

Cours n°1

Electromagnétisme – champ magnétique

Petit historique de l'électromagnétisme

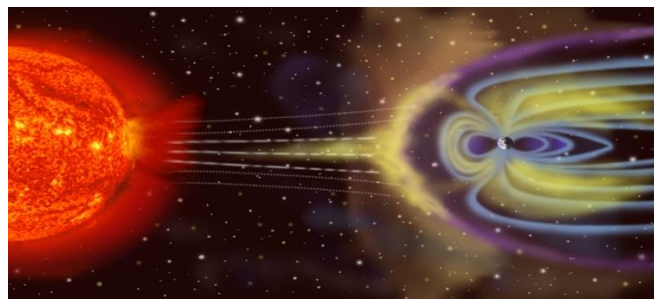
Avant 1820, les phénomènes électriques et magnétiques étaient considérés comme distincts. En 1820, **Hans Christian Oersted** publia ses expériences intitulées : "Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam", c'est-à-dire l'action d'un courant électrique sur un aimant.

Michael Faraday (1791-1867), scientifique anglais, découvrit l'**induction électromagnétique** en 1831, contribuant de manière significative à l'étude de l'électromagnétisme et de l'électrochimie.

James Clerk Maxwell (1831-1879) modélisa l'électromagnétisme à travers ses fameuses **équations de Maxwell**, qui permettent d'expliquer le fonctionnement de nombreux appareils modernes tels que moteurs électriques, radio, télévision, radar, microscopes et télescopes, unifiant l'électricité, le magnétisme et l'induction.

Introduction générale

L'électromagnétisme est une branche fondamentale de la physique qui étudie les interactions entre les charges électriques et les champs électrique et magnétique. Ce cours est consacré à l'étude du **champ magnétique**, de son origine et de ses effets sur les courants électriques.



Le champ magnétique terrestre, cette force invisible qui nous protège

L'objectif de ce cours est de permettre de :

- Comprendre ce qu'est un champ magnétique,
- Savoir le représenter,
- Connaître les lois fondamentales qui le régissent,
- Appliquer ces lois à des situations simples.

1. Champ magnétique : notions fondamentales

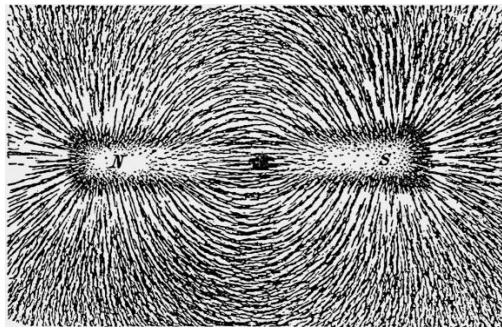
1.1 Définition du champ magnétique

Le **champ magnétique** est une grandeur vectorielle notée $\vec{B}$. Il est créé par :

- Des **aimants**.
- Des **courants électriques**.
- Des **charges électriques en mouvement**.

Le champ magnétique agit sur les charges en mouvement et sur les conducteurs parcourus par un courant.

👉 **Unité SI** : le tesla (T).



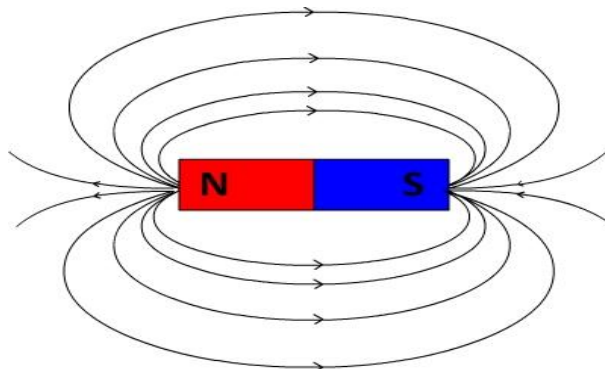
Un champ magnétique créé par un aimant

1.2 Représentation du champ magnétique

Le champ magnétique est représenté graphiquement par des **lignes de champ magnétique**.

Propriétés des lignes de champ :

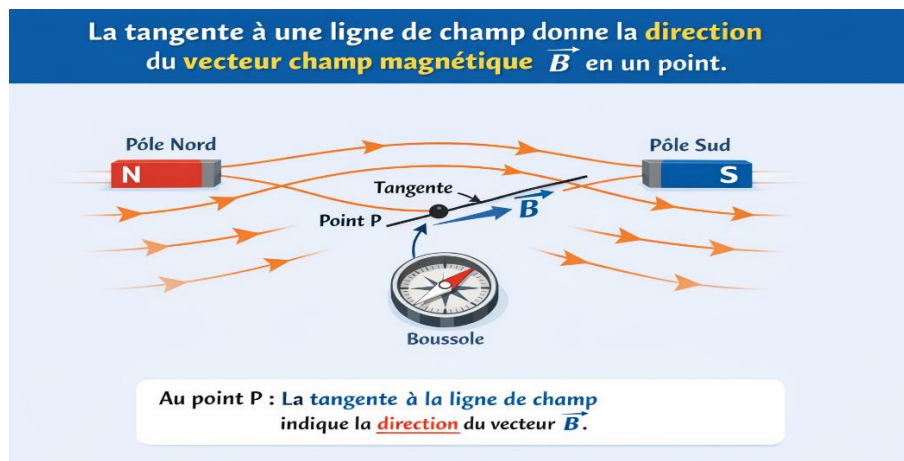
- a. Ce sont des **courbes fermées**.
- b. Plus les lignes sont serrées, plus le champ est **intense**.



Lignes de champ d'un aimant droit

À l'extérieur de l'aimant, les lignes de champ vont du **pôle Nord** vers le **pôle Sud**.

NB : La tangente à la ligne en un point donne la **direction du champ** $\vec{B}$.



Comment l'imaginer concrètement ?

Imagine une petite boussole placée sur une ligne de champ :

- L'aiguille de la boussole s'aligne avec le champ magnétique.
- Elle se place **exactement dans la direction de la tangente à la ligne de champ**.

2. Interaction entre courant électrique et champ magnétique

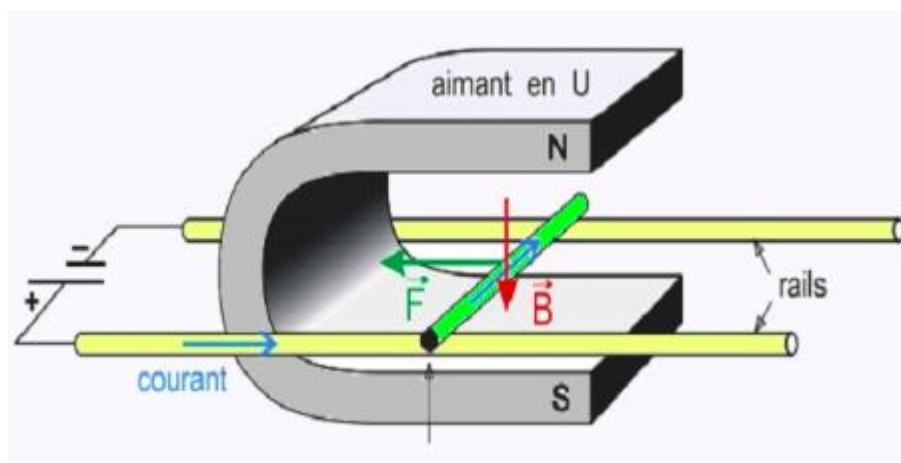
2.1 Mise en évidence expérimentale

Lorsqu'un conducteur parcouru par un courant est placé dans un champ magnétique, on observe une **dévi**ation **mécanique du conducteur**. Cette interaction montre que le champ magnétique agit sur les charges en mouvement.

Expérience d'Oersted :

Oersted et Laplace mettent en évidence l'effet d'un courant électrique sur un aimant et son effet réciproque. Si un fil conducteur est placé au-dessus et parallèlement à une aiguille aimantée. Au passage du courant, un champ magnétique crée perpendiculairement au fil.

Si un conducteur mobile, parcouru par un courant I , et placé au voisinage d'un aimant est soumis de la part de ce dernier, à des actions mécaniques qui le déplacent et dont le sens change avec celui du courant.



Expérience d'Oersted

On peut conclure que :

- Les phénomènes magnétiques apparaissent dès que les charges électriques sont en mouvement.
- Les charges électriques sont la cause essentielle et unique du magnétisme.
- L'interaction magnétique est décrite par l'existence d'un champ vectoriel $\vec{B}$.
- Les sources d'un champ magnétique sont les courant électriques et les aimants.

2.2 Loi de Laplace

La **loi de Laplace** décrit la force exercée par un champ magnétique sur un conducteur parcouru par un courant.

Pour un conducteur rectiligne de longueur L , parcouru par un courant I et placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$:

$$\vec{F} = I \cdot \vec{L} \times \vec{B}$$

La norme de la force est donnée par :

$$F = I \cdot L \cdot B \cdot \sin(\theta)$$

Où θ est l'angle entre le conducteur et le champ magnétique.

2.3 Sens de la force :

Le sens de la force est déterminé par la **règle des trois doigts de la main droite**, la **règle du bonhomme d'Ampère**.

La règle des trois doigts de la main droite :

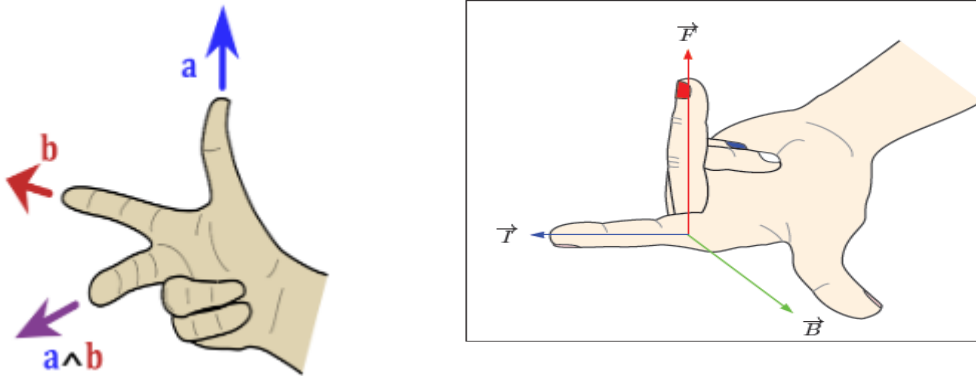


Schéma explicatif de la règle des trois doigts de la main droite.

La règle du bonhomme d'Ampère :

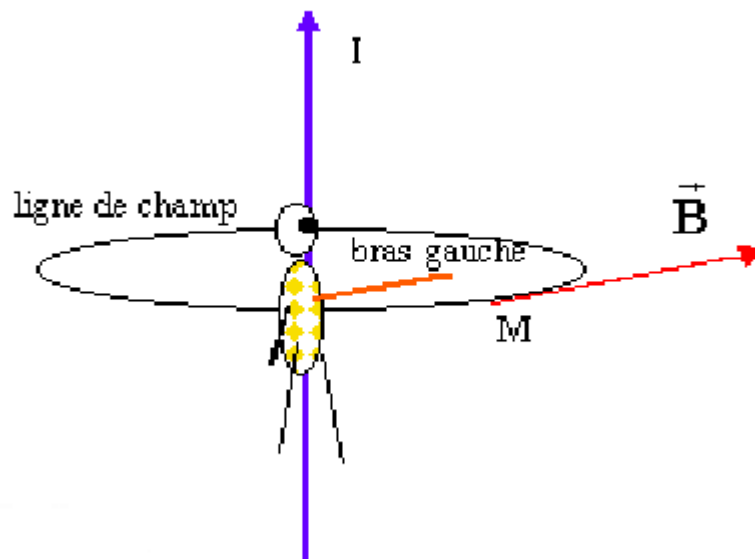


Schéma explicatif la règle du bonhomme d'Ampère.

3. Champ magnétique créé par un courant électrique

3.1 Champ magnétique d'un fil rectiligne infini

Un fil rectiligne parcouru par un courant électrique crée autour de lui un champ magnétique circulaire.

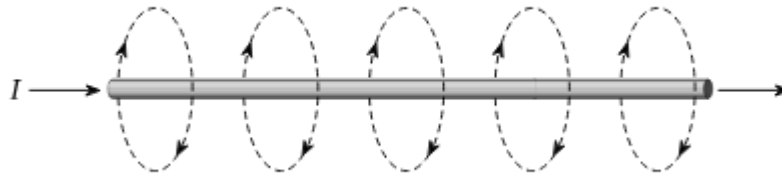
Le sens du champ est donné par la **règle de la main droite**.

Expression du champ :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Avec :

- r : distance au fil,
- I : intensité du courant,
- μ_0 : la perméabilité magnétique du vide. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$



Champ magnétique d'un fil rectiligne infini

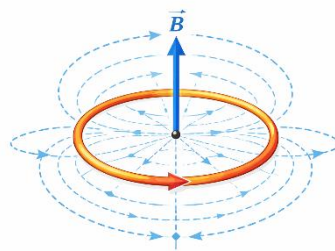
3.2 Champ magnétique d'une spire circulaire

Une spire circulaire parcourue par un courant produit un champ magnétique dirigé suivant son axe.

Au centre de la spire :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Le sens du champ est donné par la règle de la main droite.



Champ magnétique d'une spire circulaire

3.3 Champ magnétique d'un solénoïde long

Un **solénoïde** est une bobine constituée d'un grand nombre de spires.

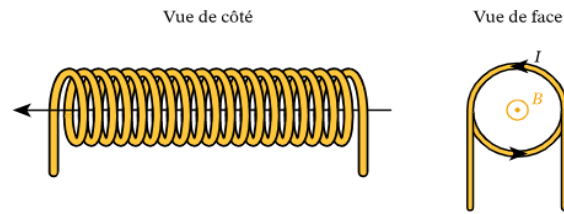
À l'intérieur d'un solénoïde long, le champ magnétique est **uniforme** et vaut :

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

Avec :

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

n : le nombre de spires par unité de longueur.



Champ magnétique d'un solénoïde long

4. Théorème d'Ampère

4.1 Énoncé du théorème d'Ampère

La circulation du champ magnétique le long d'un contour fermé est proportionnelle au courant traversant la surface délimitée par ce contour :

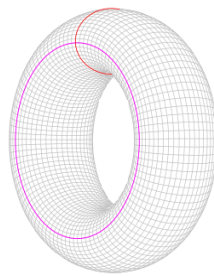
$$\oint B \cdot dl = \mu_0 \cdot I_{\text{enlacé}}$$

Le théorème d'Ampère permet de calculer le champ magnétique créé par des courants électriques. Cependant, son application est particulièrement simple et efficace uniquement dans des situations présentant une forte symétrie géométrique.

4.2 Domaine de validité

Le théorème d'Ampère est particulièrement utile dans les situations présentant une **forte symétrie** :

- Fil rectiligne infini (Symétrie cylindrique autour du fil)
- Solénoïde long (Symétrie de translation le long de l'axe).
- Tore (Symétrie circulaire fermée).



Tore

5. Conclusion générale

Le champ magnétique est une notion centrale de l'électromagnétisme. Il permet de comprendre l'action des courants électriques et constitue la base du fonctionnement de nombreux systèmes technologiques modernes.