

TECHNIQUES DE LA HAUTE TENSION

SOMMAIRE :

Chapitre I : Généralités sur la haute tension

Chapitre II : Phénomènes d'ionisation dans les gaz

Chapitre III : Claquage des isolants gazeux

Chapitre IV : Décharge couronne

Chapitre VI : La foudre

Chapitre VI : Isolateurs des lignes HT

Chapitre VII : Générateurs de la haute tension

Chapitre VIII : Mesure en haute tension

Chapitre X : Claquage des isolants solides

Chapitre XI : Claquage des isolants liquides

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LA HAUTE TENSION

I. UTILITE DE LA HAUTE TENSION

Question : Pourquoi utilise-t-on la haute tension pour le transport de l'énergie électrique ?

L'énergie électrique sort des centrales avec une tension de quelques kV (5 à 10 kV), le transport se fait avec une haute tension (220 kV et plus) pour minimiser les pertes Joule dans la ligne et de pouvoir transiter de grandes puissances.

Transformateur idéal :

$$P_{\text{entrée}} = P_{\text{sortie}} \Rightarrow U_1 I_1 = U_2 I_2 \Rightarrow I_2 = I_1 \frac{U_1}{U_2}$$

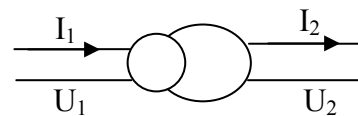


Figure 1 : Transformateur élévateur

D'après l'expression ci-dessus, l'élévation de la tension ($U_2 > U_1$) permet de limiter les pertes en diminuant le courant et permet également de faire transiter de plus grandes puissances.

Par exemple, pour évacuer l'énergie d'un groupe de 100 MVA, le courant sera de 260 A sous 220 kV mais de 4 000 A sous 15 kV. Le transport de 4 000 A sous 15 kV entraînerait des coûts d'équipement et surtout de pertes par effet Joule inadmissibles. Les courants de court-circuit et leurs effets seraient aussi considérablement augmentés. Or, il existe maintenant des groupes de 1 300 MVA ! Donc on est conduit à augmenter la tension des réseaux de transport. Evidemment, il y a une limite supérieure principalement constituée par le coût des isollements.

Réseaux électriques HT

- Les réseaux de transport sont triphasés, sans conducteur de neutre.
- Le domaine de ce qu'on appelle Très Haute Tension va de 60 à 800 kV (entre phases). Il existe des projets jusqu'à 1 200 kV.
- Leurs fréquences sont 50 ou 60 Hz (quelques cas à 16 2/3 Hz).
- Les courants transportés vont de 400 à 3 000 A.

Problèmes liés à la haute tension :

Claquage ; Isolation ; effet couronne ; contournement des isolateurs ; pertes diélectriques...

II. POUVOIR DE POINTE

$$\rho_s = \frac{q}{S} \text{ densité surfacique de charge ;}$$

$$\text{pointe : } S \approx 0 \Rightarrow \rho_s = \frac{q}{S} \gg \Rightarrow E \gg$$

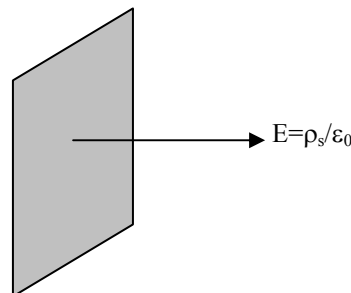
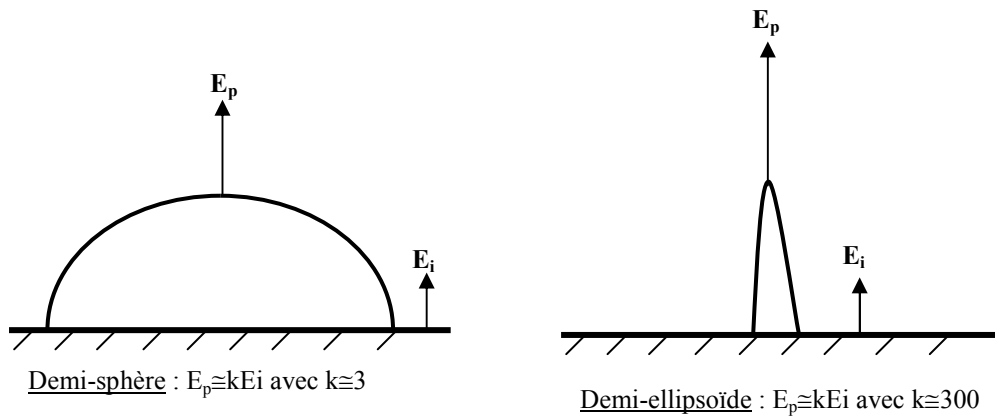


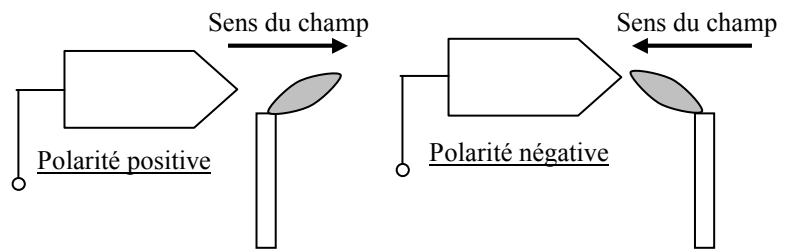
Figure 2 : Plan chargé

**Figure 3**

Conclusion : 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 H.T on doit éviter les pointes à la surface des conducteurs. Par contre, quand on désire un champ élevé on utilise un conducteur pointu.

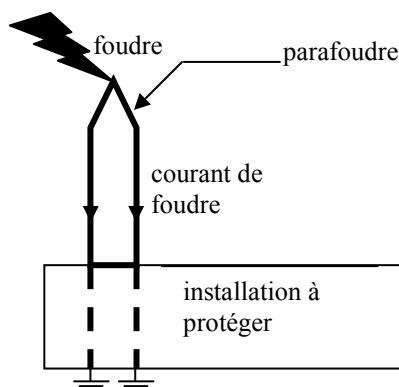
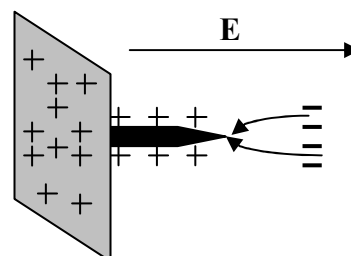
Vent électrique :

Le champ à la pointe est tellement grand que le mouvement des ions produit ce qu'on appelle « vent électrique » qui cause l'inclinaison de la flamme (Figure 4).

**Figure 4**

Quelques applications du pouvoir de pointe :

- Parafoudre : Le champ élevé de la pointe attire la foudre pour écouler le courant vers la terre (voir figure 5).
- Charger des particules : des flèches placées sur les ailes de l'avion neutralisent la charge se trouvant sur la surface de l'avion acquise par frottement avec l'air (figure 2).

**Figure 5****Figure 6**

- Séparateurs électrostatiques ;
- Filtres électrostatiques ;
- Autres...

III. CAGE DE FARADAY

Conducteur en équilibre ($I=0$) $\Rightarrow E=0$

Le champ à l'intérieur d'un conducteur est nul.

Dans un conducteur, si des charges sont injectées à l'intérieur elles se répartissent à l'extérieur (Figure 7).

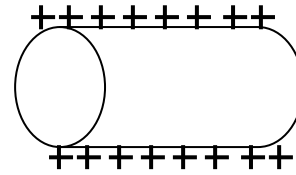


Figure 7

Application : Cage de Faraday

Si jamais un accident (défaut d'isolation) survient à l'intérieur, la personne ainsi que le matériel se trouvant à l'intérieur seront protégés (Figure 8).

Exemples :

Laboratoire HT ; tenue de travail sous tension ; carcasse métallique des habitations (contre la foudre)...

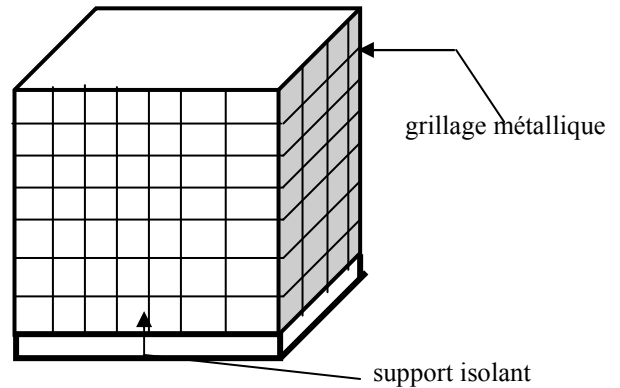


Figure 9 : Cage de Faraday

IV. CHAMP ELECTRIQUE

Dans un poste HT de 220 kV, le champ électrique à une distance de 6 m du conducteur central d'une ligne en nappe atteint 2 kV/m, ce qui pour le champ électrique est une valeur élevée. Par contre, le champ magnétique n'est que de 0,007 kA/m, ce qui pour le champ magnétique est une valeur faible. En haute tension, le champ électrique est prépondérant par rapport au champ magnétique.

Champs	Distance verticale par rapport au conducteur central (en m)							
	0,5	1	2	3	4	5	6	7
H (kA/m)	0,096	0,049	0,025	0,017	0,012	0,009	0,007	0,005
E (kV/m)	62,7	29,9	12,6	6,7	4,5	2,8	2,0	1,8

Tableau : Champs magnétique et électrique sous un jeu de barre triphasé 220 kV, en nappe. Distance entre phases de 4m - diamètre du conducteur 25 mm –

V. Comparaison entre lignes aériennes et câbles souterrains HT

Inconvénients des câbles :

- Difficultés technologiques d'isolation des câbles qui ne permettent pas d'atteindre des tensions très élevées ;
- Problème de l'évacuation de la chaleur ;
- Difficulté de connexion entre ligne aérienne et câble ;
- Limitation de puissance due à la capacité élevée des câbles ;
- Difficulté de maintenance en cas de défaut ;
- Les coûts relatifs qui sont élevés pour les câbles, environ 10 fois supérieurs aux coûts des lignes.

Remarque : La pose des câbles se fait dans des situations bien particulières de technique, d'environnement. Par exemple, la liaison entre les rives Nord et Sud de la méditerranée...

VI. UTILISATION DES RESEAUX HVDC

HVDC: High Voltage Direct Current

L'utilisation de la Haute Tension continue dans les réseaux peut être possible dans les cas suivants :

- Lignes longues (> 1000 km) des réseaux UHT, où l'on gagne sur les distances d'isolement entre les valeurs crête et efficace ;
- Longs câbles souterrains (dans les mers ou dans les villes), pour s'affranchir du problème de transit de l'énergie réactive.

Utilisation de convertisseurs statiques pour transformer l'énergie alternative en continu et vice-versa, vu que la majorité des appareillages utilisent la tension alternative.

VII. RESEAUX HT DANS LE MONDE

- USA : tension maximale de transport est 765 kV;
- CANADA, elle est de 735 kV;
- EUROPE DE L'OUEST : elle est de 400 kV;
- JAPON: une ligne de 1000 kV a été construite ;
- Dans la plupart des pays la tension varie entre 220 et 500 kV.