

# Chapitre 5

## Généralités sur la Haute Tension

### 1. Définitions

Une **haute tension** est toute tension qui engendre, dans les composants d'un système, des champs électriques suffisamment intenses pour modifier, de manière significative, les propriétés de la matière, en particulier des matériaux isolants.

#### Seuils de tensions :

Basses tensions : au-dessous de 1 kV.

Moyennes tensions : 1 ~ 33 kV.

Hautes tensions : 33 ~ 230 kV

Très hautes tensions : 230 ~ 800 kV

Ultra hautes tensions : au-dessus de 800 kV

*En électronique, on parle de transistor à haute tension à partir de 5 V.*

#### Utilité de la HT : Réseaux électriques

Le développement des réseaux électriques a constitué et constitue encore la première utilisation, à grande échelle, des hautes tensions. Cependant, on y trouve de nombreux autres domaines d'application (électricité statique, électronique, physique, médecine, ...). En particulier, la foudre est un phénomène HT répandu et particulièrement spectaculaire.

Pour augmenter la puissance transportée, on peut :

##### ➤ augmenter le **courant**

- ✓ Augmentation de l'échauffement (maximum admis : 60 °C)
- ✓ Augmentation de la section
- ✓ Augmentation du poids

##### ➤ augmenter la **tension**

- ✓ Augmentation du champ électrique
- ✓ Augmentation des distances d'isolement
- ✓ Apparition de phénomènes potentiellement perturbants

## 2. Perturbations dues à la haute tension

Différents phénomènes potentiellement perturbants sont propres à la haute tension (champs électriques élevés) :

- **Claquage diélectrique** : Détérioration provisoire ou définitive des spécifications de l'isolant.

Une isolation est dite auto-régénératrice si elle retrouve ses propriétés isolantes à peu près intactes après le claquage. Ce n'est pas le cas des solides qui, une fois perforés, doivent être remplacés. Les isolations au papier imprégné d'huile sont aussi auto-régénératrices, car l'huile va remplir un éventuel trou provoqué par un claquage à travers le papier.

- **Effet de couronne** : Perturbations sonores, rayonnement électromagnétique, perte d'énergie active, production d'ozone.

- **Décharges partielles** : Détérioration des isolants.

- **Dangers des tensions et des champs électriques pour l'être humain.**

## 3. Buts et méthodologie de la HT

En haute tension, les problèmes pratiques se posent comme suit :

- Étant donné une configuration de corps isolants et de corps conducteurs, en quel point du système le champ électrique est-il maximal ?

- Quelle est cette valeur maximale du champ électrique, pour des potentiels électriques donnés ?

- Pour quelles valeurs des potentiels le champ électrique maximal atteint-il un seuil de claquage ?

- Comment modifier la géométrie du système et la nature des matériaux isolants, pour pouvoir abaisser ou augmenter les potentiels utiles ?

Le but de l'étude peut être :

- ✓ Pouvoir appliquer à l'objet un potentiel aussi élevé que possible.
- ✓ Obtenir un claquage avec le minimum de potentiel.
- ✓ Optimiser le coût de production de l'objet.

Les problèmes électrostatiques sont souvent posés en termes de distribution de charges. Mais dans la pratique, on dispose de générateurs qui permettent de contrôler le potentiel. On ne contrôle ni la quantité de charges ni la manière dont elles se répartissent.

#### 4. Le champ électrique

L'étude des champs électriques est importante dans le domaine de la haute tension. En effet, plus la tension est élevée, plus les distances d'isolation nécessaires sont importantes et le matériel encombrant, donc cher ! Il faut utiliser au mieux les systèmes d'isolation afin de réduire la taille des appareils, mais sans pour autant en diminuer la qualité. Un champ trop élevé signifie inéluctablement une durée de vie courte et un manque de fiabilité.

L'annexe « électrostatique » rappelle les notions fondamentales concernant le champ électrique et les principales lois qui s'y rapportent. En particulier, la loi de la circulation du champ électrique indique :

$$dV = -\vec{E} \cdot \overrightarrow{dl}$$

Où  $\vec{E}$  : champ électrique ;  $V$  : potentiel ;  $l$  : distance

Entre deux électrodes parallèles, le champ  $E$  est donc égal à :

$$E = \frac{U}{d}$$

Où  $U$  : différence de potentiel entre électrodes ;  $d$  : distance entre électrodes

Chaque matériau admet un champ disruptif maximum dont le dépassement provoque un claquage. On rappelle aussi la loi de la conservation des charges, ainsi que de celle du déplacement électrique  $D$  :

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}$$

Où  $\varepsilon_0$  : permittivité du vide =  $8,854 \cdot 10^{-12}$  F/m ;  $\varepsilon_r$  : permittivité relative du matériau

Du point de vue du champ électrique maximal, la géométrie d'un intervalle isolant peut-être caractérisée en première approximation par un nombre : **le facteur de Schwaiger**.

Dans un intervalle isolant, compris entre deux électrodes réelles, le champ n'est pas uniforme : il atteint un maximum en un certain point. Le facteur de Schwaiger d'un tel intervalle est défini par :

$$\beta = \frac{U}{d \times E_{max}}$$

$U$  : tension entre électrodes ;  $d$  : distance inter-électrodes

## 5. Effet de pointe

La densité surfacique de charge est :

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

Où  $q$  : charge électrique répartie sur la surface  $S$

et pour une pointe :

$$S \approx 0 \Rightarrow \sigma \gg \Rightarrow E \gg$$

Sur les régions à faible rayon de courbure (pointe) le champ devient très intense. Cela représente un danger en HT (risque de claquage) mais aussi un avantage (paratonnerre...). Le pouvoir de pointe explique qu'en Haute Tension tous les appareils ont de grands rayons et sont munis d'anneaux de répartition du champ. En HT, on doit éviter les pointes à la surface de conducteurs. Par contre, quand on désire un champ élevé on utilise un conducteur pointu.