

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

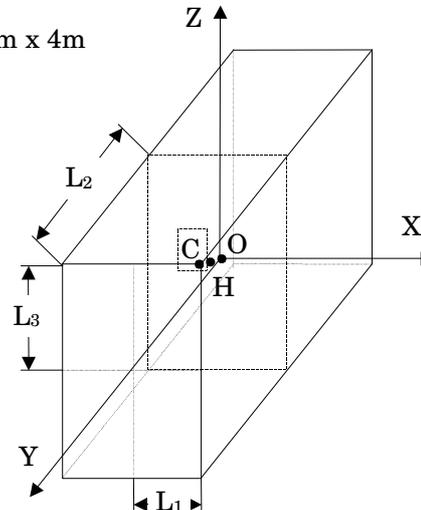
Dimensions du parallélépipède: 2m x 3.2m x 4m

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

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

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

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

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

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

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

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

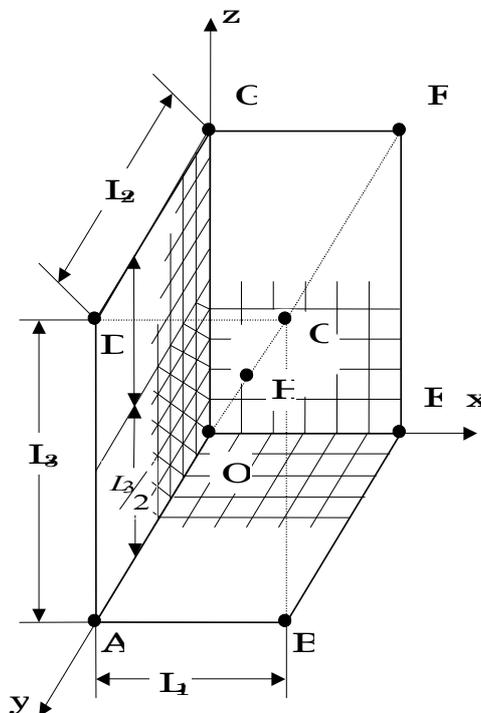
Maillage:

- 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 | 000 | 000 | 000 | N2 |
| H | 050 | 08 | 100 | N109 |
| C | 100 | 16 | 200 | 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.