

Examen final

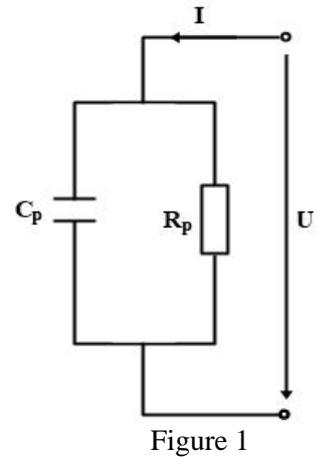
Compréhension (04 pts)

En haute tension, expliquez brièvement les phénomènes suivants :

- Claquage de l'air ;
- Contournement ;
- Effet de pointe ;
- Effet de couronne.

Exercice 1 (05 pts)

Un matériau diélectrique est modélisé par un circuit équivalent parallèle composé d'une capacité C_p en parallèle avec une résistance R_p . Ce circuit est soumis à une tension alternative U de fréquence f (Figure 1).



- 1- Tracer le diagramme vectoriel de tension et des courants.
- 2- Démontrer les expressions décrivant :
 - a- Le facteur de perte diélectrique $\tan \delta$ en fonction de R_p , C_p et ω .
 - b- La puissance dissipée Δp (perte par effet joule) dans le diélectrique.
- 3- Application numérique :
 Calculer C_p et R_p , si : $U = 5 \text{ kV}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $\tan \delta = 0.025$ et $\Delta p = 20 \text{ W}$.

Exercice 2 (04 pts)

Pour obtenir une induction $B = 1,2 \text{ T}$ dans une bobine à noyau magnétique, il faut appliquer :

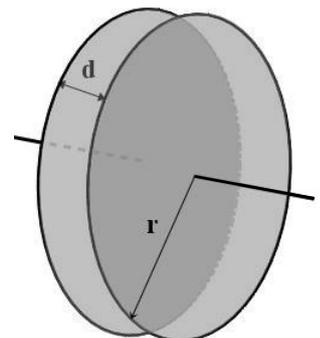
- Un champ magnétique $H_1 = 600 \text{ A/m}$, si le noyau est en fer doux.
- Un champ magnétique $H_2 = 955 \text{ A/m}$, si le noyau est en fonte.

Calculer la perméabilité relative (μ_r) pour chaque matériau (fer doux et fonte).

La perméabilité du vide : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$

Exercice 3 (07 pts)

Un condensateur plan est formé de deux plaques métalliques circulaires identiques de rayon $r = 4 \text{ cm}$, espacées d'une distance $d = 10 \text{ mm}$ (Figure 2).



- 1- Calculer la capacité du condensateur sans diélectrique.
- 2- On place entre les armatures, suivant un plan médian, une lame de polyamide ($\epsilon_r = 3.5$) de 5 mm d'épaisseur et de surface égale à celle des armatures. Calculer la nouvelle capacité du condensateur.
- 3- On remplace la lame de polyamide par une lame de cuivre de même épaisseur. Quelle est alors la capacité du condensateur ?

Figure 2

La permittivité du vide : $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$

Corrigé type

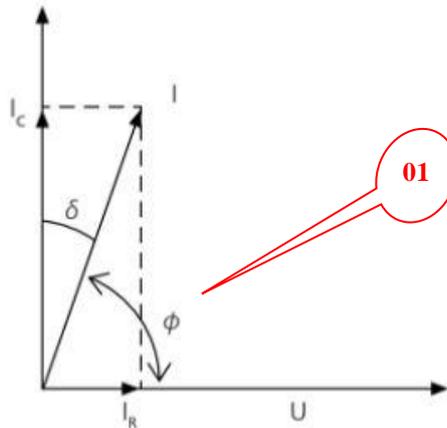
Compréhensions (04 pts)

En haute tension expliquer brièvement les phénomènes suivants :

- 01 • **Claquage de l'air** : Phénomène où l'air, normalement isolant, devient conducteur sous un champ électrique suffisamment intense, provoquant une décharge disruptive.
- 01 • **Contournement** : Création d'un arc électrique entre deux conducteurs en raison de charges accélérées.
- 01 • **Effet de Pointe** : Accumulation de charges sur les zones pointues, augmentant le champ électrique.
- 01 • **Effet de Couronne** : Ionisation de l'air autour d'un conducteur en haute tension, créant une luminescence.

Exercice 1 (05 pts)

1- Diagramme vectoriel de tension et des courants



2- Déterminer :

a- Le facteur de perte diélectrique $\text{tg}\delta$.

$$\text{tg}\delta = \frac{I_R}{I_C} = \frac{\frac{U}{R_p}}{\frac{1}{C_p \times \omega}} = \frac{1}{R_p \times C_p \times \omega}$$

b- La puissance dissipée Δp dans le diélectrique (Δp perte par effet joule).

$$\Delta p = I_R^2 \times R_p = I_R^2 = \left(\frac{U}{R_p}\right)^2 \times R_p = \frac{(U)^2}{R_p}$$

$$\text{tg}\delta = \frac{1}{R_p \times C_p \times \omega} \Rightarrow R_p = \frac{1}{\text{tg}\delta \times C_p \times \omega}$$

$$\Delta p = U^2 \times \text{tg}\delta \times C_p \times \omega$$

3- Calcul de C_p et R_p

$$C_p = \frac{\Delta p}{U^2 \times \text{tg}\delta \times \omega} = \frac{20}{(5000)^2 \times 0.025 \times 2 \times 3.14 \times 50} = 1.02 \times 10^{-7} \text{ F} = 102 \text{ nF}$$

$$R_p = \frac{1}{\text{tg}\delta \times C_p \times \omega} = \frac{1}{0.025 \times 1.02 \times 10^{-7} \times 2 \times 3.14 \times 50} = 1.25 \times 10^6 \Omega = 1.25 \text{ M}\Omega$$

$$R_p = \frac{(U)^2}{\Delta p} = \frac{(5000)^2}{20} = 1.25 \times 10^6 \Omega = 1.25 \text{ M}\Omega$$

Exercice 2 (04 pts)

Pour calculer la perméabilité relative des deux matériaux, on utilise la formule : $\mu_r = \frac{B}{\mu_0 \times H}$

Où B est l'induction magnétique (en teslas), μ_0 est la perméabilité magnétique du vide ($4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$), et H est le champ magnétique (en A/m).

Pour le fer doux, B=1 T et H=600 A/m :

$$\mu_{r(\text{fer})} = \frac{B}{\mu_0 \times H_{\text{fer}}}$$

$$\mu_r = \frac{1.2}{4\pi \times 10^{-7} \times 600} = 1592.35$$

Pour la fonte, B=1 T et H=955 A/m :

$$\mu_{r(\text{fonte})} = \frac{B}{\mu_0 \times H_{\text{fonte}}}$$

$$\mu_r = \frac{1.2}{4\pi \times 10^{-7} \times 955} = 1000.43$$

Exercice 3 (07 pts)

1. Capacité du condensateur plan sans diélectrique

La capacité C d'un condensateur plan est donnée par la formule : $C = \frac{\epsilon_0 \times S}{d}$

Où :

- ϵ_0 est la permittivité du vide ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$) ;
- S est l'aire des plaques ($S = \pi r^2$, avec $r = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m}$) ;
- d est la distance entre les plaques ($d = 10 \text{ mm} = 0.01 \text{ m}$).

Calcul de l'aire des plaques :

$$S = \pi (0.04)^2 = 5.02 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Calcul de la capacité :

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 5.02 \times 10^{-3}}{0.01} = 4.44 \times 10^{-12} \text{ F} = 4.44 \text{ pF}$$

2. Capacité avec une lame de polyamide

Une lame de polyamide d'une épaisseur de 5 mm est positionnée selon un plan médian, formant ainsi trois condensateurs en série : deux condensateurs à air et un condensateur à diélectrique polyamide (figure 1).

Lorsqu'un diélectrique est inséré entre les armatures, la capacité devient : $C_{\text{diéle}} = \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r \times S}{d_{\text{diéle}}}$ 0.5

Cependant, si le diélectrique ne remplit pas tout l'espace entre les armatures, la formule générale est :

$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \frac{1}{C_{\text{air}}} + \frac{1}{C_{\text{diéle}}} + \frac{1}{C_{\text{air}}} = \frac{2}{C_{\text{air}}} + \frac{1}{C_{\text{diéle}}} \quad 0.25$$

Chaque condensateur a une capacité donnée par :

$$C_{\text{air}} = \frac{\epsilon_0 \times S}{d_{\text{air}}} \quad 0.5$$

$$C_{\text{diéle}} = \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r \times S}{d_{\text{diéle}}} \quad 0.5$$

Où d_{air} est la distance entre le diélectrique et chaque armature et $d_{\text{diéle}}$ est l'épaisseur du diélectrique ($d_{\text{diéle}}=0.005$ m).

$$d_{\text{air}} = \frac{d - d_{\text{diéle}}}{2} \quad 0.5$$

$$d_{\text{air}} = \frac{0.01 - 0.005}{2} = 0.0025 \text{ m} \quad 0.5$$

Calcul des capacités individuelles :

$$C_{\text{air}} = \frac{\epsilon_0 \times S}{d_{\text{air}}} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 5.02 \times 10^{-3}}{0.0025} = 17.77 \times 10^{-12} \text{ F} = 17.77 \text{ pF} \quad 0.5$$

$$C_{\text{diéle}} = \frac{\epsilon_0 \times \epsilon_r \times S}{d_{\text{diéle}}} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 3.5 \times 5.02 \times 10^{-3}}{0.005} = 31.10 \times 10^{-12} \text{ F} = 31.10 \text{ pF} \quad 0.5$$

La capacité équivalente $C_{\text{éq}}$ de trois condensateurs en série est donnée par :

$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \frac{2}{17.77} + \frac{1}{31.10} = \frac{1}{6.91} \quad 0.25$$

$$C_{\text{éq}} = 6.91 \times 10^{-12} \text{ F} = 6.91 \text{ pF} \quad 0.5$$

3. Capacité avec une lame de cuivre

Le cuivre est un conducteur parfait, donc le champ électrique est nul à l'intérieur. Lorsque la lame de cuivre est insérée entre les armatures, elle divise le condensateur en deux condensateurs en série de capacité égale.

La capacité équivalente $C_{\text{éq}}$ de trois condensateurs en série est donnée par :

$$\frac{1}{C_{\text{éq}}} = \frac{1}{C_{\text{air}}} + \frac{1}{C_{\text{air}}} + \frac{2}{C_{\text{air}}} = \frac{1}{8.88} \quad 0.5$$

$$C_{\text{éq}} = 8.88 \times 10^{-12} \text{ F} = 8.88 \text{ pF} \quad 0.5$$