Supplément TDEM2 – Magnétostatique : champ et circulation

Donnée pour l'ensemble des exercices : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7} H.m^{-1}$

1 Ensemble de deux couches parcourues par un courant *(d'après CCS2 MP 2021)*

On repère un point de l'espace par ses coordonnées cartésiennes (x, y, z) dans une base orthonormée directe $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$. Le plasma est un gaz composé d'ions supposés fixes et d'électrons mobiles. Il est localement neutre dans tout le domaine $-a < x < a$ qu'il occupe et où sa densité électronique n est uniforme et constante.

Le domaine du plasma est délimité par deux lames planes identiques (épaisseur b) qui modélisent le bobinage inducteur haute fréquence. La lame de droite est parcourue par un vecteur densité de courant électrique uniforme $J(t)\vec{e}_y$ et celle de gauche par le vecteur opposé $-J(t)\vec{e}_y$ (figure 10). On néglige les effets de bords selon les directions y et z.

On admet dans toute la suite que les fréquences de travail sont suffisamment faibles pour se placer dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires magnétique. Ainsi, on détermine le champ magnétique en considérant que les courants sont stationnaires.

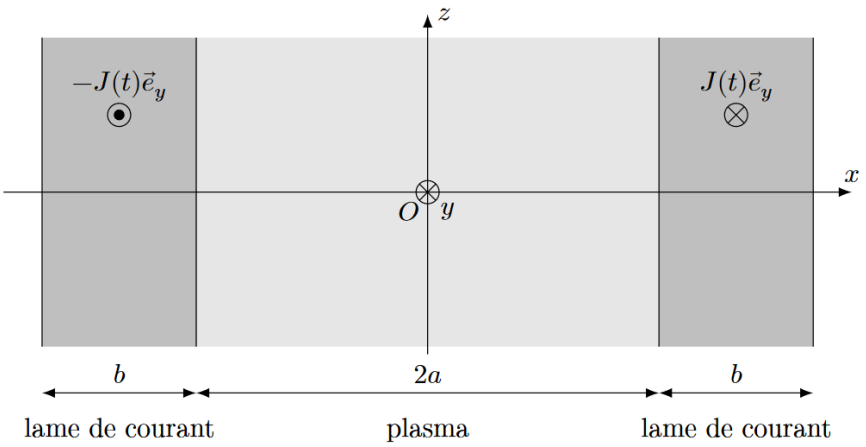


Figure 10

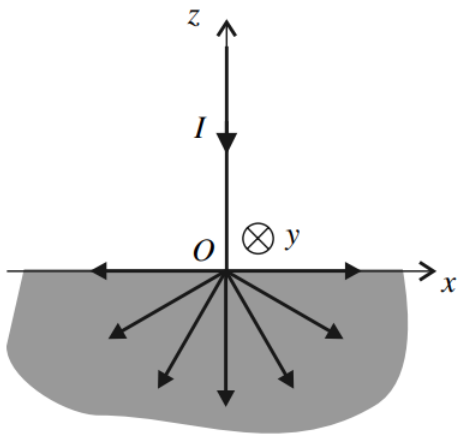
III.B.1) Champ magnétique produit par les lames

Q 29. Déterminer, en explicitant soigneusement l'argumentation, le champ magnétique produit dans tout l'espace uniquement par la lame de gauche (on ne tiendra donc pas compte de l'autre lame et du plasma).

Q 30. En déduire le champ magnétique produit dans tout l'espace par l'ensemble des deux lames, sans tenir compte du plasma. Représenter en fonction de x, pour une valeur donnée de $J(t)$ non nulle, le profil de ce champ magnétique.

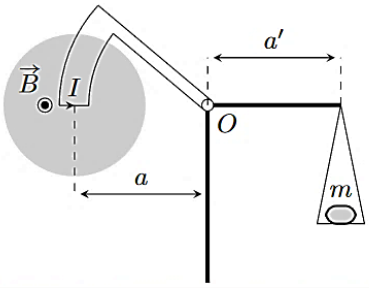
2 Champ magnétique créé par un éclair

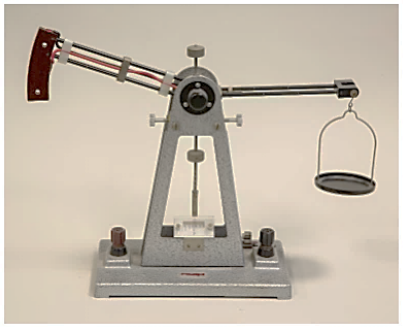
La distribution de courants ci-dessous modélise le courant d'un éclair tombant verticalement sur le sol.



Un courant d'intensité I descend l'axe (Oz) et se répand de manière isotrope dans le demi-espace $z < 0$. Déterminer la densité volumique de courant en un point du demi-espace $z < 0$ situé à distance r de O. Déterminer le champ magnétique en tout point de l'espace.

3 Balance de Cotton *(d'après CCMP PSI 2016)*





La balance de Cotton est un dispositif ancien, développé au tout début du XX^{e} siècle par Aimé Cotton pour mesurer avec précision des champs magnétiques. Elle est constituée de deux bras rigidement liés l'un à l'autre en O. La partie de gauche comprend sur sa périphérie un conducteur métallique qui est parcouru par un courant et dont une partie est placée dans le champ magnétique uniforme et permanent à mesurer, représenté par la zone grisée. Dans cette partie, les conducteurs aller et retour sont des arcs de cercle de centre O, reliés par une portion horizontale de longueur L. Le partie droite comporte un plateau sur lequel est déposée une masse m afin d'équilibrer la balance.

La balance peut tourner sans frottement dans le plan de la figure autour du point O. À vide, c'est-à-dire sans champ magnétique ni masse m, la position du plateau est ajustée afin que la balance soit à l'équilibre avec le bras de droite parfaitement horizontal.

1 - Montrer que le moment en O des forces de Laplace s'exerçant sur les parties en arc de cercle est nul.

2 - À l'équilibre, en présence de courant et de champ magnétique, établir l'expression du moment en O des forces de Laplace.

3 - En déduire la relation entre la masse m à poser sur le plateau pour retrouver la configuration d'équilibre et le champ magnétique B, à exprimer en fonction de a, a' , ℓ, I et de l'intensité de la pesanteur g.

4 - La sensibilité de la balance étant de $\delta m = 0{,}05\,\text{g}$, en déduire la plus petite valeur de B mesurable pour $a = a' = 25\,\text{cm}$, $L = 5\,\text{cm}$ et $I = 5\,\text{A}$. En comparant cette valeur avec une ou des références connues, conclure quant à l'utilisabilité de la balance.