

CHAMP MAGNÉTIQUE - SPECTRE

OBJECTIF

Connaître les différentes sources de champ magnétique.
Justifier l'utilisation du vecteur pour caractériser le champ magnétique.
Observer le spectre de quelques sources de champ.

I- SOURCES DE CHAMP MAGNÉTIQUE

1- Détecteur de champ magnétique

Une aiguille aimantée s'oriente et garde une position stable en présence d'un champ magnétique.
Nous allons donc utiliser cette aiguille comme détecteur de champ magnétique.

2- Les sources de champ magnétique

■ Les aimants

L'approche d'une aiguille aimantée vers un aimant droit donne les résultats suivants :

- L'aiguille change de sens suivant l'extrémité de l'aimant qu'elle approche.
- Le pôle nord de l'aiguille est attiré par le pôle sud de l'aimant.

On peut donc en déduire les propriétés suivantes :

- ① Un aimant droit possède un pôle nord et un pôle sud.
- ② Les pôles opposés s'attirent et les pôles semblables se repoussent.
- ③ L'aiguille aimantée est un aimant à deux pôles.

Remarque : Les aimants se trouvent à l'état naturel et sont connus depuis l'antiquité, ils ont été utilisés pour réaliser les premières boussoles.

■ Le champ magnétique terrestre

L'aiguille aimantée s'oriente dans une direction et un sens précis sans l'influence d'un aimant proche. De plus le pôle nord de l'aiguille indique le pôle Nord géographique.

On en déduit donc que :

- ① La planète Terre est une source de champ magnétique.
- ② Le pôle Nord géographique est en fait le pôle sud magnétique.

■ Circuits parcourus par des courants

Approchons l'aiguille aimantée d'un circuit électrique.

En l'absence de courant dans le circuit, l'aiguille indique le Nord géographique.

En présence d'un courant dans le circuit, l'aiguille s'oriente dans une autre position stable et cette position s'inverse si on change le sens du courant dans le circuit.

On en déduit donc les propriétés suivantes :

- ① Tout circuit électrique parcouru par un courant est une source de champ magnétique.
- ② Le sens du champ magnétique peut être inversé en changeant le sens du courant.

II- LE VECTEUR CHAMP MAGNÉTIQUE

1- Direction du champ magnétique

Approchons une aiguille aimantée vers un aimant droit.
Nous constatons que l'aiguille garde une direction stable.



On en déduit donc que le champ magnétique a **une direction**.

2- Sens du champ magnétique

Reprenons l'expérience précédente et forçons l'aiguille à faire une rotation de 180° en précisant que nous n'avons pas changé la direction de l'aiguille mais seulement son sens.
On constate que l'aiguille revient systématiquement à sa position d'origine.

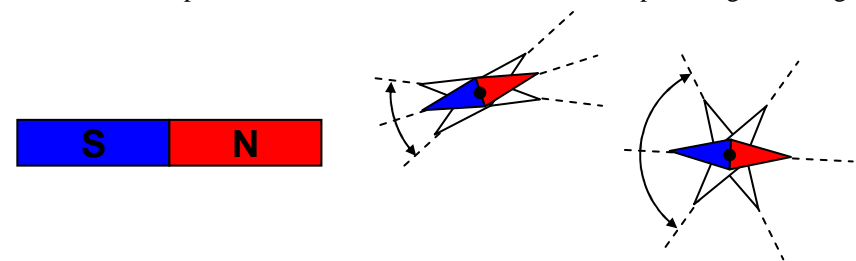
On en déduit donc que le champ magnétique a **un sens**.

3- Intensité du champ magnétique

Reprenons l'expérience de l'aimant droit et plaçons deux aiguilles aimantées identiques au voisinage de l'aimant. Une des aiguilles sera placée proche de l'aimant.

Ecartons les aiguilles de leurs positions stables.

On constate que l'aiguille proche de l'aimant revient rapidement dans sa position d'origine par des oscillations rapides et brèves. L'effet inverse est observé pour l'aiguille éloignée.



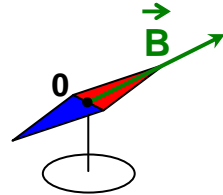
4- Le vecteur champ magnétique

Le champ magnétique ayant une direction, un sens et une intensité, il est naturel de la représenter par un vecteur.

Définition : Le champ magnétique en un point de l'espace sera représenté par un vecteur souvent nommé \vec{B} dont les caractéristiques sont :

- un point d'application (origine du vecteur)
- une direction (parallèle à l'aiguille aimantée)
- un sens (sens sud→nord de l'aiguille)
- une intensité (module B du vecteur \vec{B}) dont l'unité est le tesla (T).

L'aiguille aimantée indique le point d'application, la direction et le sens du champ magnétique \vec{B} .



5- L'intensité du champ magnétique en pratique

L'intensité du champ magnétique varie fortement en fonction de la nature de la source et de la distance "source-mesure".

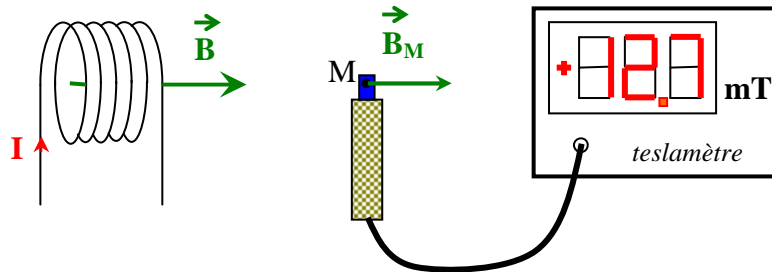
Voici quelques exemples d'intensités du champ magnétique :

- composante horizontale du champ terrestre : $\approx 20 \mu\text{T}$
- champ dans une bobine de laboratoire ($I = 1\text{A}$) : quelques milliteslas
- champ au voisinage d'un gros électroaimant : $\approx 1\text{T}$

6- Mesure du champ magnétique

L'intensité du champ magnétique **dans une direction donnée** peut se mesurer avec un teslamètre. Il est constitué des éléments suivants :

- une sonde munie d'un capteur à "effet Hall" dont la sortie sera une tension.
- un amplificateur de tension avec réglage du "zéro" et de la sensibilité.
- un dispositif d'affichage des valeurs de B en teslas

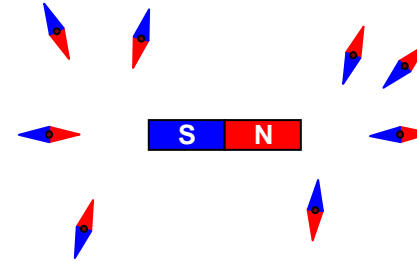


III- SPECTRE DU CHAMP MAGNÉTIQUE

1- Lignes de champ

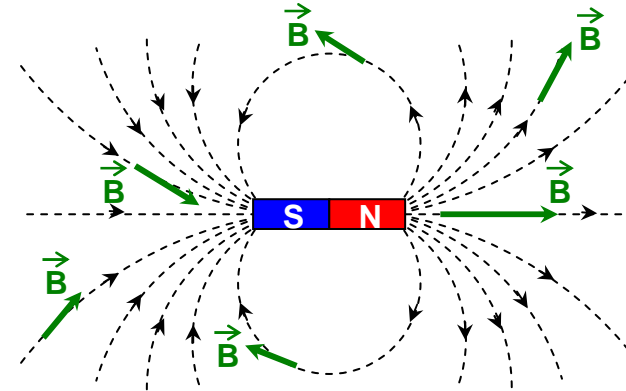
L'aiguille aimantée donne, entre autre, la direction et le sens du champ magnétique en un point de l'espace.

Plaçons des aiguilles sur un plan au voisinage d'un aimant droit (schéma ci-dessous):



On constate que les aiguilles s'orientent suivant une géométrie précise.

En plaçant un nombre plus important d'aiguilles, on peut matérialiser des lignes de champ représentées en pointillés sur la figure ci-dessous :



Les lignes de champ ont les propriétés suivantes :

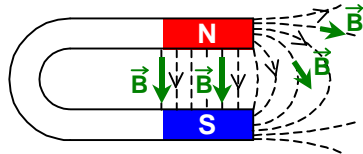
- ① En chaque point, il ne passe qu'une ligne de champ (elles ne se coupent pas).
- ② En un point donné, le vecteur champ magnétique \vec{B} est tangent à la ligne de champ et dans le même sens.
- ③ Elles sont orientées du pôle nord de la source vers le pôle sud de la source.
- ④ Elles sont resserrées dans les régions où le champ est intense.
- ⑤ Elles sont parallèles dans les régions où le champ est uniforme.

2- Spectre magnétique

L'ensemble des lignes de champ constitue le spectre du champ magnétique.

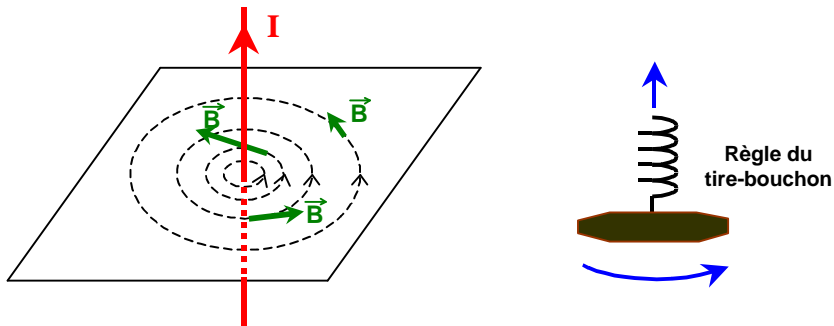
La géométrie du spectre magnétique dépend de la source de champ magnétique. Les figures ci-dessous représentent les spectres de quelques sources de champ :

■ Aimant en U



Le champ est sensiblement uniforme entre les pôles de l'aimant.

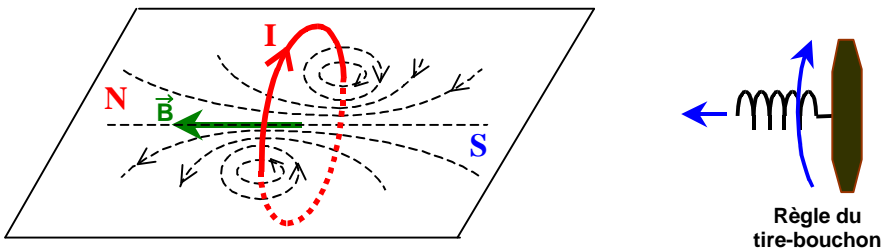
■ Fil rectiligne parcouru par un courant



Les lignes de champ sont des cercles centrés au point d'intersection du fil et du plan perpendiculaire.

Le sens des lignes de champ est donné par la règle du tire-bouchon.

■ Spire circulaire



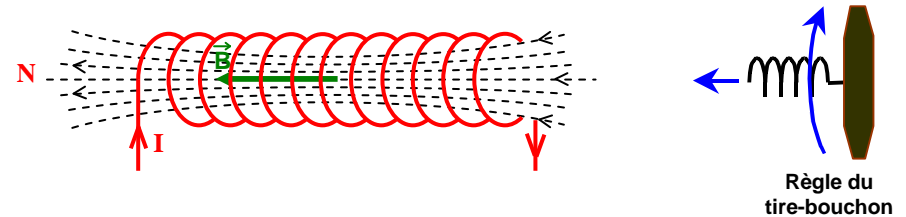
Le champ au centre est perpendiculaire au plan de la spire.

Le sens du champ est donné par la règle du tire bouchon.

La spire présente une face nord et une face sud.

Une bobine plate de plusieurs spires (diamètre grand devant la longueur) présentera un spectre similaire.

■ Solénoïde (bobine longue)



Un solénoïde est une bobine dont la longueur est grande devant le diamètre.

Si les spires sont jointives les propriétés sont :

A l'intérieur de la bobine, les lignes de champ sont des droites parallèles,

le champ est donc sensiblement uniforme et dirigé suivant l'axe de la bobine.

A l'extérieur, le spectre est semblable à celui d'un aimant droit.

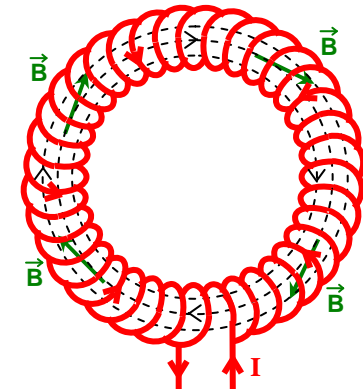
Les pôles nord et sud sont donnés par la règle du tire-bouchon.

■ Bobine torique à spires jointives

A l'intérieur, les spires sont des cercles concentriques et l'intensité du champ est sensiblement uniforme.

A l'extérieur, le champ magnétique est négligeable.

Le sens du champ magnétique à l'intérieur est donné par la règle du tire-bouchon.

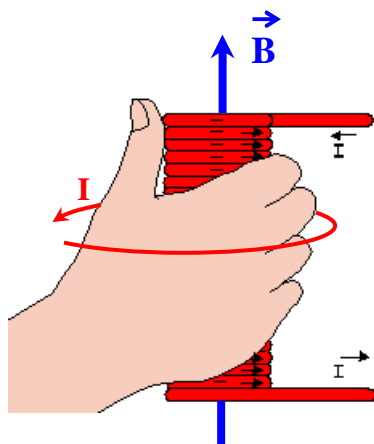


IV- RÈGLE DE LA MAIN DROITE

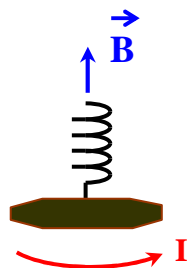
La règle de la main droite s'utilise comme la règle du tire bouchon :

- ① Le pouce indique le sens de déplacement du tire bouchon.
- ② L'orientation des autres doigts indique le sens de rotation du tire bouchon.

Le schéma ci-dessous illustre l'utilisation de la règle de la main droite pour trouver le sens du champ magnétique dans un solénoïde :



Règle de la main droite



Règle du tire-bouchon

Remarque : Dans le cas du fil rectiligne, le pouce indique le sens du courant et les autres doigts indiquent le sens de rotation des lignes de champ.