CH.27 : MAGNETOSTATIQUE

Plan *(Cliquer sur le titre pour accéder au paragraphe)*

* *

CH.27 : MAGNETOSTATIQUE 1
I. ACTION D'UN CHAMP MAGNETIQUE SUR DES COURANTS 1
I.1. INTERACTION MAGNETIQUE 1
I.2. FORCE DE LORENTZ 1
I.3. FORCE DE LAPLACE 2
II. EQUATIONS DU CHAMP MAGNETOSTATIQUE 2
II.1. LOI DE BIOT ET SAVART 2
II.2. EQUATION RELATIVE AU FLUX DE B 3
II.3. EQUATION RELATIVE A LA CIRCULATION DE B 3
III. DETERMINATION D'UN CHAMP MAGNETOSTATIQUE 4
III.1. ETUDE DES INVARIANCES ET SYMETRIES 4
III.2. CHOIX D'UN THEOREME 4
III.3. EXEMPLE DE CALCUL 4
IV. NOTION DE DIPOLE MAGNETIQUE 5
Remarque préliminaire : ce paragraphe concerne uniquement les étudiants de la filière PCSI, la notion de « dipôle magnétique » sera abordée en deuxième année, en MP, PSI et PT. 5
IV.1. DEFINITIONS 5
IV.1.1. Moment dipolaire magnétique 5
IV.1.2. Notion de dipôle magnétique 5
IV.2. CHAMP CREE PAR UN DIPOLE MAGNETIQUE 5
IV.2.1. Composantes du champ 5
IV.2.2. Lignes de champ 6
IV.3. ACTIONS SUBIES PAR UN DIPOLE MAGNETIQUE 6
IV.3.1. Champ magnétique extérieur uniforme 6
IV.3.2. Champ extérieur non-uniforme 7

* *

I. ACTION D'UN CHAMP MAGNETIQUE SUR DES COURANTS

I.1. INTERACTION MAGNETIQUE

L'interaction magnétique peut toujours être décrite comme l'action d'un courant permanent (qui ne dépend pas du temps) sur un autre courant permanent ; pour Ampère (1775-1836), le fonctionnement des aimants pouvait s'interpréter par la présence de courants microscopiques dans les matériaux aimantés (**« courants ampériens »**) :l'étude de ces milieux montre que cette conception n'est pas si éloignée des idées actuelles, où l'on peut assimiler le mouvement des électrons autour du noyau à des boucles de courant.

I.2. FORCE DE LORENTZ

De manière générale, considérons une particule de charge q, de vitesse $\vec{v}$ par rapport à un référentiel (R) où règne un champ électromagnétique (ensemble de 2 champs vectoriels $\vec{E}(\vec{r},t)$ et $\vec{B}(\vec{r},t)$ respectivement champ électrique et champ magnétique) ; le champ électromagnétique

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 7 pages.

est accessible à l'expérience par son action sur cette particule, action donnée par la **loi de Lorentz** :

$$\boxed{\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})}$$ où $\vec{B}$ est en Tesla (**T**)

Rq : $\vec{B}$ est défini à partir de la force et de la vitesse par un produit vectoriel, dont le résultat dépend d'une convention d'orientation des rotations dans l'espace (rappelons que ça n'est pas le cas pour $\vec{E}$) ;on dira que $\vec{B}$ est un « **pseudo-vecteur** » ou « **vecteur axial** ».Nous verrons plus loin que les règles de symétrie s'appliquant à $\vec{B}$ n'obéissent pas au **Principe de Curie** (chapitre 26).

I.3. FORCE DE LAPLACE

Considérons un tronçon de circuit filiforme de longueur élémentaire $d\vec{l}$,vecteur dont le sens définit l'orientation positive de l'intensité i qui parcourt le fil, ce tronçon étant placé dans un champ magnétostatique $\vec{B}$; le tronçon de circuit est alors soumis à une force résultante, appelée **force de Laplace,** dont l'expression est :

$$\boxed{d\vec{F}_{Lap} = id\vec{l} \wedge \vec{B}}$$

Rq1 : l'origine de cette force est la force de Lorentz qui s'applique aux porteurs de charge contenus dans le fil; lors des « chocs » avec les ions du réseau cristallin, cette force est transmise au fil lui-même (la force de Laplace apparaît comme la forme « macroscopique » de la force de Lorentz). Ainsi, en appelant S la section du fil, on a :

$$id\vec{l} = (\vec{j} \cdot \vec{S})d\vec{l} = \vec{j}(\vec{S} \cdot d\vec{l}) = \vec{j}dt$$

où dt est le volume du tronçon de fil considéré et $\vec{j}$ est supposé uniforme sur S

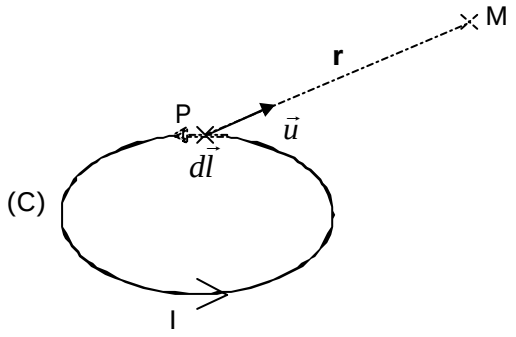
$\vec{j} = r_{mobile}\vec{v}$ et $dq = r_{mobile}dt$ (=charge élémentaire mobile du tronçon) $\Rightarrow d\vec{F}_{Lap} = dq\vec{v} \wedge \vec{B}$

(cf. force de Lorentz, avec $\vec{E} = \vec{0}$,s'appliquant aux charges mobiles contenues dans dt).

Rq2 : cependant, lorsqu'on exprime la puissance de la force de Lorentz purement magnétique, on constate qu'elle est nulle (« un champ magnétique ne travaille pas »), à cause du produit mixte en $\vec{v}$; par ailleurs, la force de Laplace « travaille » (heureusement pour les alternateurs et les machines à courant continu !). Il n'y a là qu'un paradoxe apparent, car, dans un bilan complet, il faut prendre en compte la puissance $P_{électrique}$ du générateur qui fait circuler le courant i (cf. chapitre 28 sur l'induction).

II. EQUATIONS DU CHAMP MAGNETOSTATIQUE

II.1. LOI DE BIOT ET SAVART



On considère un circuit fermé filiforme, parcouru par un courant permanent I; la loi de Biot-Savart permet de calculer le champ magnétostatique en un point M, soit:

Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 7 pages.