

**Manuel de Validation****Fascicule V4.23 : Thermique transitoire des systèmes plans****Document : V4.23.100**

# TTLP100 - Echange-paroi en thermique transitoire

---

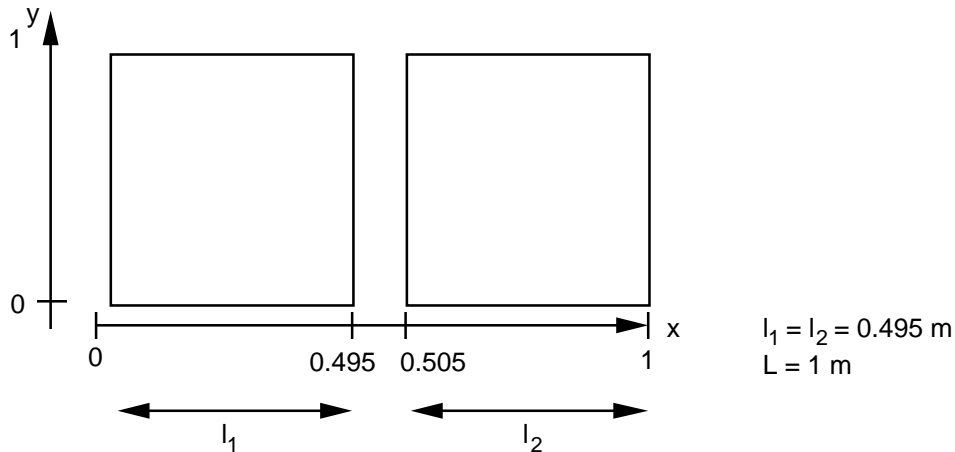
**Résumé**

On calcule la réponse thermique transitoire linéaire ou non linéaire de deux plaques séparées par un jeu dans lequel s'effectue un transfert de chaleur. Le problème est 2D mais les conditions aux limites font que la température ne dépend que de l'abscisse et du temps. On atteint rapidement l'état stationnaire, qui est calculable analytiquement.

Le test permet de vérifier la bonne prise en compte des termes liés à l'échange de chaleur entre 2 parois.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés de matériaux

$$\lambda = 40 \text{ W / m}^\circ\text{C}$$

$$\rho c_p = 7.3 \cdot 10^{-4} \text{ J / m}^3\text{ }^\circ\text{C} \quad \text{ou} \quad \beta = \begin{cases} 0 & \text{à } 0^\circ\text{C} \\ 220 \cdot 10^{-3} \text{ J / m}^3 & \text{à } 300^\circ\text{C} \end{cases}$$

Pour traiter le même problème en thermique non linéaire, on définit une enthalpie  $\beta$  affine dont la pente est égale à la chaleur massique  $\rho c_p$ .

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

$$T(x = 0) = 100^\circ\text{C} = T_0$$

$$T(x = L) = 300^\circ\text{C} = T_L$$

Echange de chaleur entre les parois situées en  $x = 0.495$  et  $x = 0.505$ , avec un coefficient d'échange de  $80 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 1.4 Conditions initiales

$$T(t = 0) = \begin{cases} T_0 & \text{dans la plaque de gauche} \\ T_L & \text{dans la plaque de droite} \end{cases}$$

## 2 Solution de référence

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

La solution analytique stationnaire est obtenue en résolvant un Laplacien nul sur chacune des deux plaques de la forme  $T(x) = ax + b$ , les 4 coefficients (2 par plaque) sont obtenus en explicitant les conditions aux limites :

$$\begin{aligned} \text{D'où : } 0 \leq x \leq 0.495 : T &= T_o + \frac{h(T_L - T_o)}{\lambda + h(l_1 + l_2)} x \\ 0.505 \leq x \leq 1 : T &= T_L - \frac{h(T_L - T_o)}{\lambda + h(l_1 + l_2)} (L - x) \end{aligned}$$

### 2.2 Résultats de référence

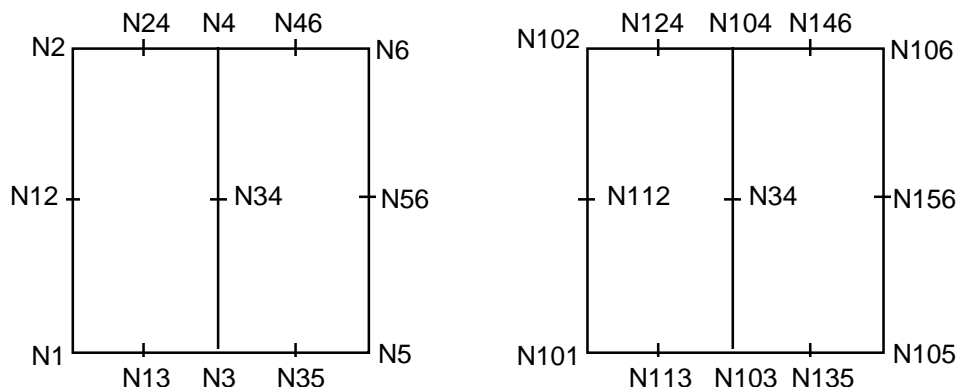
Les températures sur la ligne  $y = 0$

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation



Le maillage est effectué avec des éléments de type QUAD8.

Le calcul est fait en thermique linéaire, avec  $\theta = 0.57$ .

On fait 50 pas de temps de 0 à  $5 \cdot 10^{-2}$  s. Les résultats sont examinés en  $t = 5 \cdot 10^{-2}$  s.

#### 3.2 Caractéristiques du maillage

4 QUAD8, 4 SEG3, 26 nœuds

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commande		Clés
AFFE_CHAR_THER	ECHANGE_PAROI	[U4.25.02]
THER_LINEAIRE	PARM_THETA	[U4.33.01]

### 4 Résultats de la modélisation A

#### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
TEMP nœud N3	133.557026	133.557047	+1.6 $10^{-5}$
TEMP nœud N5	166.442953	166.442907	-2.8 $10^{-5}$
TEMP nœud N101	233.557047	233.557093	+2. $10^{-5}$
TEMP nœud N103	266.442953	266.442973	+7.5 $10^{-6}$

#### 4.2 Remarques

La solution *Aster* a atteint l'état stationnaire à partir de  $t = 4.7 \cdot 10^{-2}$  s.

#### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.6.0

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8MW

Temps CPU User : 14 secondes

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Le calcul est fait en thermique non linéaire, avec  $\theta = 0.57$ .

On fait 1 pas de temps de 0 à  $10^{-9}$  s et 300 pas de temps de  $10^{-9}$  s à  $1.5 \cdot 10^{-5}$  s.

Les résultats sont examinés en  $t = 1.5 \cdot 10^{-5}$  s.

### 5.2 Caractéristiques du maillage

4 QUAD8, 4 SEG3, 26 nœuds

### 5.3 Fonctionnalités testées

Commande	Clés
AFFE_CHAR_THER ECHANGE_PAROI	[U4.25.02]
THER_NON_LINE PARM_THETA	[U4.33.02]

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
TEMP nœud N3	133.557026	133.500054	-0.043
TEMP nœud N5	166.442953	166.399598	-0.026
TEMP nœud N101	233.557047	233.619046	0.027
TEMP nœud N103	266.442953	266.513231	0.026

### 6.2 Remarques

La précision exigée sur les résultats n'est que de  $10^{-3}$  (au lieu de  $10^{-6}$  en linéaire) car on n'a pas encore, à  $t = 1.5 \cdot 10^{-5}$  s, rigoureusement atteint l'état stationnaire.

### 6.3 Paramètres d'exécution

Version : 3.6.0

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 50 MW

Temps CPU User : 1700 secondes

---

## 7 Synthèses des résultats

---

L'énorme différence de temps de calcul entre THER\_LINEAIRE et THER\_NON\_LINE s'explique en partie par le fait qu'on a dû discrétiser beaucoup plus finement les pas de temps en non linéaire (3000 entre 0 et  $1.5 \cdot 10^{-5}$  s au lieu de 50 entre 0 et  $5 \cdot 10^{-2}$  s) pour assurer la convergence de THER\_NON\_LINE.

D'autre part, l'algorithme de Lagrangien augmenté utilisé dans THER\_NON\_LINE est beaucoup plus coûteux que la simple  $\theta$ -méthode utilisée dans THER\_LINEAIRE.

Une demande d'amélioration des performances a été déposée.