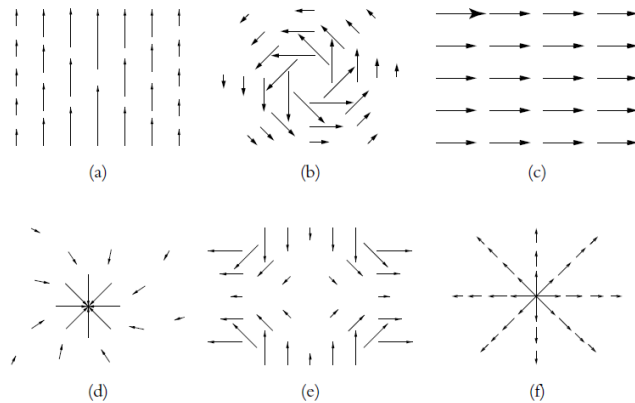


TD Champ magnétique

Exercice 1 : Lignes de champs (250, 251, 252)

Préciser celles qui peuvent correspondre aux lignes de champ d'un champ magnétique. Si oui, en utilisant les invariances et les symétries proposer une distribution pouvant les avoir engendrées.



Exercice 2 : Ordres de grandeurs de B (253, 254, 255)

On modélise le champ magnétique de la Terre par un champ dipolaire dont le moment, situé au centre de la Terre, a pour norme $m = 8 \cdot 10^{22} \text{ A} \cdot \text{m}^2$. Le rayon terrestre est $R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$.

1. A partir de l'expression du champ magnétique fourni, retrouver l'invariance par rotation autour de l'axe de rotation de la Terre.
2. Quelle est l'intensité maximale de la composante horizontale B_H du champ géomagnétique à la surface de la Terre ?
3. Pour une bobine formée de 100 spires circulaires de rayon 5 cm, quelle intensité de courant permet d'atteindre une telle valeur ?

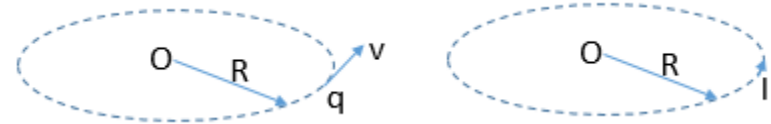
4. Le moment magnétique dipolaire d'un proton a pour ordre de grandeur $10^{-26} \text{ A} \cdot \text{m}^2$. A quelle distance le champ qu'il crée est-il du même ordre de grandeur que le champ terrestre ? Comparer au rayon de Bohr.

Donnée :

- Champ créé par un moment est $\vec{B}(r, \theta, \varphi) = \frac{\mu_0 m}{2\pi} \frac{\cos\theta}{r^3} \vec{u}_r + \frac{\mu_0 m}{4\pi} \frac{\sin\theta}{r^3} \vec{u}_\theta$
- Pour une bobine circulaire, le champ maximal est au centre $B_0 = \frac{\mu_0 N I}{2R}$

Exercice 3 : Moment magnétique/cinétique (256)

Une particule de masse m et de charge q décrit un mouvement circulaire uniforme à la vitesse v . On souhaite modéliser ce système comme une spire parcourue par un courant d'intensité I constante.



1. Si l'on note T la période du mouvement, quelle définition peut-on adopter pour l'intensité I moyenne ? En déduire une expression du moment magnétique du système en fonction de q , R et T .
2. Quel est par ailleurs le moment cinétique, exprimé au centre de l'orbite, pour ce système ? Vérifier qu'il y a proportionnalité entre les deux moments.
3. Quel ordre de grandeur proposerez vous pour le moment dipolaire de l'atome d'hydrogène, sachant que le moment cinétique est de l'ordre de $\frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$?

On donne la masse de l'électron $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

Exercice 4 : Aimantation (257, 258)

On trouve sur un site commercial les ordres de grandeur suivants pour des aimantations d'aimants permanents. L'aimantation correspond à un moment dipolaire magnétique par unité de volume.

AlNiCo 200	600 kA.m^{-1}
Ferrite 1000	1700 kA.m^{-1}
NdFeB	2000 kA.m^{-1} à 4000 kA.m^{-1}
SiCo5	2000 kA.m^{-1} à 3000 kA.m^{-1}
SmCo17	3500 kA.m^{-1} à 5000 kA.m^{-1}

1. Rappeler la dimension d'un moment dipolaire magnétique et vérifier si les unités proposées dans le tableau sont cohérentes avec la définition donnée de la grandeur aimantation.

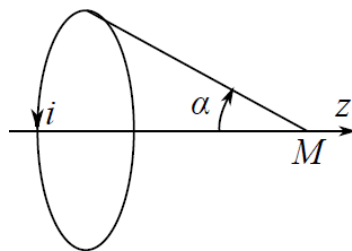
Considérons un aimant en forme de disque d'épaisseur $e = 1,0 \text{ mm}$ et de rayon $R = 5,0 \text{ mm}$.

2. Calculer l'ordre de grandeur du moment dipolaire d'un tel aimant en NdFeB (Néodyme-Fer-Bore).
3. Combien de spires de rayon R parcourues par une intensité $0,1 \text{ A}$ faudrait-il bobiner pour obtenir le même moment dipolaire ?

Exercice 5 : Solénoïde (252, 255)

On donne l'expression $\vec{B}(M) = \frac{\mu_0 i}{2R} (\sin(\alpha))^3 \vec{u}$ du champ créé par une spire.

1. Déterminer le vecteur unitaire $\vec{u}$.
2. Etablir l'expression du champ sur l'axe d'un solénoïde de longueur finie contenant n spire par unité de longueur.
3. Retrouver le champ uniforme créé par un solénoïde infini.



Résolution de problème

La magnétosphère est la dernière enveloppe d'une planète, avant le milieu interplanétaire. Ce milieu est dominé essentiellement par le vent solaire, constitué de protons et d'électrons très rapides. Comme son nom l'indique, la magnétosphère est caractéristique des planètes qui ont un champ magnétique propre.

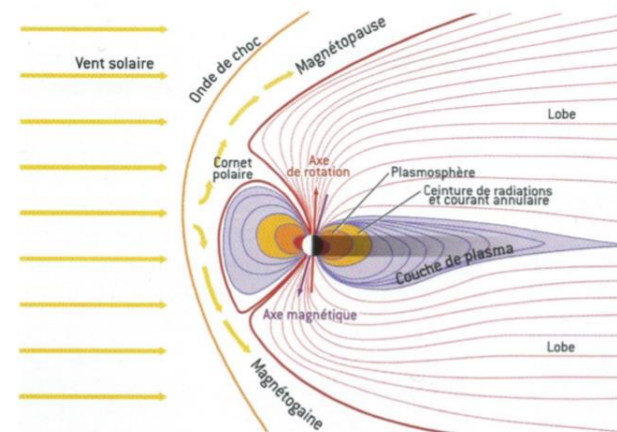
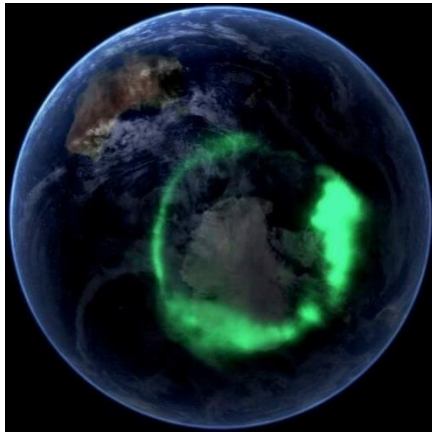


Figure 1 Coupe méridienne de la magnétosphère de la Terre. Le Soleil est loin sur la gauche. Les traits fins symbolisent les lignes de champ magnétique, les flèches jaunes le mouvement du plasma.

D'après : Gilbert Pietryk (sous la direction de), Panorama de la physique, Pour la Science, Belin, 2007

Les aurores polaires sont des phénomènes lumineux se produisant entre 80 et 400km d'altitude causés par la précipitation de particules chargées en provenance de l'espace sur les atomes et les molécules des couches externes de l'atmosphère terrestre. Ces particules sont principalement des électrons dont l'énergie cinétique est de l'ordre du keV pour les aurores les plus spectaculaires.

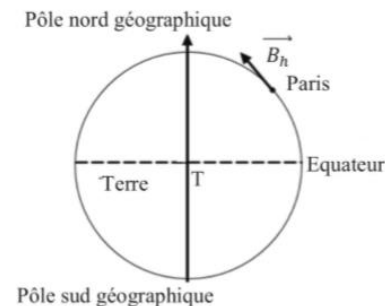
- Expliquer le caractère lumineux d'une aurore polaire.
- Pourquoi une aurore boréale (hémisphère nord) apparaît-elle simultanément à une aurore australe (hémisphère sud) ?



Aurore australe

Oral de concours : CCP TSI 2015

Dans un laboratoire situé à Paris, on souhaite déterminer la norme $||\vec{B}_h||$ de la composante horizontale locale $\vec{B}_h$ dont le sens et la direction sont donnés sur la figure suivante :



Matériel disponible :

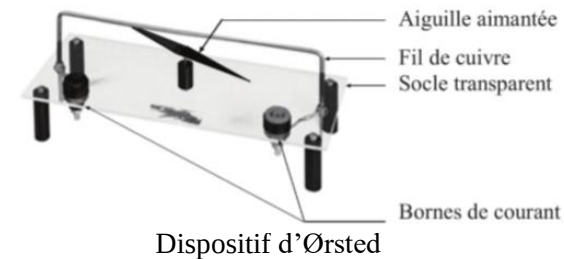
- une aiguille aimantée libre de pivoter sans frottement sur son axe, fixé à un socle transparent et un fil de cuivre relié à deux bornes de sécurité fixées au même socle transparent, de courant admissible 5A, représenté figure suivante ;

- un rapporteur ;
- des fils électriques ;
- un interrupteur ;
- une alimentation électrique stabilisée 0V – 30V/5A ;
- un ampèremètre ;
- un teslamètre à sonde de Hall biaxiale de gamme 0,1 mT à 100 mT.

Donnée : le champ magnétique créé par un fil infini parcouru par un courant I s'exprime, dans un système de coordonnées cylindriques d'axe z orienté par le sens réel du courant, par

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{u}_\theta$$

où $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$. On admet que le champ créé par le fil du dispositif d'Ørsted est convenablement décrit par cette expression.



Dispositif d'Ørsted

On souhaite établir un protocole permettant de mesurer la composante horizontale locale du champ magnétique terrestre à Paris en exploitant le principe de superposition des champs magnétostatiques.

1. Pour quelle raison ne peut-on pas se servir directement du teslamètre pour effectuer la mesure ?
2. On suppose que le fil est parcouru par un courant d'intensité $I = 1 \text{ A}$. Calculer la valeur du champ magnétique à $r = 2 \text{ cm}$ du fil.
3. Décrire et schématiser l'expérience à réaliser en vous servant du matériel mis à votre disposition, exception faite du teslamètre.
4. Préciser les mesures à réaliser.
5. Donner un ordre de grandeur des grandeurs physiques à employer pour réaliser l'expérience.