# TPLV07 - Cube orthotrope

**Résumé :**

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

Il valide les éléments thermiques volumiques sous des conditions de flux imposé, de convection mais aussi de variation linéaire de la température extérieure.

Les résultats sont comparés avec une solution analytique (VPCS).

Dans ce test on vérifie également le calcul d'intégrale sur le bord d'un domaine thermique ainsi que le calcul de l'énergie thermique avec matériau orthotrope sur des éléments 3D.

Pour ce dernier point deux calculs sont faits en plus de celui avec le matériau orthotrope :

- un calcul avec matériau isotrope (mot-clé THER de DEFI_MATERIAU ) servant de référence
- un calcul avec matériau isotrope mais utilisant le mot-clé THER_ORTH de DEFI_MATERIAU validé par le premier calcul.

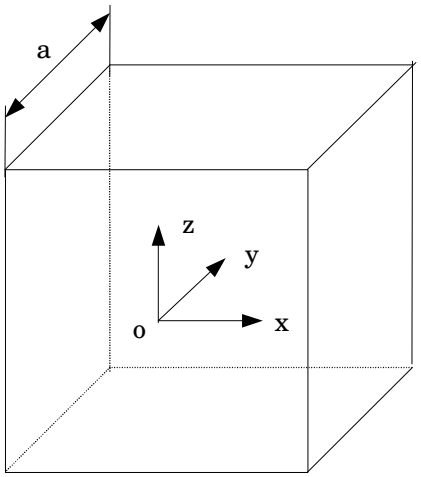
Pour le calcul réellement orthotrope on utilisera une référence NON_REGRESSION .



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie




Cube d'arête a = 0.2 m
Centre du cube = (0.,0.,0.)

## 1.2 Propriétés du matériau

$\lambda_x = 1.0\, W/m.°C$ Conductivité thermique suivant l'axe $x$
$\lambda_y = 0.75\, W/m.°C$ Conductivité thermique suivant l'axe $y$
$\lambda_z = 0.50\, W/m.°C$ Conductivité thermique suivant l'axe $z$

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

- Densité de flux normal :
  - $\varphi_n = 60\, W/m^2$ face $y = -0.1$ (flux entrant),
  - $\varphi_n = -60\, W/m^2$ face $y = 0.1$ (flux sortant),
  - $\varphi_n = 30\, W/m^2$ face $z = -0.1$ (flux entrant),
  - $\varphi_n = -30\, W/m^2$ face $z = 0.1$ (flux sortant),
- Convection sur les faces $x = -0.1$ et $x = 0.1$ : $h = 15\, W/m^2°C$,
- Variation linéaire des températures extérieures,
  - $T_{ext} = 30 - 80y - 60z$ face $x = -0.1$ ,
  - $T_{ext} = 15 - 80y - 60z$ face $x = 0.1$ .

## 1.4 Conditions initiales

Sans objet.



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

# 2 Solution de référence

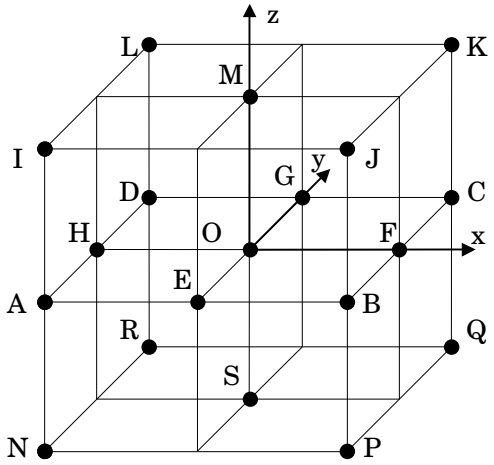
## 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est celle donnée dans la fiche TPLV07/89 du guide VPCS.

Il s'agit d'une solution analytique donnée par la formule suivante :

$$T(x,y,z) = ax+by+cz+d$$
$$= -45x - 80y - 60z + 22.5$$

| Point | T(°C) |
|---|---|
| O | 22.5 |
| A | 35.0 |
| B | 26.0 |
| C | 10.0 |
| D | 19.0 |
| E | 30.5 |
| F | 18.0 |
| G | 14.5 |
| H | 27.0 |
| I | 29.0 |
| J | 20.0 |
| K | 4.0 |
| L | 13.0 |
| M | 16.5 |
| N | 41.0 |
| P | 32.0 |
| Q | 16.0 |
| R | 25.0 |
| S | 28.5 |




$\phi_x = 45$ W/m² = constante
$\phi_y = 60$ W/m² = constante
$\phi_z = 30$ W/m² = constante

La densité de flux normal imposée sur la face $y=0.1$ étant constante, le flux normal résultant se détermine analytiquement.

## 2.2 Résultats de référence

Température aux points cités dans le tableau ci-dessus.
Valeur du flux normal résultant sur la face située en $y=0.1$ .

## 2.3 Incertitude sur la solution

Aucune (solution analytique).

## 2.4 Références bibliographiques

Guide de validation des progiciels de calcul de structures. Société Française des Mécaniciens, AFNOR 1990 ISBN 2-12-486611-7



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

# 3 Modélisation A

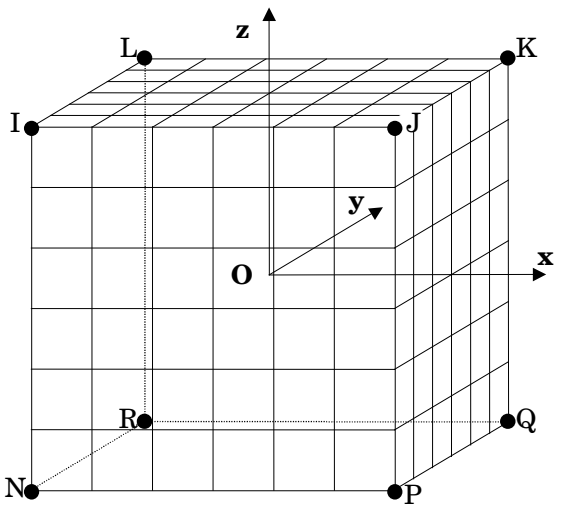
## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

**3D (HEXA8)**

Conditions limites:

- face NPJI $\phi_n$ = 60 W/m²
- face RQKL $\phi_n$ = -60 W/m²
- face NPQR $\phi_n$ = 30 W/m²
- face LJKL $\phi_n$ = -30 W/m²

- face NRLI h = 15 W/m²°C
  $T_{ext}$ = 30-80y-60z
- face PQKJ h = 15 W/m²°C
  $T_{ext}$ = 15-80y-60z




Découpage:

- 6 éléments suivant x
- 6 éléments suivant y
- 6 éléments suivant z

## 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 343
Nombre de mailles et types : 216 HEXA8 (et 216 QUAD8)

## 3.3 Remarques

La chaleur volumique $\rho C_P$ n'intervient pas dans ce test, mais doit être déclarée pour *Code_Aster*. On prend $\rho C_P = 1.0\, J/m^3\,°C$.

## 3.4 Valeurs testées

| Identification | | Référence |
|---|---|---|
| **Point** | **Nœud** | $T(°C)$ |
| *O* | *N169* | 22.5 |
| *A* | *N5* | 35.0 |
| *B* | *N301* | 26.0 |
| *C* | *N337* | 10.0 |
| *D* | *N49* | 19.0 |
| *E* | *N151* | 30.5 |
| *F* | *N316* | 18.0 |
| *G* | *N196* | 14.5 |
| *H* | *N24* | 27.0 |
| *I* | *N1* | 29.0 |
| *J* | *N298* | 20.0 |



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

| | | |
|---|---|---|
| $K$ | $N340$ | 4.0 |
| $L$ | $N44$ | 13.0 |
| $M$ | $N172$ | 16.5 |
| $N$ | $N2$ | 41.0 |
| $P$ | $N297$ | 32.0 |
| $Q$ | $N338$ | 16.0 |
| $R$ | $N43$ | 25.0 |
| $S$ | $N173$ | 28.5 |

| Point | Maille | Nœud | $\phi(W/m^2)$ |
|---|---|---|---|
| $\phi_x$ $K$ | $M211$ | $N340$ | 45.0 |
| $\phi_x$ $F$ | $M201$ | $N316$ | 45.0 |
| $\phi_x$ $O$ | $M129$ | $N169$ | 45.0 |
| $\phi_y$ $K$ | $M211$ | $N340$ | 60.0 |
| $\phi_y$ $F$ | $M201$ | $N316$ | 60.0 |
| $\phi_y$ $O$ | $M129$ | $N169$ | 60.0 |
| $\phi_z$ $K$ | $M211$ | $N340$ | 30.0 |
| $\phi_z$ $F$ | $M201$ | $N316$ | 30.0 |
| $\phi_z$ $O$ | $M129$ | $N169$ | 30.0 |

| Face | Flux normal résultant $\int_{face} \varphi . \boldsymbol{n} dS$ ( $W$ ) |
|---|---|
| $y=0.1$ | -60.0 |

**Tests du champ d'énergie thermique ETHE_ELEM :**

Matériau isotrope

| Maille | Valeur de référence | Précision (en %) | Référence |
|---|---|---|---|
| $M109$ | $-170,1559513297$ | 0,1 | AUTRE_ASTER |

Matériau orthotrope

| Maille | Valeur de référence | Précision (en %) | Référence |
|---|---|---|---|
| $M109$ | $-332,36296035464$ | 1,0E-04 | NON_REGRESSION |



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

# 4 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont excellents. Les valeurs calculées par *Aster* sont identiques aux valeurs de référence. Cela est un résultat "normalement attendu" puisque le champ solution qui est linéaire appartient à l'espace d'interpolation de l'élément testé.

Ce test a permis de tester les commandes suivantes :

- DEFI_NAPPE permettant de définir une variation de la température extérieure en fonction de l'abscisse $x$ et de l'ordonnée $y$ ,
- DEFI_MATERIAU associé au mot clé THER_ORTH, permettant de définir les caractéristiques d'un matériau orthotrope,
- AFFE_CARA_ELEM associé au mot clé MASSIF, permettant de définir les axes d'orthotropie.



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