

**Manuel de Validation****Fascicule V4.23 : Thermique transitoire des systèmes plans  
Document V4.23.304**

# **TTLP304 - Transfert de chaleur dans une plaque orthotrope : flux imposés**

---

**Résumé :**

Ce test est issu de la validation indépendante de la version 3 en thermique transitoire linéaire.

Il s'agit d'un problème 2D plan représenté par une modélisation (plane).

Les fonctionnalités testées sont les suivantes :

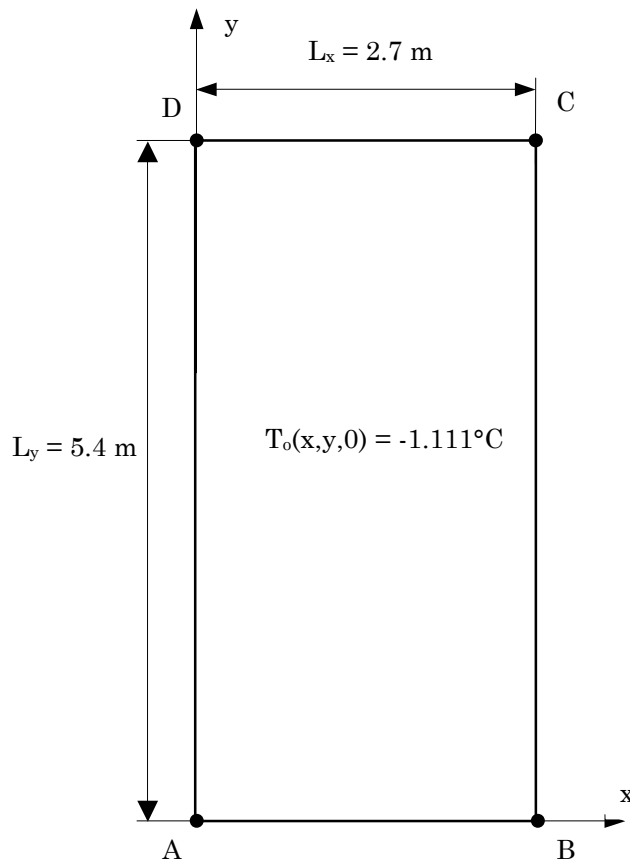
- élément thermique plan,
- matériau orthotrope,
- algorithme de thermique transitoire,
- conditions limites : flux imposé.

L'intérêt du test réside dans la prise en compte d'un matériau orthotrope.

Les résultats sont comparés à une solution analytique.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés du matériau

$\lambda_x$	=	2.638 W/m °C	conductivité thermique suivant l'axe x
$\lambda_y$	=	0.633 W/m °C	conductivité thermique suivant l'axe y
$\rho c$	=	1899.1 J/m <sup>3</sup> °C	chaleur volumique

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Contour [AB], [BC], [CD] :  $T = -17.778^\circ\text{C}$   
Côté [AD] :  $\varphi = 0$

### 1.4 Conditions initiales

$T(t = 0) = -1.111^\circ\text{C}$

## 2 Solution de référence

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

$$T(x, y, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} B_n \cos \frac{(2n-1)\pi x}{2L_x} \sin \frac{j\pi y}{L_y} \exp \left[ - \left( \frac{\lambda_x (2n-1)^2 \pi^2}{4L_x^2} + \frac{\lambda_y j^2 \pi^2}{L_y^2} \right) t \right]$$

$$\text{où } B_n = \left[ \frac{8(T_i)}{\pi^2 j(2n-1)} (-1)^{n+2} [(-1)^j - 1] - 32 \right] \frac{5}{9} \quad T_i = \frac{5}{9} T_o + 32$$

Température en °F à t=1.2 hr (4320s)

2.7	-15,6151	-15,6480	-15,7455	-15,9049	-16,1211	-16,3876	-16,6964	-17,0381	-17,4022	-17,7778	
2.4	-15,6462	-15,6786	-15,7748	-15,9318	-16,1449	-16,4076	-16,7120	-17,0487	-17,4076	-17,7778	
2.1	-15,7391	-15,7700	-15,8620	-16,0122	-16,2160	-16,4673	-16,7584	-17,0805	-17,4238	-17,7778	
1.8	-15,8921	-15,9208	-16,0058	-16,1447	-16,3333	-16,5657	-16,8349	-17,1328	-17,4503	-17,7778	
1.5	-16,1025	-16,1279	-16,2035	-16,3269	-16,4944	-16,7009	-16,9401	-17,2048	-17,4869	-17,7778	
1.2	-16,3655	-16,3869	-16,4506	-16,5547	-16,6959	-16,8700	-17,0716	-17,2947	-17,5325	-17,7778	
0.9	-16,6744	-16,6911	-16,7409	-16,8222	-16,9325	-17,0685	-17,2261	-17,4004	-17,5862	-17,7778	
0.6	-17,0203	-17,0318	-17,0660	-17,1218	-17,1975	-17,2909	-17,3991	-17,5187	-17,6462	-17,7778	
0.3	-17,3923	-17,3982	-17,4156	-17,4440	-17,4825	-17,5300	-17,5851	-17,6459	-17,7108	-17,7778	
0.0	-17,7778	-17,7778	-17,7778	-17,7778	-17,7778	-17,7778	-17,7778	-17,7778	-17,7778	-17,7778	
Y↑	X→	0.0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7

Les valeurs de référence sont obtenues avec n=j=1000

### 2.2 Résultats de référence

t = 1.2hr (4320s) : température aux points suivants :

- en x = 0.0 : pour y = 0.6, 1.5, 2.7,
- en x = 0.9 : pour y = 0.6, 1.5, 2.7,
- en x = 1.8 : pour y = 0.6, 1.5, 2.7.

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

### 2.4 Références bibliographiques

- [1] J.C. Bruch Jr., G. Zyrolowski, 'Transient two-dimensional heat conduction problems solved by the finite element method', Int. J. num. Meth. Engng, vol 8, n°3, pp 481-494, 1974.

### 3 Modélisation A

#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

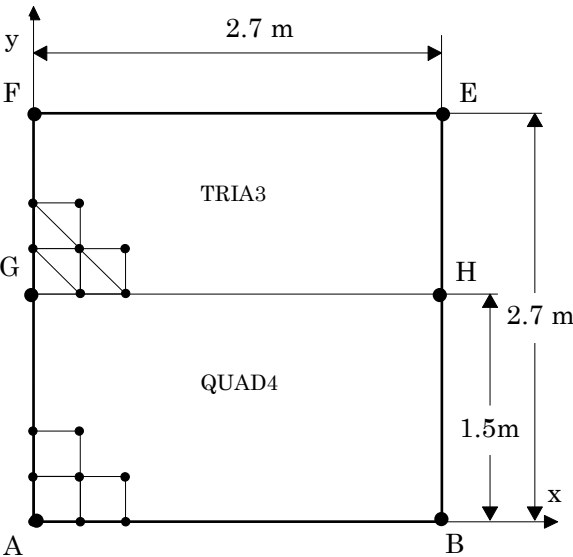
PLAN (QUAD4, TRIA3)

Conditions limites

- cotés AB,BH,HE:  $T=-1.111^{\circ}\text{C}$
- cotés EF, FG, GA:  $\varphi = 0$

Découpage:

- AB,GH,FE 9 éléments
- AG,BH 5 éléments
- GF,HE 4 éléments



#### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 100  
 Nombre de mailles et types : 117 (45 QUAD4, 72 TRIA3)

#### 3.3 Fonctionnalités testées

Commandes			
AFFE_MODELE	THERMIQUE	PLAN	TOUT
DEFI_MATERIAU	THER_ORTH		
AFFE_CHAR_THER_F	TEMP_IMPO		
AFFE_CARA_ELEM	MASSIF		
THER_LINEAIRE	TEMP_INIT	VALE	
	CARA_ELEM		
	LIST_INST		
RECU_CHAMP	INST		

#### 3.4 Remarques

La discrétisation en pas de temps est la suivante :

- 10 pas pour [ 0. , 5.00D0 ] soit  $\Delta t = 0.5$
- 9 pas pour [ 5.00D0 , 5.00D1 ] soit  $\Delta t = 5.$
- 9 pas pour [ 5.00D1 , 5.00D2 ] soit  $\Delta t = 50.$
- 38 pas pour [ 5.00D2 , 4.30D3 ] soit  $\Delta t = 100.$
- 1 pas pour [ 4.30D3 , 4.32D3 ] soit  $\Delta t = 20.$

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	Ecart relatif %		Ecart Absolu	
			différence	tolérance	différence	tolérance
Température en °F						
x = 0.0						
N3 (y = 0.6)	-17.0203	-17.0146	-0.033	1%	0.006	0.05
N6 (y = 1.5)	-16.1025	-16.0957	-0.042	1%	0.007	0.05
N10 (y = 2.7)	-15.6151	-15.5784	-0.235	1%	0.037	0.05
x = 0.9						
N33 (y = 0.6)	-17.1218	-17.1167	0.029	1%	0.005	0.05
N36 (y = 1.5)	-16.3269	-16.3127	-0.087	1%	0.014	0.05
N40 (y = 2.7)	-15.9049	-15.8905	-0.091	1%	0.014	0.05
x = 1.8						
N63 (y = 0.6)	-17.3991	-17.3961	-0.017	1%	0.003	0.05
N66 (y = 1.5)	-16.9401	-16.9297	-0.061	1%	0.010	0.05
N70 (y = 2.7)	-16.6964	-16.6930	-0.020	1%	0.003	0.05

### 4.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.03

Machine : SGI - ORIGIN 2000 - R12000

Encombrement mémoire : 8 mégamots

Temps CPU User : 4.11 secondes

## 5 Synthèse des résultats

---

Les résultats obtenus sont satisfaisants, l'écart maximum obtenu est de 0.235%.

Pour les points d'observation retenus, les écarts sont plus importants aux nœuds appartenant aux mailles TRIA3.