

Chapitre 30 : Champ magnétique

Ce chapitre est le premier du thème **Induction**. L'induction est une partie de l'électromagnétisme, domaine de la physique que vous étudierez plus longuement en MP. Nous l'avons déjà effleurée en mécanique en étudiant l'effet d'un champ électromagnétique sur des particules chargées.

Au cours de ces trois derniers chapitres, nous étudierons l'autre grande révolution du XIX^e siècle en abordant des objets quotidiens tels qu'une boussole, un moteur électrique, des plaques à induction, un haut parleur, une puce RFID...

Dans les phénomènes d'induction, le champ magnétique occupe une place centrale, c'est pourquoi nous centrons le début de notre étude sur cette grandeur.

I - Rappels sur le champ magnétique

DÉFINITION

Champ :

À RETENIR

Le champ magnétique

- ▷ Notation :
- ▷ Source possible :
- ▷ Unité
- ▷ ODG d'un champ magnétique créé par
 - ★ la Terre :
 - ★ une bobine de 1000 spires parcourues par un courant de 1A :
 - ★ un « bon » aimant permanent :
 - ★ un appareil d'IRM :

II - Cartographie du champ magnétique

A Lignes de champ magnétique

Pour représenter un champ magnétique qui est un ensemble de vecteurs, on représente ses **lignes de champ** ou **lignes de courant**.

DÉFINITION

Lignes de champ : Les lignes de champ sont les courbes tangentes en tout point M au vecteur champ au point M ($\vec{B}(M)$ ici) et orientées dans le sens du vecteur.

À RETENIR

- ▷ Plus les lignes de champ sont resserrées, plus la norme de \vec{B} est grande.
- ▷ Les lignes de champ sont toujours fermées (elles font des boucles), sauf si elles partent à l'infini ou si elles commencent ou terminent sur une surface matérielle.

↪ Expérience : comment tracer ces lignes ?

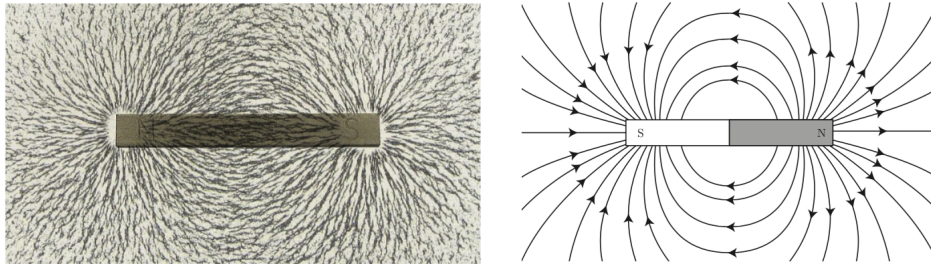
Pour visualiser les lignes de champ, on peut mettre à proximité du champ de la limaille de fer (chaque « grain »

s'aligne avec le champ), ou faire une simulation informatique.

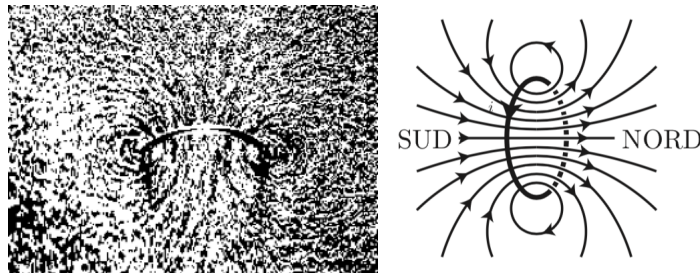
~> Observations

On obtient alors ces **cartes de champ**.

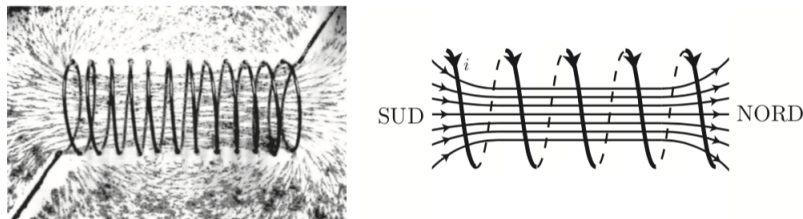
Champ créé par un aimant droit



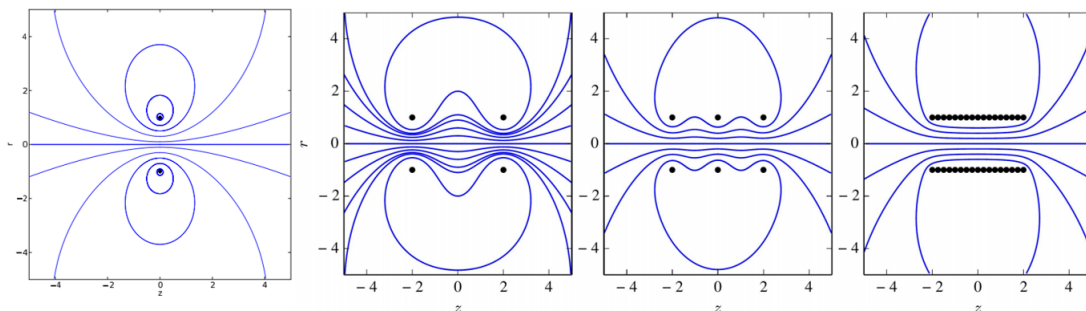
Champ créé par un courant circulant dans une spire



Champ créé par un courant circulant dans une bobine (ou solénoïde)



Le champ magnétique créé par une bobine n'est pas surprenant lorsqu'on y réfléchit en étudiant le champ créé par une bobine, puis deux, puis trois puis un grand nombre de spires :



MÉTHODE : ANALYSER LES LIGNES DE CHAMP MAGNÉTIQUE

- ▷ Les lignes de courant sont généralement fermées et tournent autour des courants qui les créent.
- ▷ Quand les lignes sont parallèles entre elles, le champ est uniforme dans cette zone.
- ▷ Si deux lignes de champ se rapprochent, l'intensité du champ augmente (et inversement).
- ▷ Les lignes de champ d'un aimant sortent par sa face nord et rentrent par sa face sud.

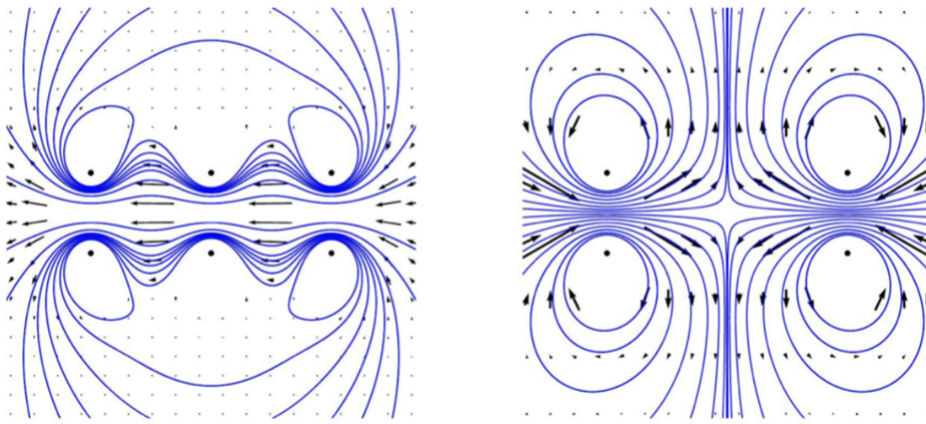
Remarque : Ces propriétés sont valables pour le champ magnétique, pas nécessairement pour d'autres champs comme le champ électrique par exemple

MÉTHODE DE LA MAIN DROITE

APPLICATION DIRECTE N°1

Les cartes de champ magnétique ci-dessous sont des vues en coupe du champ produit par des spires de courant circulaires.

Dans les deux cas, indiquer 1/ la position des sources, 2/ le sens du courant, 3/ les zones de champ fort et faible, et 4/ le cas échéant s'il existe une zone de l'espace où le champ magnétique est uniforme.



B Symétries et invariances du champ magnétique

SYMÉTRIES DU CHAMP MAGNÉTIQUE

Soit M un point de l'espace, soit un plan P passant par ce point :

- Si P est un plan de symétrie des courants, alors le champ magnétique en M est orthogonal à ce plan.
- Si P est un plan d'antisymétrie des courants, alors le champ magnétique en M est contenu dans ce plan.

INVARIANCES DU CHAMP MAGNÉTIQUE

Si les courants sont invariants par translation ou par rotation, alors le champ magnétique aura les mêmes invariances.

APPLICATION DIRECTE N°2

Déduire de ce qui précède le sens et les coordonnées dont dépend le champ magnétique pour les systèmes suivants parcourus par un courant :

- Champ créé sur l'axe d'une spire
- Champ créé à l'intérieur d'un solénoïde « infini »
- Champ créé en tout point autour d'un fil infini

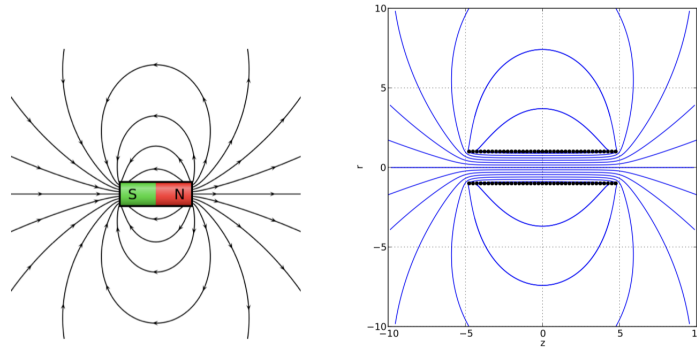
C Création d'un champ magnétique uniforme

Pour créer un champ magnétique uniforme, les lignes de champ doivent être parallèles entre elles. On peut réaliser cela de plusieurs manières :

III - Moment magnétique

↪ Observations

Si on compare la carte de champ d'un aimant et d'un solénoïde, on constate qu'il y a de nombreuses similitudes :



On aimerait donc introduire un outil qui permette de décrire ce qu'il se passe, qu'on parle d'un aimant ou d'une bobine : c'est le **moment magnétique**, grandeur qui caractérise un dipôle magnétique.

DÉFINITION

Moment magnétique d'une spire plane : Le moment magnétique, noté \vec{m} , d'une spire plane, de surface S et parcourue par un courant d'intensité $i(t)$ est

DÉFINITION

Moment magnétique d'une bobine : Une bobine est un assemblage de N spires, ainsi son moment magnétique est :

DÉFINITION

Moment magnétique d'un aimant : Il n'y a pas de formule !

Le moment magnétique d'un aimant dépend de la taille de l'aimant, de la nature des matériaux le composant...

Ordre de grandeur :

Usuellement, le moment magnétique d'un aimant est de l'ordre de $m = 1 \text{ A} \cdot \text{m}^2$.

C'est équivalent à une spire carrée de courant de 1 m^2 sur 1 m^2 parcourue par un courant de 1 A .