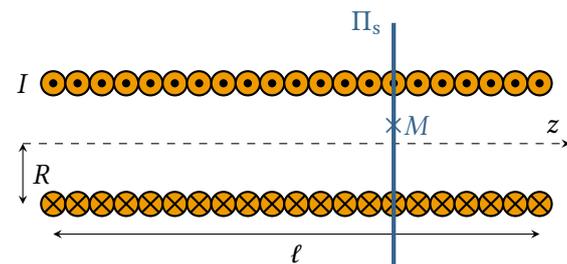


Champ magnétique

I - Cartes de champ magnétique

- **Ligne de champ** = courbe tangente à \vec{B} en tout point, orientée dans le sens du champ.
 - Plus les lignes de champ sont rapprochées, plus le champ est intense;
 - Champ uniforme = lignes de champ parallèles et régulièrement espacées.
- **Champ créé par des aimants** : les lignes de champ partent du pôle Nord et aboutissent au pôle Sud de l'aimant.
- **Champ créé par des courants** :
 - Les lignes de champ sont fermées et s'enroulent autour du/des fil(s);
 - Sens des lignes de champ : la règle de la main droite permet de retrouver
 - le sens d'enroulement des lignes de champ (doigts) connaissant le sens du courant (pouce);
 - le sens du courant dans une spire (doigts) connaissant le sens du champ (pouce).
- **Principe de superposition** : le champ total créé par un ensemble de sources est la somme des champs créés par chaque source.
- **Symétries** :
 - le champ magnétique en un point appartenant à un plan de symétrie de la distribution de courant est orthogonal à ce plan : $\vec{B}(M \in \Pi_s) \perp \Pi_s$;
 - le champ magnétique en un point appartenant à un plan d'anti-symétrie de la distribution de courant est inclus dans ce plan : $\vec{B}(M \in \Pi_a) \in \Pi_a$.
- **Invariances** :
 - distribution invariante par translation \implies indépendance par rapport à une variable cartésienne;
 - distribution invariante par rotation \implies indépendance par rapport à une variable angulaire.
- **Exemple du solénoïde** (N spires de rayon R bobinées sur une longueur ℓ) **modélisé comme infini** (= effets de bord négligés, valable loin des bords si $\ell \gg R$).

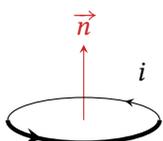


- $\Pi_s = (M, \vec{e}_r, \vec{e}_\theta)$ est un plan de symétrie donc $\vec{B}(M) = B_z(M) \vec{e}_z$;
- invariance par translation le long de l'axe (Oz) et par rotation autour de cet axe, donc $\vec{B}(M) = B_z(r) \vec{e}_z$;

▸ Expression du champ (à retenir) :

$$\vec{B}(M) = \begin{cases} \vec{0} & \text{pour } M \text{ à l'extérieur} \\ \mu_0 \frac{N}{\ell} I \vec{e}_z & \text{pour } M \text{ à l'intérieur} \end{cases}$$

avec $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$ la perméabilité magnétique du vide.

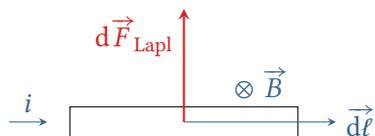


- **Moment magnétique** d'une spire de surface S : \vec{n} vecteur normal orienté par RMD par rapport au sens de i

$$\vec{\mu} = iS \vec{n}.$$

Généralisation à l'aimant qui produit le même champ à grande distance.

II - Action mécanique de Laplace



- **Force de Laplace élémentaire** : tronçon de fil infinitésimal de longueur $d\ell$ dans un champ \vec{B} extérieur, avec $d\vec{\ell}$ orienté dans le sens du courant

$$d\vec{F}_{\text{Lapl}} = i d\vec{\ell} \wedge \vec{B}.$$

Résultante sur un fil de longueur fini = par intégration le long du fil.

- **Couple de Laplace (couple magnétique)** subi par un moment magnétique $\vec{\mu}$

$$\vec{\Gamma} = \vec{\mu} \wedge \vec{B}$$

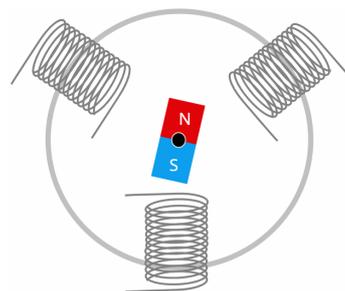
auquel on peut associer l'énergie potentielle magnétique

$$E_{\text{pm}} = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}.$$

III - Mouvement d'un aimant dans un champ magnétique uniforme

- Le couple magnétique tend à aligner le moment magnétique $\vec{\mu}$ avec le champ \vec{B} ;
- Mouvement oscillant type pendule simple ;
- Positions d'équilibre :
 - stable si $\vec{\mu}$ et \vec{B} colinéaires et de même sens ;
 - instable si $\vec{\mu}$ et \vec{B} colinéaires et de sens opposés.

IV - Mouvement d'un aimant dans un champ magnétique tournant



- **Production d'un champ tournant** : plusieurs bobines décalées alimentées par des courants dont le déphasage est égal à l'écart angulaire entre les bobines.
- **Moteur synchrone** : rotor aimanté placé dans un champ tournant, le moment magnétique $\vec{\mu}$ suit le champ en raison du couple magnétique.