# TTLA203 - Cylindre à températures imposées avec fissure adiabatique

**Résumé**

Ce test a pour objectif de valider les éléments thermiques axisymétriques X-FEM en thermique linéaire transitoire.

On considère un cylindre plein, fissuré au niveau de la section située à mi-hauteur. La fissure est une couronne de rayon intérieur le demi rayon du cylindre, et de rayon extérieur le rayon du cylindre. Le chargement est transitoire et consiste en un gradient de température imposé par l'application de conditions de Dirichlet aux deux extrémités du cylindre. On fait l'hypothèse d'une fissure adiabatique (flux nul sur les lèvres de la fissure et température discontinue à travers la fissure)

Quatre modélisations sont considérées :

- modélisation $A$ : FEM AXIS (fissure maillée)
- modélisation $B$ : X-FEM AXIS , fissure au milieu des éléments
- modélisation $C$ : FEM 3D (fissure maillée)
- modélisation $D$ : X-FEM3D , fissure au milieu des éléments



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie

La structure, représentée à la Figure , est un cylindre de rayon $R=1\,m$ et de hauteur $H=2\,m$ comportant une fissure plane sur la section située à mi-hauteur.(incluse dans le plan d'équation $y=H/2$ ). La fissure est débouchante, et a pour support géométrique la couronne de rayon intérieur $R/2$ et de rayon extérieur $R$ (couronne remplie en rouge à la Figure 1.1-1).

On appelle « disque inférieur » le disque inclus dans le plan d'équation $y=0$ , et « disque supérieur » le disque inclus dans le plan d'équation $y=H$ .

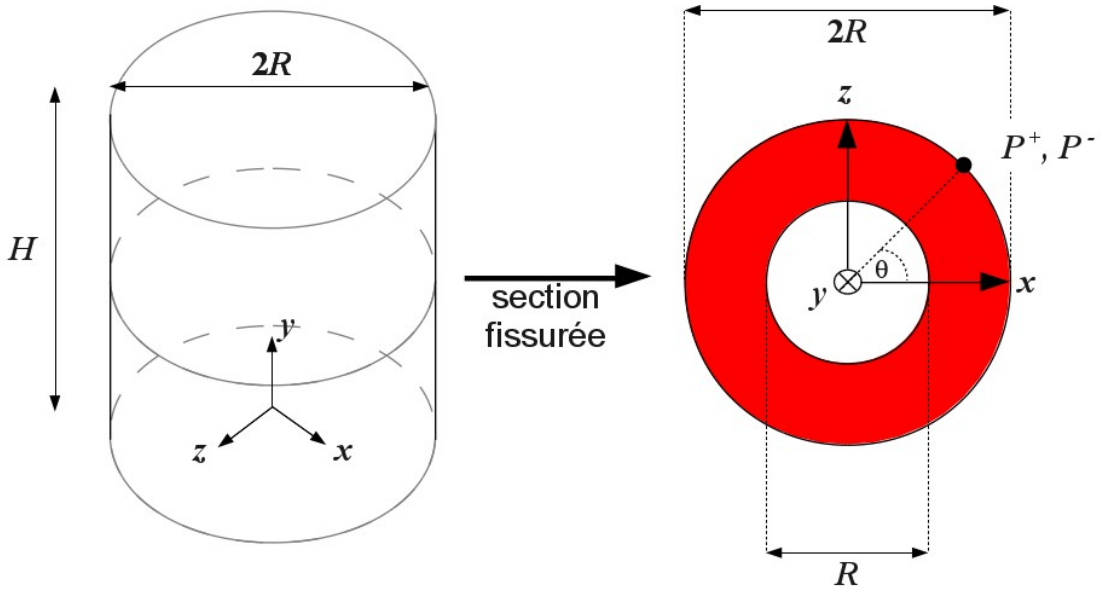



**Figure 1.1-1: Géométrie du problème**

Enfin, on note $P^{+}(\theta)$ le point de coordonnées $\left(R\cos\theta\,,H^{+}/2\,,R\sin\theta\right)$ (situé sur la lèvre supérieure), et $P^{-}(\theta)$ le point de coordonnées $\left(R\cos\theta\,,H^{-}/2\,,R\sin\theta\right)$ (situé sur la lèvre inférieure)

## 1.2 Propriétés du matériau

Conductivité thermique : $\lambda=1\,W.m^{-1}.K^{-1}$
Capacité calorifique volumique : $\rho C_p=2\,J.m-3.\mathrm{K}^{-1}$

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

On résout le problème sur l'intervalle de temps $\left[0.s\,,1.s\right]$ discrétisé en 5 pas de temps égaux (de durée $\Delta t=0.2\,s$ ). On prend la valeur par défaut dans THER_LINEAIRE du paramètre du thêta-schéma : $\theta=0.57$ .

Sur les nœuds du disque inférieur (*cf.* paragraphe 1.1) on impose la rampe de température suivante :

à $t=0.s$ , $\bar{T}^{AB}=10°C$ ; à $t=1.s$ , $\bar{T}^{\sup}=20°C$

Sur les nœuds du disque supérieur (*cf.* paragraphe 1.1) on impose la rampe de température suivante :



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

à $t=0.s$, $\bar{T}^{\inf}=20°C$ ; à $t=1.s$, $\bar{T}^{\inf}=40°C$

## 1.4 Conditions initiales

L'état initial est déterminé en résolvant le problème stationnaire à $t=0.s$ (avec les conditions aux limites données au paragraphe 1.3)



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

# 2 Solution de référence

## 2.1 Méthode de calcul

La solution de référence est obtenue en raffinant le maillage de la modélisation A (éléments classiques axisymétriques avec fissure maillée) : maillage régulier composé de $1000\times2000$ QUAD8 (au lieu de $100\times200$ QUAD8 pour le maillage A)

## 2.2 Grandeurs et résultats de référence

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ( $t=1.s$ ) aux points $P^{+}(\theta)$ et $P^{-}(\theta)$ (voir Figure 1.1-1).

| Identification | Type de référence | Valeur de référence |
|---|---|---|
| Point $P^{+}(\theta)$ - *TEMP* | 'AUTRE_ASTER' | $23{,}559884847913\,°C$ |
| Point $P^{+}(\theta)$ - *TEMP* | 'AUTRE_ASTER' | $15{,}592470476233\,°C$ |

Le problème étant axisymétrique, les valeurs testées ne peuvent varier avec $\theta$ . On teste alors ces valeurs avec :

- $\theta=0$ pour les modélisations A et B (respectivement $\mathrm{FEM\ AXIS}$ et $\mathrm{X\text{-}FEM\ AXIS}$ )
- $\theta=\pi/4$ pour les modélisations C et D (respectivement $\mathrm{FEM\ 3D}$ et $\mathrm{X\text{-}FEM\ 3D}$ )



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

# 3 Modélisation A

Dans cette modélisation, la méthode des éléments finis classique est utilisée, la fissure est maillée.

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation AXIS du phénomène THERMIQUE.

## 3.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage $2\mathrm{D}$ régulier composé de $100\times200$ QUAD4, respectivement suivant les axes $x$ et $y$. La fissure est maillée.

## 3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ( $t=1.s$ ) aux nœuds $P^{+}(0)$ et $P^{-}(0)$ (voir Figure 1.1-1)

| Identification | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Point $P^{+}(0)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $23{,}559884847913\,°C$ | 0.1% |
| Point $P^{-}(0)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $15{,}592470476233\,°C$ | 0.1% |



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

# 4 Modélisation B

Dans cette modélisation, la méthode des éléments finis étendue (X-FEM) est utilisée.

## 4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation AXIS du phénomène THERMIQUE.

## 4.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage $2D$ régulier composé de $101\times201$ QUAD4, respectivement suivant les axes $x$ et $y$. La fissure n'est pas maillée.

## 4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ( $t=1.s$ ) aux nœuds $P^{+}(0)$ et $P^{-}(0)$ (voir Figure 1.1-1). Pour cela on teste le champ de température après appel aux opérateurs POST_MAIL_XFEM et POST_CHAM_XFEM.

| Identification | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Point $P^{+}(0)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $23{,}559884847913\,°C$ | 0.1% |
| Point $P^{-}(0)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $15{,}592470476233\,°C$ | 0.1% |



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

# 5 Modélisation C

Dans cette modélisation, la méthode des éléments finis classique est utilisée, la fissure est maillée.

## 5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation 3D du phénomène THERMIQUE.

## 5.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage $3D$ composé de $25088$ HEXA8.

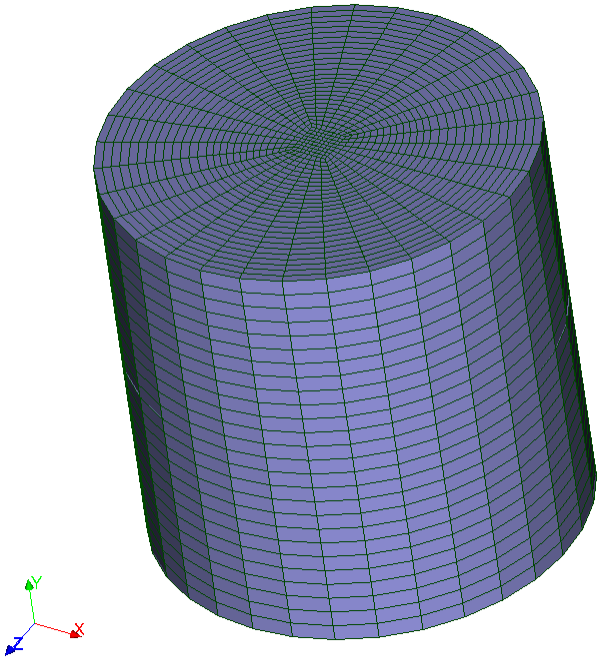



**Figure 5.2-1: Maillage C**

## 5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ( $t=1.s$ ) aux nœuds $P^{+}(\pi/4)$ et $P^{-}(\pi/4)$ (voir Figure 1.1-1)

| Identification | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Point $P^{+}(\pi/4)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $23{,}559884847913\,°C$ | 1.% |
| Point $P^{-}(\pi/4)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $15{,}592470476233\,°C$ | 1.% |



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

# 6 Modélisation D

Dans cette modélisation, la méthode des éléments finis étendue (X-FEM) est utilisée.

## 6.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise la modélisation 3D du phénomène THERMIQUE.

## 6.2 Caractéristiques du maillage

La structure est modélisée par un maillage $3D$ composé de $25984$ HEXA8. La fissure n'est pas maillée.

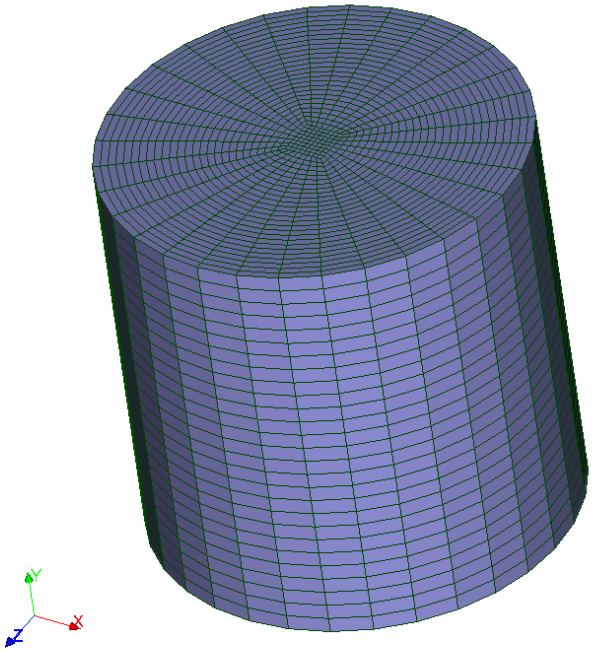



**Figure 6.2-1: Maillage D**

## 6.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la température à la fin du dernier pas de temps ( $t=1.s$ ) aux nœuds $P^{+}(0)$ et $P^{-}(\pi/4)$ (voir Figure 1.1-1). Pour cela on teste le champ de température après appel aux opérateurs POST_MAIL_XFEM et POST_CHAM_XFEM.

| Identification | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|---|---|---|---|
| Point $P^{+}(\pi/4)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $23{,}559884847913\,°C$ | 1.% |
| Point $P^{-}(\pi/4)$ - $TEMP$ | 'AUTRE_ASTER' | $15{,}592470476233\,°C$ | 1.% |



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

# 7 Synthèses des résultats

L'objectif de ce test est atteint : valider sur un cas simple les éléments thermiques axisymétriques X-FEM en thermique linéaire transitoire.



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