

ELECTROMAGNETISME

1 - phénomènes fondamentaux

1.1 - Aimants naturels

Ce sont des oxydes de fer qui ont la propriété naturelle d'attirer le fer et d'autres substances,

1.2 - Aimants artificiels

En frottant un barreau d'acier avec un aimant naturel, on obtient un aimant artificiel,

1.3 - Propriétés magnétiques des substances

- Substances paramagnétiques : faiblement attirées par un aimant (oxygène, air, ...),
- Substances diamagnétiques : faiblement repoussés (tout les gazes, le plomb, le zinc, l'or, ...),
- Substances ferromagnétiques : fortement attirés (fer, acier, fonte, ...),

1.4 - Actions naturelles des pôles

- Les pôles de mêmes noms se repoussent,
- Les pôles de noms contraires s'attirent,
- Les actions magnétiques décroissent très vite lorsque la distance croît,

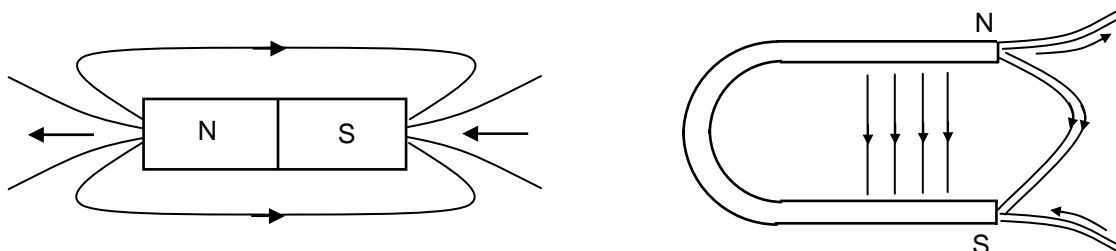
1.5 - Champ de forces magnétiques

- Dans l'espace qui environne un aimant, tous les corps sont soumis à des forces, on dit que cet espace est le siège d'un champ de forces magnétiques,
- Lorsque l'action directive subie par un aimant est identique en tous les points d'un lieu, on dit que le champ est uniforme,

1.6 - Spectre magnétique d'un aimant

Les lignes d'induction sont dirigées :

- A l'extérieur : du pôle Nord au pôle Sud,
- A l'intérieur : du pôle Sud au pôle Nord,



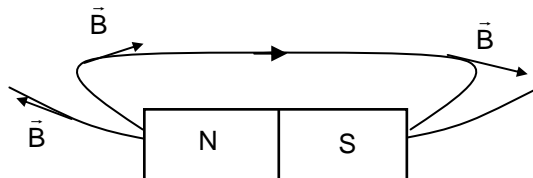
2 - Champ magnétique - Induction

2.1 - Champ magnétique

- Le champ magnétique de l'aimant c'est l'espace autour de l'aimant et dans lequel il fait sentir son influence,
- Le champ est une région de l'espace ou il existe un état magnétique susceptible de manifester par des forces,
- Le champ magnétique se représente par le vecteur H (Henry),

2.2 - Induction magnétique

- Si l'on place dans un champ magnétique :
 - Un conducteur parcouru par un courant,
 - Un aimant,
 - Une charge électrique (exemple : un électron),
- Les différents composants vont subir une force qui dépendra du champ magnétique et du milieu,
- A chaque point d'un espace le champ magnétique sera associé un vecteur induction magnétique (vecteur champ magnétique \vec{B} (Tesla),



- Les éléments du vecteur champ magnétique en un point :
 - Son origine est le point considéré,
 - Sa direction est tangente à la ligne de champ qui passe par le point,
 - Son sens est celui dans lequel cette ligne de champ est orientée,
 - Sa valeur (module ou norme du vecteur) dépend de la distance du point à la source de magnétisme et des caractéristiques de celle-ci,
- Les forces dépendent de B : $B = \text{fonction}(H, \text{milieu})$

2.3 - Perméabilité du milieu

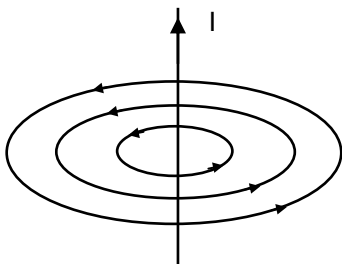
$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r \quad \text{avec:} \quad \begin{cases} \mu : \text{caractérise la perméabilité du milieu (H/m)} \\ \mu_0 : \text{perméabilité de l'air} = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \\ \mu_r : \text{perméabilité relative d'un matériau par rapport à l'air} = 1 \end{cases}$$

$$B = \mu \cdot H \quad \text{avec:} \quad \begin{cases} B \text{ en T} \\ H \text{ en A/m} \\ \mu \text{ en H/m} \end{cases}$$

2.4 - Induction créée en un point par un conducteur

Le problème consiste à déterminer B dans le cas d'un conducteur dont la longueur et la forme géométrique sont parfaitement définies,

2.4.1 - Conducteur rectiligne



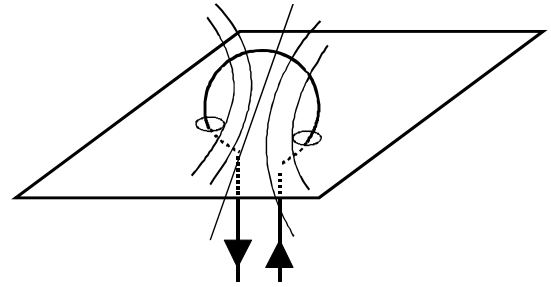
- Le champ est de révolution autour du fil,
- Pour trouver le sens du champ, il existe plusieurs règles pratiques :
 - Règle du bon homme d'Ampère,
 - Règle de la main droite,
 - Règle du tire-bouchon maxwell,

- Il suffit d'appliquer l'une des trois règles pour retrouver le sens du courant qui produit des lignes de champ dont le sens est connu,

2.4.2 - Conducteur circulaire

Formes du spectre :

- Vers le centre de la spire, les lignes de champ sont pratiquement des droites,
- En se rapprochant des points où la spire coupe le plan, les lignes se courbent de plus en plus,
- Autour des traversées du plan on voit des courbes fermées qui sont des cercles à peine déformés,

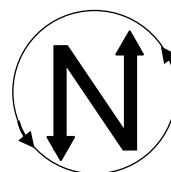
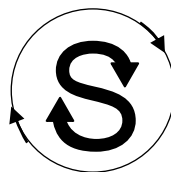


Sens des lignes de champ :

- Les règles 1, 2 et 3 s'appliquent directement,

Faces de la spire :

- Pour retenir le nom d'une face, il suffit d'inscrire dans celle-ci, celles des deux lettres N ou S qui a les flèches dans le sens du courant,



2.4.3 - Solénoïde

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

Formes des lignes :

A l'intérieur, se sont des lignes parallèles à l'axe de la bobines sauf au voisinage des fils où ce sont des cercles (le champ intérieur est donc sensiblement uniforme),

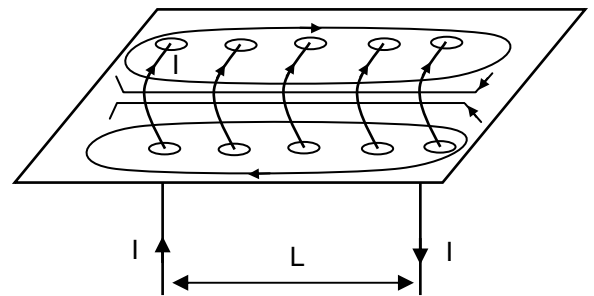
A l'extérieur, le spectre est identique à celui d'un aimant droit,

Sens :

On le retrouve comme une spire, en particulier avec la 3^{ème} règle,

Faces :

On les différencie comme une spire,

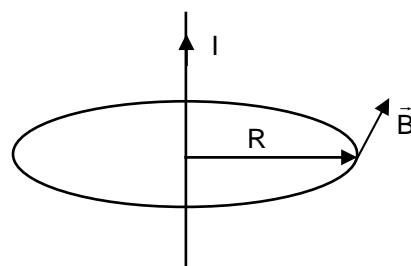


2.5 - Calcul du module du champ

- Soit N le nombre de spires traversées par le courant I, sur une ligne de champ de longueur l, le module du vecteur champ est (théorème d'Ampère) :

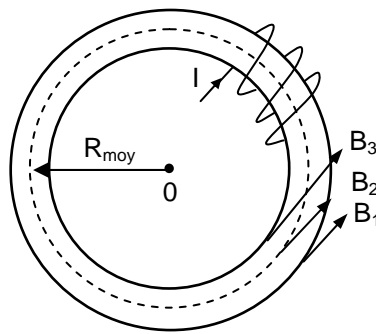
$$Bl = \mu \cdot N \cdot I \quad \Rightarrow \quad B = \frac{\mu \cdot N \cdot I}{l} \quad \text{avec :} \quad \begin{cases} l \text{ en A} \\ l \text{ en m} \\ B \text{ en T} \end{cases}$$

- La formule est la même que pour une bobine longue ou un conducteur rectiligne,



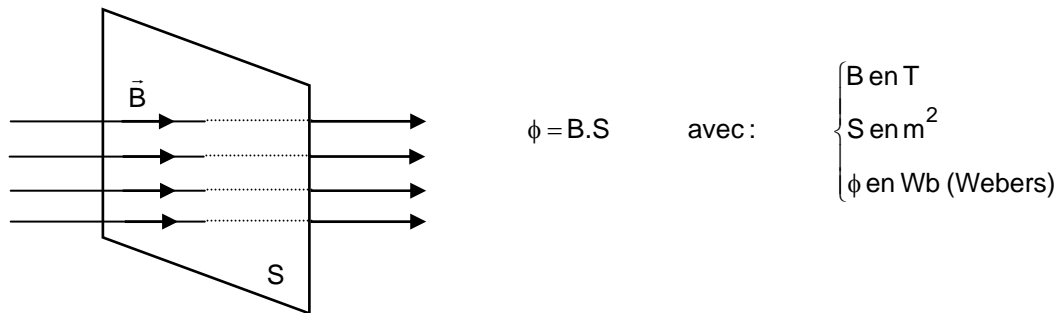
$$B = \frac{\mu \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{\mu \cdot I}{l}$$

- Notons que la valeur I dépend de la ligne choisie : le champ croît quand on se rapproche du centre O ,

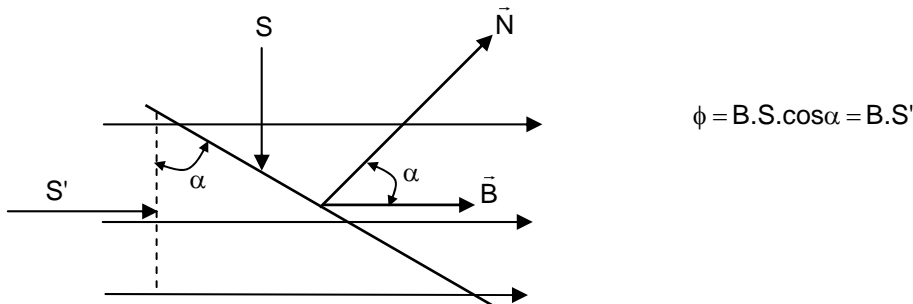


3 - Flux d'induction magnétique (flux magnétique)

- Considérons un espace à l'intérieur duquel une induction magnétique est uniformément distribuée,
- On appelle flux du vecteur constant \vec{B} , à travers une surface plane qui lui est perpendiculaire, le produit du module B par l'air S de la surface :

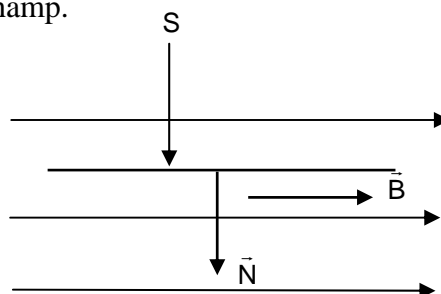


- Une surface oblique doit être remplacée par sa projection sur un plan perpendiculaire aux lignes de champ,
- Soit α l'angle de la surface et de sa projection, cet angle est aussi celui de \vec{B} et de la norme \vec{N} (ou perpendiculaire) à la surface. Le flux est alors :



Remarque :

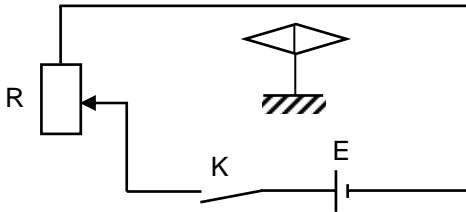
- Si $\alpha = 0^\circ$, $\cos\alpha = 1$ et nous retrouvons le cas précédent où : $\phi = B.S$
- Si $\alpha = 90^\circ$, $\cos\alpha = 0$ et $\phi = 0$, le flux est nul. Ce qui s'exprime facilement le fait que la surface n'est traversée par aucune ligne de champ.



4 - Lois fondamentales de l'électromagnétisme

4.1 - Introduction

L'électromagnétisme c'est l'étude des phénomènes magnétiques créés par les charges électriques plus interaction entre champ magnétique et courant électrique,
Expérience fondamentale :



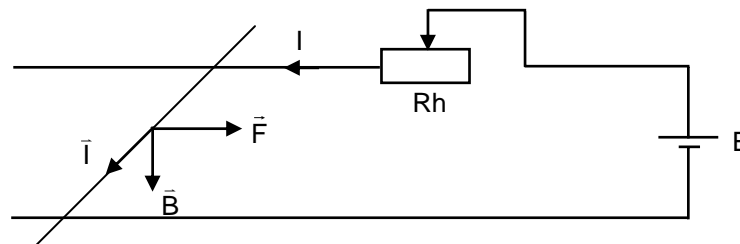
Lorsqu'on ferme l'interrupteur K un courant I passe dans le circuit et l'aiguille aimantée placée à proximité du fil conducteur s'oriente vers une direction déterminée,

Conclusion :

Un courant électrique crée un champ magnétique.

4.2 - Loi de Laplace

Un conducteur traversé par un courant électrique et placé dans un champ magnétique est soumis à une force électromagnétique ou force de Laplace,



4.2.1 - Caractéristiques de la force électromagnétique

Point d'application :

La longueur qui est placée dans le champ magnétique est appelée longueur active. C'est elle qui participe à la création de la force électromagnétique. Le point d'application de F est donc au milieu de la longueur active,

Direction :

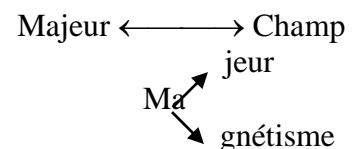
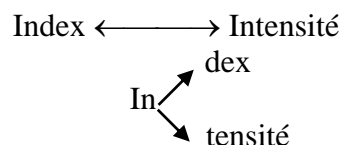
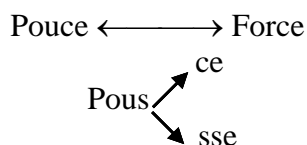
La direction est perpendiculaire à B et I (c'est-à-dire à l) donc \perp au plan (B, I),

Sens :

Le sens de F est donné par l'une des règles suivantes :

La règle des trois doigts de la main droite :

Faisons correspondre les trois premiers doigts et les trois grandeurs, force (sens du déplacement), intensité et le champ de la façon suivante :

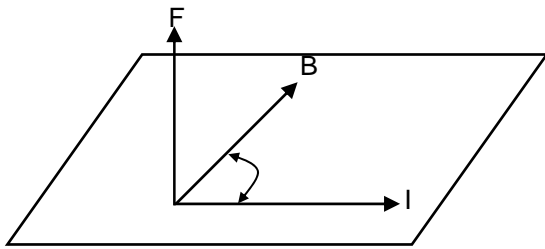


La règle de Bon homme d'ampère :

Le bon homme d'ampère couché sur le fil, le courant lui entrant par les pieds et sortant par la tête. Il regarde fuir les lignes de champs alors sa gauche indique le sens de F,

4.2.2 - Formule

Si le conducteur de longueur active l est rectiligne et placé dans un champ uniforme B on aura :



$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin\alpha$$

avec :

- B en T
- l en A
- l en m
- F en N

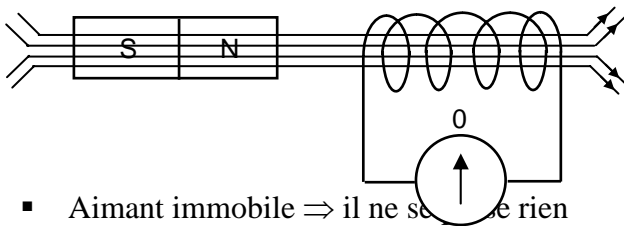
Cas particulier :

- Le fil et le vecteur sont perpendiculaires : $\alpha = 90^\circ \Rightarrow F = B \cdot I \cdot L$
- Le vecteur champ est parallèle au fil : $\alpha = 0^\circ \Rightarrow F = 0$

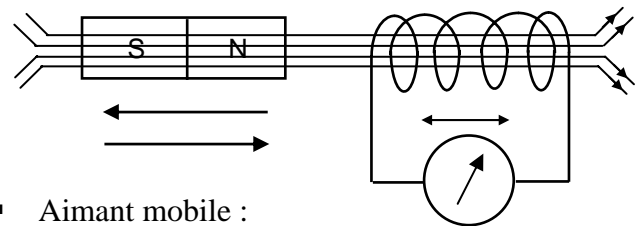
4.3 - Loi de Faraday

Expérience

Cette expérience nécessite un aimant, une bobine et un galvanomètre (appareil qui mesure de très faible intensité de courant),



- Aimant immobile \Rightarrow il ne se passe rien



- Aimant mobile :
 - Lorsqu'on déplace l'aimant, l'aiguille du galvanomètre se déplace indiquant l'existence du courant,
 - Ce courant est appelé courant induit, la f.e.m créée dans le circuit est appelée aussi f.e.m induite,

- Cette f.e.m est créée par la variation du flux magnétique à travers la bobine (créée par le déplacement de l'aimant) d'où la loi de Faraday,

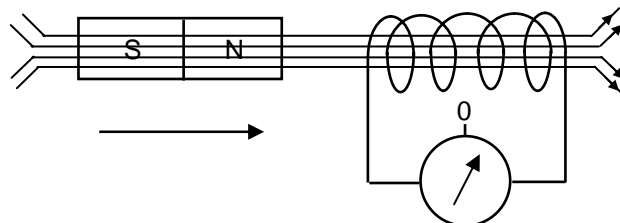
Loi de Faraday :

Toute variation de flux à travers un circuit électrique fermé donne naissance à un courant induit, l'existence du courant coïncide avec celle de la variation de flux, si le circuit est ouvert, il y a force électromotrice induite,

4.4 - Loi de Lenz

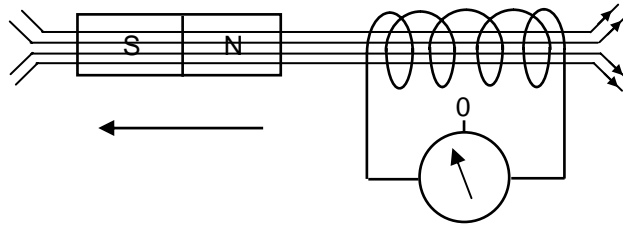
- Lorsqu'on approche l'aimant, l'aiguille se déplace dans le sens indiqué dans la figure,
- Le courant induit crée un flux qui s'oppose au flux extérieur lorsqu'on approche le pôle Nord de la bobine,

$$\Delta\phi = \phi_f - \phi_i > 0$$



- Lorsqu'on éloigne l'aimant l'aiguille se déplace dans l'autre sens,
- Le courant induit crée un flux qui a le même sens que le flux extérieur lorsqu'on éloigne le pôle Nord de l'aimant,

$$\Delta\phi = \phi_f - \phi_i > 0$$



Conclusion :

Dans ces deux cas le flux crée par le courant induit s'oppose à la variation du flux extérieur d'ou la loi de Lenz,

Loi de Lenz :

Le courant induit est tel que par ses effets s'oppose à la cause qui lui a donné naissance :

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$