



Le magnétisme est connu depuis l'antiquité. Thalès (VI^{ème} siècle avant JC) avait remarqué que certaines pierres (des aimants naturels) étaient capables d'exercer une action sur des petits objets métallique ou entre elles.

La première utilisation du magnétisme peut être attribuée à l'invention de la boussole, qui aurait été découverte indépendamment en Chine avant le X^{ème} siècle et en Europe fin XII^{ème}. La révolution liée au magnétisme a eu lieu en 1820 par Ørsted, qui a mis en évidence un lien entre l'électricité et le magnétisme, suivit par Arago, Ampère, Biot, Savart, Faraday, Maxwell (1861, théorie de l'électromagnétisme), Tesla et Pierre Curie.

Aujourd'hui, la production, la distribution et la conversion d'électricité sont basées sur des phénomènes d'induction.

I - Le champ magnétique

I.1 - Notion de champ

Définitions :

Un **champ** est la donnée en chaque point de l'espace et du temps de la valeur d'une grandeur physique.

Un champ peut être **scalaire** (exemple : température $T(M, t)$, pression $P(M, t)$) ou **vectériel** (exemple : vitesse $\vec{v}(M, t)$, pesanteur $\vec{g}(M, t)$)

Un champ est dit **permanent** ou **stationnaire** s'il ne dépend pas du temps.

Un champ est dit **uniforme** s'il ne dépend pas de l'espace.

Exemples :

- Dans une salle le champ de pression $P(t)$ est uniforme mais dépend du temps.
- Le champ de pesanteur $\vec{g}(M)$ est stationnaire mais dépend de l'altitude, la latitude, etc.

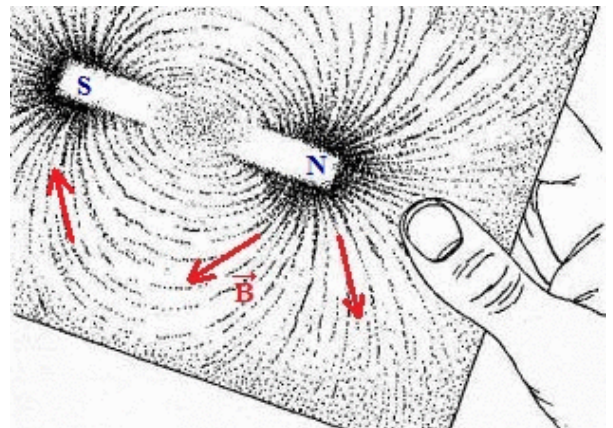
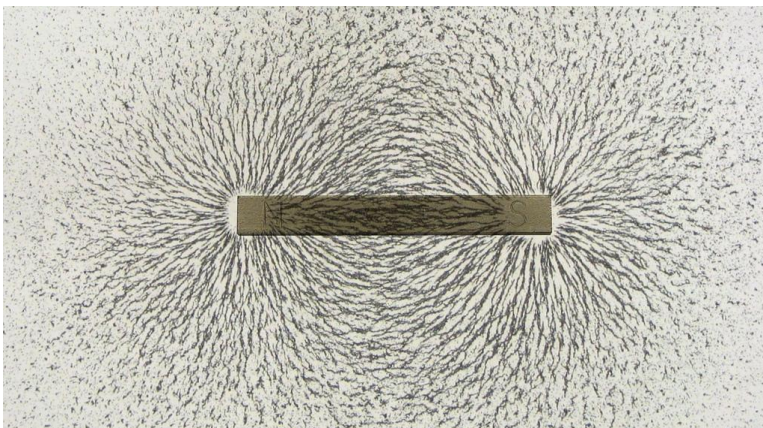
I.2 - Sources de champ magnétique

Propriété :

Tous les aimants possèdent un pôle Nord et pôle Sud. Si un aimant est brisé, chacun des éclats aura de nouveau 2 pôles.

Expérience n°1 : limaille de fer + aimant & boussoles + aimant.

On saupoudre de la limaille de fer (petits morceaux de fer) près d'un aimant. On constate que la limaille forme des lignes reliant les 2 pôles de l'aimant.



Conclusion :

Un aimant génère un champ dans tout l'espace, appelé **champ magnétique**, capable d'agir sur les autres aimants.

Définition :

Les lignes formées par la limaille de fer sont appelées **lignes de champ**. Par convention, elles sont **orientées** du Nord vers le Sud de l'aimant.

Propriété :

Le champ magnétique toujours tangent aux lignes de champ.

Expérience :

On place une boussole à proximité d'un fil électrique. Lorsqu'aucun courant ne circule, l'aiguille de la boussole indique le nord. Lorsqu'un courant circule, l'aiguille est déviée et indique une autre direction.

Conclusion :

Un courant électrique génère un champ magnétique dans tout l'espace.

Ordres de grandeur :

Source	Amplitude du champ
Champ magnétique terrestre	$\sim 5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
Champ créé par une bobine de 1000 spires parcourue par un courant de 1 A	$\sim 10 \text{ mT}$
Champ créé par un aimant permanent (usuel)	$\sim 0,1 \text{ à } 1 \text{ T}$
Champ créé par un appareil IRM	$\sim 5 \text{ T}$

I.3 - Cartes de champ

Cartes de champ magnétique à connaître.

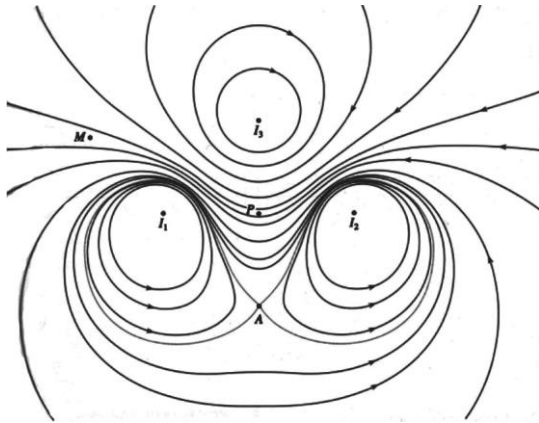
I.4 - Lignes de champ

Propriétés :

- Lorsqu'on place une boussole dans un champ magnétique, l'aiguille s'oriente selon la ligne de champ et le Nord indique le sens de parcours de la ligne.
- Les lignes de champ sont toujours des courbes fermées (dans un aimant, les lignes de champ bouclent à l'intérieur de l'aimant).
- Si deux lignes de champ se coupent en un point, alors le champ $\vec{B} = \vec{0}$ en ce point.
- Si les lignes de champ sont parallèles entre elles et régulièrement espacées alors le champ \vec{B} est uniforme.
- Lorsque les lignes de champ se resserrent, la norme de \vec{B} augmente. Les zones où le champ est le plus intense se trouvent au voisinage de la source du champ magnétique.

Applications :

- Sur la carte de champ ci-dessous, identifier la direction des courants, les zones de champs forts et les zones de champ faible.
- Indiquer comment se trouve les lignes de champ magnétique de la Terre. Identifier l'emplacement des pôles Nord et Sud magnétiques.



II - Propriétés du champ magnétique

II.1 - Forme générale du champ

II.2 - Étude de la distribution de courant

a) Invariances

Définitions :

Une distribution de courant est invariante par **translation selon un axe Δ** si elle reste inchangée par toute translation le long de cet axe.

III - Moments magnétiques

III.1 - Boucle de courant

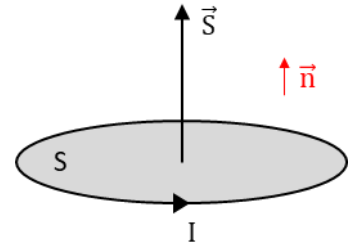
Soit une spire plane **orientée**, parcourue par un courant I . Cette boucle forme une surface S . On note \vec{n} le vecteur unitaire, perpendiculaire à la spire et dirigé selon la règle de la main droite.

On note : $\vec{S} = S \cdot \vec{n}$ le **vecteur surface**.

Définition :

Le **moment magnétique**, noté $\vec{\mu}$, d'une spire de courant est défini par :

$$\vec{\mu} = I \cdot \vec{S} = IS \cdot \vec{n}$$



Remarque :

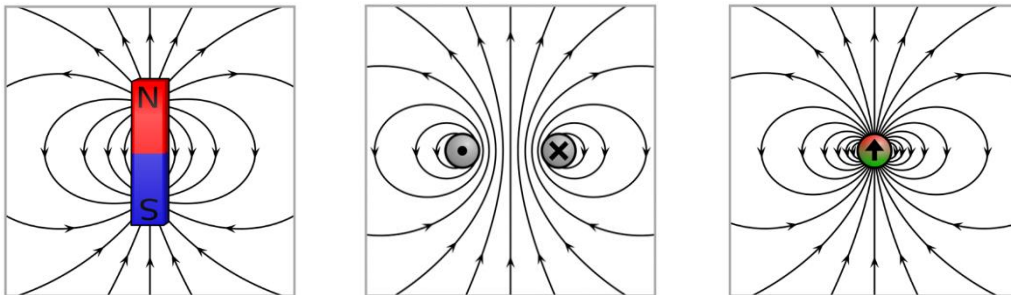
Le choix d'orientation de I (et donc de \vec{n}) est arbitraire. Néanmoins, $\vec{\mu}$ est indépendant de ce choix.

III.2 - Aimant permanent

Propriété :

Il est toujours possible de trouver un aimant produisant, « loin » des sources, le même champ magnétique $\vec{B}(M)$ qu'une spire de courant.

Ainsi, d'un point de vue magnétique, un aimant droit est parfaitement équivalent à une spire de courant.



Propriété :

On appelle $\vec{\mu}$ le moment magnétique d'un aimant créant le même champ magnétique à grande distance des sources qu'une boucle de courant de moment magnétique $\vec{\mu}$.

Ordre de grandeur :

$$\|\vec{\mu}\| \sim 1 \text{ à } 10 \text{ A} \cdot \text{m}^2 \text{ pour un aimant classique.}$$

Capacités exigibles du chapitre

Vocabulaire : champ scalaire, champ vectoriel, uniforme, stationnaire.	I.1
Savoir qu'un aimant permanent et un courant électrique créent un champ magnétique.	I.2
Connaître des ordres de grandeur de champ magnétique : Terre, aimant, IRM.	I.2
Tracer les cartes de champ de : aimant droit, aimant U, fil infini, spire circulaire, bobine longue.	I.3
Repérer sur une carte de champ les zones de champ fort, les zones de champ uniforme, les zones de champ nul.	I.4
Savoir déterminer les symétries et invariances d'une distribution de courant.	II.2
Définir le moment magnétique d'une spire circulaire de courant.	III.1
Définir le moment magnétique d'un aimant droit, par analogie avec une spire de courant.	III.2
Connaître un ordre de grandeur du moment magnétique d'un aimant usuel.	III.2