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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

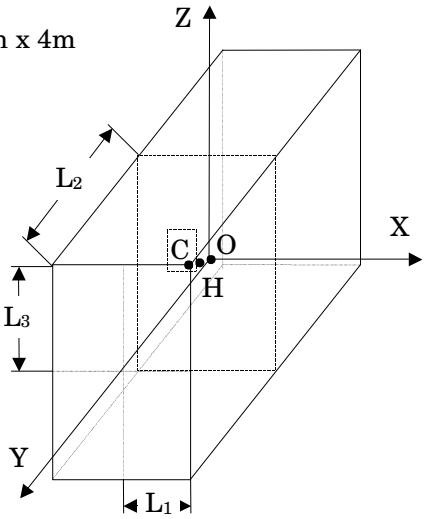
1 Problème de référence

1.1 Géométrie

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

- L_1 = 1.0 m
- L_2 = 1.6 m
- L_3 = 2.0 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

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

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

1.4 Conditions initiales

$T(t=0) = 1°C = T_0$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

$T(x,y,z,t)=T_0+2q_w\frac{\sqrt{\alpha t}}{\lambda}(A+B+C)$ avec :

$$A=\sum_{m=0}^{\infty}\left[i.erfc\left[\frac{(2m-1)L_1+x}{2\sqrt{\alpha t}}\right]+i.erfc\left[\frac{(2m-1)L_1-x}{2\sqrt{\alpha t}}\right]\right]$$

$$B=\sum_{m=0}^{\infty}\left[i.erfc\left[\frac{(2m-1)L_2+y}{2\sqrt{\alpha t}}\right]+i.erfc\left[\frac{(2m-1)L_2-y}{2\sqrt{\alpha t}}\right]\right]$$

$$C=\sum_{m=0}^{\infty}\left[i.erfc\left[\frac{(2m-1)L_3+z}{2\sqrt{\alpha t}}\right]+i.erfc\left[\frac{(2m-1)L_3-z}{2\sqrt{\alpha t}}\right]\right]$$

$$\alpha=\frac{\lambda}{\rho C_p}$$

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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3D (HEXA8, PENTA6)

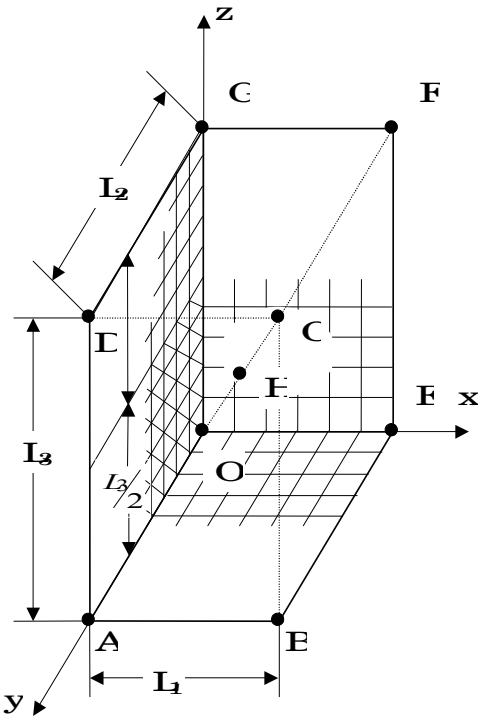
Modélisation 1/8 du parallélépipède

Maillage:

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

Conditions limites:

- faces [ABCD], [BEFC], [DCFG]: $q_v = 0.5$
- faces [ABFE], [ACGE], [CEFG]: $\varphi = 0.$



Points	x	y	z	Noeud
O	0.00	0.00	0.00	N2
H	0.50	0.8	1.00	N409
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 $\varphi = 0.$ 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).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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%

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

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.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)