# Devoir Maison 12

Jeudi 9 Décembre 2021

## Création d'un champ $\vec{B}_1$ « tournant »

On fait l'hypothèse d'être dans le cadre de l'Approximation des Régimes Quasi-Stationnaire (ARQS) magnétique : on calcule le champ magnétique créé par des courants variables $i(t)$, comme en magnétostatique. En particulier, on peut utiliser le théorème d'Ampère.

1. Donner l'expression du flux du champ magnétique à travers une surface quelconque. Que vaut ce flux si on choisit une surface fermée ? Si on découpe une surface fermée en deux surfaces collées, expliquer pourquoi on parle de conservation du flux magnétique.
2. Faire un schéma d'un unique solénoïde et utiliser symétries et invariances pour tracer la carte des lignes de champs magnétiques.
3. On admet que le champ extérieur est nul : établir à l'aide du théorème d'Ampère l'expression du champ intérieur créé par le solénoïde unique en fonction de $\mu_0$, $n$ le nombre de spires par unité de longueur parcourue par un courant $I$ et le vecteur unitaire $\vec{u}_\Delta$ de $\Delta$ l'axe du solénoide, l'orientation du courant étant celle qui correspond au sens direct autour de $\vec{u}_\Delta$.

On considère un ensemble de deux solénoïdes infinis identiques d'axes Ox et Oy perpendiculaires concourants en O comme l'indique la figure ci-dessous. Les spires sont considérées comme circulaires car réalisées sur un cylindre de rayon R comportant n spires jointives par unité de longueur. Les spires du solénoïde d'axe Oy sont parcourues par une intensité $I_y = I_0 \cos(\Omega t + \alpha)$ et celles du solénoïde d'axe Ox par une intensité $I_x = I_0 \cos(\Omega t)$. L'orientation des courants correspond au sens direct autour des axes respectifs.

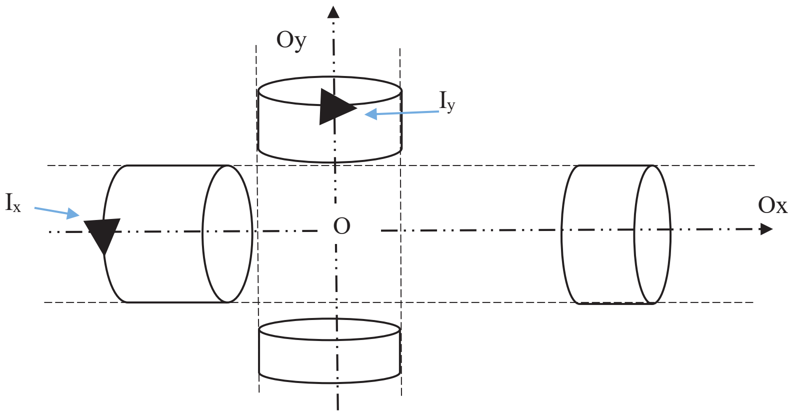


**Figure** – Configuration des solénoïdes
Les solénoïdes sont infiniment longs, seules quelques spires ont été représentées.

4. En utilisant le principe de superposition, établir que le champ magnétique dans la zone commune aux deux circuits, pour un déphasage $\alpha = \frac{\pi}{2}$, est un champ « tournant » $\vec{B}_1 = B_1\vec{u}$, c'est-à-dire un champ de norme constante $B_1$ porté par une direction de vecteur unitaire $\vec{u}$ qui tourne à vitesse uniforme dans le plan xOy. On précisera sa norme $B_1$ et sa vitesse de rotation $\omega$.

Il est en réalité difficile de produire des champs tournants. On utilise donc un champ oscillant créé par une bobine unique d'axe Ox : $\vec{B}_1' = 2B_1\cos(\omega t)\vec{e}_x$.

5. Montrer que ce champ est équivalent à la superposition de 2 champs de même amplitude (à préciser) qui tournent en sens opposé à la même vitesse.

## Création d'un champ permanent intense $\vec{B}_0$

On utilise un solénoïde « épais » (épaisseur $e = R_2 - R_1$) considéré comme la superposition de solénoïdes infinis (en réalité de longueur $L \gg R_2$) de même axe Oz. Il est réalisé par un empilement jointif de spires de section carrée, de côté $a = 1,0$ mm, enroulées sur un cylindre de longueur $L = 4,0$ m, depuis un rayon $R_1 = 20$ cm jusqu'à un rayon $R_2 = 25$ cm. Les spires sont des fils de cuivre parcourus par un courant continu $I_0$ uniformément réparti, orienté dans le sens direct autour de Oz. La situation est schématisée sur la figure ci-dessous. Les sections carrées sont dans les plans $(\vec{e}_r, \vec{e}_z)$ c'est-à-dire en positionnement radial.

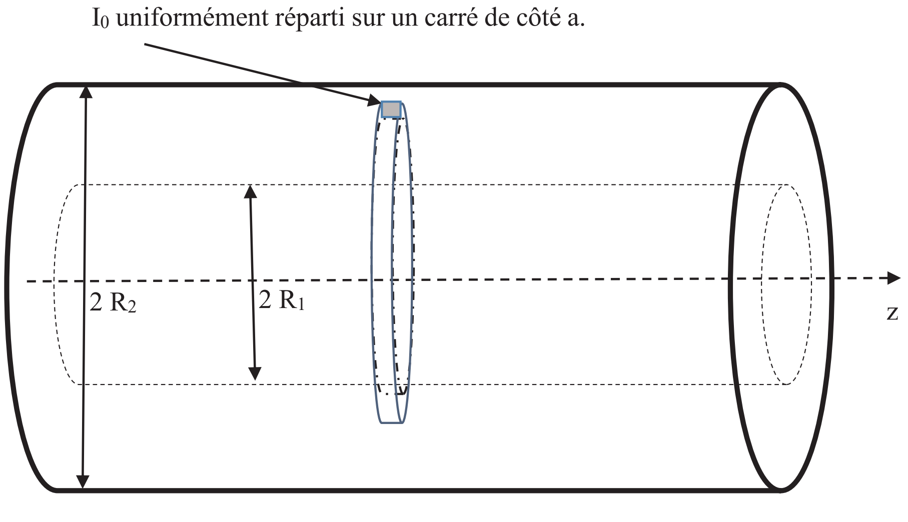


**Figure** – Solénoïde épais

6. On modélise ce solénoïde épais comme une succession de solénoïde concentrique. Quel est le nombre de solénoïdes concentriques parcouru par un courant $I_0$ qui sont empilés dans le solénoïde épais ? Quelle est le nombre de spire par unité de longueur parcourue par un courant $I_0$ d'un de ces solénoïdes ?

7. En utilisant le principe de superposition et le résultat la question 3., calculer le champs total créé par le solénoïde épais. Quelle est l'intensité nécessaire pour engendrer un champ de 1 Tesla ?