

**Manuel de Validation****Fascicule V4.02 : Thermique stationnaire des structures linéiques****Document : V4.02.101**

# **TPLL101 - Chauffage par effet Joule d'un cylindre creux**

---

**Résumé :**

On impose des courants électriques à l'intérieur et à l'extérieur d'un cylindre creux de longueur finie, puis on calcule la température établie sous l'effet d'une source de chaleur produite par effet Joule. La solution de référence est analytique.

Le domaine d'application est la thermique linéaire stationnaire.

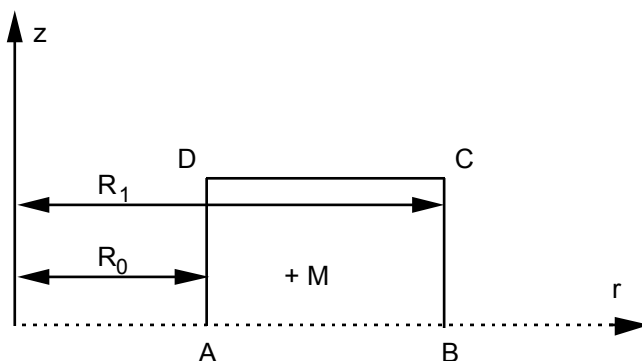
Le modèle est axisymétrique.

Le test est effectué sur les éléments QUAD8 et TRIA6.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

Axisymétrique



	A	B	C	D	M
r	1.	2.7182	2.7182	1.	1.8591
z	0.	0.	0.1	0.1	0.025

### 1.2 Propriétés de matériaux

Caractéristique électrique : conductivité électrique  $\sigma = 1. \Omega^{-1}m^{-1}$ 

Caractéristiques thermiques :  $\lambda = 2. 10^{-2} W / m^{\circ}C$   $c_p = 0.$ 

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Calcul électrique :

$$\mathbf{j} \cdot \mathbf{n} = -10. \quad \text{sur DA}$$

$$\mathbf{j} \cdot \mathbf{n} = 3.6787944 \quad \text{sur BC}$$

Calcul thermique

$$T = 0. \quad \text{sur DA}$$

$$T = 0. \quad \text{sur BC}$$

$$\text{FLUX} = 0. \quad \text{sur AB}$$

$$\text{FLUX} = 0. \quad \text{sur CD}$$

### 1.4 Conditions initiales

Calcul stationnaire.

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

- Problème élastostatique V potentiel électrique

Dans le volume  $\Delta V = 0$ .

$$\text{Conditions aux limites NEUMANN} \begin{cases} \mathbf{j} \cdot \mathbf{n} = 0. & \text{sur CD et AB} \\ \mathbf{j} \cdot \mathbf{n} = -10. & \text{sur AD} \\ \mathbf{j} \cdot \mathbf{n} = 3.6787944 & \text{sur BC} \end{cases}$$

$\sigma$  conductivité électrique = 1.

$$\mathbf{j} \cdot \mathbf{n} = -\sigma \nabla V$$

Solution axisymétrique

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial V}{\partial r} \right) = 0 \Rightarrow V = V_0 L_{og} \frac{r}{A}$$

Les conditions aux limites sur AD et BC imposent :

$$V_0 = 10.$$

**Remarque :**

| La connaissance de  $A$  n'est pas nécessaire pour le calcul thermique.

- Problème thermique T la température

$$-\lambda \Delta T = s \quad \text{avec une source volumique} \quad s = \sigma (\nabla V)^2$$

Conditions aux limites :  $T = 0$ . sur DA et BC  $-\lambda \nabla T \cdot \mathbf{n} = 0$  sur DC et AB

Solution axisymétrique :

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) = -\frac{\sigma}{1} \frac{v_0^2}{r^2} \Rightarrow \text{Compte tenu des conditions aux limites}$$

$$T(r) = -\frac{1}{2} \sigma \frac{v_0^2}{\lambda} L_{og} \left( \frac{r}{R_0} \right) L_{og} \left( \frac{r}{R_1} \right)$$

### 2.2 Résultats de référence

$T = 5.889313 \cdot 10^2$  (température au point M).

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément THAXTR6

Point M : N200

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 305

Nombre d'éléments : 120

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot clé facteur	Mot clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	AXIS
% calcul électrique			
AFFE_CHAR_THER	FLUX_REP		
THER_LINEAIRE			
CALC_CHAM_ELEM	OPTION	' SOUR_ELGA_ELEC '	
% calcul thermique			
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO FLUX_REP SOURCE	SOUR_CALCULEE	
THER_LINEAIRE			

### 4 Résultats de la modélisation A

#### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
Température au point M N200	5.889313 10 <sup>2</sup>	5.891298 10 <sup>2</sup>	0.034

#### 4.2 Remarques

Les conditions aux limites du problème électrique sont toutes des conditions de NEUMANN. Néanmoins, on retrouve la solution analytique.

#### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 5.4.17

Machine : SGI O-2000

Encombrement mémoire : 32 Mo

Système :

Temps CPU User :

IRIX 64

2.0 secondes

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Elément THAXQU8

Point M : N186

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 245

Nombre d'éléments : 60

### 5.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot clé facteur	Mot clé simple	Argument
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION	AXIS
% calcul électrique			
AFFE_CHAR_THER	FLUX_REP		
THER_LINEAIRE			
CALC_CHAM_ELEM	OPTION	'SOUR_ELGA_ELEC'	
% calcul thermique			
AFFE_CHAR_THER	TEMP_IMPO		
	FLUX_REP		
	SOURCE	SOUR_CALCULEE	
THER_LINEAIRE			

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
Température au point M N186	5.889313 10 <sup>2</sup>	5.892292 10 <sup>2</sup>	0.051

### 6.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.4.17

Machine : SGI O-2000

Encombrement mémoire : 64 Mo

Système :

Temps CPU User :

IRIX 64

2.00 secondes

---

## 7 Synthèse des résultats

---

En plus du test présenté, on a effectué un calcul sur structure (COTHAA). Les résultats obtenus ont été comparés avec ceux obtenus à l'aide du Code CASTEM 2000. On obtient des résultats très proches.