

## SSLP115 - Calcul du taux de restitution d'énergie d'un disque fissuré en présence de contraintes initiales

---

### Résumé

Ce test permet de valider le calcul du taux de restitution d'énergie par la méthode  $\theta$  en présence d'un état de contraintes initiales.

**Modélisation A** : un disque encastré et fissuré est soumis à un champ de contraintes initiales ouvrant la fissure. Ce champ de contraintes initiales est identique à celui engendré par un gradient thermique. La solution est identique à celle obtenue dans le cas du chargement thermique seul, validant la prise en compte d'un état initial de contraintes.

**Modélisation B** : elle est similaire à la modélisation A avec une fissure non-maillée (X-FEM).

**Modélisation C** : elle est similaire à la modélisation A. Les coefficients matériaux sont définis par des fonctions constantes de la température.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

On considère un disque de rayon 100mm, encastré sur ses bords, et contenant une fissure horizontale de 23mm dont une des pointes est au centre du disque. La Figure 1.1 présente cette géométrie.

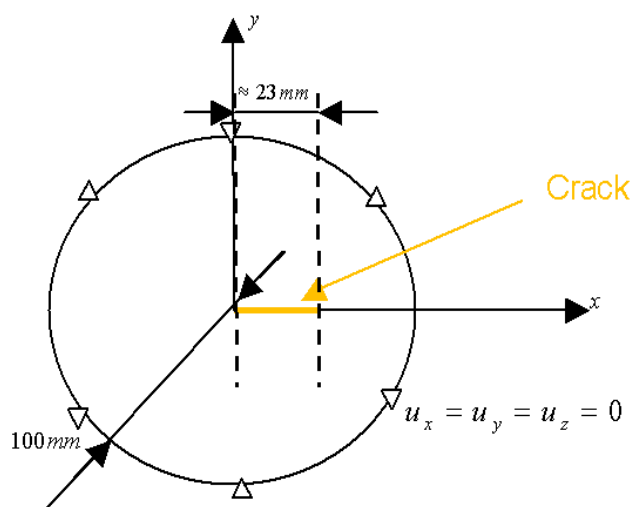


Figure 1.1 : Géométrie du disque.

### 1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young :  $E = 210000 \text{ MPa}$   
 Coefficient de Poisson :  $\nu = 0,3$   
 Coefficient de dilatation thermique :  $\alpha = 10\text{E-}5 \text{ K}^{-1}$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Le disque est totalement encastré sur son bord.

Il est soumis à un champ de contraintes initiales obtenu par application d'un chargement thermique présentant un fort gradient selon la direction horizontale (voir Figure 1.2 et Figure 1.3).

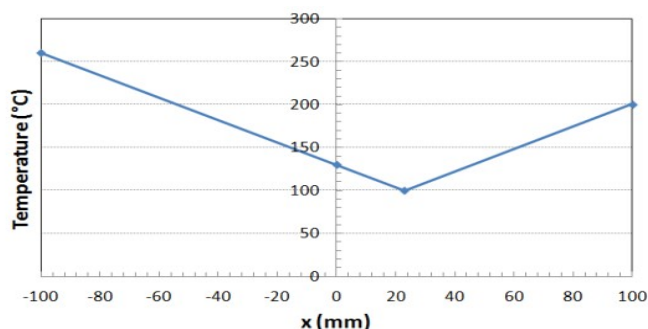


Figure 1.2 : Gradient de température appliqué au disque encastré.

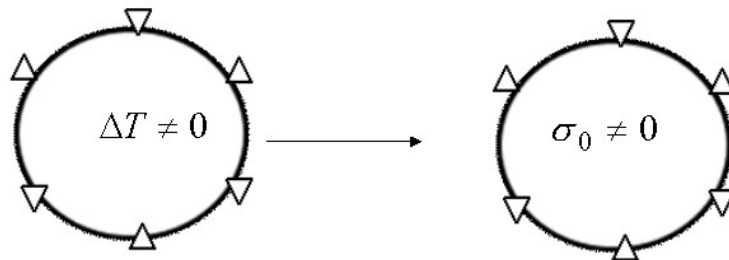


Figure 1.3 : Création du champ de contraintes initiales.

## 1.4 Solution de référence

La solution de référence est celle obtenue par l'application du chargement thermique directement sur le disque fissuré sans état initial. En effet, le comportement étant élastique, le principe de superposition s'applique et les résultats en présence de chargement thermique sans contraintes initiales et en absence de thermique avec contraintes initiales sont équivalents, comme le résume la Figure 1.4.

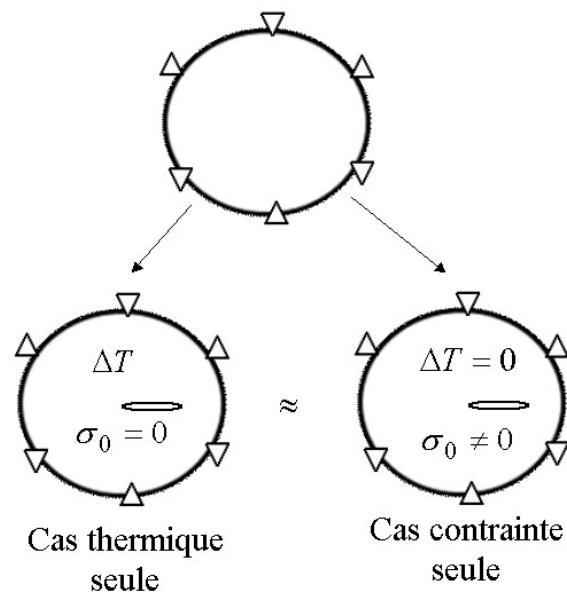


Figure 1.4 : Equivalence des chargements.

## 2 Modélisation A

### 2.1 Caractéristiques du maillage

Le maillage est quadratique rayonnant autour de la fissure ; il est composé de 27670 nœuds formant 9519 mailles dont 100 triangles permettant le déraffinement. Les Figure 2.1 et Figure 2.2 présentent le maillage utilisé.

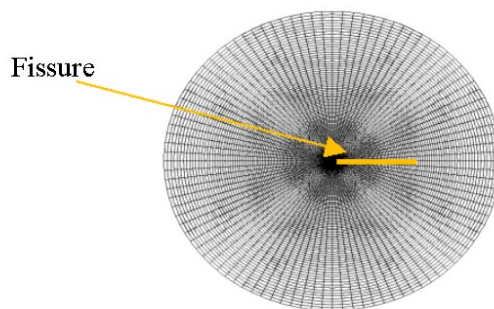


Figure 2.1 : Maillage du disque.

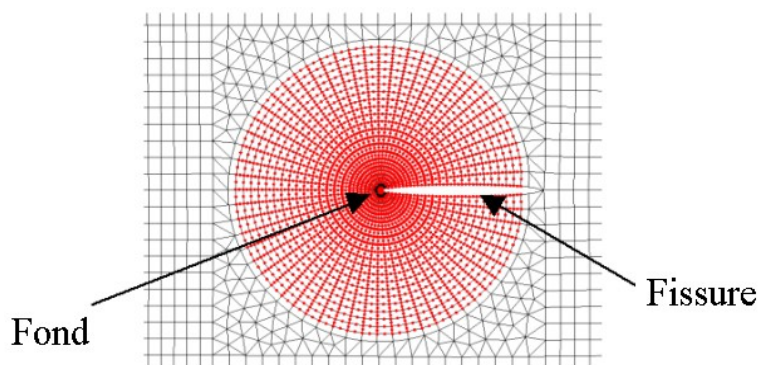


Figure 2.2 : Maillage : zoom sur la fissure.

### 2.2 Calculs effectués

Afin de tester les différentes possibilités offertes par la commande `CALC_G`, plusieurs configurations de calculs sont mises en œuvre.

La première est le résultat de référence obtenu par chargement thermique sans état initial. Un calcul des facteurs d'intensité des contraintes par `POST_K1_K2_K3` est également fait pour référence.

Les autres sont issues du calcul avec état initial sans chargement thermique ; ils diffèrent par le type de champ de contrainte initiale fourni à la commande `CALC_G` : aux points de gauss, aux nœuds par élément ou aux nœuds. On utilise également les options `CALC_G` (taux de restitution d'énergie) et `CALC_K_G` (facteurs d'intensité des contraintes).

### 2.3 Grandeurs testées et résultats

#### 2.3.1 Grandeurs testées

On teste la valeur du taux de restitution d'énergie résultat de l'opérateur. Ils doivent tous être égaux à une faible tolérance près.

## 2.3.2 Résultats

Test des taux de restitution d'énergie et des facteurs d'intensité de contrainte :

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
CALC_G			
$G$ issu du calcul thermique	-	'NON_REGRESSION'	-
$G$ aux points de Gauss (GINNGA)	55,36	'AUTRE_ASTER'	2,0%
$G$ aux nœuds par élément (GINELNO)	55,36	'AUTRE_ASTER'	2,0%
$G$ aux nœuds (GINNO)	55,36	'AUTRE_ASTER'	2,0%
$K_I$ aux nœuds (option CALC_K_G)	3576	'AUTRE_ASTER'	2,0 %

## 3 Modélisation B

### 3.1 Caractéristiques du maillage

La géométrie est identique à la modélisation A. Le maillage représente la pièce vierge de toute fissure (elle sera représentée par la méthode X-FEM) ; le maillage est linéaire.

### 3.2 Calculs effectués

Afin de tester les différentes possibilités offertes par la commande `CALC_G`, plusieurs configurations de calculs sont mises en œuvre.

La première est le résultat de référence obtenu par chargement thermique sans état initial.

Les autres sont issues du calcul avec état initial sans chargement thermique ; ils diffèrent par les valeurs des rayons du couronnes fournis à la commande `CALC_G`. Comme pour la modélisation A, on teste également les facteurs d'intensité des contraintes (la référence est obtenue par `POST_K1_K2_K3`). On note que seul le champ de contrainte initiale aux points de gauss a été utilisé, la définition d'un champ de contrainte aux nœuds n'étant pas disponible avec X-FEM.

### 3.3 Grandeurs testées et résultats

#### 3.3.1 Grandeurs testées

On teste la valeur du taux de restitution d'énergie résultat de l'opérateur. Ils doivent tous être égaux à une faible tolérance près.

#### 3.3.2 Résultats

Test des taux de restitution d'énergie et des facteurs d'intensité de contrainte :

Identification	Référence	Type de référence	Tolérance
<code>CALC_G</code>			
$G$ issu du calcul thermique ( <code>CALC_G</code> )	-	'NON_REGRESSION'	-
$G$ avec rayons automatique ( <code>CALC_G</code> )	55.36	'AUTRE_ASTER'	2,0%
$G$ avec $R\_INF = 2,4$ , $R\_SUP = 4,8$ ( <code>CALC_G</code> )	55.36	'AUTRE_ASTER'	2,0%
$G$ avec $R\_INF = 4,228$ , $R\_SUP = 9$ ( <code>CALC_G</code> )	55.36	'AUTRE_ASTER'	3,5%
$G$ avec rayons automatique ( <code>CALC_K_G</code> )	55.36	'AUTRE_ASTER'	2,0%
$G$ avec $R\_INF = 2,4$ , $R\_SUP = 4,8$ ( <code>CALC_K_G</code> )	55.36	'AUTRE_ASTER'	2,0%
$G$ avec $R\_INF = 4,228$ , $R\_SUP = 49$ ( <code>CALC_K_G</code> )	55.36	'AUTRE_ASTER'	3,5%
$K_I$ avec rayons	3574	'AUTRE_ASTER'	1,0%

---

automatique (CALC_K_G)			
$K_I$ avec R_INF = 2,4 R_SUP = 4,8 (CALC_K_G)	3574	'AUTRE_ASTER'	1,0%
$K_I$ avec R_INF =4,228, R_SUP = 9 (CALC_K_G)	3574	'AUTRE_ASTER'	1,5%

---

## 4 Modélisation C

---

Cette modélisation, ajoutée à des fins de validation informatique, teste la possibilité d'utiliser des coefficients matériaux dépendants de la température.

Elle est identique à la modélisation A. La seule différence est que les coefficients matériaux sont définis par des fonctions constantes de la température.



## 5 Synthèse des résultats

---

Le cas test permet une confrontation des résultats obtenus à partir d'un chargement thermique et d'un champ de contraintes initiales. Il montre que les résultats sont sensiblement équivalents.

On ajoutera que ce même cas donne les mêmes résultats avec le logiciel Abaqus dans sa version 6.11 (méthode FEM, calcul de G uniquement).