

2.1. Introduction

Une installation électrique est un ensemble cohérent de circuits et d'appareillages électriques. Elle permet de fournir l'énergie électrique nécessaire au bon fonctionnement des récepteurs. Ceux-ci consomment une puissance électrique dont l'expression est fonction de l'intensité du courant qui traverse le récepteur et de la tension à ses bornes. Ces deux grandeurs électriques ont une influence directe sur la conception de l'appareillage. Le présent chapitre a pour but de discuter les phénomènes liés au courant et à la tension électrique ; tels que les efforts électrodynamiques, le claquage électrique et l'ionisation des gaz.

2.2. Force électromagnétique

La circulation de courants dans des conducteurs parallèles induit dans ces conducteurs des forces électromagnétiques (appelée également forces de Laplace) [11]. D'après Laplace, un conducteur électrique parcouru par un courant I_1 [A], placé dans un champ magnétique créé par un conducteur parallèle parcouru par un courant I_2 [A] est soumis à une force électromagnétique F [N/m] [12] :

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \quad (2.1)$$

Avec : d distance séparant les deux conducteurs [m] ; μ_0 perméabilité du vide [T m/A].

2.3. Efforts électrodynamiques

Nous savons que la circulation de courants dans des conducteurs parallèles induit des forces électromagnétiques proportionnelles au produit des courants circulant dans les deux conducteurs. Dans les installations électriques peuvent apparaître des valeurs très importantes des courants de défaut. Ces courants de court-circuit déterminent des efforts électrodynamiques (des efforts de traction et flexion) qui produisent des contraintes mécaniques sur les voies de courant, sur les contacts électriques et sur les autres éléments constituant les équipements électriques [12]. Ces contraintes mécaniques peuvent déformer, déplacer ou détruire les voies de courant ainsi que les éléments de la construction (Figure 2.1). Le calcul des efforts électrodynamiques est nécessaire pour le choix et la conception des appareils électriques [13]. Les normes imposent pour les

appareils électriques et pour les installations électriques certaines valeurs pour le courant de stabilité électrodynamique (le plus grand courant de court-circuit) qui est supporté par un appareil ou une voie de courant sans souffrir des déformations mécaniques importantes.

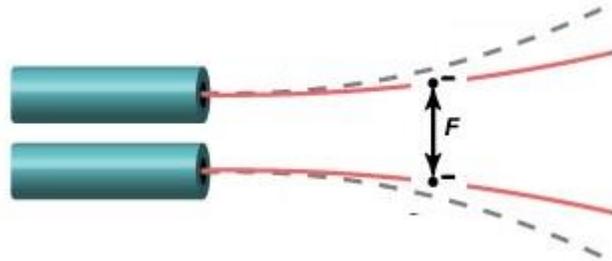


Figure 2.1. Force électromagnétique et efforts électrodynamiques [14].

2.4. Isolant électrique

Un isolant électrique, aussi appelé matériau diélectrique, est un élément ayant pour fonction d'interdire la circulation du courant entre deux conducteurs actifs ou portions sous tension [9]. Les diélectriques servent à sécuriser les systèmes électriques et assurer le transport et la distribution d'énergie sans danger. Ils sont utilisés pour protéger les personnes contre les risques d'électrisation et pour protéger les installations et les équipements électriques contre les courants de défaut. Un isolant ne possède aucune charge libre susceptible de conduire les électrons. L'isolation électrique est rattachée à une grandeur physique mesurable, la résistance, qui s'exprime en ohms (symbole : Ω).

2.5. Claquage électrique

Le claquage, aussi appelé rupture diélectrique, est un phénomène qui se produit dans un isolant quand le champ électrique est plus important que ce que peut supporter cet isolant [7]. Il se forme alors un arc électrique. Lorsque la tension appliquée entre deux parties conductrices atteint une valeur suffisante pour qu'un courant soit créé à travers de l'élément diélectrique, cette tension critique est appelée tension de claquage (un exemple est montré dans la Figure 2.2). Elle est liée à une propriété des matériaux appelée rigidité diélectrique qui est généralement exprimée en (kV/mm). La décharge électrique à travers les isolants solides est généralement destructrice et

irréversible. La décharge électrique à travers les isolants auto-régénérateurs, tels que l'huile pour transformateur, l'air et l'hexafluorure de soufre est de nature non destructive, où le claquage ne détruit pas le matériau diélectrique complètement.

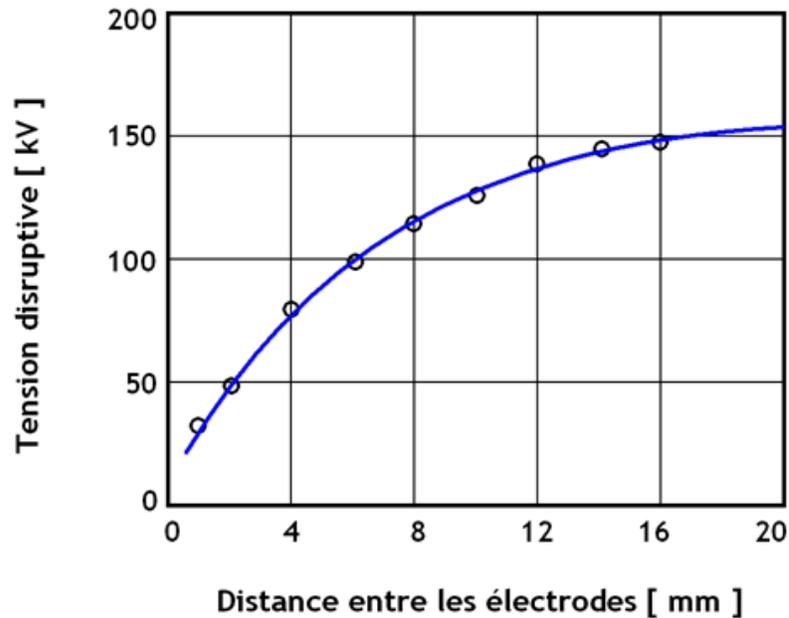


Figure 2.2. Tension de claquage mesurée entre deux électrodes placées dans le vide.

2.6. Rigidité diélectrique

La rigidité diélectrique (E_r) d'un milieu isolant représente la valeur maximum du champ électrique que le milieu diélectrique peut supporter sans apparition d'un claquage (avant le déclenchement d'un arc électrique et donc d'un court-circuit) [15]. Si on augmente la tension à laquelle est soumis un isolant au-delà d'une certaine valeur appelée tension de claquage, il apparaît un arc électrique dans l'isolant et le matériau peut voir ses propriétés physiques modifiées, de façon irréversible pour les isolants solides (carbonisation), et de façon réversible pour les isolants gazeux et liquides (recombinaison des ions avec des électrons). Le Tableau 2.1 présente la rigidité diélectrique de quelques milieux isolants.

Tableau 2.1. Rigidité diélectrique de quelques milieux isolants

| Isolant | Rigidité diélectrique [kV/mm] |
|------------------------|-------------------------------|
| Air | 3 |
| Huile minérale | 20 |
| Hexafluorure de soufre | 8 |
| Verre | 10 |
| Vide | 25 |
| Polystyrène | 16 |
| Caoutchouc | 15 |

La rigidité diélectrique d'un isolant électrique peut varier de plusieurs ordres de grandeur selon l'utilisation qui en est faite. Dans des conditions similaires, il est très probable de voir E_r varier de simple au double. Les impuretés, le mode de fonctionnement, l'humidité et la température sont les facteurs les plus importantes qui peuvent affecter la variation de E_r . Pour déterminer expérimentalement le champ disruptif d'un matériau diélectrique, des essais sont réalisés périodiquement selon des procédures spécifiques de façon à évaluer la conductivité du matériau en test [16].

2.7. Ionisation des gaz

L'ionisation est l'action qui consiste à enlever ou ajouter des charges à un atome ou une molécule. L'atome ou la molécule perdant ou gagnant des charges n'est plus neutre électriquement [17]. Il est alors appelé ion. Les gaz ionisés sont des gaz comportant des particules neutres (atomes, molécules) et des particules chargées (ions). Lorsque la proportion de particules chargées est grande, on parle de plasma. Un plasma est donc un gaz très ionisé, ou totalement ionisé, et plus le degré d'ionisation est grand, plus le gaz ionisé conduit l'électricité [18]. Les procédés utilisés pour ioniser un gaz sont : une élévation de la température ; des collisions entre atomes, molécules et particules ; un rayonnement électromagnétique ou un champ électrique très intense.

2.8. Évaluation formative

Exercice : Installation électrique

Une installation électrique est un ensemble cohérent de :

- Circuits électriques.
- Bâtiments.
- Appareillages électriques.

Exercice : Force électromagnétique

La circulation de courants dans deux conducteurs parallèles induit dans ces conducteurs des forces électromagnétiques proportionnelles :

- À la distance séparant les deux conducteurs.
- Au produit des courants circulant dans les deux conducteurs.
- À la tension entre les deux conducteurs.

Exercice : Courant de stabilité électrodynamique

Le courant de stabilité électrodynamique désigne le plus grand courant de surcharge qui est supporté par une voie de courant sans souffrir des déformations mécaniques importantes.

- Vrai.
- Faux.

Exercice : Isolant électrique

Un isolant est un matériau ou un élément qui :

- Est capable de déplacer les électrons.
- Qui ne laisse pas passer le courant électrique.
- Est rattachée à une grandeur physique mesurable, la résistivité, qui s'exprime en ohm-mètre (symbole : $\Omega.m$).

Exercice : Grandeurs et unités

Quelle est la grandeur vectorielle qui s'exprime en V/m ?

- Flux d'induction magnétique.
- Champ électrique.
- Champ électromagnétique.

Exercice : Claquage électrique

Le claquage est un phénomène qui se produit dans un matériau conducteur quand le champ électrique est plus important que ce que peut supporter ce matériau.

- Vrai.
- Faux.

Exercice : Rigidité diélectrique

La rigidité diélectrique est exprimée en :

- kV/mm
- A/mm
- Tesla

Exercice : Tension de claquage

La tension de claquage est une caractéristique des isolants électriques qui définit la différence de potentiel maximale qui peut être appliquée à un matériau avant qu'il ne devienne conducteur.

- Vrai.
- Faux.

Exercice : Ionisation du gaz

Les procédés utilisés pour ioniser un gaz incluent :

- Des collisions entre atomes et molécules.
- Une diminution de la température.
- Un champ électrique très intense.