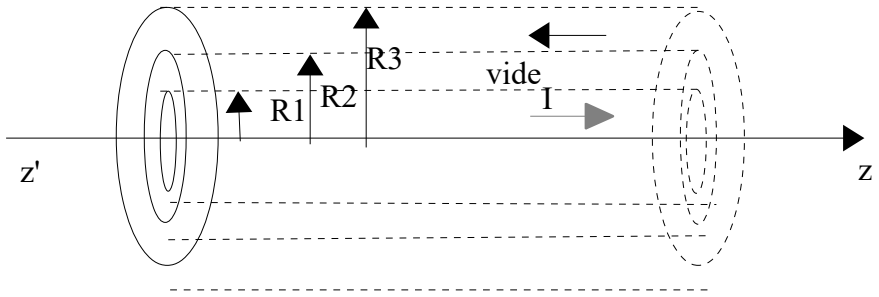
EXERCICES MAGNETOSTATIQUE .

Exercice 1 :câble coaxial .
On considère un câble coaxial infini cylindrique de rayons R1 , R2 et R3 (R1 < R2 <R3) . Le courant d'intensité totale I passe dans un sens dans le conducteur intérieur et revient dans l'autre sens par le conducteur extérieur . Entre les deux conducteurs l'espace est vide .
On considère les courants uniformément répartis en volume à l'intérieur du conducteur intérieur de rayon R1 et du conducteur extérieur (rayon intérieur R2 et extérieur R3) .

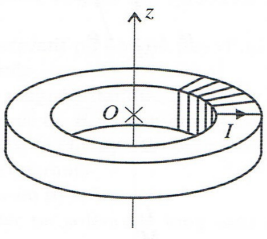


1- Déterminer la densité volumique de courant $\vec{j}_1 = j_1 \vec{u}_z$ circulant dans le conducteur intérieur .
2- Déterminer la densité volumique de courant $\vec{j}_2 = -j_2 \vec{u}_z$ circulant dans le conducteur extérieur .
3- Déterminer la géométrie du champ magnétique créé par cette distribution de courants .
4- Calculer $\vec{B}$ en tout point de l'espace .

Exercice 2:champ créé par une couche de courants uniformes .
On considère une couche d'épaisseur a selon Oy et infinie dans les directions Ox et Oz parcourue par des courants volumiques de densité uniforme $\vec{j} = j_0 \vec{u}_x$.
1- Déterminer la géométrie du champ magnétique créé par cette distribution de courants . Que peut-on dire du champ dans le plan (xOz) ?
2- Calculer $\vec{B}$ en tout point de l'espace .

Exercice 3:cylindre en rotation .
Un long cylindre conducteur de rayon R (considéré comme infini), portant une charge de densité volumique ρ uniforme , est mis en rotation n autour de son axe, à la vitesse angulaire w constante .
1- Exprimer la densité volumique de courant en un point P du cylindre .
2- Déterminer le champ magnétique créé par ce cylindre en admettant qu'il est nul à l'extérieur du cylindre .

Exercice 4:bobine torique .
On considère un tore d'axe (Oz) dont la section par un plan méridien est un carré de côté a . On appelle b le rayon intérieur du tore . On réalise une bobine en enroulant un fil sur le tore en N spires très serrées et régulièrement réparties. Calculer le champ magnétique créé en tout point de l'espace lorsqu'on fait passer un courant d'intensité I dans cette bobine.
Déterminer, à partir de deux méthodes différentes l'inductance propre de la bobine .



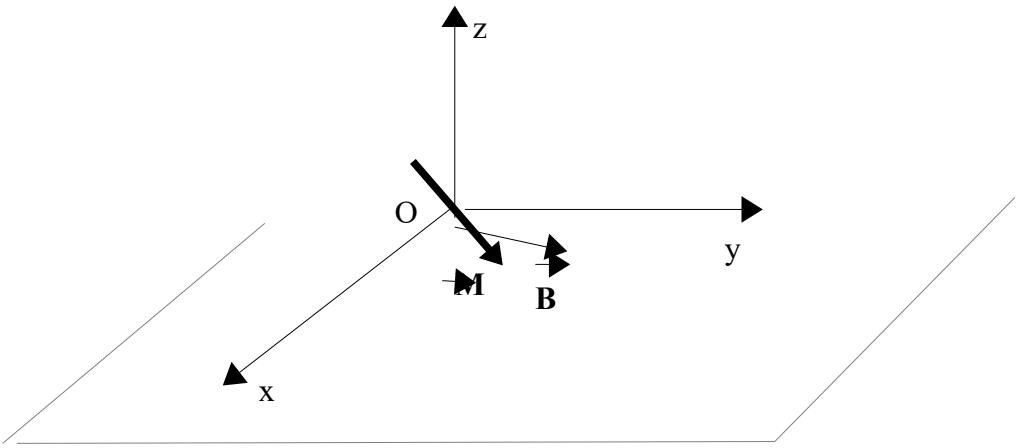
Exercice 5 :
On considère un câble cylindrique de rayon R et d'axe (Oz) parcouru par un courant d'intensité I réparti de façon non uniforme au sein du câble $\vec{j}(r) = J_0(1 - \frac{r^2}{R^2})\vec{e}_z$.
1- Exprimer J_0 en fonction de I .

2- Calculer le champ magnétique créé par ce câble en tout point de l'espace .
3- Vérifier que le champ trouvé vérifie bien l'équation de Maxwell-Ampère .

$$\vec{rot}(\vec{a})=(\frac{1}{r}\frac{\partial a_z}{\partial \theta}-\frac{\partial a_\theta}{\partial z})\vec{e}_r+(\frac{\partial a_r}{\partial z}-\frac{\partial a_z}{\partial r})\vec{e}_\theta+(\frac{1}{r}\frac{\partial (r a_\theta)}{\partial r}-\frac{1}{r}\frac{\partial a_r}{\partial \theta})\vec{e}_z$$

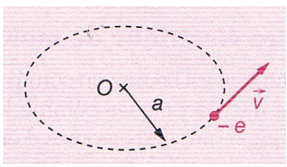
Exercice 6:champ magnétique terrestre
Le champ magnétique terrestre est modélisé par le champ d'un dipôle permanent de moment $\vec{M}$ situé au centre de la terre et dirigé du pôle Nord vers le pôle Sud . On assimile la terre à une sphère de rayon Rt = 6360 km . L'intensité du champ magnétique au pôle Nord terrestre est $B_0=6.10^{-5}T$.
Quelle est la valeur de M ? Que valent les composantes radiale et orthoradiale du champ magnétique terrestre en un lieu de latitude λ = 49° (latitude de Paris)?

Exercice 7 :modélisation d'un moteur électrique
Un barreau aimanté tourne autour de l'axe Oz à vitesse angulaire w constante ; son moment magnétique $\vec{M}$ appartient au plan Oxy et $(\vec{u}_x,\vec{M})=wt-\alpha$ où α est un angle constant . Il est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme de norme constante , tournant autour de Oz à la vitesse constante wo , appartenant au plan Oxy et tel que $(\vec{u}_x,\vec{B})=w_0 t$.
Exprimer à l'instant t , en fonction de $M=|\vec{M}|$, $B=|\vec{B}|$,w , wo , α et t le moment de l'action $\vec{\Gamma}_L$ subit par le barreau . Quelle est sa moyenne dans le temps ?



Exercice 8:autour de l'expérience d'Oersted .
Un étudiant décide de regarder quel est l'effet d'un courant circulant dans un fil sur une boussole placée dans le plan (xOy) et d'axe de rotation (Oz) .
1- Il place le fil le long de (O, x) , son aiguille ne dévie pas quel que soit le sens du courant circulant dans le fil .
Il place le fil selon (O, z) , son aiguille dévie , si il inverse le sens du courant circulant dans le fil , son aiguille dévie dans l'autre sens .
Expliquer .
2- Lorsqu'il établit un courant permanent dans le fil , l'aiguille est animée d'un mouvement de rotation due à la présence du champ magnétique . Suite à une modification de l'intensité circulant dans le fil le temps caractéristique de variation de l'angle θ entre l'aiguille et le champ magnétique multiplié par 2 . Comment a été multipliée l'intensité circulant dans le fil ?

Exercice 9:moment magnétique des atomes
1- Un modèle classique de l'atome d'hydrogène (modèle de Rutherford) consiste à considérer d'électron (masse m_e , charge -e) décrivant un mouvement circulaire autour du noyau , supposé fixe.



On note w la vitesse angulaire de l'électron sur cette orbite et on propose de modéliser ce système comme une spire parcourue par un courant d'intensité I constante .

On donne la masse de l'électron $m_e = 9{,}1 .10^{-31} kg$

a) Rappeler la signification de l'intensité d'un courant électrique, quelle définition peut-on adopter pour l'intensité moyenne I? Préciser son orientation.

b) En déduire une expression du moment magnétique $\vec{m}$ du système en fonction de e, du rayon a et de w. Préciser son sens.

c) Quel est par ailleurs le moment cinétique orbital, exprimé au centre du système (noyau fixe en O)?

d) Vérifier qu'il y a proportionnalité du moment magnétique et du moment cinétique, que dire de leurs sens? Le coefficient de proportionnalité est appelé rapport gyromagnétique γ

e) Que remarque-t-on sur le coefficient de proportionnalité (cette propriété est très générale: toute particule présente un moment cinétique propre et un moment magnétique qui sont proportionnels)? Quel ordre de grandeur proposer pour le moment dipolaire de l'atome d'hydrogène sachant que le moment cinétique orbital est de l'ordre de $\bar{h} = \frac{h}{2\pi} = 1{,}05 .10^{-34} J.s$. Ce moment est appelé magnéton de Bohr , il est noté en général μ_B

2- Précession de particules dans un champ magnétique

On désire décrire une propriété singulière d'une particule, lorsqu'elle est plongée dans un champ magnétique uniforme et stationnaire B (les applications de ce phénomène sont multiples : imagerie médicale par RMN, définition de référence de temps...).

a) Quelle équation de la mécanique est adaptée à cette étude? En déduire une équation différentielle vectorielle régissant l'évolution de $\vec{m}$.

b) À l'instant initial, le moment dipolaire magnétique fait un angle α connu avec le champ magnétique extérieur. Montrer que la composante du moment magnétique parallèle au champ magnétique est constante . Montrer que la norme de $\vec{m}$ est constante . Montrer que l'angle entre $\vec{m}$ et $\vec{B}$ reste constant au cours du mouvement . En déduire que $\vec{m}$ a un mouvement de précession autour de $\vec{B}$.