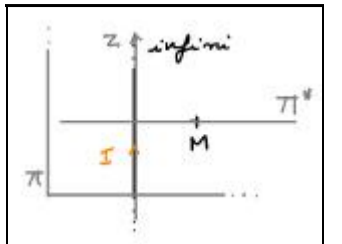


# Champ magnétique en régime stationnaire

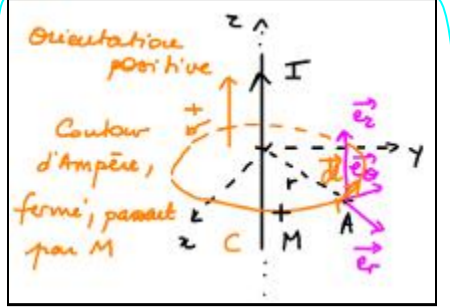
## Symétries et invariances

$$\vec{B} = B(r) \vec{e}_\theta$$

Contour d'Ampère circulaire

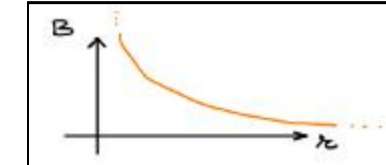


Fil infini



Champ magnétique

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_\theta$$



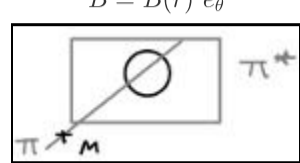
Théorème d'Ampère

$$B(r) \cdot 2\pi r = \mu_0 I$$

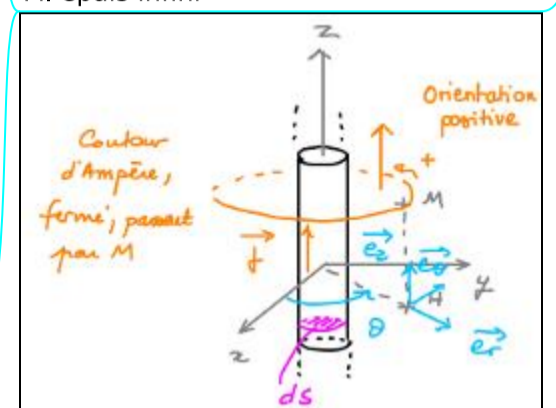
## Symétries et invariances

$$\vec{B} = B(r) \vec{e}_\theta$$

Contour d'Ampère circulaire



Fil épais infini



$r > R$

$$B(r) \cdot 2\pi r = \mu_0 j \pi R^2$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 j R^2}{2r} \vec{e}_\theta$$

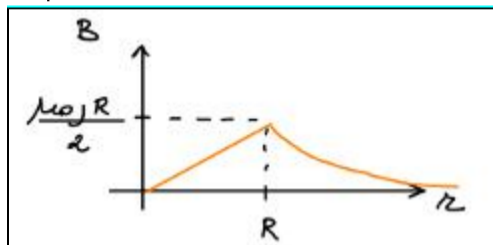
$r < R$

$$B(r) \cdot 2\pi r = \mu_0 j \pi r^2$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 j}{2} r \vec{e}_\theta$$

Théorème d'Ampère

Représentation



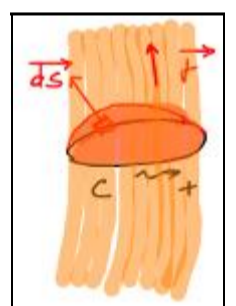
Une ligne de champ est une courbe tangente au champ magnétique.



Les lignes de champ sont soit des courbes fermées, soit des droites.

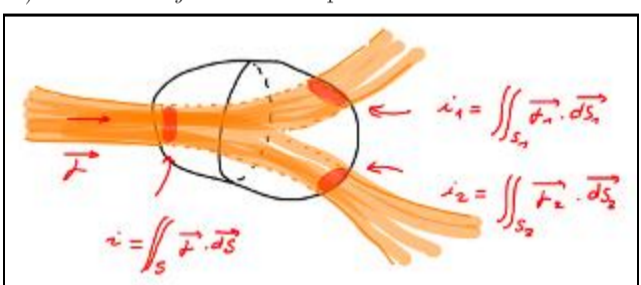
Elle permet de retrouver le théorème d'Ampère.

$$\iint_S \text{rot} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \mu_0 \iint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} \text{ soit d'après le théorème de Stokes } \oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{tot}}$$



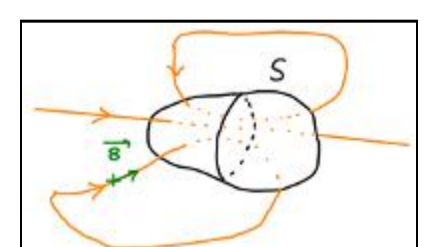
Elle permet de retrouver la loi des mailles.

$$\text{div}(\text{rot} \vec{B}) = 0 \text{ soit } \text{div} \vec{j} = 0 \text{ soit d'après le théorème de GO } i = i_1 + i_2$$



Elle provient de la constatation que les lignes de champ sont des courbes fermées (ou des droites).

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \text{ soit d'après le théorème de GO } \text{div} \vec{B} = 0$$



## Équation de Maxwell-Ampère

$$\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

## En régime stationnaire

$$\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$$

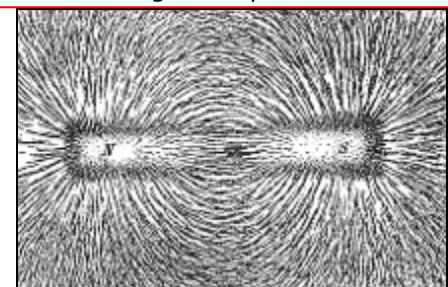
## Équation de Maxwell-Thomson

$$\text{div} \vec{B} = 0$$

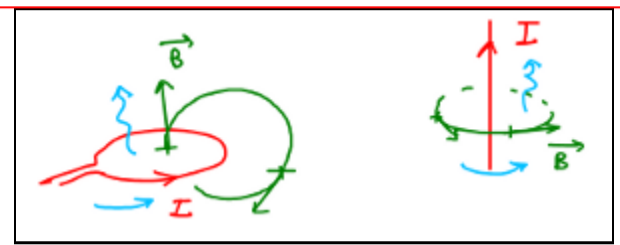
## Champ magnétique

$$\vec{B}$$

Il est naturellement généré par la matière aimantée.



Il est généré par des charges en mouvement (courant électrique). On peut déterminer son orientation par la règle du «>> tire-bouchon >>».

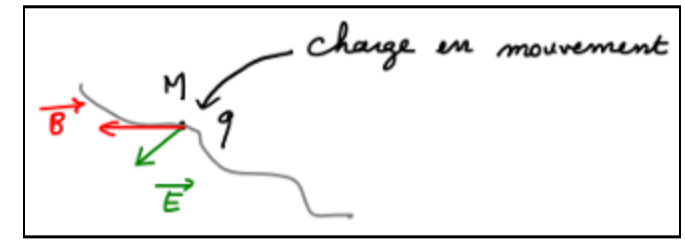


On généralise en introduisant la force de Lorentz.

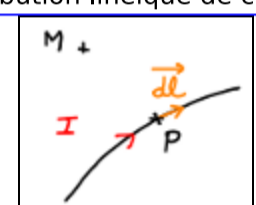
$$\vec{F}_L = \vec{F}_{L,e} + \vec{F}_{L,m} = q (\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$$

Force magnétique s'exerçant sur une charge ponctuelle

$$\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$$

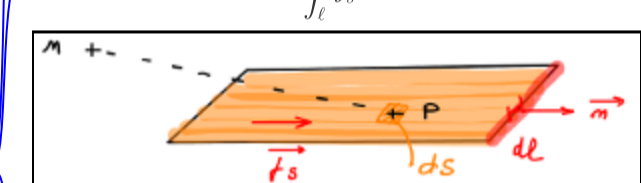


## Distribution linéique de courant



## Distribution surfacique de courant

$$I = \int_C \vec{j}_s \cdot \vec{n} dl$$

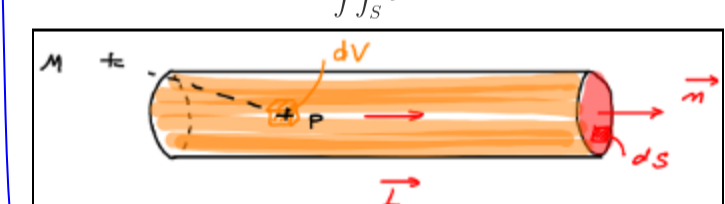


Vecteur densité de courant surfacique

$$\vec{j}_s$$

## Distribution volumique de courant

$$I = \iiint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS$$



Pour passer d'un type de distribution à un autre, il faut exprimer le courant de deux façons.

$$I = j_s \ell = j S$$

## Distribution de courant

Force magnétique s'exerçant sur un conducteur parcouru par un courant et plongé dans un champ magnétique extérieur : force de Laplace

$$\vec{F}_L$$

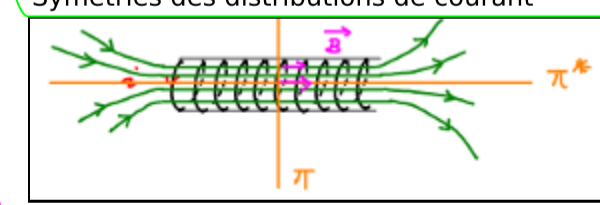
## Conducteur filiforme

$$\vec{F}_L = \int_C I d\vec{l} \wedge \vec{B}_{\text{ext}}$$

## Conducteur massif

$$\vec{F}_L = \iiint_V \vec{j} \wedge \vec{B}_{\text{ext}} \cdot dV$$

## Symétries des distributions de courant



## Constataions

$$\vec{B} \in \Pi^*$$

$$\vec{B} \perp \Pi$$

L'intersection des plans d'antimymétrie qui passent par M donne la direction du champs magnétique.

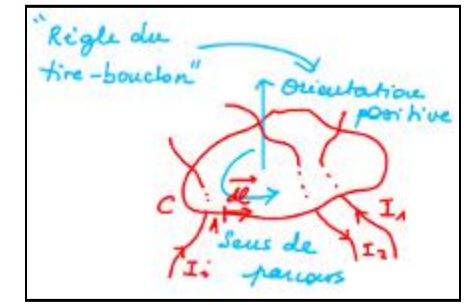
Un plan de symétrie qui passe par M indique que le champ magnétique lui est orthogonal.

## Invariances

Une invariance de la distribution de courant selon une coordonnée engendre une indépendance de la norme du champ magnétique selon celle-ci.

Théorème d'Ampère : la circulation du champ magnétique sur un contour fermé est proportionnel à l'intensité totale du courant traversant toute surface s'appuyant sur ce contour.

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{tot}}$$



## Perméabilité magnétique du vide

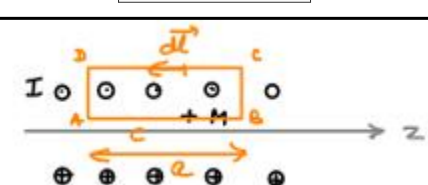
$$\mu_0 \simeq 4\pi \times 10^{-7}$$

## Exemples

## Théorème d'Ampère

$$B \cdot a = \mu_0 n a I$$

$$\vec{B}_{\text{int}} = \mu_0 n I \vec{e}_z$$



## Inductance propre

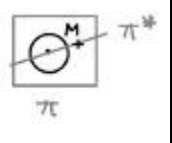
$$\phi_{\text{propre}} = N \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = L I \text{ soit } L = \frac{\mu_0 N^2 S}{\ell}$$

## Densité volumique d'énergie magnétique

$$w_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \text{ avec } W_B = \iiint_V w_B dV$$

## Symétries et invariances

$$\vec{B} = B(r) \vec{e}_r$$



## Le solénoïde

Pour un solénoïde infini

$$\vec{B}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

Solénoïde infini

$$\ell > 10R$$

Modèle de la juxtaposition de n spires par unité de longueur

$$n = \frac{N}{\ell}$$

