

4. Magnétisme

4.1 Introduction : le magnétisme est un phénomène qui joue un rôle fondamental dans la plupart des appareils électriques. Dans cette cour, nous étudions les principes fondamentaux du magnétisme, de même que les conventions et les unités associées.

4.2 Aimants naturels, aimants artificiels

Les anciens avaient remarqué que certaines pierres ont la propriété d'attirer le fer; si on les plonge dans de la limaille de fer, celle-ci y reste fixée en certains points . C'est cette propriété que l'on appelle magnétisme. Ces pierres sont appelées aimants naturels (figure 1).

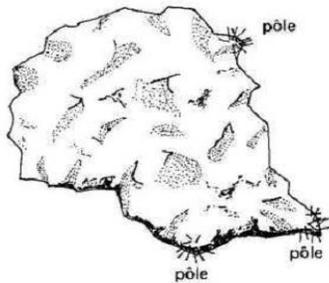


Figure 1 : un aimant naturel attire la limaille de fer.

Il est possible de communiquer cette propriété à des barres d'acier par un traitement spécial. Celles-ci sont désignées sous le nom d'aimants artificiels;

On distingue les aimants artificiels temporaires et les aimants artificiels permanents

On leur donne des formes diverses : barreau droit (figure 2.a) barreau recourbé en fer à cheval (figure 2.b), aiguille plate, en forme de losange allongé (figure 2.c). Nous verrons plus loin que les aimants temporaires deviennent aimantés seulement lorsqu'on les place dans un champ magnétique tandis que les aimants permanents conservent en grande partie leur aimantation après avoir été retirés du champ magnétique.

Si on plonge un aimant artificiel dans de la limaille de fer, on constate que les particules de limaille adhèrent surtout aux extrémités : l'attraction y est donc plus forte.

Ces extrémités, qui jouissent plus particulièrement de la propriété de magnétisme, constituent les pôles de l'aimant.

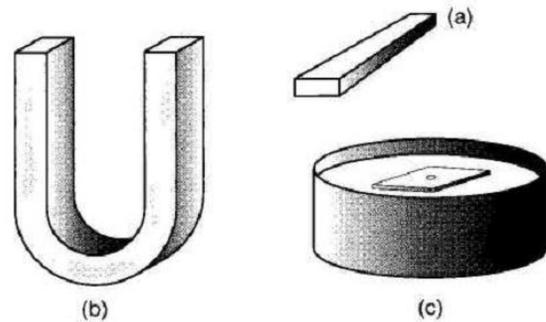


Figure 2 : (a) : barreau droit, (b) : barreau en fer à cheval, (c) : aiguille d'une boussole.

4.3 Orientation des aimants

Si un barreau droit aimanté est suspendu par une ficelle, il s'oriente de lui-même sensiblement dans la direction Nord-Sud géographique. La même extrémité de l'aimant se dirige toujours vers le Nord, l'autre, toujours vers le Sud. Les deux pôles ne sont donc pas identiques : par convention, on donne le nom de pôle nord magnétique à l'extrémité qui se dirige vers le pôle Nord de la terre, et celui de pôle sud à celui qui se dirige vers le Sud (figure 3).

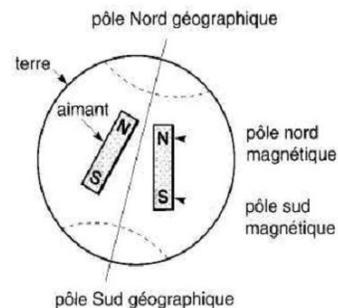


Figure 3 : Détermination de la polarité magnétique d'un aimant suspendant l'aimant dans le champ terrestre.

4.4 attraction et répulsion

Si l'on approche les pôles nord (N) des deux aimants de la Fig. 12-3 l'un vers l'autre, on constate qu'ils se repoussent. On observerait la même répulsion entre les deux pôles sud (S) (figure 4).

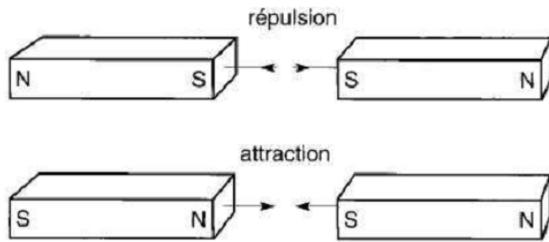


Figure 4 : Loi de la répulsion et de l'attraction

4.5 Lignes de force

La figure 5 indique quelques-uns des chemins que l'on appelle *lignes de force* ou *lignes de flux*. En continuant l'expérience, on trouverait que ces lignes de force existent dans tout l'espace entourant le barreau. On donne le nom de *champ magnétique* à la région de l'espace traversée par les lignes de force. Le champ magnétique autour d'un aimant n'est affecté que par le voisinage du fer, du cobalt, du nickel et de leurs alliages. Les lignes de force peuvent donc traverser des matériaux tels que le ciment, le papier, le bois comme s'ils étaient de l'air.

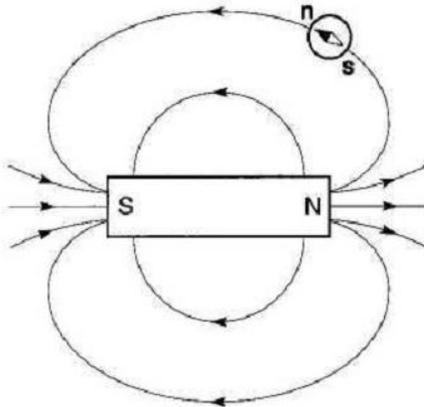


Figure 5 : Concept de ligne de force

4.6 Flux magnétique (ϕ)

Le flux magnétique à travers une surface donnée est l'ensemble des lignes de force qui traversent cette surface. Le flux est maximal quand la surface est perpendiculaire aux lignes et nul quand elle leur est parallèle. L'unité SI de flux magnétique est le weber (Wb).

Lorsqu'un conducteur portant un courant est orienté convenablement dans un champ magnétique, il est soumis à une force que l'on appelle force

électromagnétique. Ce phénomène est d'une importance capitale car il est à la base du fonctionnement des moteurs, des haut-parleurs et d'un grand nombre d'appareils de mesure. Étudions d'abord le cas d'un conducteur rectiligne.

5. les machines électriques

5.1 les machines électriques statiques (transformateur)

Le transformateur permet de transférer de l'énergie (sous forme alternative) d'une source à une charge, tout en modifiant la valeur de la tension. La tension peut être soit augmentée ou abaissée selon l'utilisation voulue. Le changement d'un niveau de tension à un autre se fait par l'effet d'un champ magnétique. Il est constitué de deux parties électriques isolées, l'enroulement primaire et le secondaire, liées magnétiquement par un circuit magnétique.

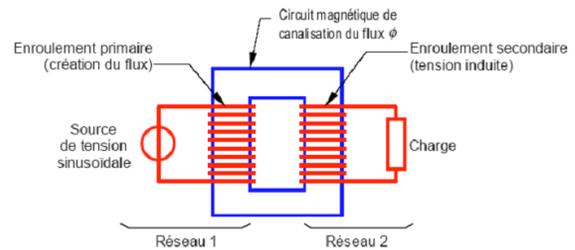


Figure 6 : schéma illustratif d'un transformateur

5.1.1 Principe de fonctionnement

Le transformateur est constitué de deux enroulements (ou plus) couplés sur un noyau magnétique. Il faut remarquer qu'il n'existe aucune connexion électrique entre le primaire et le secondaire. Tout le couplage entre les deux enroulements est magnétique.

Lorsqu'on applique une tension alternative, ceci crée un flux alternatif dans le noyau magnétique. Selon la loi de Faraday, ce flux crée des forces électromotrices dans les bobines. La force électromotrice induite est proportionnelle au nombre de tours dans la bobine et au taux de variation du flux. Selon le rapport du nombre de tours entre le primaire et le secondaire, le secondaire alimente la charge avec une tension différente de celle de la source.

Il y a deux types principaux de transformateurs, le type cuirassé et le type à colonnes.

Dans le type cuirassé, on utilise un circuit magnétique à trois branches, et les enroulements sont autour de la branche centrale. Dans le type à colonnes, un circuit magnétique à deux colonnes est utilisé.

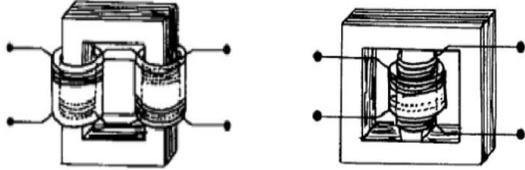


Figure 7 : représentation d'un transformateur

5.1.2 Symbolisations

Les trois figures suivantes représentent les symboles des transformateurs les plus souvent rencontrés

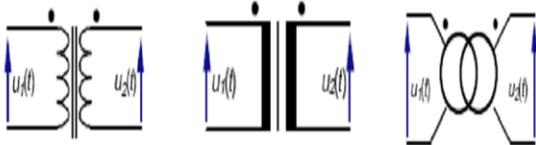


Figure 8 : symbole électrique d'un transformateur

5.1.3 Rapport de transformation

C'est le rapport du nombre de spires des deux enroulements il est égal au rapport des tensions primaire et secondaire.

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Il existe trois types de transformateur :

1. Le transformateur *abaisseur* : $U_2 < U_1$ $0 < m < 1$
2. Le transformateur *élevateur* : $U_2 > U_1$ $m > 1$
3. Le transformateur *d'isolement* : $U_2 = U_1$ $m = 1$

5.1.4 Transformateurs spéciaux

a) Transformateur à secondaire double

La plupart des transformateurs destinés à la distribution de l'énergie électrique chez les clients domiciliaires ont un enroulement à haute tension (le primaire) et un double enroulement à basse tension.

Les deux secondaires sont raccordés en série de sorte que la tension entre chacun des fils extérieurs et le fil central est de 120 V, tandis qu'elle est de 240 V entre les deux fils 478 extérieurs (figure 8). Le fil central (appelé neutre) est généralement mis à la terre.

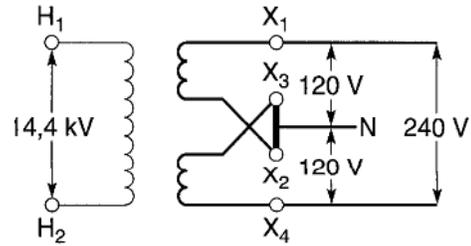


Figure 9 : transformateur à secondaire double

b) autotransformateur

On appelle autotransformateur, un transformateur composé d'un enroulement unique monté sur un noyau d'acier. La haute tension est appliquée à l'enroulement complet et la basse tension est obtenue entre une extrémité de l'enroulement et une prise intermédiaire.

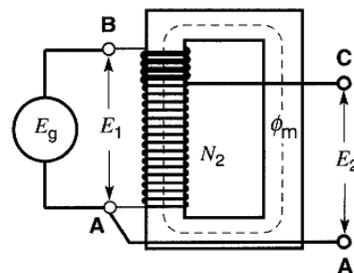


Figure 10 : autotransformateur

c) Transformateur de tension

Les transformateurs de tension sont des transformateurs de haute précision dont le rapport de transformation varie très peu avec la charge. De plus, la tension secondaire est en phase avec la tension au primaire à une fraction de degré près. Les transformateurs de tension sont utilisés sur les lignes à haute tension pour alimenter des appareils de mesure (voltmètres, wattmètres, etc.) ou de protection (relais). Ils servent (1) à isoler ces appareils de la haute tension et (2) à les alimenter à des tensions appropriées. Le rapport de transformation est choisi de façon que la tension secondaire soit d'une centaine de volts, ce qui permet l'utilisation

d'instruments de fabrication courante (0-150 V) pour la mesure de tensions élevées (figure 11). Le primaire des transformateurs de tension est branché en parallèle avec le circuit dont on veut connaître la tension.

Leur construction diffère très peu de celle des transformateurs conventionnels. Cependant, leur puissance nominale est généralement faible (inférieure à 500 VA), transformateur de courant

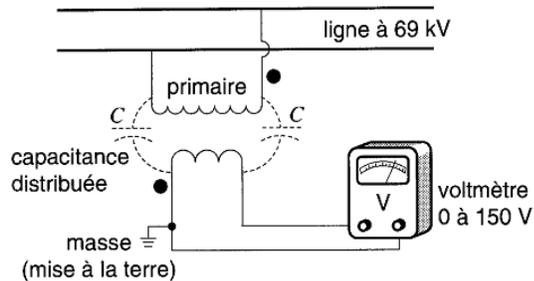


Figure 11 : transformateur de tension

c) transformateur de courant

Les transformateurs de courant sont des transformateurs de haute précision dont le rapport de transformation demeure essentiellement constant même lorsque la charge au secondaire varie. On atteint un haut niveau de précision en réduisant au minimum le courant d'excitation. Les transformateurs de courant sont utilisés pour ramener à une valeur facilement mesurable les courants intenses des lignes à haute ou à basse tension. Ils servent aussi à isoler les appareils de mesure ou de protection des lignes à haute tension. Le primaire de ces transformateurs est monté en série avec la ligne dont on veut mesurer le courant (figure 12).

Ces transformateurs sont employés seulement pour fins de mesure et de protection ; donc leur capacité est faible et est normalement de l'ordre de 15 à 200 VA.

Comme pour les transformateurs conventionnels, le rapport de transformation du courant est inversement proportionnel au rapport des nombres de spires du primaire et du secondaire. Un transformateur de courant ayant un rapport de 150 A/5 A a donc 30 fois plus de spires au secondaire qu'au primaire. Le courant nominal du secondaire est généralement de 5 A ou 1 A.

L'emploi des transformateurs de courant sur les lignes à haute tension est indispensable pour des raisons de sécurité.

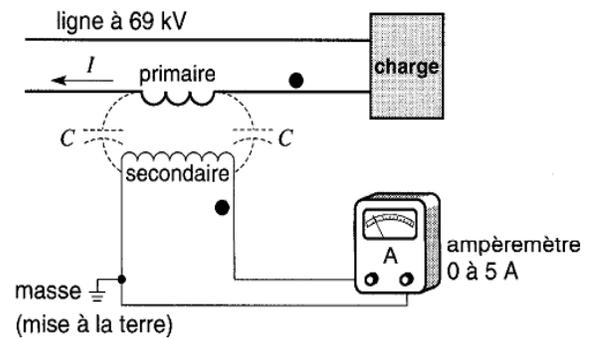


Figure 12 : Transformateur de courant