

---

---

## ZZZZ166 - Calcul du flux en thermique

---

---

### Résumé :

Ce test a pour objet la validation des options de calcul de flux en thermique : FLUX\_ELGA et FLUX\_ELNO.

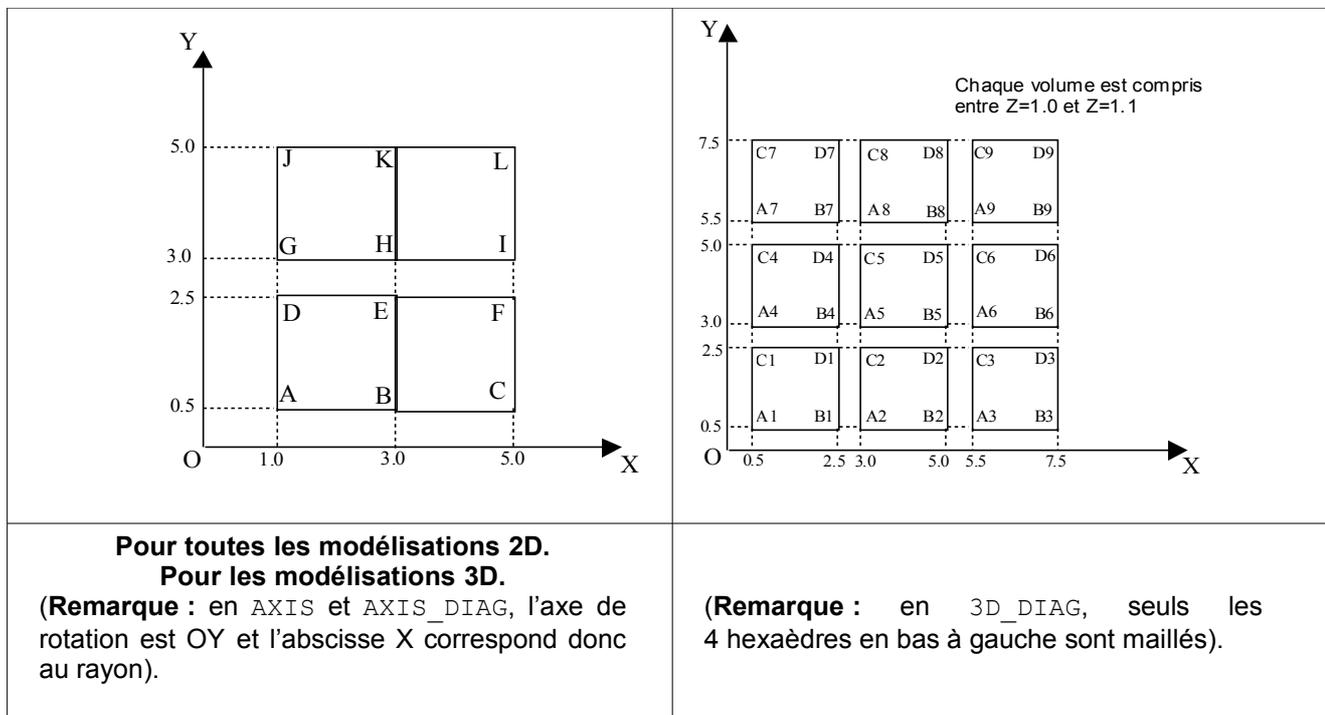
Les 6 modélisations testées sont :

- A En 2D PLAN : triangles de degré 1, quadrangles de degré 1 et 2 et quadrangles à 9 nœuds,
- B En 2D PLAN\_DIAG : triangles de degré 1 et 2, quadrangles de degré 1 et quadrangles à 9 nœuds,
- C En 2D AXIS : triangles de degré 1, quadrangles de degré 1 et 2 et quadrangles à 9 nœuds,
- D En 2D AXIS\_DIAG : triangles de degré 1 et 2, quadrangles de degré 1 et quadrangles à 9 nœuds,
- E En 3D : hexaèdres, pentaèdres, pyramides et tétraèdres de degré 1 et 2, hexaèdres à 27 nœuds,
- F En 3D\_DIAG : hexaèdres, pentaèdres, pyramides et tétraèdres de degré 1.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

Chaque carré est maillé avec un type d'élément distinct.



### 1.2 Propriétés de matériaux

Les propriétés thermiques appliquées au modèle sont :

- $\lambda = 1.0 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Non définis.

### 1.4 Champ de température

Le champ de température est directement affecté au modèle à partir d'une fonction. Pour chaque modélisation, le calcul du flux est testé pour un champ thermique linéaire et pour un champ thermique quadratique.

Pour les modélisations 2D `PLAN` et `PLAN_DIAG` (modélisations A et B), les deux champs successivement affectés sont :

- $T(X, Y) = 2.X + 3.Y$
- $T(X, Y) = 2.X^2 + 3.Y^2$

Pour les modélisations 2D `AXIS` et `AXIS_DIAG` (modélisations C et D), les deux champs successivement affectés sont :

- $T(X, Y, Z) = 2.R + 3.Y$  (avec  $R = \sqrt{X^2 + Z^2} = X$  dans le plan du maillage (`OXY`))
- $T(X, Y, Z) = 2.R^2 + 3.Y^2$

Pour les modélisations 3D et `3D_DIAG` (modélisations E et F), les deux champs successivement affectés sont :

- $T(X, Y, Z) = 2.X + 3.Y + 4.Z$

$$T(X, Y, Z) = 2.X^2 + 3.Y^2 + 4Z^2$$

## 2 Solution de référence

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

La solution de référence est analytique :

$$\begin{cases} \Phi_x = -\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial X} \\ \Phi_y = -\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial Y} \\ \Phi_z = -\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial Z} \quad (\text{en 3D uniquement}) \end{cases}$$

Compte-tenu de la valeur de  $\lambda$  ( 1 ), le flux obtenu pour chaque configuration est donc :

Pour les modélisations 2D PLAN et PLAN\_DIAG (modélisations A et B) :

- $T(X, Y) = 2.X + 3.Y$  soit  $\Phi_x(X, Y) = -2$  et  $\Phi_y(X, Y) = -3$
- $T(X, Y) = 2.X^2 + 3.Y^2$  soit  $\Phi_x(X, Y) = -4.X$  et  $\Phi_y(X, Y) = -6.Y$

Pour les modélisations 2D AXIS et AXIS\_DIAG (modélisations C et D) :

- $T(X, Y, Z) = 2.R + 3.Y$  ( $R = X$  dans le plan (OXY)) soit  $\Phi_x(X, Y, Z) = -2$  et  $\Phi_y(X, Y, Z) = -3$
- $T(X, Y, Z) = 2.R^2 + 3.Y^2$  ( $R = X$  dans le plan (OXY)) soit  $\Phi_x(X, Y, Z) = -4.X$  et  $\Phi_y(X, Y, Z) = -6.Y$

Pour les modélisations 3D et 3D\_DIAG (modélisations E et F) :

- $T(X, Y, Z) = 2.X + 3.Y + 4.Z$  soit  $\Phi_x(X, Y, Z) = -2$ ,  $\Phi_y(X, Y, Z) = -3$  et  $\Phi_z(X, Y, Z) = -4$
- $T(X, Y, Z) = 2.X^2 + 3.Y^2 + 4Z^2$  soit  $\Phi_x(X, Y, Z) = -4.X$ ,  $\Phi_y(X, Y, Z) = -6.Y$  et  $\Phi_z(X, Y, Z) = -8.Z$

### 2.2 Résultats de référence

Pour les modélisations 2D (PLAN, PLAN\_DIAG, AXIS et AXIS\_DIAG), les valeurs testées sont :

- Avec le champ de température linéaire : la température aux nœuds  $A$ ,  $C$ ,  $J$  et  $L$ , le flux suivant  $X$  et  $Y$  par élément aux nœuds  $A$ ,  $C$ ,  $J$  et  $L$  et le flux au premier point de Gauss des mêmes éléments,
- Avec le champ de température quadratique : la température aux nœuds  $A$ ,  $C$ ,  $J$  et  $L$ , et le flux suivant  $X$  et  $Y$  par élément aux nœuds  $A$ ,  $C$ ,  $J$  et  $L$ .

Pour les modélisations 3D (3D et 3D\_DIAG), les valeurs testées sont :

- Avec le champ de température linéaire : la température aux nœuds  $D_i$ , le flux suivant  $X$  et  $Y$  par élément aux nœuds  $D_i$  et le flux au premier point de Gauss des mêmes éléments,
- Avec le champ de température quadratique : la température aux nœuds  $D_i$ , et le flux suivant  $X$  et  $Y$  par élément aux nœuds  $D_i$ .

Avec  $i=1$  à 9 pour la modélisation 3D et  $i=1$  à 4 pour la modélisation 3D\_DIAG.

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

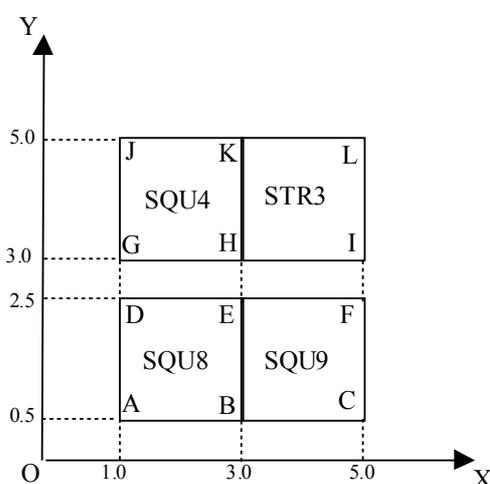
Éléments 2D modélisation PLAN

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3382

Nombre de mailles et types : 2000 mailles dont 400 QUAD8, 400 QUAD9, 400 QUAD4 et 800 TRIA3.

Le maillage comprend 4 carrés SQU8, SQU9, SQU4 et STR3 maillés respectivement avec des éléments QUAD8, QUAD9, QUAD4 et TRIA3. Chaque carré est discrétisé avec 20 éléments suivant X et suivant Y.



Nom du GROUP_MA	Type d'élément
SQU8	QUAD8
SQU9	QUAD9
SQU4	QUAD4
STR3	TRIA3

Les nœuds utilisés pour le post-traitement sont :

Nom du nœud	Coordonnées	Numéro du nœud	Nom d'une maille contenant ce nœud	Type de la maille
A	(1.0;0.5)	N1	M1	QUAD8
C	(5.0;0.5)	N1620	M420	QUAD9
J	(1.0;5.0)	N3001	M1181	QUAD4
L	(5.0;5.0)	N3440	M2000	TRIA3

L'ensemble du maillage est affecté par une modélisation thermique PLAN.

### 3.3 Résultats et grandeurs testées

- Avec un champ de température linéaire (flux constant) :

Localisation	Grandeur	Référence	Aster	% différence	
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	3.5	3.5	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1 (QUAD8)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%

M1 (QUAD8)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud C	T	11.5	11.5	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud J	T	17.0	17.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud L	T	25.0	25.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%

- Avec un champ de température quadratique (flux linéaire) :

Localisation		Grandeur	Référence	Aster	% différence
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	2.75	2.75	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud C	T	50.75	50.75	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-20.0	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud J	T	77.0	77.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.2	5%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%
	Nœud L	T	125.0	125.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

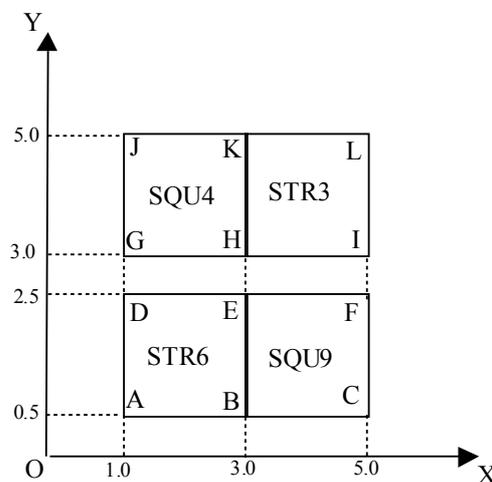
Eléments 2D modélisation PLAN\_DIAG

### 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3782.

Nombre de mailles et types : 2400 mailles dont 800 TRIA6, 400 QUAD9, 400 QUAD4 et 800 TRIA3.

Le maillage comprend 4 carrés STR6, SQU9, SQU4 et STR3 maillés respectivement avec des éléments TRIA6, QUAD9, QUAD4 et TRIA3. Chaque carré est discrétisé avec 20 éléments suivant X et suivant Y.



Nom du GROUP_MA	Type d'élément
STR6	TRIA6
SQU9	QUAD9
SQU4	QUAD4
STR3	TRIA3

Les nœuds utilisés pour le post-traitement sont :

Nom du nœud	Coordonnées	Numéro du nœud	Nom d'une maille contenant ce nœud	Type de la maille
A	(1.0 ; 0.5)	N1	M1	TRIA6
C	(5.0 ; 0.5)	N2481	M820	QUAD9
J	(1.0 ; 5.0)	N3401	M1581	QUAD4
L	(5.0 ; 5.0)	N3840	M2400	TRIA3

L'ensemble du maillage est affecté par une modélisation thermique PLAN\_DIAG.

### 4.3 Résultats et grandeurs testées

- Avec un champ de température linéaire (flux constant) :

Localisation	Grandeur	Référence	Aster	% différence	
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	3.5	3.5	0%
M1 (TRIA6)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1 (TRIA6)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1 (TRIA6)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M1 (TRIA6)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%

	Nœud C	T	11.5	11.5	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud J	T	17.0	17.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud L	T	25.0	25.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%

- Avec un champ de température quadratique (flux linéaire) :

Localisation		Grandeur	Référence	Aster	% différence
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	2.75	2.75	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.2	5%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.3	10%
	Nœud C	T	50.75	50.75	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.3	10%
	Nœud J	T	77.0	77.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.2	5%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%
	Nœud L	T	125.0	125.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

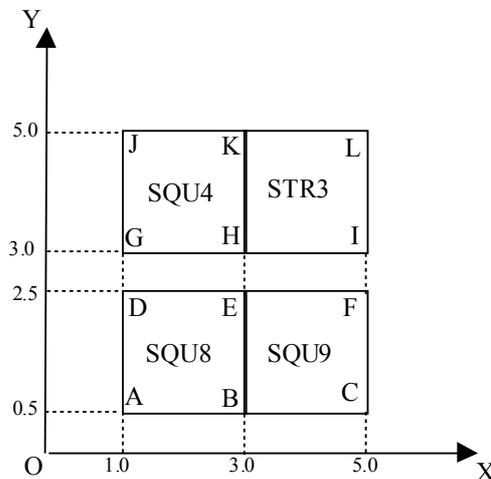
Eléments 2D modélisation **AXIS**

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3382.

Nombre de mailles et types : 2000 mailles dont 400 QUAD8, 400 QUAD9, 400 QUAD4 et 800 TRIA3.

Le maillage comprend 4 carrés SQU8, SQU9, SQU4 et STR3 maillés respectivement avec des éléments QUAD8, QUAD9, QUAD4 et TRIA3. Chaque carré est discrétisé avec 20 éléments suivant X et suivant Y.



Nom du GROUP_MA	Type d'élément
SQU8	QUAD8
SQU9	QUAD9
SQU4	QUAD4
STR3	TRIA3

Les nœuds utilisés pour le post-traitement sont :

Nom du nœud	Coordonnées	Numéro du nœud	Nom d'une maille contenant ce nœud	Type de la maille
A	(1.0 ; 0.5)	N1	M1	QUAD8
C	(5.0 ; 0.5)	N1620	M420	QUAD9
J	(1.0 ; 5.0)	N3001	M1181	QUAD4
L	(5.0 ; 5.0)	N3440	M2000	TRIA3

L'ensemble du maillage est affecté par une modélisation thermique **AXIS**.

### 5.3 Résultats et grandeurs testées

- Avec un champ de température linéaire (flux constant) :

Localisation	Grandeur	Référence	Aster	% différence	
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	3.5	3.5	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1 (QUAD8)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M1 (QUAD8)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud C	T	11.5	11.5	0%

M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud J	T	17.0	17.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud L	T	25.0	25.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%

- Avec un champ de température quadratique (flux linéaire) :

Localisation		Grandeur	Référence	Aster	% différence
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	2.75	2.75	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud C	T	50.75	50.75	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-20.0	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud J	T	77.0	77.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.2	5%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%
	Nœud L	T	125.0	125.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%

## 6 Modélisation D

### 6.1 Caractéristiques de la modélisation

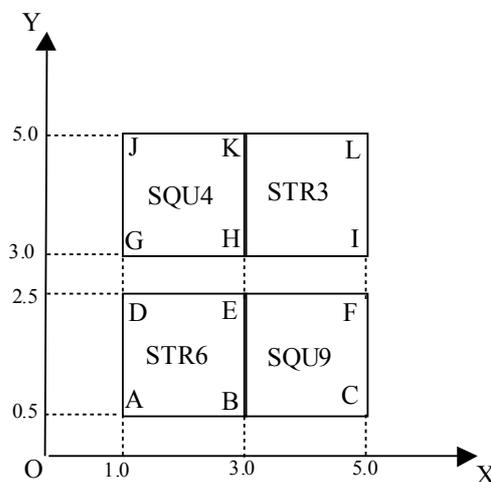
Eléments 2D modélisation `AXIS_DIAG`

### 6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3782

Nombre de mailles et types : 2400 mailles dont 800 TRIA6, 400 QUAD9, 400 QUAD4 et 800 TRIA3.

Le maillage comprend 4 carrés STR6, SQU9, SQU4 et STR3 maillés respectivement avec des éléments TRIA6, QUAD9, QUAD4 et TRIA3. Chaque carré est discrétisé avec 20 éléments suivant X et suivant Y.



Nom du GROUP_MA	Type d'élément
STR6	TRIA6
SQU9	QUAD9
SQU4	QUAD4
STR3	TRIA3

Les nœuds utilisés pour le post-traitement sont :

Nom du nœud	Coordonnées	Numéro du nœud	Nom d'une maille contenant ce nœud	Type de la maille
A	(1.0 ; 0.5)	N1	M1	TRIA6
C	(5.0 ; 0.5)	N2481	M820	QUAD9
J	(1.0 ; 5.0)	N3401	M1581	QUAD4
L	(5.0 ; 5.0)	N3840	M2400	TRIA3

L'ensemble du maillage est affecté par une modélisation thermique `AXIS_DIAG`.

### 6.3 Résultats et grandeurs testées

- Avec un champ de température linéaire (flux constant) :

Localisation	Grandeur	Référence	Aster	% différence	
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	3.5	3.5	0%
M1 (TRIA6)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1 (TRIA6)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1 (TRIA6)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M1 (TRIA6)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud C	T	11.5	11.5	0%

M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M420 (QUAD9)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud J	T	17.0	17.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M1181 (QUAD4)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%
	Nœud L	T	25.0	25.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
M2000 (TRIA3)	Point 1	$\Phi_y$ (ELGA)	-3.0	-3.0	0%

- Avec un champ de température quadratique (flux linéaire) :

Localisation		Grandeur	Référence	Aster	% différence
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud A	T	2.75	2.75	0%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.2	5%
M1 (QUAD8)	Nœud A	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.3	10%
	Nœud C	T	50.75	50.75	0%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%
M420 (QUAD9)	Nœud C	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.3	10%
	Nœud J	T	77.0	77.0	0%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_x$ (ELNO)	-4.0	-4.2	5%
M1181 (QUAD4)	Nœud J	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%
	Nœud L	T	125.0	125.0	0%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%
M2000 (TRIA3)	Nœud L	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.7	-1%

## 7 Modélisation E

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation

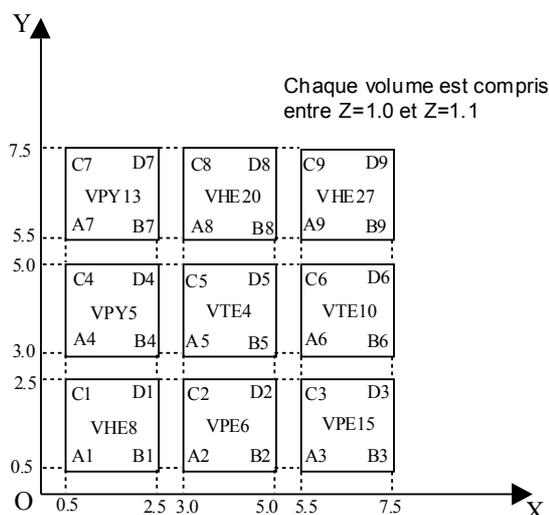
Eléments 3D modélisation 3D

### 7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 17281.

Nombre de mailles et types : 5268 mailles dont 400 HEXA8, 400 HEXA20, 400 HEXA27, 800 PENTA6, 800 PENTA15, 600 PYRAM5, 600 PYRAM13, 634 TETRA4 et 634 TETRA10.

Le maillage comprend 9 hexaèdres VHE8, VHE20, VHE27, VPE6, VPE15, VPY5, VPY13, VTE4 et VTE10 maillés respectivement avec des éléments HEXA8, HEXA20, HEXA27, PENTA6, PENTA15, PYRAM5, PYRAM13, TETRA4 et TETRA10.



Nom du GROUP_M	Nom du GROUP_MA	Type d'élément	Type d'élément	Discretisation suivant : X Y X Z Y Z	Discretisation suivant : X Y X Z Y Z
VHE8	VHE8	HEXA8	HEXA8	20 20 1 20	1
VHE20	VHE20	HEXA20	HEXA20	20 20 20 20 1 20	1
VHE27	VHE27	HEXA27	HEXA27	20 20 20 20 1 20	1
VPE6	VPE6	PENTA6	PENTA6	20 20 1 20	1
VPE15	VPE15	PENTA15	PENTA15	20 20 20 20 1 20	1
VPY5	VPY5	PYRAM5	PYRAM5	10 10 1 10	1
VPY13	VPY13	PYRAM13	PYRAM13	310 10 1 10	1
VTE4	VTE4	TETRA4	TETRA4	10 10 1 10	1
VTE10	VTE10	TETRA10	TETRA10	10 10 10 1 10	1

Les nœuds utilisés pour le post-traitement sont :

Nom du nœud	Coordonnées	Numéro du nœud	Nom d'une maille contenant ce nœud	Type de la maille
D1	(2.5 ; 2.5 ; 1.0)	N440	M400	HEXA8
D2	(5.0 ; 2.5 ; 1.0)	N1322	M1200	PENTA6
D3	(7.5 ; 2.5 ; 1.0)	N11453	M4034	PENTA15
D4	(2.5 ; 5.0 ; 1.0)	N1995	M1795	PYRAM5
D5	(5.0 ; 5.0 ; 1.0)	N2323	M1838	TETRA4
D6	(7.5 ; 5.0 ; 1.0)	N16603	M4672	TETRA10
D7	(2.5 ; 7.5 ; 1.0)	N14756	M4629	PYRAM13
D8	(5.0 ; 7.5 ; 1.0)	N3596	M2834	HEXA20
D9	(7.5 ; 7.5 ; 1.0)	N6599	M3234	HEXA27

L'ensemble du maillage est affecté par une modélisation thermique 3D.

### 7.3 Résultats et grandeurs testées

- Avec un champ de température linéaire (flux constant) :

Localisation	Grandeur	Référence	Aster	% différence
Maille	Nœud ou PG			
	Nœud D1	T	16.5	16.5 0%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0 0%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0 0%

M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M400 (HEXA8)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D2	T	21.5	21.5	0%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1200 (PENTA6)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D3	T	26.5	26.5	0%
M4034 (PENTA15)	Nœud D3	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M4034 (PENTA15)	Nœud D3	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M4034 (PENTA15)	Nœud D3	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M4034 (PENTA15)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D4	T	24.0	24.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D4	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D4	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D4	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D5	T	29.0	29.0	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D5	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D5	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D5	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1838 (TETRA4)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D6	T	34.0	34.0	0%
M4672 (TETRA10)	Nœud D6	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M4672 (TETRA10)	Nœud D6	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M4672 (TETRA10)	Nœud D6	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M4672 (TETRA10)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D7	T	31.5	31.5	0%
M4629 (PYRAM13)	Nœud D7	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M4629 (PYRAM13)	Nœud D7	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M4629 (PYRAM13)	Nœud D7	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M4629 (PYRAM13)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D8	T	36.5	36.5	0%
M2834 (HEXA20)	Nœud D8	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M2834 (HEXA20)	Nœud D8	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M2834 (HEXA20)	Nœud D8	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M2834 (HEXA20)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D9	T	41.5	41.5	0%
M3234 (HEXA27)	Nœud D9	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M3234 (HEXA27)	Nœud D9	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M3234 (HEXA27)	Nœud D9	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M3234 (HEXA27)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%

- Avec un champ de température quadratique (flux linéaire) :

	Localisation	Grandeur	Référence	Aster	% différence	
	Maille	Nœud ou PG				
		Nœud D1	T	35.25	35.25	0%
M400 (HEXA8)		Nœud D1	$\Phi_x$ (ELNO)	-10.0	-9.8	-2%
M400 (HEXA8)		Nœud D1	$\Phi_y$ (ELNO)	-15.0	-14.7	-2%
M400 (HEXA8)		Nœud D1	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.4	5%
		Nœud D2	T	72.75	72.75	0%
M1200 (PENTA6)		Nœud D2	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%

M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_y$ (ELNO)	-15.0	-14.7	-2%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.4	5%
	Nœud D3	T	135.25	135.25	0%
M4034 (PENTA15)	Nœud D3	$\Phi_x$ (ELNO)	-30.0	-30.0	0%
M4034 (PENTA15)	Nœud D3	$\Phi_y$ (ELNO)	-15.0	-15.0	0%
M4034 (PENTA15)	Nœud D3	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.0	0%
	Nœud D4	T	91.50	91.50	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D4	$\Phi_x$ (ELNO)	-10.0	-9.6	-4%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D4	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.4	-2%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D4	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-7.2	-10%
	Nœud D5	T	129.00	129.00	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D5	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.6	-2%
M1838 (TETRA4)	Nœud D5	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.4	-2%
M1838 (TETRA4)	Nœud D5	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.4	5%
	Nœud D6	T	191.5	191.5	0%
M4672 (TETRA10)	Nœud D6	$\Phi_x$ (ELNO)	-30.0	-30.0	0%
M4672 (TETRA10)	Nœud D6	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-30.0	0%
M4672 (TETRA10)	Nœud D6	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.0	0%
	Nœud D7	T	185.25	185.25	0%
M4629 (PYRAM13)	Nœud D7	$\Phi_x$ (ELNO)	-10.0	-10.0	0%
M4629 (PYRAM13)	Nœud D7	$\Phi_y$ (ELNO)	-45.0	-45.0	0%
M4629 (PYRAM13)	Nœud D7	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.0	0%
	Nœud D8	T	222.75	222.75	0%
M2834 (HEXA20)	Nœud D8	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-20.0	0%
M2834 (HEXA20)	Nœud D8	$\Phi_y$ (ELNO)	-45.0	-45.0	0%
M2834 (HEXA20)	Nœud D8	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.0	0%
	Nœud D9	T	285.25	285.25	0%
M3234 (HEXA27)	Nœud D9	$\Phi_x$ (ELNO)	-30.0	-30.0	0%
M3234 (HEXA27)	Nœud D9	$\Phi_y$ (ELNO)	-45.0	-45.0	0%
M3234 (HEXA27)	Nœud D9	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.0	0%

## 8 Modélisation F

### 8.1 Caractéristiques de la modélisation

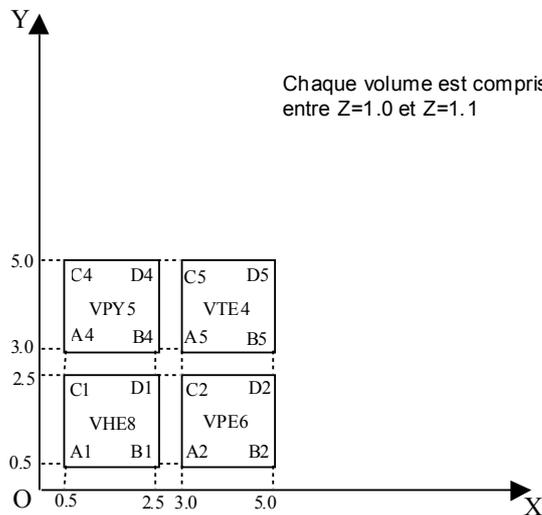
Eléments 3D modélisation 3D\_DIAG

### 8.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2356.

Nombre de mailles et types : 2434 mailles dont 400 HEXA8, 800 PENTA6, 600 PYRAM5 et 634 TETRA4.

Le maillage comprend 4 hexaèdres VHE8, VPE6, VPY5 et VTE4 maillés respectivement avec des éléments HEXA8, PENTA6, PYRAM5 et TETRA4.



Nom du GROUP_MA	Type d'élément	Discrétisation suivant :		
		X	Y	Z
VHE8	HEXA8	20	20	1
VPE6	PENTA6	20	20	1
VPY5	PYRAM5	10	10	1
VTE4	TETRA4	10	10	1

Nom du GROUP_MA	Type d'élément	Discrétisation suivant :		
		X	Y	Z
VHE8	HEXA8	20	20	1
VPE6	PENTA6	20	20	1
VPY5	PYRAM5	10	10	1
VTE4	TETRA4	10	10	1

Les nœuds utilisés pour le post-traitement sont :

Nom du nœud	Coordonnées	Numéro du nœud	Nom d'une maille contenant ce nœud	Type de la maille
D1	(2.5 ; 2.5 ; 1.0)	N440	M400	HEXA8
D2	(5.0 ; 2.5 ; 1.0)	N1322	M1200	PENTA6

D3	(7.5;2.5;1.0)	N11453	M4034	PENTA15
D4	(2.5;5.0;1.0)	N1995	M1795	PYRAM5

L'ensemble du maillage est affecté par une modélisation thermique 3D\_DIAG.

## 8.3 Résultats et grandeurs testées

- Avec un champ de température linéaire (flux constant) :

Localisation		Grandeur	Référence	Aster	% différence
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud D1	$T$	16.5	16.5	0%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M400 (HEXA8)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D2	$T$	21.5	21.5	0%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1200 (PENTA6)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D3	$T$	24.0	24.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D3	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D3	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D3	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1795 (PYRAM5)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%
	Nœud D4	$T$	29.0	29.0	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D4	$\Phi_x$ (ELNO)	-2.0	-2.0	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D4	$\Phi_y$ (ELNO)	-3.0	-3.0	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D4	$\Phi_z$ (ELNO)	-4.0	-4.0	0%
M1838 (TETRA4)	Point 1	$\Phi_x$ (ELGA)	-2.0	-2.0	0%

- Avec un champ de température quadratique (flux linéaire) :

Localisation		Grandeur	Référence	Aster	% différence
Maille	Nœud ou PG				
	Nœud D1	$T$	35.25	35.25	0%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_x$ (ELNO)	-10.0	-9.8	-2%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_y$ (ELNO)	-15.0	-14.7	-2%
M400 (HEXA8)	Nœud D1	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.4	5%
	Nœud D2	$T$	72.75	72.75	0%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.8	-1%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_y$ (ELNO)	-15.0	-14.7	-2%
M1200 (PENTA6)	Nœud D2	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.4	5%
	Nœud D3	$T$	91.50	91.50	0%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D3	$\Phi_x$ (ELNO)	-10.0	-9.6	-4%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D3	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.4	-2%
M1795 (PYRAM5)	Nœud D3	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-7.2	-10%
	Nœud D4	$T$	129.00	129.00	0%
M1838 (TETRA4)	Nœud D4	$\Phi_x$ (ELNO)	-20.0	-19.6	-2%
M1838 (TETRA4)	Nœud D4	$\Phi_y$ (ELNO)	-30.0	-29.4	-2%
M1838 (TETRA4)	Nœud D4	$\Phi_z$ (ELNO)	-8.0	-8.4	5%

## 9 Synthèse des résultats

### Récapitulatif des résultats

modélisation		Flux aux nœuds ou aux <i>PG</i> avec une température linéaire		Flux aux nœuds avec une température quadratique	
Type d'élément	Discrétisation en <i>X</i> et <i>Y</i>	Erreur relative max %		Erreur relative max %	
<i>Modélisation 2D 'PLAN'</i>					
QUAD4	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
TRIA3	10 <i>el/m</i>	0%		1%	
QUAD8	10 <i>el/m</i>	0%		0%	
QUAD9	10 <i>el/m</i>	0%		0%	
<i>Modélisation 2D 'PLAN DIAG'</i>					
QUAD4	10 <i>el/m</i>	0%		10%	
TRIA3	10 <i>el/m</i>	0%		10%	
TRIA6	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
QUAD9	10 <i>el/m</i>	0%		1%	
<i>Modélisation 2D 'AXIS'</i>					
QUAD4	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
TRIA3	10 <i>el/m</i>	0%		1%	
QUAD8	10 <i>el/m</i>	0%		0%	
QUAD9	10 <i>el/m</i>	0%		0%	
<i>Modélisation 2D 'AXIS DIAG'</i>					
QUAD4	10 <i>el/m</i>	0%		10%	
TRIA3	10 <i>el/m</i>	0%		10%	
TRIA6	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
QUAD9	10 <i>el/m</i>	0%		1%	
<i>Modélisation '3D'</i>					
HEXA8	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
PENTA6	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
PYRAM5	5 <i>el/m</i>	0%		10%	
TETRA4	5 <i>el/m</i>	0%		5%	
HEXA20	10 <i>el/m</i>	0%		0%	
HEXA27	10 <i>el/m</i>	0%		0%	
PENTA15	10 <i>el/m</i>	0%		0%	
PYRAM13	5 <i>el/m</i>	0%		0%	
TETRA10	5 <i>el/m</i>	0%		0%	
<i>Modélisation '3D DIAG'</i>					
HEXA8	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
PENTA6	10 <i>el/m</i>	0%		5%	
PYRAM5	5 <i>el/m</i>	0%		10%	
TETRA4	5 <i>el/m</i>	0%		5%	

Avec un champ de température linéaire (et un flux constant) :

- Toutes les modélisations donnent des résultats exacts.

Avec un champ de température quadratique (et un flux linéaire) :

- Les résultats sont exacts avec des éléments d'ordre 2 et une modélisation non `DIAG`. Ces éléments ayant des fonctions de forme quadratiques peuvent représenter exactement le champ de température imposé. Les flux sont exacts et le seraient encore avec une discrétisation plus grossière.
- Les éléments d'ordre 2 avec une modélisation `DIAG` sont traités comme des éléments d'ordre 1 pour le calcul du flux. Pour ces éléments, les flux sont constants par élément. L'erreur est donc directement liée à la taille des éléments