



**-EXERCICE 27.5-**

• **ENONCE** :

« Champ créé par une sphère chargée en rotation »

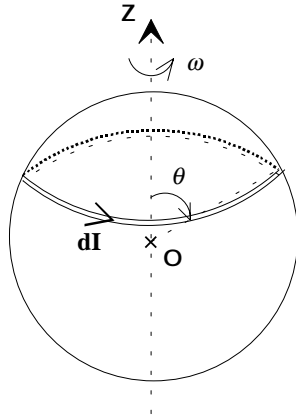
On s'intéresse à une sphère de rayon  $R$ , portant une charge totale  $Q$  uniformément répartie à sa surface ; la sphère tourne autour de l'un de ses diamètres à la vitesse angulaire constante  $\omega$ .

- 1) Calculer le champ magnétique au centre de la sphère.
- 2) Déterminer le moment magnétique de cette sphère.

## EXERCICE D'ORAL

 • **CORRIGE** : « Champ créé par une sphère chargée en rotation »

1) Nous allons travailler avec les notations de la figure ci-dessous :



La sphère est de rayon R

 La surface est découpée en couronnes de largeur angulaire  $d\theta$ 

Le champ est porté par Oz

♦ Dans le référentiel fixe, les charges surfaciques en mouvement sont assimilables à des **courants** ; les charges décrivant des cercles d'axe Oz, la sphère pourra être considérée comme la superposition de **spires circulaires** de rayon  $r = R \sin(\theta)$ , parcourues par des courants élémentaires  $dI$ .

♦ La vitesse de rotation étant constante, un observateur extérieur verra passer la charge  $dQ$  portée par une couronne élémentaire de largeur angulaire  $d\theta$  pendant un temps  $T$  égal à la période de rotation de la sphère ; on a donc :

$$dI = \frac{dQ}{T} = \sigma dS \frac{\omega}{2\pi} = \frac{Q\omega}{(4\pi R^2)2\pi} dS \quad \left( \sigma = \frac{Q}{4\pi R^2} \text{ représente la charge surfacique de la sphère} \right)$$

Les couronnes, de rayon  $r = R \sin \theta$ , sont de « hauteur »  $R d\theta \Rightarrow dS = (2\pi R \sin \theta) R d\theta$  ; d'où :

$$dI = \frac{Q\omega \sin \theta}{4\pi} d\theta$$

♦ Par ailleurs, tout plan contenant l'axe Oz est plan d'antisymétrie des courants  $\Rightarrow \vec{B}(O)$  est **porté par Oz** (ou bien : le plan perpendiculaire à Oz, passant par O, est un plan de symétrie des sources  $\Rightarrow \vec{B}(O)$  est perpendiculaire à ce plan, donc parallèle à Oz) ; de plus, le résultat de l'exercice 28.1 permet d'exprimer le champ créé par une spire élémentaire en O :

$$d\vec{B}(O) = \frac{\mu_0 dI}{2r} \sin^3(\theta) \Rightarrow \vec{B}(O) = \int_0^\pi \frac{\mu_0 Q\omega}{8\pi R} \sin^3(\theta) d\theta \vec{e}_z ; \quad \sin^3(\theta) d\theta = (1 - \cos^2 \theta) \sin \theta d\theta = (u^2 - 1) du$$

avec :  $u = \cos \theta$  ; on trouve :  $\int_1^{-1} (u^2 - 1) du = 4/3 \Rightarrow \boxed{\vec{B}(O) = \frac{\mu_0 Q\omega}{6\pi R} \vec{e}_z}$

2) Chaque spire présente le moment magnétique élémentaire :

$d\vec{m} = S(\theta) dI \vec{e}_z$  où :  $S(\theta)$  représente la surface d'une spire vue sous l'angle  $\theta$  depuis le point O, et  $dI$  le courant précédemment calculé ;  $S(\theta) = \pi r^2 = \pi R^2 \sin^2(\theta)$ , d'où :

$$\boxed{\vec{m} = \frac{Q\omega\pi R^2}{4\pi} \int_0^\pi \sin^3(\theta) d\theta \vec{e}_z = \frac{Q\omega R^2}{3} \vec{e}_z}$$