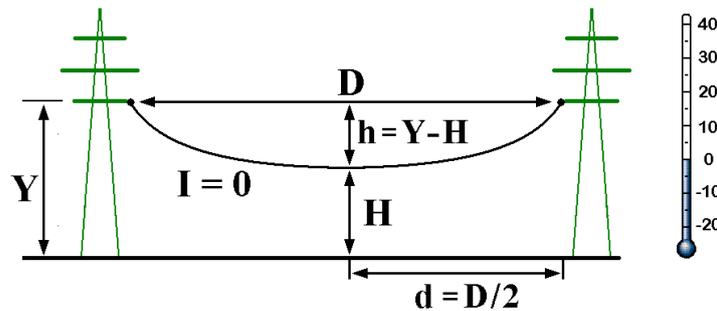


EXERCICES DU CHAPITRE 7 – APPLICATIONS

1. LIGNE AÉRIENNE

Une ligne aérienne à haute tension 380 kV, est suspendue entre deux pylônes séparés par une distance D . La hauteur des points de suspension est Y . En l'absence de courant, le conducteur le plus bas, de rayon R , passe à une hauteur H au-dessus du sol, la température ambiante étant de 0°C .

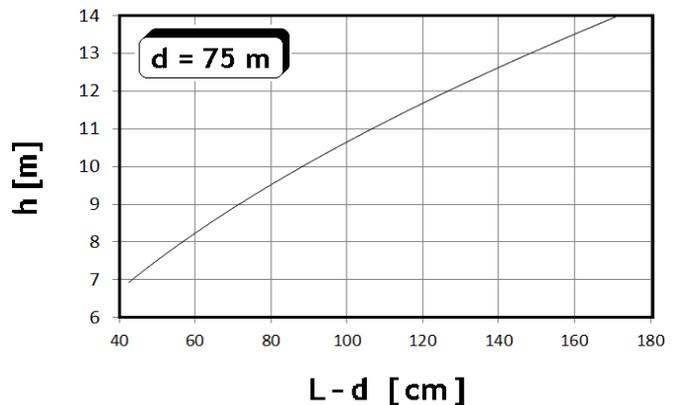


Questions

- Quel courant peut-on faire circuler dans ce conducteur, lorsque la température ambiante est de 0°C ?
- Et lorsque la température ambiante est de 20°C ?

Indications :

- Selon l'ordonnance fédérale sur les lignes électriques aériennes, la distance verticale de sécurité à respecter entre un conducteur sous tension et le sol doit être au moins égale à $7,50\text{ m} + 1\text{ cm par kV de tension nominale}$.
- La relation paramétrique entre la flèche h du conducteur et son allongement sur la demi-longueur, $L - d$, est donnée par le graphique ci-contre pour un écartement des pylônes $D = 150\text{ m}$ ($d = 75\text{ m}$)



Application numérique :

$$D = 150\text{ m}$$

$$H = 16\text{ m}$$

$$Y = 23,50\text{ m}$$

$$R = 1,6\text{ cm}$$

$$\alpha = 2,3 \cdot 10^{-4}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \quad : \quad \text{coefficient de dilatation du conducteur}$$

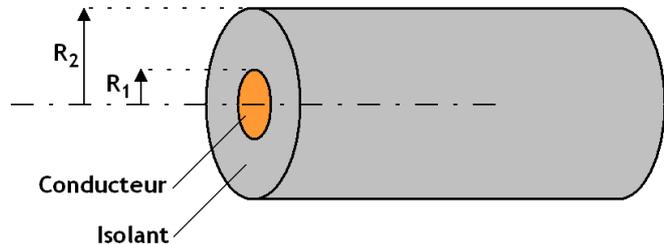
$$k_0 = 8\text{ W m}^{-2}\text{ }^\circ\text{C}^{-1} \quad : \quad \text{coefficient de transfert de chaleur}$$

$$\rho_0 = 1,8 \cdot 10^{-8}\text{ } \Omega\text{ m} \quad : \quad \text{résistivité électrique}$$

2. CÂBLE AÉRONAUTIQUE

Dans le domaine aéronautique, chaque gramme transporté coûte cher, de sorte que la masse de chaque composant doit être minimisée.

On veut dimensionner un câble monopolaire pour transporter une puissance maximale P_m en courant continu, avec une masse linéique aussi faible que possible.



Question

Calculer la tension U_m optimale

On utilisera les relations suivantes :

Le courant maximal I_m qu'il est possible de faire circuler dans le câble, pour un échauffement limite donné, dépend de la section du conducteur et de l'épaisseur d'isolant, selon la loi :

$$I_m = k_1 \cdot \sqrt{k_o(R_1; R_2)} \cdot R_1^3 \quad (1)$$

avec : k_1 coefficient de proportionnalité
 $k_o(R_1; R_2)$ coefficient de transfert de chaleur.

En première approximation, on peut admettre que le transfert de chaleur est inversement proportionnel à l'épaisseur d'isolant :

$$k_o(R_1; R_2) = \alpha \cdot \frac{1}{R_2 - R_1} \quad (2)$$

Quant à la tension maximale U_m applicable sur un isolant donné (tension disruptive), en première approximation, elle est proportionnelle à son épaisseur :

$$U_m = k_2 \cdot (R_2 - R_1) \quad (3)$$

Application numérique :

$P_m = 1000 \text{ W}$
 $\rho_1 = 9000 \text{ kg/m}^3$ (cuivre)
 $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$ (polyéthylène)
 $\rho_o = 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ (cuivre)

Pour un échauffement maximal de 60°C , on peut prendre :

$$\alpha = 10^{-6} \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$k_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ [SI]}$$

Enfin, la rigidité diélectrique du polyéthylène vaut :

$$k_2 = 25 \text{ MV/m}$$

3. FILTRE ÉLECTROSTATIQUE

On veut dimensionner un filtre électrostatique cylindrique coaxial : l'électrode de charge est un fil de rayon r_1 , portée au potentiel U , alors que l'électrode de capture est le cylindre extérieur mis à la terre.

Question

Déterminer la longueur minimale du cylindre permettant d'obtenir une efficacité théorique de 100% pour des particules de $300 \mu\text{m}$ de diamètre, avec un débit d'air de $1 \text{ m}^3/\text{s}$

- Indications :
- Les particules de poussière à éliminer sont supposées sphériques
 - Il a été démontré¹ qu'une particule sphérique de rayon R et de permittivité relative ϵ_r , dans un champ électrique E , acquiert une charge Q donnée par :

$$Q(E) = 4\pi\epsilon_0 \frac{3\epsilon_r}{\epsilon_r + 2} R^2 E \quad [C] \quad (1)$$

- Le volume occupé par le fil, à l'intérieur du cylindre, est considéré comme négligeable.

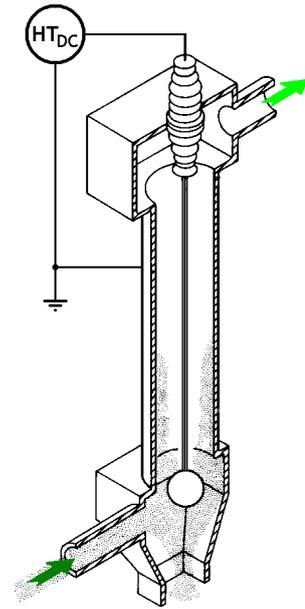
Application numérique :

Pour les poussières

- $\epsilon_r = 2$ (permittivité relative)
 $\rho = 4000 \text{ kg/m}^3$ (masse volumique)
 $R = 150 \mu\text{m}$ (rayon des particules)

Pour le filtre

- $U = 10 \text{ kV}$ (potentiel du fil)
 $R_1 = 1 \text{ mm}$ (rayon du fil)
 $R_2 = 20 \text{ cm}$ (rayon intérieur du cylindre)
 $D = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit)



QUESTIONS TESTS SUR LE CHAPITRE 7

Sous une ligne à haute tension, le champ magnétique est-il proportionnel au courant qui circule dans la ligne ?

Pour couper le courant dans une ligne à haute tension, faut-il ouvrir d'abord le disjoncteur et ensuite le sectionneur, ou l'inverse ?

¹ M. Pauthenier, M. Moreau-Hanot, « La charge des particules sphériques dans un champ ionisé », *Journal de physique et le radium*, n°3 (1932) pp. 590-613.