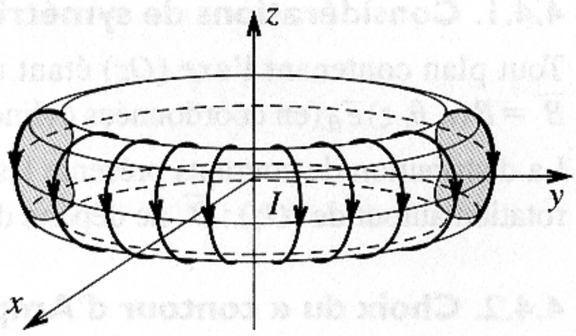
Magnétostatique série 1 : Théorème d'Ampère

Exercice 1 : Champ magnétique à l'intérieur d'un tore

Un contour C est dessiné dans un plan contenant l'axe (Oz). Sa rotation complète autour de l'axe (Oz) engendre un **tore** (voir figure). Si C est un cercle, le tore obtenu est à section circulaire, si C est un rectangle, le tore obtenu est à section rectangulaire etc… On s'intéressera au tore à section circulaire.



Doc. 12. *Tore à section quelconque.*

Le but de l'exercice est de déterminer le champ magnétique engendré par N spires enroulées sur un tore et parcourues par un courant d'intensité I. Pour un bobinage assez serré (spires quasi jointives), cette distribution filiforme peut être assimilée à une distribution surfacique de courants : c'est une opération de nivelage permettant alors d'admettre la symétrie de rotation autour de l'axe (Oz).

Le tore à section circulaire a un rayon intérieur R_A et un rayon extérieur R_B.

Déterminer le champ $\vec{B}$ pour les trois régions de l'espace suivantes : $r < R_A$, $R_A < r < R_B$ et $r > R_B$. r est la distance par rapport à l'axe (Oz).

Pour cela on suivra les étapes suivantes :

- Considérations de symétrie. Il est utile de travailler en coordonnées cylindriques. Quelle est la direction de $\vec{B}$? De quels paramètres dépend $\left\|\vec{B}\right\|$?
- Choix du « contour d'Ampère » : on prendra des cercles d'axe (Oz) de rayon r tel que $r < R_A$, $R_A < r < R_B$ et $r > R_B$.
- Utilisation du théorème d'Ampère.

Exercice 2 : Solénoïde infini

On appelle solénoïde un enroulement régulier de fils conducteurs sur un cylindre. Le but d'un tel système est de chercher à créer un champ magnétique intense en cumulant les contributions de nombreuses spires. L'enroulement d'un véritable solénoïde n'est pas constitué de spires indépendantes mais d'un seul fil, enroulé en plusieurs couches. Le modèle du solénoïde circulaire consiste en un ensemble de N spires $(N \gg 1)$ de même rayon a et de même axe (Oz) régulièrement réparties le long d'un cylindre de longueur ℓ et parcourues par la même intensité I.

Compte tenu de la condition $(N \gg 1)$, ce modèle décrit en fait des courants répartis sur une surface, c'est-à-dire une nappe de courants caractérisée par « le nombre de spires par mètre » le long du solénoïde : $n = N / \ell$.

On va considérer un solénoïde infini (illimité). Ce modèle « très fort », tiré du précédent par un passage à la limite, décrit une distribution de spires orthogonales à une direction $\overrightarrow{u_z}$ (voir figure), déductibles les unes des autres par des translations de direction (Oz) et réparties uniformément le long de (Oz) de n spires par mètre.

Déterminer en utilisant le théorème d'ampère le champ $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde.

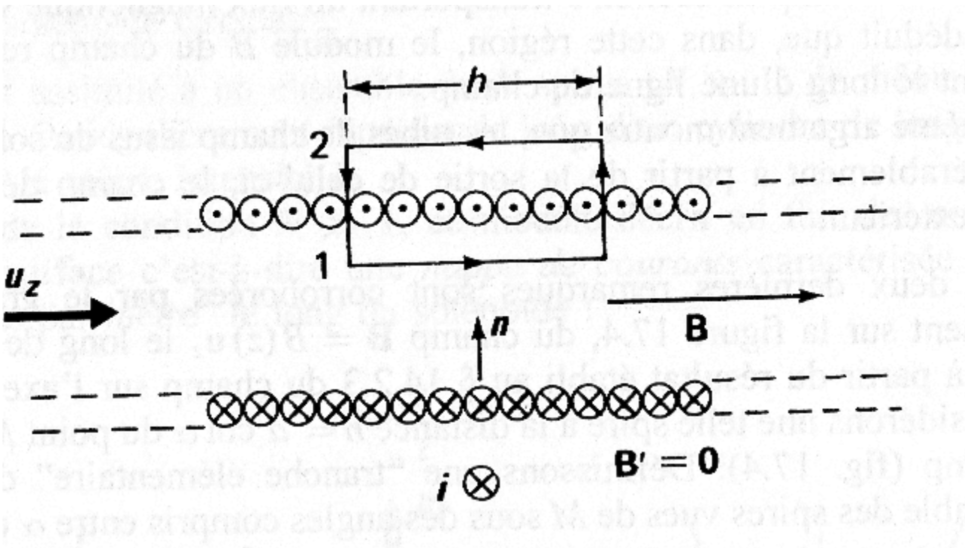


Fig. 17.6 – Solénoïde illimité.

Pour cela, on suivra les étapes suivantes :

- Considérations de symétrie. Montrer que $\vec{B}$ est suivant $\overrightarrow{u_z}$. Montrer que $\|\vec{B}\|$ est indépendant de z.
- Choix du « contour d'Ampère » : on prendra le rectangle de la figure.
- Utilisation du théorème d'Ampère.

On admettra que $\vec{B}$ est nul à l'extérieur du solénoïde. Que peut-on conclure sur $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde ?