

Questions :

Estimer la durée qu'un câble traditionnel mettrait pour commencer à fondre s'il était parcouru par un courant électrique de même intensité que celui parcourant le câble supraconducteur.
Discuter de l'intérêt d'utiliser un composant siège du phénomène de supraconductivité dans le projet AmpaCity.

La coupe du câble montre qu'il est constitué de cuivre, d'isolant, de semi-conducteur et d'une enveloppe.

On va supposer que seule la partie conductrice en cuivre peut fondre.

Pour fondre, le câble traditionnel en cuivre doit atteindre la température de fusion du cuivre, soit $T = 1356 \text{ K}$.

Pour cela, il doit recevoir de l'énergie électrique qui est dissipée sous forme de chaleur.

Détermination de la masse du câble :

Notons la $m_{\text{câble}}$.

Le câble mesure $L = 1 \text{ km} = 1 \times 10^3 \text{ m}$.

$$m_{\text{câble}} = \mu \cdot V = \mu \cdot L \cdot \pi \cdot r^2$$

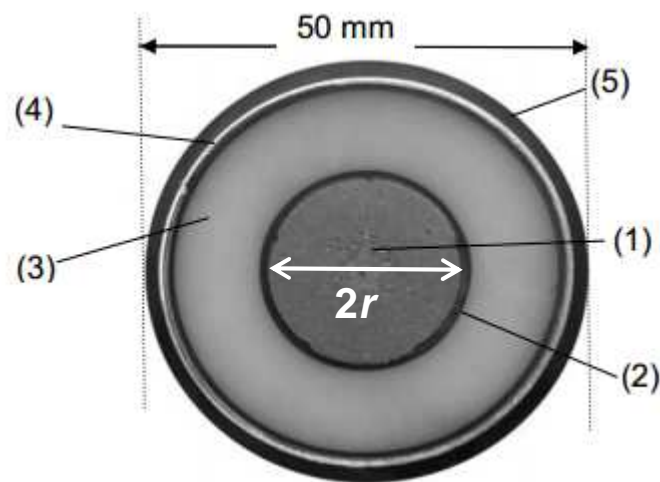
Il faut déterminer, à l'aide de la coupe, le rayon du conducteur en cuivre

Sur la coupe : $5,9 \text{ cm} \rightarrow 50 \text{ mm}$
 $2,6 \text{ cm} \rightarrow 2r \text{ mm}$

$$r = \frac{2,6 \times 50}{5,9 \times 2} = 11 \text{ mm} = 11 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Alors $m_{\text{câble}} = 8,92 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times \pi \times (11 \times 10^{-3})^2$

$m_{\text{câble}} = 3,4 \times 10^3 \text{ kg}$ valeur non arrondie stockée en mémoire

Détermination de la variation d'énergie interne du conducteur en cuivre :

On suppose qu'initialement le câble est à la température de 20°C , soit 293 K .

Pour fondre, son énergie interne doit varier de ΔU .

$$\Delta U = m_{\text{câble}} \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = 3,4 \times 10^3 \times 390 \times (1356 - 293)$$

$\Delta U = 1,4 \times 10^9 \text{ J}$ valeur non arrondie stockée en mémoire

Cette énergie est fournie au câble à l'aide d'énergie électrique dissipée sous forme de chaleur.

De plus l'énergie est le produit d'une puissance par une durée.

$$\Delta U = P_J \cdot \Delta t$$

$$\text{donc } \Delta t = \frac{\Delta U}{P_J}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta U}{R \cdot I^2}$$

Il faut déterminer la valeur de la résistance R du câble :

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

La section du conducteur vaut $S = \pi \cdot r^2$

$$R = \frac{\rho \cdot L}{\pi \cdot r^2}$$

$$R = \frac{1,7 \times 10^{-8} \times 1000}{\pi \times (11 \times 10^{-3})^2} = 4,5 \times 10^{-2} \Omega$$

Il faut déterminer l'intensité I du courant parcourant le câble :

D'après l'énoncé, les câbles sont conçus pour permettre le transfert d'une puissance de $P = 40$ MW, sous $10\,000$ V.

Comme $P = U \cdot I$, alors $I = \frac{P}{U}$.

$$I = \frac{40 \times 10^6}{10000} = 4,0 \times 10^3 \text{ A}$$

On peut alors déterminer la durée nécessaire à la fonte du câble :

$$\Delta t = \frac{\Delta U}{R \cdot I^2}$$

$$\Delta t = \frac{1,4 \times 10^9}{4,5 \times 10^{-2} \times (4,0 \times 10^3)^2} = 2,0 \times 10^3 \text{ s} = 33 \text{ min}$$

Le câble classique fondrait en 33 minutes.

Discuter de l'intérêt d'utiliser un composant siège du phénomène de supraconductivité dans le projet AmpaCity.

La supraconductivité permet d'annuler la résistance électrique du câble conducteur et ainsi d'éviter la dissipation d'énergie, sous forme de chaleur, due à l'effet Joule. Dès lors, il devient possible de faire circuler de grande quantité d'énergie électrique dans des câbles de faible section.