

## 2 • ÉLECTROMAGNÉTISME

---

Tous les dispositifs rencontrés en électrotechnique sont constitués de conducteurs, d'isolants et de matériaux magnétiques, et leur fonctionnement est régi par les lois de l'électromagnétisme.

### 2.1 Lois générales

#### 2.1.1 Champ magnétique

##### ■ Définition

Le champ magnétique est caractérisé par ses effets. En chaque point de l'espace, on définit un vecteur champ magnétique, noté  $\mathbf{B}$ . Sa direction et son sens sont repérés en plaçant une petite aiguille aimantée au point considéré. Sa norme est exprimée à partir de l'action exercée sur une particule chargée en mouvement. La force  $\mathbf{F}$  exercée par un champ magnétique  $\mathbf{B}$  sur une particule de charge  $q$  se déplaçant à la vitesse  $\mathbf{v}$  a les caractéristiques suivantes :

- sa direction est orthogonale au plan défini par  $\mathbf{v}$  et  $\mathbf{B}$ ;
- son sens est tel que la base  $(q\mathbf{v}, \mathbf{B}, \mathbf{F})$  soit directe (*figure 2.1*);
- sa norme  $\|\mathbf{F}\|$  est proportionnelle à  $|q|$ ,  $\|\mathbf{v}\|$  et  $|\sin \alpha|$ ,  $\alpha$  étant l'angle entre  $\mathbf{v}$  et  $\mathbf{B}$ .

Par définition, le coefficient de proportionnalité est  $\|\mathbf{B}\|$ , norme du vecteur champ magnétique :

$$\|\mathbf{F}\| = |q| \cdot \|\mathbf{v}\| \cdot \|\mathbf{B}\| \cdot |\sin \alpha|$$

L'unité de  $\|\mathbf{B}\|$  est le tesla (T). L'ensemble des propriétés précédentes montre que le résultat peut s'écrire sous forme d'un produit vectoriel :

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \wedge \mathbf{B}$$

$\mathbf{F}$  est appelée force de Lorentz.

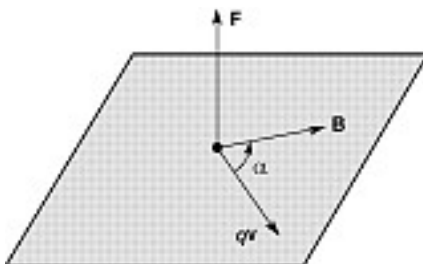


Figure 2.1 – Direction et sens de la force exercée par un champ magnétique sur une particule chargée.

### ■ Lignes de champ

On appelle ligne de champ magnétique une courbe tangente au vecteur  $\mathbf{B}$  en chacun de ses points. Il y a une infinité de lignes de champ pour un dispositif donné, mais on se contente d'en tracer quelques-unes pour avoir une idée de la topographie du champ magnétique. Le tracé des lignes de champ est nécessaire pour une étude détaillée du fonctionnement interne des machines. Hormis dans des dispositifs très simples, leur détermination est difficile, mais il existe heureusement des logiciels permettant d'effectuer cette tâche.

### ■ Flux magnétique

Le flux magnétique  $\varphi$  à travers une surface ( $S$ ) est défini par :

$$\varphi = \iint_{(S)} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

$d\mathbf{S}$  est le vecteur surface élémentaire. Sa norme est égale à la surface élémentaire  $dS$ . Sa direction et son sens sont ceux de la normale orientée au

point considéré. Si la surface est fermée, la normale est orientée par convention vers l'extérieur. Si la surface est limitée par un contour fermé ( $C$ ), on fixe le sens du vecteur unitaire normal  $\mathbf{n}$  en concordance avec l'orientation de ( $C$ ) (figure 2.2). Pratiquement, on utilise la règle de Maxwell : un tire-bouchon, tournant comme le montre la flèche placée sur le contour, progresse dans le sens de la normale orientée.

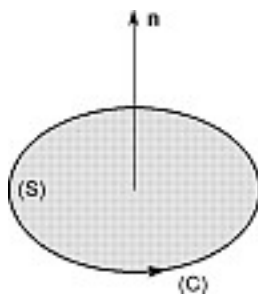


Figure 2.2 – Orientation de la normale.

L'unité de flux magnétique est le weber (Wb). Une propriété importante de  $\mathbf{B}$  est d'être un champ à flux conservatif, c'est-à-dire que le flux magnétique à travers une surface fermée quelconque est nul. Un cas particulier important est celui où la surface considérée est un tube de champ,

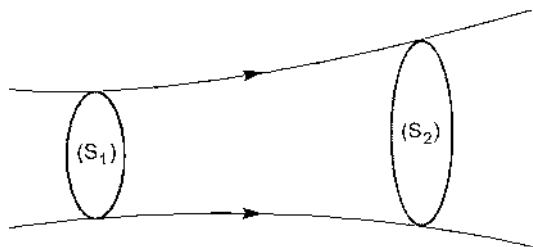


Figure 2.3 – Tube de champ magnétique.