

MAGNETOSTATIQUE .

Généralités sur le champ magnétostatique :

- Les sources les plus anciennes de champs magnétique sont les aimants utilisés depuis des siècles dans les boussoles . Ils créent un champ magnétique sortant par le pôle Nord et entrant vers le pôle Sud .
- 1820 Oersted découvre qu'une aiguille aimantée est déviée lorsqu'on établit un courant à proximité de celle-ci : les courants électriques sont les sources de champ magnétique .
- Pour créer des champs intenses , on utilise des bobines parcourues par des courants .
- Unité Tesla symbole T .
- Ordres de grandeur :
 Champ magnétique terrestre : $B \approx 5 \cdot 10^{-5} T$
 Fil parcouru par une intensité de 1 A à 1 cm : $B \approx 2 \cdot 10^{-5} T$
 Bobine 1000sp/m 1 A : $B \approx 10^{-3} T$
 Aimant permanent à qqs mm : 0,1 à 1 T
 Appareil IRM : 6T
 Bobine supraconductrice $B \leq 45 T$

I- Courants électriques :

1- Définition :

On appelle courant électrique tout mouvement d'ensemble (mouvement à l'échelle macroscopique) de particules chargées dans un référentiel .

Il existe différents types de courants :

→ les courants de conduction : mouvements de particules chargées par rapport à un support fixe , mouvement lié à l'existence d'un champ électrique .

→ courants de convection : charges liés à un conducteur en mouvement .

→ courants de diffusion : mouvements dû à des différences de concentrations en porteurs de charge .

2- Intensité :

Soit un conducteur cylindrique de section S parcouru par un courant d'intensité I .

Ce courant électrique est lié au mouvement de particules de charge q de vitesse moyenne \vec{v} dans le référentiel d'étude lié au circuit .

n^* = nbre de charges q mobiles par unité de volume (m^{-3})

Généralisation :

n^* charges mobiles par unité de volume de charge q de vitesse au point M $\vec{v}(M, t)$ sont à l'origine de courants volumiques caractérisés par la densité volumique de courant $\vec{j}(M, t)$:

L'intensité traversant une surface S :

Lignes de courant: lignes qui en chacun de leur point sont tangentes au vecteur densité de courant en ce point .

Tube de courant : ensemble de lignes de courant s'appuyant sur un contour fermé .

3- Cas du régime permanent :

\vec{j} est indépendant du temps .

Les densités de charges sont indépendantes du temps .

On considère un tube de courant délimité par deux surfaces S_1 et S_2 .

L'ensemble délimite un volume fixe , la charge contenue à l'intérieur de ce volume ne variant pas au cours du temps , on en déduit que $I_1 = I_2$: **en régime permanent l'intensité est la même à travers tout section d'un tube de courant** .(analogie avec la conduction thermique) .

4- Courants filiformes :

Dimensions transversales faibles .

Les courants sont totalement caractérisés par leur intensité I .

5- Symétries et invariances des distributions de courant :

Notion d'élément de courant : pour une distribution volumique de courants $d\vec{C} = \vec{j} d\tau$, pour une distribution linéique de courants $d\vec{C} = I d\vec{l}$.

a- Invariances :

- Invariance par translation : la distribution est invariante par translation si la distribution obtenue après translation est identique à la distribution initiale aussi bien en position dans l'espace que en valeur locale de densité de courant (ex invariance par translation selon (zz') dans ce cas \vec{j} indépendant de z .
- Invariance par rotation: une distribution est invariante par rotation d'angle θ autour de (zz') si la distribution reste inchangée par toute rotation d'angle θ autour de (zz') dans ce cas \vec{j} indépendant de θ .

b- Symétries et anti-symétries planes :

→ Plan de symétrie :

(π) est plan de symétrie de la distribution de courant (D) si lorsqu'on symétrise (D) par rapport à (π) , on obtient une distribution (D') identique à (D) (il suffit en général de travailler avec deux éléments de courant de part et d'autre de (π)) :

Ex :

→ Plan d'antisymétrie :

(π') est plan de d'antisymétrie de la distribution de courant (D) si lorsqu'on symétrise (D) par rapport à (π') , on obtient une distribution (D') qui est l'opposée (D) (il suffit en général de travailler avec deux éléments de courant de part et d'autre de (π')) :

Ex :

II- Symétries et invariances du champ magnétostatique :

Les courants sont les sources de champ magnétique . Les propriétés des distributions de courant influent sur la géométrie du champ magnétique qu'elles génèrent .

1- Invariances :

\vec{B} vérifie le principe de Curie : même invariance que les sources .

Si (D) est invariante par translation selon (zz') alors $\|\vec{B}\|$ ne dépend pas de z .

si (D) est invariante par toute rotation d'angle θ alors $\|\vec{B}\|$ est indépendant de θ .

2- Symétries :

- Si (π) est un plan de symétrie de la distribution (D) passant par M alors $\vec{B}(M)$ est orthogonal à (π) .
- Si (π') est un plan de d'antisymétrie de la distribution (D) passant par M alors $\vec{B}(M)$ appartient à (π') .

- Si M et M' sont deux points symétriques par rapport à un plan (π) de symétrie alors $\vec{B}(M')$ est l'opposé du symétrique de $\vec{B}(M)$ par rapport à (π).
- Si M et M' sont deux points symétriques par rapport à un plan (π') de d'antisymétrie alors $\vec{B}(M')$ est le symétrique de $\vec{B}(M)$ par rapport à (π').

Le champ magnétique créé par une distribution volumique de courant est continu .

Exemples :

III- Propriétés du flux et de la circulation du champ magnétostatique :

1- Ligne de champ – Tube de champ :

Lignes de champ: lignes qui en chacun de leur point sont tangentes au vecteur champ en ce point .

Tube de champ: ensemble de lignes de champs'appuyant sur un contour fermé .

2- Conservation du flux de \vec{B} :

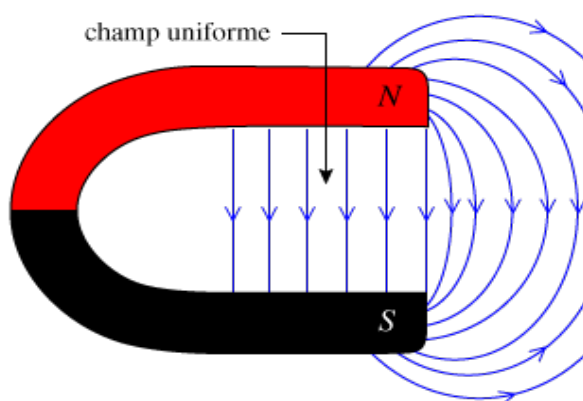
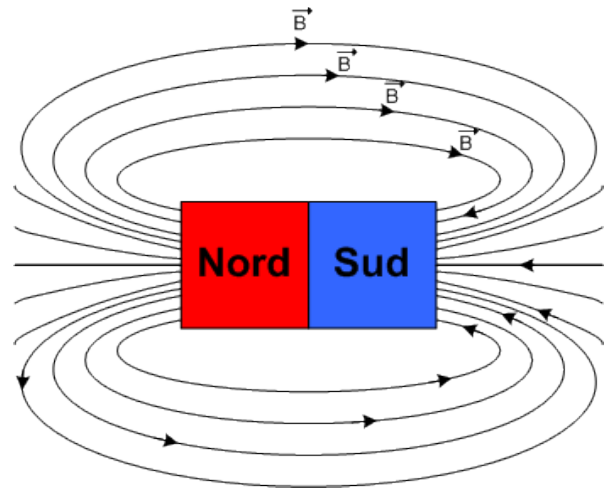
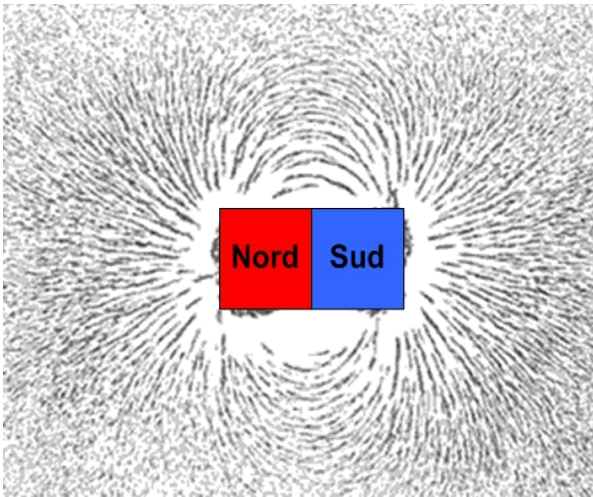
Le flux du champ magnétostatique sortant de toute surface fermée (S) est nul .

3- Circulation et théorème d'Ampère :

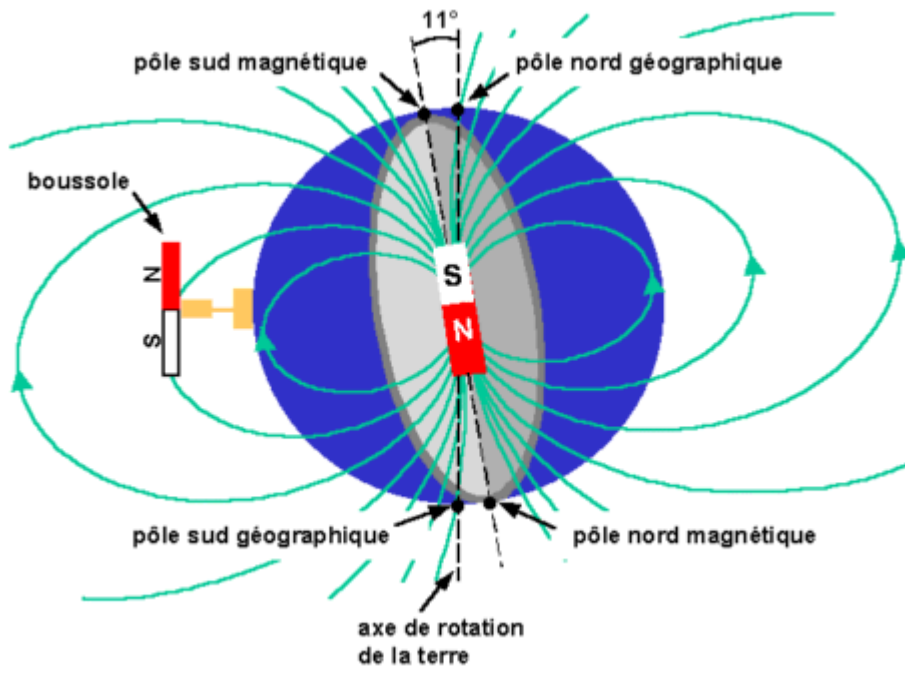
4-Conséquences :

- Le flux du champ magnétique à travers une surface S s'appuyant sur un contour (C) est indépendant du choix de S , ne dépend que du choix de (C) , on parle de flux à travers le contour (C) .
- Le flux de \vec{B} est le même à travers toute section d'un tube de champ.
- Les lignes de champ \vec{B} (contrairement à celle du champ électrostatique) sont fermées et entourent les sources (si ce n'était pas le cas elles pourraient converger (ou diverger en un point et dans ce cas en entourant ce point par une surface fermée on obtiendrait un flux non nul) .
- Dans une région où les lignes de champ se resserrent , l'intensité du champ magnétostatique augmente
- On admettra que le champ magnétique créé par une distribution volumique de courants est continu .

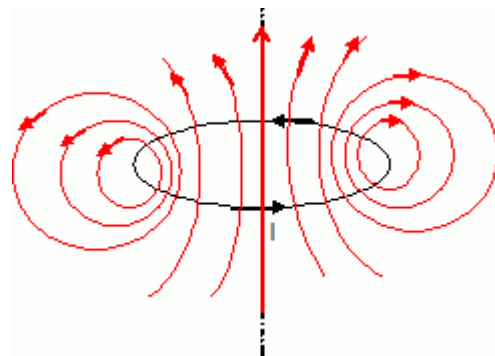
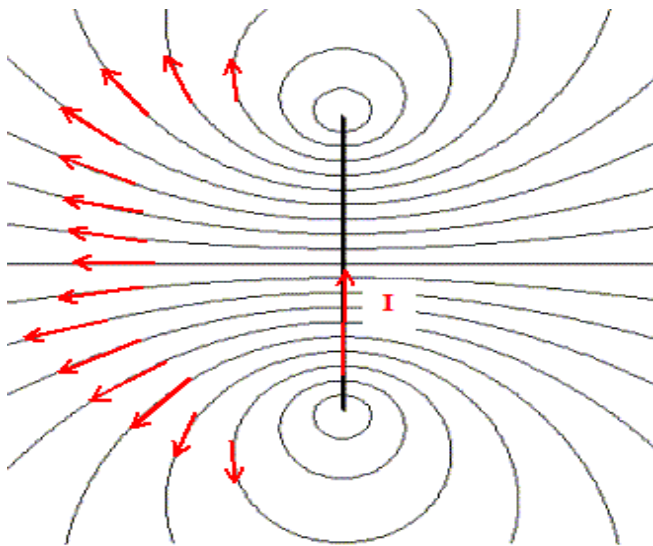
LIGNES DE CHAMP MAGNETIQUE



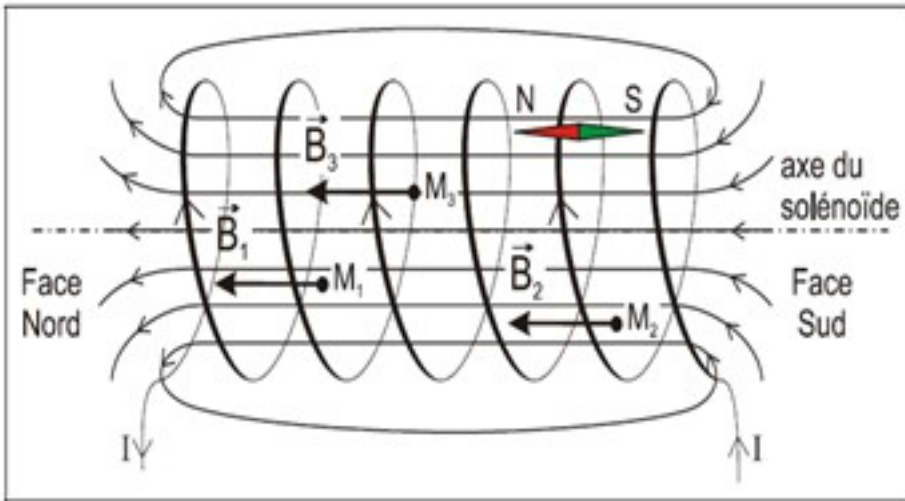
Aimants permanents .



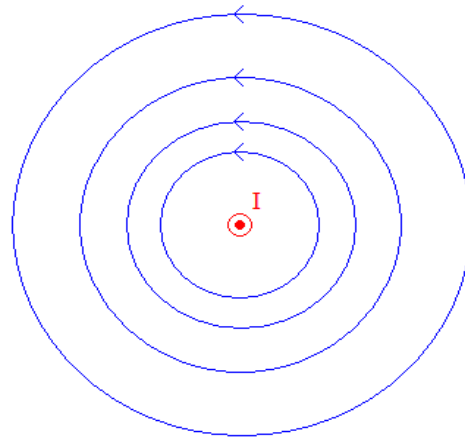
Champ magnétique terrestre .



Spire circulaire .



Solénoïde



Fil infini .

IV Exemples de calculs :

On procède de la manière suivante :

- Choix du système de coordonnées
- Etude des symétries et des invariances .
- Choix d'un contour fermé **orienté** : constitué d'une ligne de champ ou de portions de lignes de champ .
- Application du th d'Ampère en distinguant les différents domaines d'étude .