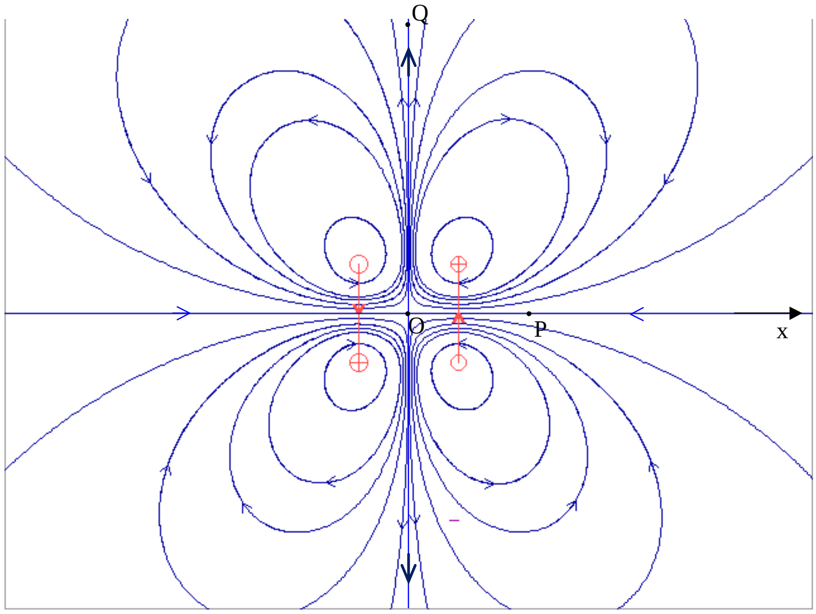
PSI 16 – 17*
TD Physique N°6 - Magnétostatique

EXERCICE 1 : Champ créé par deux bobines plates

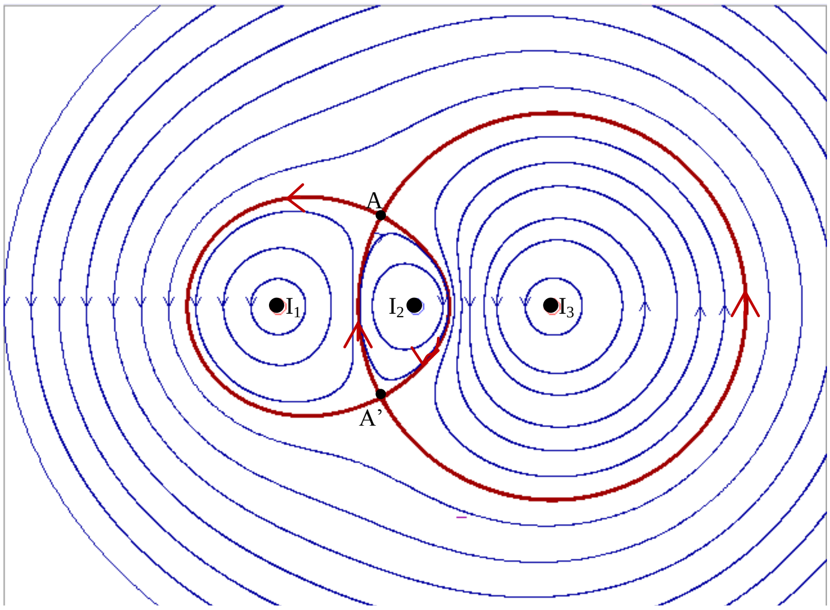
La figure représente les lignes de champ du champ magnétique créé par deux bobines plates circulaires identiques de N spires centrées sur l'axe Ox et parcourues par des courants I_1 et I_2.

1) Discuter des liens entre les symétries du champ et la distribution qui le crée.
2) Déterminer la valeur du champ $\vec{B}$ en O.
3) Donner un ordre de grandeur du rapport $\frac{B(P)}{B(Q)}$ des normes du champ $\vec{B}$ en P et en Q.



EXERCICE 2 : Etude de la topographie d'un champ

La figure représente les lignes du champ magnétique créé par trois fils infiniment longs, perpendiculaires au plan de la figure, parcourus par les courants I_1 I_2 et I_3.

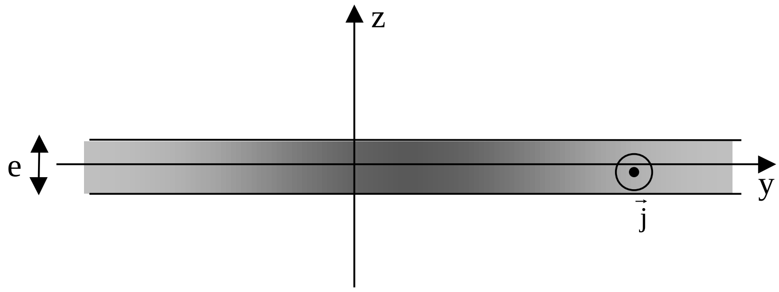


1) Déterminer sans aucun calcul le signe de I_1, I_2, I_3 et celui de la somme $I_1 + I_2 + I_3$.
2) Quelle est la valeur du champ $\vec{B}$ en A et en A' ?
3) $|I_2| = 1$ A Calculer une valeur approchée de I_1 et de I_3.

EXERCICE 3 : Distribution volumique de courant

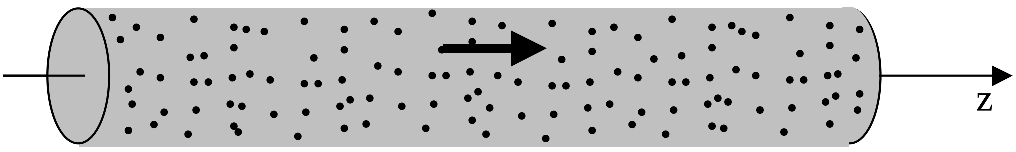
Entre les deux plans infinis de côtes $z = -\frac{e}{2}$ et $z = +\frac{e}{2}$ existe un courant de densité volumique uniforme : $\vec{j} = j\vec{e}_x$; $j > 0$.

1) Quelles sont les symétries et les invariances de la distribution de courant ? En déduire celles du champ magnétique $\vec{B}$ créé par celle-ci ?
2) Calculer le champ $\vec{B}$ en tout point de l'espace.
3) Etudier le cas limite $e \to 0$, le produit j.e restant constant. Evaluer sous forme d'un produit vectoriel la discontinuité du champ magnétique.



EXERCICE 4 : Faisceau électronique

Un faisceau électronique a la forme d'un cylindre très long de rayon R et d'axe Oz. Les électrons ont tous la même vitesse $\vec{v} = v\,\vec{e}_z$ et ils sont uniformément répartis avec une densité de n électrons par unité de volume.



1) En adoptant un modèle volumique, calculer la densité volumique de charge et le vecteur densité volumique de courant $\vec{j}$.
2) Calculer le champ électrique $\vec{E}$ (M) en un point M de coordonnées cylindriques (r, θ, z).
3) Calculer le champ magnétique $\vec{B}$(M). Quelle relation relie $\vec{E}$ et $\vec{B}$?
4) Le faisceau peut-il rester cylindrique ?

EXERCICE 5 : Pression magnétique

Un « manchon » cylindrique conducteur creux d'axe Oz, infiniment long a pour rayon intérieur R et pour rayon extérieur R + e.

Il est parcouru par un courant permanent I, de densité $\vec{j} = j\vec{e_z}$ uniforme dans le conducteur.

1) a) Exprimer le vecteur densité volumique de courant $\vec{j}$ en fonction de I, e et R.
   b) Si e << R, montrer que l'on peut assimiler la distribution de courant à une nappe surfacique cylindrique à condition d'introduire un vecteur densité surfacique de courant $\vec{j}_S$ que l'on exprimera en fonction de j et e.
2) On revient à la description volumique. Calculer le champ $\vec{B}$ en tout point de l'espace.
3) On se place dans l'hypothèse e << R.
   Exprimer $\vec{B}$ en tout point intérieur ; on posera : r = R + u et on linéarisera l'expression de B(u).
4) On cherche à déterminer l'action mécanique de $\vec{B}$ sur le conducteur lui-même.
   a) Calculer la force de LAPLACE subie par un élément de volume : on mettra cette force sous la forme :
   $d\vec{F} = f(u)Rd\theta dz du\,\vec{e}_r$.
   b) En déduire l'expression de la force magnétique appliquée à un élément de tube d'aire dS.
   c) Définir et calculer la *pression magnétique* P_m en fonction de I et R.
   d) $I = 1000$ A, $R = 1$ cm, $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ H.m^{-1}. Calculer P_m. Commenter.