Université Djillali Liabes
Faculté de Génie Electrique
Matière : Technique de la haute tension

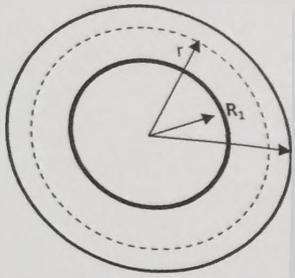
Corrigé de l'examen THT M2-RE

Exercice 1 : (5 pts)

Solution :

1) Champ E : $R_1 < r < R_2$

Traçons alors une sphère de rayon r passant par le point m (Surface de Gauss) (Fig).



Figure

Du moment que le champ électrique et le vecteur surface d'une distribution sphérique sont tous deux radiaux, les vecteurs ***E*** et ***dS*** sont donc parallèles.

L'application du théorème de Gauss donne :

$$\oint \boldsymbol{E}_m.\boldsymbol{dS} = \oint E_m dS = E.4\pi \quad r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

Soit

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$ **(1 pts)**

2) Sachant que la tension électrique entre les deux sphères est donnée par : $U = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{R_2 - R_1}{R_1.R_2}$

En utilisant $E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \quad r^2}$, on obtient :

$$E = \frac{U}{r^2}\frac{R_1.R_2}{R_2 - R_1}$$

E= E_{max} pour r= R_1

Donc

$$E_{\max} = \frac{U}{R_1^2}\frac{R_1.R_2}{R_2 - R_1} = \frac{U}{R_1}\frac{R_2}{R_2 - R_1}$$

(1 pts)

On suppose une seule sphère de rayon R_1 seulement placée sur un réseau de 220 kV.

On suppose $R_2 >> R_1$, on obtient alors :

$$E_{\max} = \frac{U}{R_1^2}\frac{R_1.R_2}{R_2 - R_1} = \frac{U}{R_1}\frac{R_2}{R_2 - R_1} = \frac{U}{R_1}$$

$$E_{\max} = \frac{U}{R_1}$$

(1 pts)

- Quel est le rayon maximal de cette sphère pour ne pas provoquer d'ionisation dans l'air et le SF6 si on suppose que la rigidité diélectrique du SF6 est 2,5 fois plus grande que celle de l'air.

$$R_1 = \frac{U}{E_{max}}$$

Application numérique :

- Air: E_{max} = 30 kV/cm = $30.10^3/10^{-2}$ = 30.10^5 V/m = 3.10^6 V/m

  U = 220 kV = = $2,2.10^5$ V

  Donc $R_1 = \frac{2,2.10^5}{3.10^6} = 0,073\ m = 7,3\ cm$ **(1 pts)**

- SF6: E_{max} = 2,5*3.10^6 = $7,5.10^6$ V/m

  Donc $R_1 = \frac{2,2.10^5}{7,5.10^6} = 0,029\ m = 2,9\ cm$ **(1 pts)**

Exercice 2 : (5 pts)

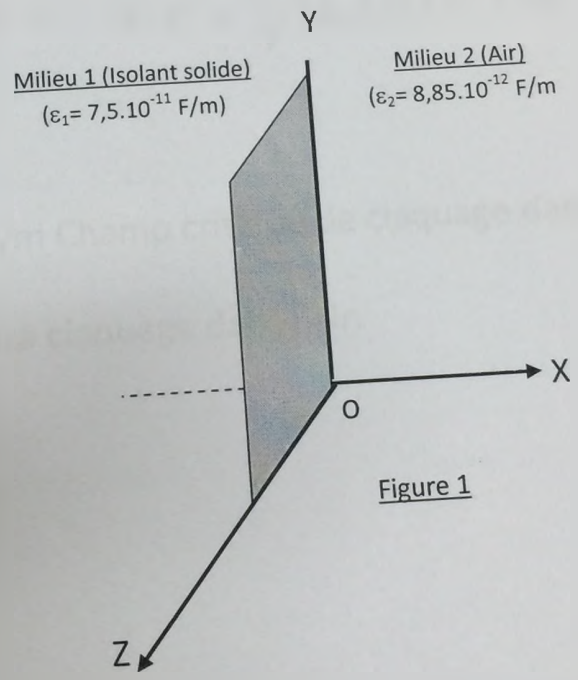


Figure 1

1) $\vec{E_1} = 5.10^5 \vec{u_x} + 8.10^5 \vec{u_y}$

Composantes tangentielles

$\vec{E_{t2}} = \vec{E_{t1}} \Rightarrow \vec{E_{t2}} = 8.10^5 \vec{u_y}$

Comp. normales

$\varepsilon_1 \vec{E_{n1}} = \varepsilon_2 \vec{E_{n2}} \Rightarrow 7,5.10^{-11}.5.10^5 \vec{u_x} = 8,85.10^{-12} \vec{E_{n2}}$

$\Rightarrow \vec{E_{n2}} = 4,24.10^6 \vec{u_x}$ V/m

Donc : le champ dans l'air est :

$\boxed{\vec{E_2} = 4,24.10^6 \vec{u_x} + 8.10^5 \vec{u_y}}$ **(1,5 pts)**

en module : $E_2 = \sqrt{(4,24.10^6)^2 + (8.10^5)^2}$

$E_2 = 4,32.\ 10^6$ V/m > Ec

Ec = 30 kV/cm = 3.10^6 V/m Champ critique de claquage dans l'air

(1,5 pts) Donc il y aura claquage dans l'air.

2) $\varepsilon_1 E_{n1} = \varepsilon_2 E_{n2}$

$$E_{n2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} E_{n1} \vec{u_x} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \cdot 5.10^5 \vec{u_x}$$

$$E_{t2} = 8.10^5 \vec{u_y}$$

Donc : E_2 dans l'air est : (en modul.

$$E_2 = \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} 5.10^5\right)^2 + (8.10^5)^2}$$

$$E_2 = \sqrt{\left(\frac{\varepsilon_1 . 5.10^5}{8,85.10^{-12}}\right)^2 + (8.10^5)^2} = 13.10^6 V/m$$

car pour qu'il n'y ait pas claquage,

on pose $E_2 = E_c = 30 kV/cm = 3.10^6 V/m$

Donc : $\varepsilon_1^2 . 0,32.10^{34} + 64.10^{10} = 9.10^{12}$

$$\varepsilon_1^2 . 0,32.10^{34} = 836.10^{10} \Rightarrow \varepsilon_1^2 = 26,1.10^{-2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\varepsilon_1 = 5,1.10^{-11} F/m}$$

(1,5 pts)

Corrigé du QCM

1. La haute tension dans les réseaux électriques est utilisée pour :
   a) **minimiser les pertes Joule.**
   b) normaliser le transport dans le monde.
   c) **transiter des puissances plus grandes.**
   d) diminuer les chutes de tension.

2. Le pouvoir de pointe en HT est du au fait que :
   a) **Le champ électrique sur la pointe y est très intense.**
   b) Le champ magnétique sur la pointe y est très intense.
   c) **La charge sur la pointe y est très grande.**
   d) La tension sur la pointe est plus grande.

3. Le vent électrique crée par la décharge couronne est du au :
   a) **déplacement des ions.**
   b) déplacement des électrons.
   c) déplacement des photons.
   d) déplacement des atomes.

4. Après un choc non élastique entre deux particules, il peut se produire :
   a) **excitation d'un atome.**
   b) transfert d'énergie cinétique.
   c) rien.
   d) **ionisation d'un atome.**

5. Vrai/Faux ?
   a. La pression du gaz est proportionnelle au libre parcours moyen, et inversement proportionnelle la à la densité atomique. **FAUX**
   b. La pression du gaz est proportionnelle à la densité atomique, et inversement proportionnelle au libre parcours moyen. **VRAI**
   c. La pression du gaz est proportionnelle à la densité atomique, et proportionnelle au libre parcours moyen. **FAUX**
   d. La pression du gaz n'est pas proportionnelle à la densité atomique et pas proportionnelle au libre parcours moyen. **FAUX**

6. Selon le mécanisme de Townsend (BP), les électrons secondaires sont crées :
   a) par photo-ionisation dans le gaz.
   b) suite au bombardement de la cathode par les électrons.
   c) **suite au bombardement de la cathode par les ions positifs.**
   d) suite au bombardement de la cathode par les ions négatifs.

7. La (ou les) différence entre les mécanismes de Townsend et Streamer est :
   a) **La pression du gaz.**
   b) **L'origine des électrons secondaires.**
   c) **La charge d'espace.**
   d) temps de formation de la décharge.

8. D'après la loi de Paschen, il est plus recommandé d'utiliser le gaz comme isolant :
   a) quelque soit la valeur de la pression.
   b) à la pression atmosphérique.
   c) **à des pressions élevées, bien supérieures à la pression atmosphérique.**
   d) **à une pression très faible ou nulle.**

9. Vrai/Faux ?
   Lors d'une décharge couronne, les électrons secondaires sont crées par :
   a) bombardement de la cathode en polarité positive et par photoionisation en polarité négative.
   b) bombardement de la cathode dans les 2 polarités.
   c) **bombardement de la cathode en polarité négative et par photoionisation en polarité positive.**
   d) photoionisation dans les 2 polarités.

10. Vrai/Faux ?
    Lors d'une décharge couronne, le champ électrique est égal au :
    a) **champ appliqué + champ de la charge d'espace, en polarité positive.**
    b) champ appliqué - champ de la charge d'espace, en polarité positive.

c) champ appliqué + champ de la charge d'espace, en polarité négative.
d) **champ appliqué - champ de la charge d'espace, en polarité négative.**

11. En polarité négative, le courant généré par la décharge couronne est du au déplacement des :
a) atomes.
b) **ions négatifs.**
c) ions positifs.
d) **électrons.**

12. Le courant généré par la décharge couronne est de l'ordre :
a) **du milliampère.**
b) **du microampère.**
c) de l'Ampère.
d) du kiloampère.

13. Les pertes couronne sont dues :
a) au courant traversant le conducteur de l'énergie transportée.
b) **au courant transversal entre le conducteur et l'air.**
c) au bruit de grésillement des lignes HT.
d) a et b au même temps.

14. Les pertes couronne dans un conducteur HT sont dites :
a) généralisées lorsqu'elles se produisent sur tout le réseau électrique.
b) **généralisées lorsqu'elles se produisent sur toute la surface du conducteur**
c) généralisées lorsqu'elles se produisent sur les aspérités du conducteur.
d) toutes les propositions sont fausses.

15. L'effet couronne est à l'origine des perturbations des ondes radio, car :
a) **la fréquence des ondes produites sont du même ordre de grandeur que celle des ondes radio.**
b) les ondes radio sont les plus fréquentes.
c) elles ont une énergie faible.
d) toutes les propositions sont fausses.

16. L'apparence lumineuse de la décharge couronne a la forme :
a) d'un spot (point) lumineux en polarité positive.
b) **d'un spot (point) lumineux en polarité négative.**
c) **de streamers en polarité positive.**
d) de streamers en polarité négative.

17. Soient deux électrodes planes distantes de 1 cm et soumises à une tension élevée. Que se produit-il lorsqu'on applique une tension égale à 30 kV?
a) **Claquage.**
b) Décharge couronne.
c) Décharge couronne puis claquage.
d) Les 2 au même temps.

18. Vrai/Faux ?
a) Un électron trop lent n'a pas l'énergie nécessaire pour provoquer l'ionisation. **VRAI**
b) Un électron très rapide a plus de probabilité d'ioniser qu'un électron rapide. **VRAI**
c) Un électron rapide a plus de probabilité d'ioniser qu'un électron lent. **VRAI**
d) Il y a une énergie (vitesse) optimale de l'électron qui lui permet d'avoir une grande probabilité d'ionisation. **VRAI**

19. Vrai/Faux ?
a) Tous les gaz sont isolants. **VRAI**
b) Tous les gaz sont conducteurs. **FAUX**
c) Tous les gaz sont semi- conducteurs. **FAUX**
d) Certains gaz sont isolants et d'autres sont conducteurs. **FAUX**

20. **La permittivité diélectrique des gaz :**
a) varie d'un gaz à un autre. **FAUX**
b) est la même pour tous les gaz. **VRAI**
c) est inférieure à celle des métaux. **VRAI**
d) est supérieure à celle des métaux. **FAUX**