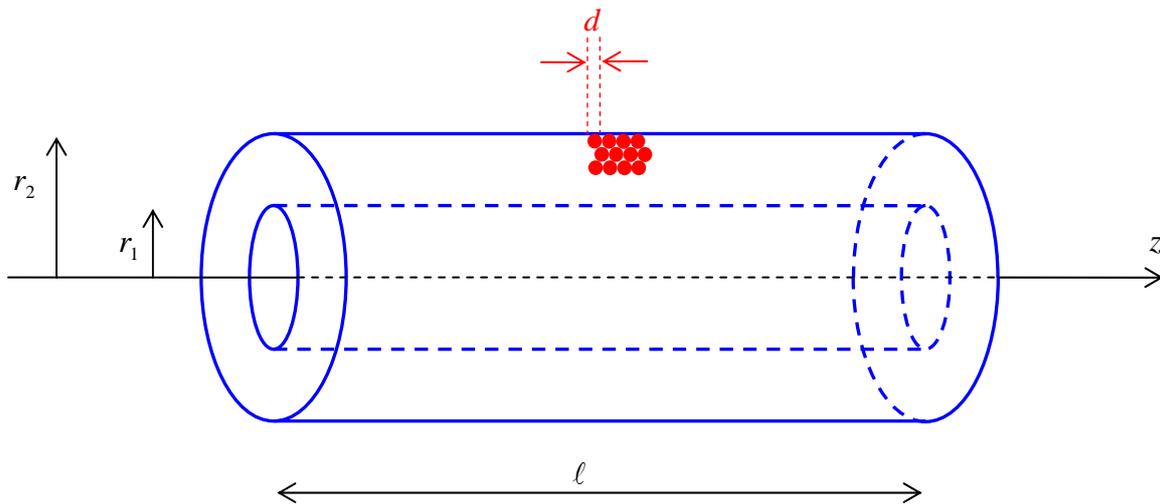


TD07 Magnétostatique. Solénoïde d'épaisseur non nulle.

On réalise un solénoïde en enroulant sur plusieurs couches un fil souple de diamètre d , recouvert d'une pellicule isolante, autour d'un cylindre en carton de rayon r_1 . Le rayon extérieur du solénoïde ainsi constitué est égal à r_2 . Le solénoïde est suffisamment long pour que l'on puisse négliger les « effets de bords » et tous les calculs seront fait en considérant une portion de solénoïde de longueur ℓ .

Nous utiliserons le système de coordonnées cylindro-polaires (ρ, φ, z) .



1. L'enroulement est compact. Sur une même couche les fils sont jointifs et le nombre de fils par unité de longueur a donc pour valeur $n = d^{-1}$. Sur la couche suivante, les fils sont décalés d'un demi diamètre $d/2$ et se disposent ainsi au plus près de l'axe Oz du solénoïde. Quel est alors la valeur m du nombre de fils par unité d'épaisseur du solénoïde ?
2. Nous allons modéliser le solénoïde comme une distribution de courant de symétrie cylindrique décrit par une densité de courant de la forme $\vec{j} = j_0 \vec{e}_\varphi$. Quelle valeur doit-on choisir pour la constante j_0 de telle sorte que ce modèle corresponde au mieux au solénoïde décrit à la question précédente lorsque le fil est parcouru par un courant d'intensité I ?
3. En considérant qu'un solénoïde cylindrique de longueur infinie correspond à un solénoïde torique dans la limite où le rayon de courbure R du tore tend vers l'infini, démontrer que le champ magnétique est nécessairement nul à l'extérieur et uniforme à l'intérieur d'un solénoïde cylindrique de longueur infinie et déterminer l'expression du champ magnétique \vec{B}_{int} .
4. Déterminer l'expression du champ d'induction magnétique \vec{B} pour $r_1 < \rho < r_2$.
5. Déterminer l'expression du potentiel vecteur \vec{A} dans tout l'espace.
6. Déterminer la valeur de l'énergie magnétostatique par unité de longueur de solénoïde.