

II Les sources de champ magnétiques

« Toute charge en mouvement est source de champ magnétique »

principalement les courants (dans des conducteurs)

1/ d'intensité de courant :

c'est la quantité de charges électriques qui traverse une région donnée par unité de temps.

- si I est constant :

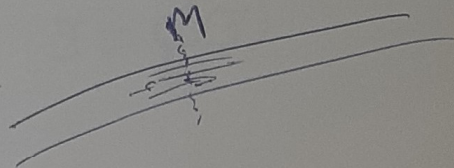
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

unité $[I] = \frac{C}{s} = A$ (Ampère)

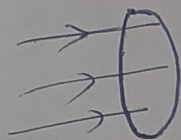
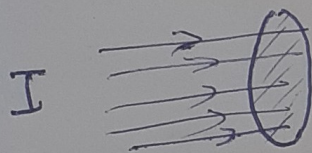
- si I varie dans le temps :

$$I = \frac{dq}{dt}$$

courant instantané

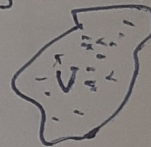


2/ Densité volumique de courant



Analogie
charge $[P] = \frac{C}{m^3}$

$$P = \frac{Q}{V}$$

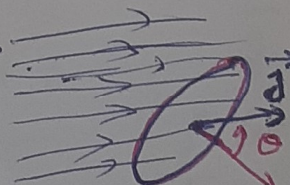


La densité de courant est l'intensité de courant qui traverse une surface S :

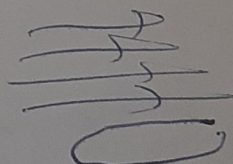
$$j = \frac{I}{S}$$

$$[j] = \frac{A}{m^2} \rightarrow I = j \cdot S$$

- cas où S est incliné / j



$$I < j \cdot S$$



$$I = 0$$

$$I = j \cdot S \cdot \cos \theta$$

$$I = \vec{j} \cdot \vec{S}$$

• cas général

courant local

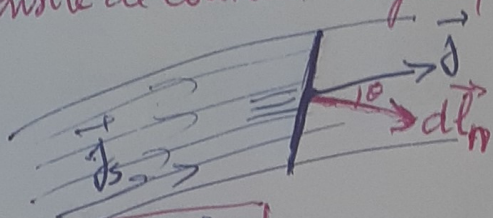
$$di = \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

et le courant total

$$\rightarrow I = \iint_{(S)} \vec{j} \cdot d\vec{S}$$

Le courant I est le flux de la densité volumique $\vec{j}$ à travers la surface (S) . $I = \Phi_{(S)}(\vec{j})$

3° Densité de courant surfacique



$$di = \vec{j} \cdot d\vec{l}_n$$

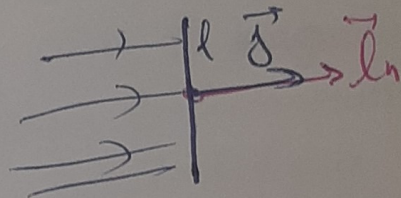
Analogie

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$\vec{j}_s$ = densité surfacique de courant

cas particulier $\vec{j}$ uniforme

$$I = \vec{j} \cdot \vec{l}_n = j \cdot l$$



$$j = \frac{I}{e}$$

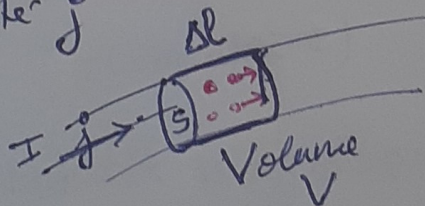
$$[j] = \frac{A}{m}$$

Général :

$$I = \int_{(S)} \vec{j} \cdot d\vec{l}_n$$

(sorte de flux surfacique qui traverse un segment)

4° Relation avec la densité de charge
Considérons un courant I de densité $\vec{j}$



$$\vec{j} \leftrightarrow \rho(\vec{v})$$

$$F. \text{ Lorentz } = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$

$$F. \text{ Laplace } = I d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

$$q \vec{v} \leftrightarrow I d\vec{l}$$

$$I \Delta l = v$$

dans le volume V : $j = \frac{I}{S}$

$$j \cdot S \cdot \Delta l = Q v$$

$$\Rightarrow j \cdot \underset{\substack{\uparrow \\ \text{volume}}}{V} = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{charge}}}{Q} v \rightarrow j = \frac{Q}{V} v$$

or $\frac{Q}{V} = \rho \rightarrow j = \rho v$

De manière générale $\boxed{\vec{j} = \rho \vec{v}}$

Unité: $\frac{A}{m^2} = \frac{C}{m^3} \cdot \frac{m}{s} = \frac{C/s}{m^2} = \frac{A}{m^2} \checkmark$

III loi de Biot et Savart

causes sources $I, \vec{j}_v, \vec{j}_s \rightarrow \vec{B}$ Effets: $\vec{F}_{Lz} = q \vec{v} \wedge \vec{B}$
 $d\vec{F}_{Lz} = I d\vec{l} \wedge \vec{B}$

La loi de Biot et Savart représente pour la magnétostatique ce que représente la loi de Coulomb pour l'électrostatique

Magnétostatique

$$\boxed{d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \wedge \vec{ur}}{4\pi r_p^2}}$$

Champ créé par l'élément de courant $I d\vec{l}$ en M (élémentaire)

μ_0 = perméabilité magnétique du vide

$$d\vec{E} = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r_p^2} \vec{ur}$$

$\frac{1}{\epsilon} \leftrightarrow \mu_0$
 $\epsilon \leftarrow$ permittivité électrique du vide

C'est la loi de Biot et Savart qui permet le calcul du champ magnétique créé par une distribution de courant.

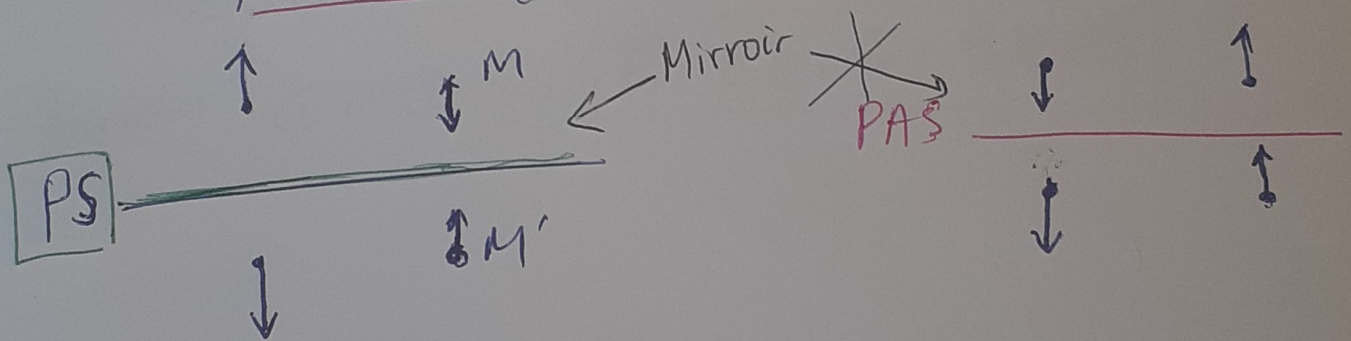
Le champ total est : $\vec{B} = \int_{\text{distribution de courant}} d\vec{B}$

IV Invariants et Symétrie :

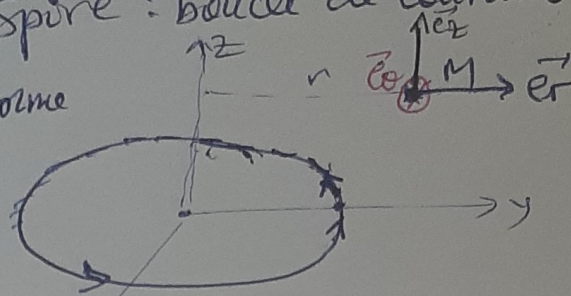
- Si une opération de symétrie (translation ou rotation) laisse invariante la distribution de courant, alors le champ magnétique ne dépend pas de la variable correspondante

- R1 : Le champ magnétique est perpendiculaire à tout plan de symétrie passant par M.

- R2 : Le champ magnétique appartient à tout plan d'antisymétrie passant par M



Exemple : la spire : boucle de courant
 I : courant uniforme



Coord.
cylindriques

$$\vec{B}(r, \theta, z) \begin{cases} B_r \vec{e}_r \\ B_\theta \vec{e}_\theta \\ B_z \vec{e}_z \end{cases}$$

- Invariants:
invariance de rotation autour de θ :

$$\boxed{\vec{B} = \vec{B}(r, z)} \quad (1)$$

- Plans de symétries:
(M, $\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z$)

$$PAS = (M, \vec{e}_r, \vec{e}_z)$$

$$\vec{B} \in (M, \vec{e}_r, \vec{e}_z) \quad B_\theta = 0 \rightarrow \boxed{\vec{B} = B_r \vec{e}_r + B_z \vec{e}_z} \quad (2)$$

Résultat : (1) et (2) $\Rightarrow \boxed{\vec{B} = B_r(r, z) \vec{e}_r + B_z(r, z) \vec{e}_z}$