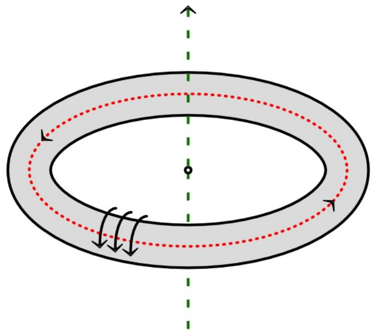
THÉORÈME D'AMPÈRE - exercices

A. EXERCICE DE BASE

I. Solénoïde torique

• On considère un solénoïde torique d'axe Oz , de grand rayon R et de petit rayon ρ , comportant N tours de fil, est parcouru par un courant I .

◊ remarque : pour simplifier, le schéma ci-contre ne représente que quelques unes des spires enroulées sur le tore ; il représente en outre une ligne de champ intérieure au tore.



1. • D'après les symétries, déterminer la direction du champ $\vec{B}$ en un point M quelconque de l'espace.

2. • Calculer le champ magnétique $\vec{B}$ en un point M quelconque.

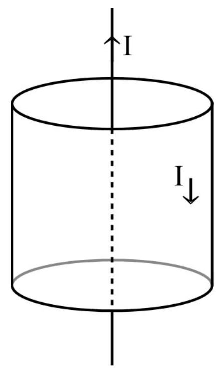
B. EXERCICES D'APPROFONDISSEMENT

II. Câble coaxial rectiligne "infini"

• On considère un câble coaxial, constitué d'un fil rectiligne "infini" associé à un conducteur tubulaire coaxial, de rayon R , par lequel s'effectue le "retour" du courant.

◊ remarque : on considère que le courant de "retour" se répartit de façon uniforme sur le pourtour du conducteur tubulaire.

• Calculer le champ magnétique créé par ce câble en chaque point de l'espace (intérieur et extérieur).



III. Distribution volumique de courant

• Un câble coaxial est constitué par un conducteur cylindrique plein, de rayon R_1 , entouré par un conducteur externe occupant le volume compris entre les rayons R_2 et R_3 (avec $R_3 > R_2 > R_1$) ; les trois cylindres ainsi considérés étant coaxiaux.

• Un courant I circule dans le conducteur intérieur et "revient" dans l'autre sens dans le conducteur extérieur. On suppose que le courant est uniformément réparti dans la section des conducteurs (c'est-à-dire proportionnellement à l'aire de la section considérée).

1. • D'après les symétries, déterminer la direction du champ $\vec{B}$ en un point M quelconque de l'espace.

2. • Calculer le champ magnétique $\vec{B}$ en un point M quelconque, en fonction de la distance r de l'axe.

3. • Tracer la courbe représentative de $B(r)$. Le champ est-il continu à la surface des conducteurs ?

IV. Champ magnétique et champ électrostatique

• L'espace étant rapporté à un trièdre cartésien orthonormé, le plan xOz est parcouru par un courant "superficiel" uniforme parallèle à Oz ; c'est-à-dire que chaque bande de largeur dx , dont les côtés sont parallèles à Oz , est parcourue par un courant : $dI = J\ dx$ (où J est une constante).

1. • En utilisant la symétrie du problème, déterminer la direction du champ magnétique $\vec{B}(M)$ en un point M situé au voisinage de xOz (ce qui revient à considérer le courant dans un plan "infini").

2. • Appliquer le théorème d'Ampère à un circuit judicieusement choisi, puis en déduire le champ magnétique en "tout" point de l'espace extérieur au plan xOz .

3. a) Montrer que ce courant superficiel peut être considéré comme une répartition superficielle de charge σ en mouvement de translation à une vitesse v . Exprimer J en fonction de σ et v .

b) Quelle est la relation entre le champ magnétique calculé dans ce problème et le champ électrostatique $\vec{E}$ créé par un plan uniformément chargé d'une densité surfacique σ ?

V. Champ magnétique d'une sphère chargée en rotation

• Une sphère de rayon R porte une charge totale Q répartie uniformément sur sa surface. Cette sphère est animée d'un mouvement de rotation à la vitesse angulaire ω autour d'un de ses diamètres (par exemple l'axe Oz , en notant O le centre de la sphère) ; on suppose que les charges sont entraînées, sans modification de leur répartition, par le mouvement de la sphère.

1. • Calculer le champ magnétique $\vec{B}$ ainsi créé au centre de la sphère.

2. • Exprimer ce champ magnétique en fonction du champ électrostatique $\vec{E}$ créé au voisinage immédiat à l'extérieur de la sphère.

3. • Calculer le moment magnétique $\vec{m}$ de cette distribution de courant.