



Cours d'électrothermie

Chauffage par conduction

Mathieu BARDOUX

IUT du Littoral Côte d'Opale
Département Génie Thermique et Énergie

1^{re} année

Chauffage par conduction

- 1 Définition
- 2 Principe
- 3 Variation de la résistance avec la température
- 4 Résistivité de quelques corps
- 5 Variation de la résistance avec la fréquence

Rappel du plan

- 1 Définition
- 2 Principe
- 3 Variation de la résistance avec la température
- 4 Résistivité de quelques corps
- 5 Variation de la résistance avec la fréquence

Description

- ▶ Application par contact d'une différence de potentiel au matériau à chauffer
- ▶ Création d'un courant électrique
- ▶ Échauffement par effet JOULE

Applications

- ▶ Chauffage domestique et industriel
- ▶ Élaboration de matériaux vitreux
- ▶ Vitrification des déchets
- ▶ Traitement des sols pollués
- ▶ Traitement des bétons
- ▶

Rappel du plan

- 1 Définition
- 2 Principe**
- 3 Variation de la résistance avec la température
- 4 Résistivité de quelques corps
- 5 Variation de la résistance avec la fréquence

Puissance dissipée par effet Joule

Puissance thermique dissipée dans une portion de circuit :

$$P = R I^2 = U I = \frac{U^2}{R}$$

P : puissance [W]

U : tension [V]

I : intensité [A]

R : résistance [Ω]

Puissance dissipée par effet Joule

Puissance thermique dissipée dans une portion de circuit :

$$P = R I^2 = U I = \frac{U^2}{R}$$

P : puissance [W]

I : intensité [A]

U : tension [V]

R : résistance [Ω]

Attention

R est une fonction implicite de la température et de la fréquence.

Rappel du plan

- 1 Définition
- 2 Principe
- 3 Variation de la résistance avec la température**
- 4 Résistivité de quelques corps
- 5 Variation de la résistance avec la fréquence

Variation de la résistance avec la température

La résistance d'un corps varie avec la température suivant la nature du corps :

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

ρ : résistivité à la température T ($\Omega \cdot \text{m}$)

ρ_0 : résistivité à la température T_0 ($\Omega \cdot \text{m}$)

α : coefficient de température (K^{-1})

ΔT : différence de température $T - T_0$ (K)

Variation de la résistance avec la température

La résistance d'un corps varie avec la température suivant la nature du corps :

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta t) \Rightarrow R = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

R : résistance à la température T (Ω)

R_0 : résistance à la température T_0 (Ω)

α : coefficient de température (K^{-1})

ΔT : différence de température $T - T_0$ (K)

Variation de la résistance avec la température

La résistance d'un corps varie avec la température suivant la nature du corps :

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta t) \Rightarrow R = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

R : résistance à la température T (Ω)

R_0 : résistance à la température T_0 (Ω)

α : coefficient de température (K^{-1})

ΔT : différence de température $T - T_0$ (K)

Remarque

Le même phénomène se produit avec la résistivité *thermique*

Rappel du plan

- 1 Définition
- 2 Principe
- 3 Variation de la résistance avec la température
- 4 Résistivité de quelques corps**
- 5 Variation de la résistance avec la fréquence

Résistivité de quelques corps

Corps	$\rho [10^{-8} \Omega \cdot \text{m}]$ 0 °C	$\rho [10^{-8} \Omega \cdot \text{m}]$ 20 °C	$\alpha [10^{-3} \text{°C}^{-1}]$ 0 °C
Aluminium	2,60	2,83	4,39
Argent	1,5	1,62	4,11
Fer	8,81	10,1	7,34
Constantan 54% Cu, 45% Ni, 1% Mn	500	500	-0,03
Cuivre	1,58	1,72	4,27
Laiton 70% Cu, 30% Zn	60,2	62,0	1,55
Manganin 84% Cu, 4% Ni, 12% Mn	482	482	0,015
air	-	$2,5 \cdot 10^{14}$	-

Électrotechnique - Théodore WILDI, éd. Eska, p. 121

Rappel du plan

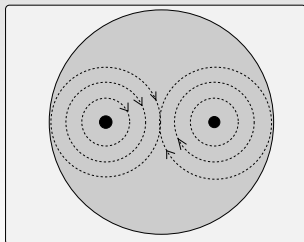
- 1 Définition
- 2 Principe
- 3 Variation de la résistance avec la température
- 4 Résistivité de quelques corps
- 5 Variation de la résistance avec la fréquence**

Variation de la résistance avec la fréquence

- ▶ La résistance d'un conducteur croît avec la fréquence.
- ▶ Cet accroissement de résistance est dû à une utilisation partielle du conducteur par le courant.
- ▶ Le courant n'a plus une répartition homogène mais à tendance à se localiser vers la périphérie du conducteur
- ▶ Cet effet s'appelle *effet de peau* ou *effet pelliculaire*

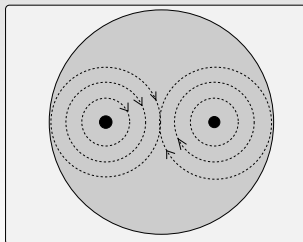
Effet de peau

- ▶ Soient deux conducteurs parcourus par des courants alternatifs identiques
- ▶ Ces courants variables génèrent autour de chaque conducteur un champ magnétique variable
- ▶ Les lignes de champ constituent une famille de cercles centrés sur chaque conducteur



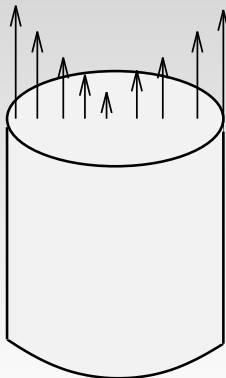
Effet de peau

- ▶ Soient deux conducteurs parcourus par des courants alternatifs identiques
- ▶ Ces courants variables génèrent autour de chaque conducteur un champ magnétique variable
- ▶ Les lignes de champ constituent une famille de cercles centrés sur chaque conducteur
- ▶ \Rightarrow Au centre du conducteur, les champs magnétiques s'opposent



Effet de peau

- ▶ Diminution locale de la densité du flux magnétique
- ▶ « Tout se passe comme si » le courant se répartissait dans une épaisseur fictive située sur la périphérie



Effet de peau

L'effet de peau devient sensible lorsque les dimensions transversales du conducteur sont de l'ordre de grandeur d'une distance ρ dite de « profondeur de pénétration ».

$$\rho = \sqrt{\frac{2\rho}{\mu_0 \omega}} = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \sigma \omega}}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$ est la *perméabilité magnétique du vide*.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu :

- ▶ Le principe de l'échauffement par effet JOULE
- ▶ La variation de résistance d'un corps en fonction de sa *température*
- ▶ La variation de résistance d'un corps en fonction de la *fréquence* du courant