# 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)

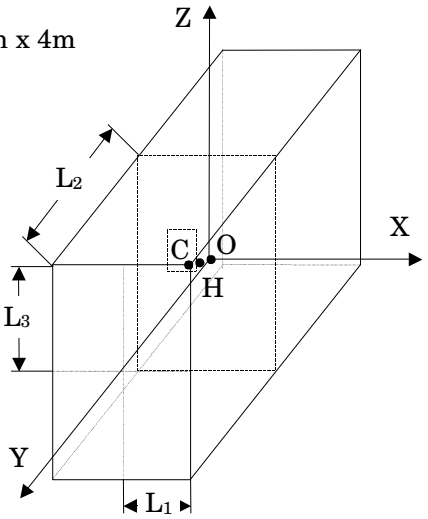
# 1 Problème de référence

## 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)

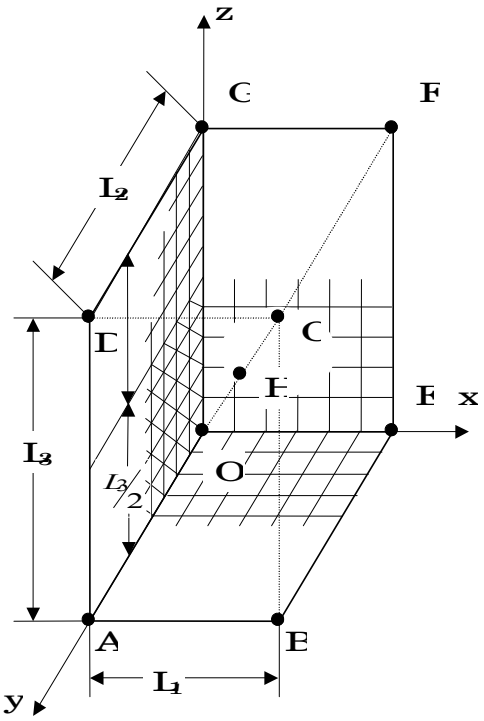
Modélisation 1/8 du parallélépipède

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)