

TTLV300 - Parallélépipède soumis à une densité de flux sur ses faces

Résumé :

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

Il s'agit d'un problème volumique représenté par une modélisation 3D.

Les fonctionnalités testées sont les suivantes :

- élément thermique volumique,
- algorithme de thermique transitoire,
- conditions limites : flux imposé.

Les résultats sont comparés à une solution analytique tridimensionnelle.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

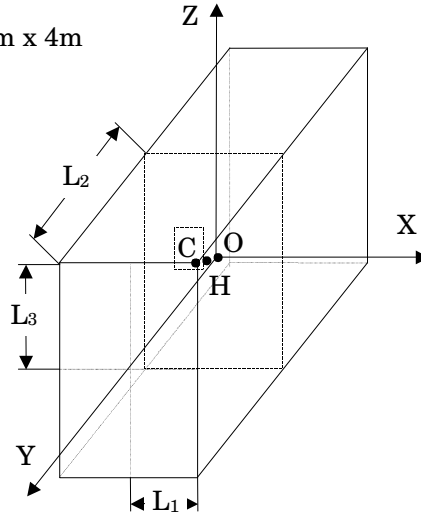
Dimensions du parallélépipède: 2m x 3.2m x 4m

- $L_1 = 1.0 \text{ m}$
- $L_2 = 1.6 \text{ m}$
- $L_3 = 2.0 \text{ m}$

Point O (0.,0.,0.)

Point H (0.5,0.8,1.0)

Point C (1.0,1.6,2.0)



1.2 Propriétés du matériau

$\lambda = 1. \text{ W/m}^\circ\text{C}$	conductivité thermique
$c_p = 1. \text{ J/kg}^\circ\text{C}$	chaleur spécifique
$\rho = 1. \text{ kg/m}^3$	masse volumique

1.3 Conditions aux limites et chargements

Flux imposé sur les 6 faces $q = 0.5 \text{ W/m}^2 = q_w$

1.4 Conditions initiales

$T(t=0) = 1^\circ\text{C} = T_0$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

$$T(x, y, z, t) = T_0 + 2q_w \frac{\sqrt{\alpha t}}{\lambda} (A + B + C) \text{ avec :}$$
$$A = \sum_{m=0}^{\infty} \left[i.\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)L_1 + x}{2\sqrt{\alpha t}} \right] + i.\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)L_1 - x}{2\sqrt{\alpha t}} \right] \right]$$
$$B = \sum_{m=0}^{\infty} \left[i.\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)L_2 + y}{2\sqrt{\alpha t}} \right] + i.\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)L_2 - y}{2\sqrt{\alpha t}} \right] \right]$$
$$C = \sum_{m=0}^{\infty} \left[i.\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)L_3 + z}{2\sqrt{\alpha t}} \right] + i.\operatorname{erfc} \left[\frac{(2m-1)L_3 - z}{2\sqrt{\alpha t}} \right] \right]$$
$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p}$$

Les valeurs de référence sont obtenues avec $m = 1000$.

2.2 Résultats de référence

Température aux points : $O(0,0,0)$, $H(0.5,0.8,1.)$ et $C(1.,1.6,2.)$

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

- M.J Chang, L.C Chow, W.S Chang, "Improved alternating direction implicit for solving transient three dimensional heat diffusion problems", Numerical Heat Transfer, vol 19, pp 69-84, 1991.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3D (HEXA8, PENTA6)

Modélisation 1/8 du parallélépipède

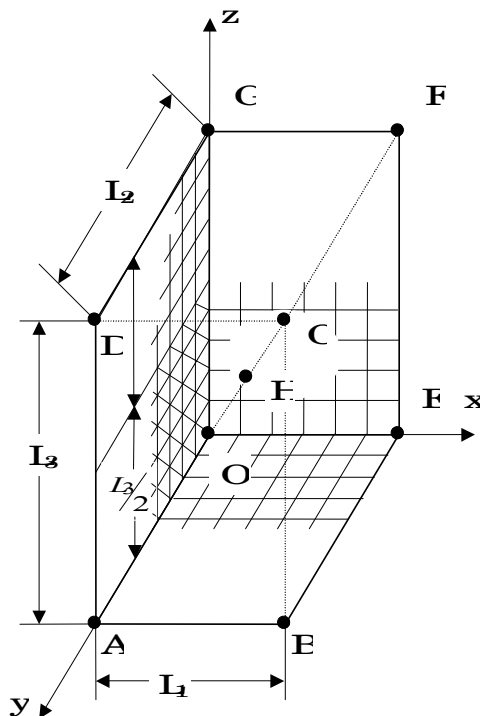
Maillage :

- 6 éléments suivant x
- 8 éléments suivant y
- 10 éléments suivant z

Conditions limites :

- faces [ABCD], [BEFC], [DEFG] : $q_v = 0.5$
- faces [ABFC], [ACGD], [CEFG] : $\phi = 0$

Rois	x	y	z	Nœud
O	0.00	0.00	0.00	N2
H	0.50	0.8	1.00	N109
C	1.00	1.6	2.00	N814



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 819
Nombre de mailles et types : 288 HEXA8, 576 PENTA6 (168 QUAD4, 96 TRIA3)

3.3 Remarques

La condition limite $\phi = 0$ est implicite sur les bords libres.

Discrétisation du temps : 36 intervalles, entre 0. s et 10 s (de 0.005 s à 1. s par intervalle).

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence	Tolérance
Point O				
(N2) t = 0.05 s	1.0001	1.00000443	-0.010	1%
t = 0.1 s	1.00398	1.003172	-0.080	1%
t = 0.2 s	1.03331	1.03127	-0.198	1%
t = 0.3 s	1.08533	1.08227	-0.282	1%
t = 0.5 s	1.23086	1.2266	-0.345	1%
t = 1. s	1.69979	1.6945	-0.311	1%
t = 5. s	5.9292	5.9234	-0.098	1%
t = 10. s	11.242	11.236	-0.054	1%
Point H				
(N409) t = 0.05 s	1.0083	1.006472	-0.181	1%
t = 0.1 s	1.03819	1.03573	-0.237	1%
t = 0.2 s	1.12556	1.1229	-0.235	1%
t = 0.3 s	1.22594	1.2233	-0.217	1%
t = 0.5 s	1.43580	1.4331	-0.188	1%
t = 1. s	1.96667	1.9639	-0.140	1%
t = 5. s	6.2167	6.2139	-0.045	1%
t = 10. s	11.529	11.526	-0.023	1%
Point C				
(N814) t = 0.05 s	1.3785	1.3726	-0.429	1%
t = 0.1 s	1.5352	1.5308	-0.290	1%
t = 0.2 s	1.7572	1.7536	-0.206	1%
t = 0.3 s	1.9295	1.9261	-0.176	1%
t = 0.5 s	2.2142	2.2110	-0.146	1%
t = 1. s	2.8085	2.8054	-0.112	1%
t = 5. s	7.0792	7.0762	-0.043	1%
t = 10. s	12.392	12.389	-0.027	1%

5 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont satisfaisants. L'écart maximum (0.43%), est situé sur la surface extérieure du parallélépipède (Point C) à l'instant t le plus faible. Au bout de 10 s , cet écart diminue, le maximum est alors de 0.054% (point O : centre du parallélépipède).

Ce test a permis de tester en linéaire transitoire la modélisation 3D avec des mailles HEXA8 et PENTA6.