

Manuel de Validation

Fascicule V3.04 : Statique linéaire des structures volumiques

Document : V3.04.134

SSLV134 - Fissure circulaire en milieu infini

Résumé

Ce test permet, après obtention du champ de déplacement par `MECA_STATIQUE`, le calcul du taux de restitution de l'énergie local pour une fissure circulaire plongée dans un milieu supposé infini.

Pour la première modélisation, seul un demi-espace défini par le plan de la fissure est représenté. Le fond de fissure est alors une courbe fermée (un cercle) et est défini en tant que tel dans `DEFI_FOND_FISS`. Le taux de restitution local et global est comparé à la solution analytique de référence.

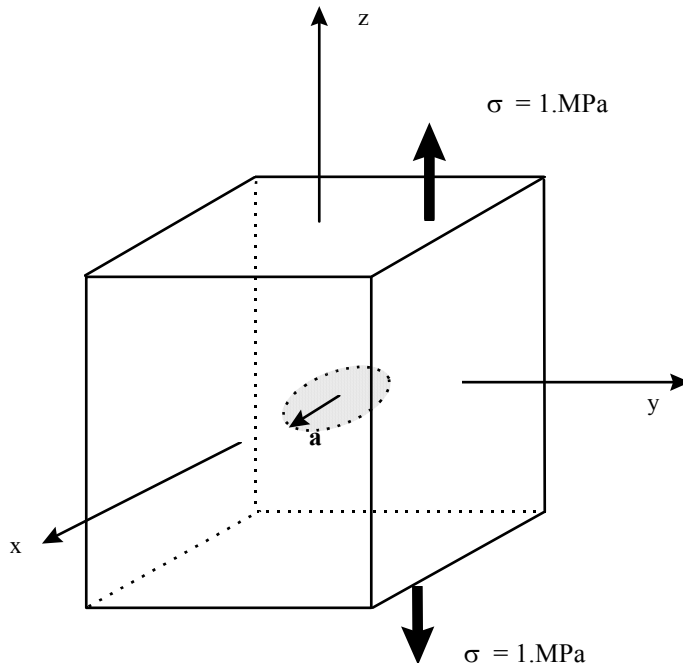
Les trois modélisations suivantes permettent de calculer les facteurs d'intensité de contraintes $K1$ et $K3$, en 3D et axisymétrique, calculés par `POST_K1_K2_K3`.

- La modélisation B teste $K1$ pour un maillage 3D,
- La modélisation C teste $K1$ pour un maillage axisymétrique,
- La modélisation D teste la combinaison de $K1$ et $K3$ pour un maillage 3D.

Enfin, la modélisation E permet de valider le calcul de la forme bilinéaire de G sur le même problème, et la modélisation F de valider le même calcul pour G local.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La fissure est circulaire (penny shaped crack) de rayon a , dans le plan Oxy. Pour que le milieu soit considéré comme infini, les grandeurs caractéristiques du massif sont de l'ordre de 5 fois supérieures au rayon a .

1.2 Propriétés de matériaux

Module d'Young : $E = 2.10^5$ MPa

Coefficient de Poisson : $\nu = 0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Face inférieure : contrainte uniforme de traction $\sigma_z = 1$. MPa

Face supérieure : contrainte uniforme de traction $\sigma_z = 1$. MPa

Suivant la modélisation, on a également des conditions aux limites de symétrie et de blocage des mouvements de corps rigide.

Dans la modélisation D où on ne représente que le quart du parallélépipède, on utilise des conditions aux limites d'antisymétrie pour le chargement de torsion : elles reviennent à imposer nuls les déplacements tangentiels à une face. Le chargement de torsion est introduit sous forme d'une force surfacique tangentielle (cisaillement réparti) appliquée sur les lèvres de la fissure.

- Lèvre supérieure : $F_X = -\tau \frac{Y}{a}$ et $F_Y = +\tau \frac{X}{a}$
- Lèvre inférieure : $F_X = +\tau \frac{Y}{a}$ et $F_Y = -\tau \frac{X}{a}$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Pour une fissure circulaire de rayon a dans un milieu infini, soumise à une traction uniforme σ suivant la normale au plan des lèvres, le taux de restitution d'énergie local $G(s)$ est indépendant de l'abscisse curviligne s et vaut [bib1] :

$$G(s) = \frac{(1 - \nu^2)}{\pi E} 4 \sigma^2 a$$

alors le coefficient d'intensité de contrainte K_1 est donné par la formule d'Irwin :

$$G(s) = \frac{(1 - \nu^2)}{E} K_1^2 \text{ soit } K_1 = \frac{2\sigma\sqrt{a}}{\sqrt{\pi}}$$

Si cette fissure est soumise à un cisaillement réparti sur les lèvres : $\sigma_{\theta z} = \tau \frac{r}{a}$

(ce qui équivaut à une torsion à l'infini), alors on est en mode 3 pur et le facteur d'intensité de contraintes correspondant vaut :

$$K_3 = \frac{4\tau\sqrt{a}}{3\sqrt{\pi}} \text{ donc par la formule d'Irwin } G(s) = \frac{(1 + \nu)}{E} K_3^2$$

En présence des deux modes combinés, on aura :

$$G(s) = \frac{(1 - \nu^2)}{E} K_1^2 + \frac{(1 + \nu)}{E} K_3^2$$

La théta-méthode relie les taux de restitution d'énergie global et local par l'équation variationnelle suivante :

$$G_{réf.}(\theta) = \int_{\Gamma} G(s) \theta \cdot \mathbf{m}(s) ds$$

où $\mathbf{m}(s)$ est la normale au fond de fissure Γ et θ est le champ de vitesse d'une propagation virtuelle de la fissure.

Si on choisit pour θ le champ unitaire normal au fond de fissure, on obtient, puisque $G(s)$ est constant sur tout le fond de fissure :

$$G_{réf.}(\theta) = G(s) \cdot 2\Pi a$$

2.2 Résultats de référence

Application Numérique (cas avec chargement de traction uniquement) :

On considère que la fissure est circulaire de rayon $a = 2$. m

Pour le chargement considéré, on obtient alors :

$$G(s) = 11.586 \text{ J/m}^2$$

$$G_{\text{réf}} = 145.060 \text{ J/m}$$

$$K3 = 1.5958\text{E}6 \text{ J/m}^2$$

Application Numérique (cas avec chargement de torsion uniquement) :

$$G(s) = 7.3565 \text{ J/m}^2$$

$$G_{\text{réf}} = 92.44 \text{ J/m}$$

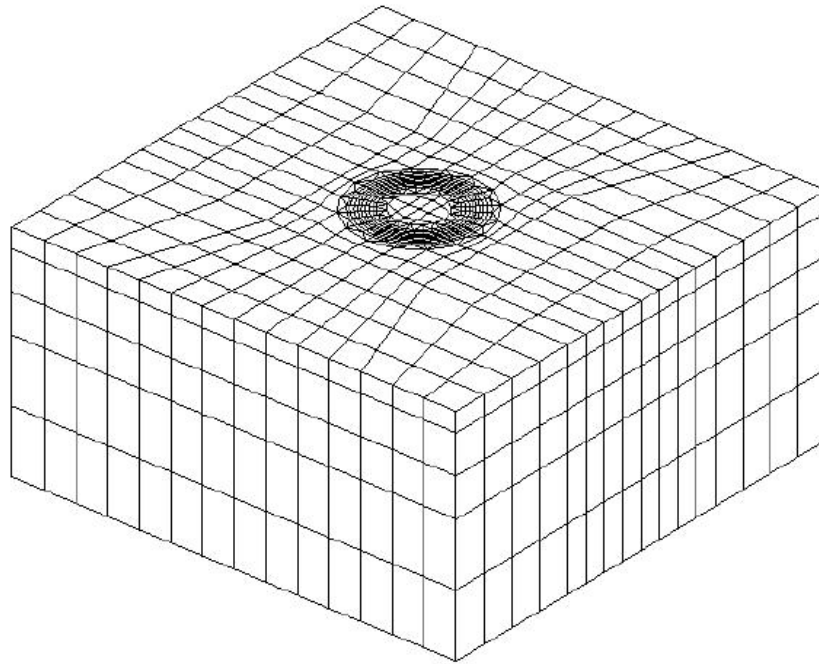
$$K1 = 1.0638\text{E}6 \text{ J/m}^2$$

2.3 Référence bibliographique

- [1] Solution de Sneddon (1946) dans G.C. SIH : Handbook of stress-intensity factors Institute of Fracture and Solid Mechanics - Lehigh University Bethlehem, Pennsylvannie

3 Modélisation A : Fond de fissure fermé, calcul de G.

3.1 Caractéristiques de la modélisation



L'intérêt de cette modélisation est de représenter l'intégralité du fond de fissure qui est une courbe fermée, sans tirer parti des symétries du problème.

Seul le chargement de traction est pris en compte.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 11114

Nombre de mailles et type : 2432 PENTA 15

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

| | |
|----------------|-------------------|
| DEFI_FOND_FISS | FOND_FERME |
| CALC_THETA | |
| CALC_G_THETA_T | SYME_CHAR=' SYME' |
| CALC_G_LOCAL_T | SYME_CHAR=' SYME' |
| POST_K1_K2_K3 | SYME_CHAR=' SYME' |

3.4 Remarque

On utilise le mot clé SYME_CHAR dans les opérateurs CALC_G_THETA_T et CALC_G_LOCAL_T pour multiplier automatiquement par deux le taux de restitution d'énergie calculé sur une seule lèvre de la fissure.

De même dans POST_K1_K2_K3, le mot clé SYME_CHAR permet de calculer les facteurs d'intensité des contraintes et le taux de restitution de l'énergie G_IRWIN par interpolation des déplacements d'une lèvre unique de la fissure. Le déplacement des nœuds milieux des arêtes des éléments touchant le fond de fissure au quart de ces arêtes permettrait d'améliorer la précision du calcul.

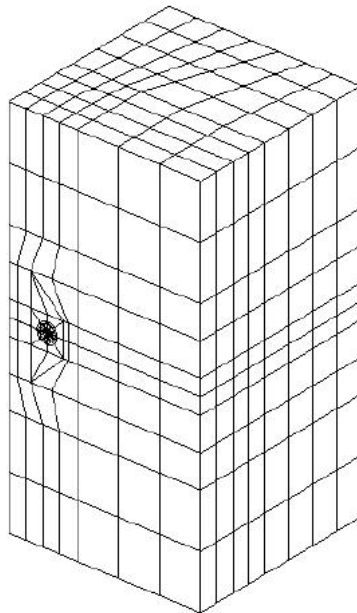
4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

| Identification | Référence | Aster | % différence |
|--------------------------------------|-----------|-------|--------------|
| G global | 145.6 | 146.2 | 0.4 |
| G local Nœud A - G Lagrange | 11.586 | 11.82 | 2.0 |
| G local Nœud B - G Lagrange | 11.586 | 11.56 | -0.2 |
| G local Nœud C - G Lagrange | 11.586 | 11.83 | 2.1 |
| G local Nœud D - G Lagrange | 11.586 | 11.81 | 1.9 |
| G local Nœud A - G Lagrange_no_no | 11.586 | 11.71 | 1.0 |
| G local Nœud B - G Lagrange_no_no | 11.586 | 11.60 | 0.2 |
| G local Nœud C - G Lagrange_no_no | 11.586 | 11.72 | 1.2 |
| G local Nœud D - G Lagrange_no_no | 11.586 | 11.70 | 1.0 |
| G (POST_K1_K2_K3 Méthode 3) - Nœud A | 11.586 | 10.45 | 9.8 |
| G (POST_K1_K2_K3 Méthode 3) - Nœud B | 11.586 | 10.49 | 9.4 |
| G (POST_K1_K2_K3 Méthode 3) - Nœud C | 11.586 | 10.45 | 9.8 |
| G (POST_K1_K2_K3 Méthode 3) - Nœud D | 11.586 | 10.52 | 9.2 |

5 Modélisation B : Post_K1_K2_K3 en 3D

5.1 Caractéristiques de la modélisation



Cette modélisation permet de tester le calcul de K1 à l'aide de POST_K1_K2_K3 (méthode d'extrapolation des déplacements sur les lèvres de la fissure). Le paramètre ABSC_CURV_MAXI de l'opérateur est choisi de manière à retenir 5 nœuds sur le segment d'extrapolation ($d_{\max} = 0,35$).

Seul le chargement de traction est pris en compte.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 6536

Nombre de mailles et type : 432 PENTA 15 et 987 HEXA 20

Les nœuds milieux des arêtes des éléments touchant le fond de fissure sont déplacés au quart de ces arêtes, pour obtenir une meilleure précision.

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_FOND_FISS

CALC_G_LOCAL_T

CALC_THETA THETA_3D

CALC_G_THETA_T

POST_K1_K2_K3

5.4 Remarque

On ne représente que le quart du bloc tridimensionnel complet et donc le quart de la fissure. Ainsi, il faut diviser la valeur théorique de référence du taux de restitution global par 4 :

$$G_{glob} = 145.60 / 4 = 36.40 \text{ J/m}$$

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

6.1.1 Résultats de CALC_G_THETA_T et CALC_G_LOCAL_T

| Identification | Référence | Aster | % différence |
|-------------------|-----------|-------|--------------|
| G local Nœud 49 | 11.59 | 11.74 | 1,30 |
| G local Nœud 1710 | 11.59 | 11.76 | 1,49 |
| G local Nœud 77 | 11.59 | 11.73 | 1,22 |
| G global | 36.40 | 36.82 | 1,16 |

6.1.2 Résultats de POST_K1_K2_K3

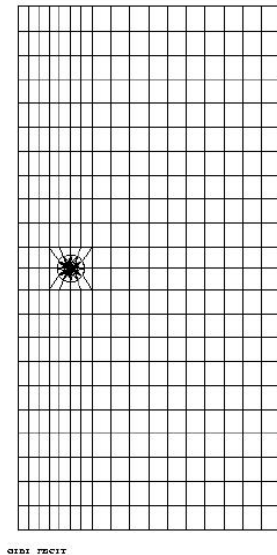
| Identification | | Méthode | Référence | Aster | % différence |
|----------------|-----------|-----------|-----------|----------|--------------|
| K1_MIN | Nœud 77 | méthode 1 | 16.0E+05 | 15.9E+05 | -0,04 |
| K1_MAX | Nœud 77 | méthode 1 | 16.0E+05 | 16.1E+05 | 0,66 |
| G_MIN | Nœud 77 | méthode 1 | 11.6E-00 | 11.6E-00 | -0,08 |
| G_MAX | Nœud 77 | méthode 1 | 11.6E-00 | 11.7E-00 | 1,32 |
| K1_MIN | Nœud 49 | méthode 1 | 16.0E+05 | 15.9E+05 | -0,03 |
| K1_MAX | Nœud 49 | méthode 1 | 16.0E+05 | 16.1E+05 | 0,66 |
| G_MIN | Nœud 49 | méthode 1 | 11.6E-00 | 11.6E-00 | -0,06 |
| G_MAX | Nœud 49 | méthode 1 | 11.6E-00 | 11.7E-00 | 1,32 |
| K1_MIN | Nœud 1710 | méthode 1 | 16.0E+05 | 15.9E+05 | -0,07 |
| K1_MAX | Nœud 1710 | méthode 1 | 16.0E+05 | 16.1E+05 | 0,61 |
| G_MIN | Nœud 1710 | méthode 1 | 11.6E-00 | 11.6E-00 | -0,15 |
| G_MAX | Nœud 1710 | méthode 1 | 11.6E-00 | 11.7E-00 | 1,22 |
| K1_MIN | Nœud 77 | méthode 2 | 16.0E+05 | 15.3E+05 | -4,02 |
| K1_MAX | Nœud 77 | méthode 2 | 16.0E+05 | 15.9E+05 | -0,21 |
| G_MIN | Nœud 77 | méthode 2 | 11.6E-00 | 10.7E-00 | -7,87 |
| G_MAX | Nœud 77 | méthode 2 | 11.6E-00 | 11.5E-00 | -0,42 |
| K1_MIN | Nœud 49 | méthode 2 | 16.0E+05 | 15.3E+05 | -4,04 |
| K1_MAX | Nœud 49 | méthode 2 | 16.0E+05 | 15.9E+05 | -0,40 |
| G_MIN | Nœud 49 | méthode 2 | 11.6E-00 | 10.6E-00 | -7,92 |
| G_MAX | Nœud 49 | méthode 2 | 11.6E-00 | 11.5E-00 | -0,63 |
| K1_MIN | Nœud 1710 | méthode 2 | 16.0E+05 | 15.3E+05 | -4,09 |
| K1_MAX | Nœud 1710 | méthode 2 | 16.0E+05 | 15.9E+05 | -0,25 |
| G_MIN | Nœud 1710 | méthode 2 | 11.6E-00 | 10.6E-00 | -8,08 |
| G_MAX | Nœud 1710 | méthode 2 | 11.6E-00 | 11.5E-00 | -0,49 |
| K1 | Nœud 77 | méthode 3 | 16.0E+05 | 15.5E+05 | -2,62 |
| G | Nœud 77 | méthode 3 | 11.6E-00 | 11.0E-00 | -5,16 |
| K1 | Nœud 49 | méthode 3 | 16.0E+05 | 15.5E+05 | -2,63 |
| G | Nœud 49 | méthode 3 | 11.6E-00 | 11.0E-00 | -5,19 |
| K1 | Nœud 1710 | méthode 3 | 16.0E+05 | 15.5E+05 | -2,68 |
| G | Nœud 1710 | méthode 3 | 11.6E-00 | 11.0E-00 | -5,29 |

Remarque :

La méthode 3 calcule une valeur unique pour chaque paramètre ($K1_MAX = K1_MIN$ dans le fichier résultat).

7 Modélisation C : Post_K1_K2_K3 en axisymétrique

7.1 Caractéristiques de la modélisation



Cette modélisation permet de tester le calcul de K1 à l'aide de POST_K1_K2_K3 (méthode d'extrapolation des déplacements sur les lèvres de la fissure) en axisymétrique.

Seul le chargement de traction est retenu dans cette modélisation.

Puisqu'on est en modélisation axisymétrique, la relation entre les taux de restitution d'énergie global et local est [R7.02.01] :

$$G_{réf.}(\theta) = G(s).a \text{ soit ici } G_{réf.} = 23.17 \text{ J/m}$$

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1477

Nombre de mailles et type : 402 QUAD 8 et 60 TRIA 6

Les nœuds milieux des arêtes des éléments touchant le fond de fissure sont déplacés au quart de ces arêtes, pour obtenir une meilleure précision.

7.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_FOND_FISS

CALC_G_LOCAL_T

CALC_THETA THETA_3D

CALC_G_THETA_T

POST_K1_K2_K3

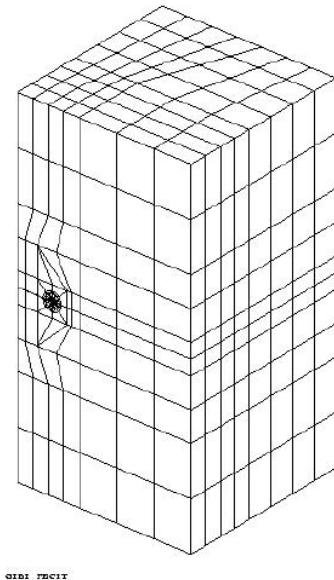
8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

| Identification | Méthode | Référence | Aster | % Différence |
|----------------|-------------------------|-----------|---------|--------------|
| G | CALC_G_THETA | 232E-01 | 236E-01 | 1,662 |
| K1_MAX | POST_K1_K2_K3 méthode 1 | 160E+04 | 162E+04 | 1,514 |
| K1_MIN | POST_K1_K2_K3 méthode 1 | 160E+04 | 160E+04 | 0,15 |
| G_MAX | POST_K1_K2_K3 méthode 1 | 116E-01 | 119E-01 | 3,05 |
| G_MIN | POST_K1_K2_K3 méthode 1 | 116E-01 | 116E-01 | 0,301 |
| K1_MAX | POST_K1_K2_K3 méthode 2 | 160E+04 | 160E+04 | 0,569 |
| K1_MIN | POST_K1_K2_K3 méthode 2 | 160E+04 | 150E+04 | -6,239 |
| G_MAX | POST_K1_K2_K3 méthode 2 | 116E-01 | 117E-01 | 1,141 |
| G_MIN | POST_K1_K2_K3 méthode 2 | 116E-01 | 102E-01 | -12,088 |

9 Modélisation D : Post_K1_K2_K3 en 3D modes 1 et 3

9.1 Caractéristiques de la modélisation



Les conditions aux limites suivantes sont successivement appliquées :

- traction : comme pour la modélisation B ;
- torsion.

Cette modélisation permet de tester le calcul de K1 et K3 combinés à l'aide de POST_K1_K2_K3 (méthode d'extrapolation des déplacements sur les lèvres de la fissure).

Les nœuds milieux des arêtes des éléments touchant le fond de fissure sont déplacés au quart de ces arêtes, pour obtenir une meilleure précision.

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 6536

Nombre de mailles et type : 432 PENTA 15 et 987 HEXA 20

Les nœuds milieux des arêtes des éléments touchant le fond de fissure sont déplacés au quart de ces arêtes, pour obtenir une meilleure précision.

9.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_FOND_FISS

CALC_G_LOCAL_T

CALC_THETA THETA_3D

CALC_G_THETA_T

POST_K1_K2_K3

AFPE_CHAR_MECA FORCE_FACE

9.4 Remarque

Les deux cas de charge (traction et torsion) sont pris en compte. Il faut donc cumuler les valeurs de G pour les deux chargements. De plus, on ne représente que le quart du bloc tridimensionnel complet et donc le quart de la fissure, il faut donc diviser la valeur théorique de référence du taux de restitution global par 4.

Ainsi

$$G(s) = (11.586 + 7.356) = 18.943 \text{ J/m}^2$$

$$G = (145.06 + 92.44) / 4 = 59.37 \text{ J/m}$$

Seule la traction contribue à K1, seule la torsion contribue à K3.

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

| Identification | Méthode | Localisation | Référence | Aster | % Différence |
|----------------|-------------------------|--------------|------------|------------|--------------|
| G_LOCAL | CALC G_LOCAL Legendre | Nœud 49 | 1,8943E+01 | 1,9055E+01 | 0,59 |
| G_LOCAL | CALC G_LOCAL Legendre | Nœud 1710 | 1,8943E+01 | 1,9089E+01 | 0,772 |
| G_LOCAL | CALC G_LOCAL Legendre | Nœud 77 | 1,8943E+01 | 1,9074E+01 | 0,694 |
| G | CALC_G_THETA | | 5,937E+01 | 5,9849E+01 | 0,567 |
| K1_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 49 | 1,5958E+06 | 1,5988E+06 | 0,189 |
| K1_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 49 | 1,5958E+06 | 1,5952E+06 | -0,038 |
| K1_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 49 | 1,5958E+06 | 1,5924E+06 | -0,21 |
| K1_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 49 | 1,5958E+06 | 1,5620E+06 | -2,116 |
| K1_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 1710 | 1,5958E+06 | 1,5990E+06 | 0,202 |
| K1_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 1710 | 1,5958E+06 | 1,5953E+06 | -0,029 |
| K1_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 1710 | 1,5958E+06 | 1,5925E+06 | -0,202 |
| K1_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 1710 | 1,5958E+06 | 1,5618E+06 | -2,129 |
| K1_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 77 | 1,5958E+06 | 1,5982E+06 | 0,155 |
| K1_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 77 | 1,5958E+06 | 1,5945E+06 | -0,077 |
| K1_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 77 | 1,5958E+06 | 1,5918E+06 | -0,249 |
| K1_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 77 | 1,5958E+06 | 1,5610E+06 | -2,176 |
| K3_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 49 | 1,0638E+06 | 1,0564E+06 | -0,704 |
| K3_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 49 | 1,0638E+06 | 1,0589E+06 | -0,464 |
| K3_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 49 | 1,0638E+06 | 9,4420E+05 | -11,246 |
| K3_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 49 | 1,0638E+06 | 1,0387E+06 | -2,361 |
| K3_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 1710 | 1,0638E+06 | 1,0564E+06 | -0,703 |
| K3_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 1710 | 1,0638E+06 | 1,0589E+06 | -0,464 |
| K3_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 1710 | 1,0638E+06 | 9,4421E+05 | -11,245 |
| K3_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 1710 | 1,0638E+06 | 1,0387E+06 | -2,361 |
| K3_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 77 | 1,0638E+06 | 1,0563E+06 | -0,708 |
| K3_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 77 | 1,0638E+06 | 1,0589E+06 | -0,468 |
| K3_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 77 | 1,0638E+06 | 9,4413E+05 | -11,253 |
| K3_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 77 | 1,0638E+06 | 1,0387E+06 | -2,366 |
| G_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 49 | 1,8943E+01 | 1,8866E+01 | -0,406 |
| G_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 49 | 1,8943E+01 | 1,8884E+01 | -0,313 |
| G_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 49 | 1,8943E+01 | 1,6896E+01 | -10,804 |
| G_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 49 | 1,8943E+01 | 1,8551E+01 | -2,069 |
| G_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 1710 | 1,8943E+01 | 1,8868E+01 | -0,395 |
| G_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 1710 | 1,8943E+01 | 1,8887E+01 | -0,296 |
| G_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 1710 | 1,8943E+01 | 1,6893E+01 | -10,819 |
| G_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 1710 | 1,8943E+01 | 1,8553E+01 | -2,058 |
| G_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 77 | 1,8943E+01 | 1,8856E+01 | -0,457 |
| G_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 1 | Nœud 77 | 1,8943E+01 | 1,8875E+01 | -0,358 |
| G_MIN | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 77 | 1,8943E+01 | 1,6882E+01 | -10,881 |
| G_MAX | POST K1 K1 K3 Méthode 2 | Nœud 77 | 1,8943E+01 | 1,8541E+01 | -2,12 |

11 Modélisation E : Calcul de la forme bilinéaire de G

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Le maillage est identique à celui des calculs précédents, mais seul le huitième du bloc est retenu (quadrant Oxyz)

- 1) Chargement 1 : Idem modélisation B.
- 2) Chargement 2 : Face x = 10. : contrainte uniforme de traction $\sigma_z = 1$,
Face z = 10. : contrainte uniforme de traction $\sigma_x = 1$ (cisaillement).
- 3) Chargement 3 : Chargement 1 + Chargement 2.
- 4) Chargement 4 : Chargement 2 – Chargement 1.

Quatre calculs statiques sont réalisés produisant respectivement les déplacements u, v, u+v, et v-u.

11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2774
Nombre de mailles et type : 392 HEXA20 et 216 PENTA15

11.3 Fonctionnalités testées

Commandes

| | | |
|----------------|---------------|---------------|
| DEFI_GROUP | CREA_GROUP_NO | |
| DEFI MATERIAU | ELAS | |
| DEFI LIST REEL | | |
| AFFE MODELE | 'MECANIQUE' | '3D' |
| AFFE MATERIAU | TOUT | |
| AFFE_CHAR_MECA | FORCE_FACE | GROUP_MA |
| | PRES_REP | PRES |
| STAT NON LINE | | |
| DEFI FOND_FISS | | |
| CALC THETA | | |
| CALC_G_THETA_T | COMP_ELAS | 'CALC_G' |
| CALC_G_THETA_T | COMP_ELAS | 'CALC_G_BILI' |

11.4 Remarque

On ne représente que le huitième du bloc tridimensionnel complet et donc le huitième de la fissure. Ainsi, il faut diviser la valeur théorique de référence du taux de restitution global par 8.

La forme bilinéaire $g(u, v)$ vérifie les propriétés suivantes :

$$g(u, u) = G(u) \quad (\text{form. 1})$$

$$g(u, v) = \frac{G(u+v) - G(u-v)}{4} \quad (\text{form. 2})$$

d'où

$$g(u-v, u+v) = \frac{G(2u) - G(-2v)}{4} = G(u) - G(v) \quad (\text{form. 3})$$

12 Résultats de la modélisation E

12.1 Valeurs testées

| Identification | Référence | Aster | % différence |
|----------------------------|----------------------|------------------------|--------------|
| G global : G(u) | $1.82 \cdot 10^{+1}$ | $1.8273 \cdot 10^{+1}$ | 0.4 |
| G bilinéaire : g(u, u) | $1.82 \cdot 10^{+1}$ | $1.8273 \cdot 10^{+1}$ | 0.4 |
| G global : G(v) | — | 6.8612 | — |
| G bilinéaire : g(v, v) | form.1 | 6.8612 | 0. |
| G global : G(u+v) | — | $4.7526 \cdot 10^{+1}$ | — |
| G bilinéaire : g(u+v, u+v) | form.1 | $4.7526 \cdot 10^{+1}$ | 0. |
| G global : G(u-v) | — | 2.7428 | — |
| G bilinéaire : g(u-v, u-v) | form.1 | 2.7428 | 0. |
| G bilinéaire : g(v, u) | form.2 | $1.1195 \cdot 10^{+1}$ | 0. |
| G bilinéaire : g(u-v, u+v) | form.3 | $1.1412 \cdot 10^{+1}$ | 0. |

On désigne par u le déplacement correspondant au chargement 1, et v le déplacement correspondant au chargement 2. Les chargements 3 et 4 correspondant aux déplacements (u+v) et (v-u).

13 Modélisation F : Calcul de la forme bilinéaire de G local

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Le maillage est identique à celui de la modélisation E.

- 1) Chargement 1 : Idem modélisation B.
- 2) Chargement 2 : Face $x = 10.$: contrainte uniforme de traction $\sigma_z = 1$,
Face $z = 10.$: contrainte uniforme de traction $\sigma_x = 1$ (cisaillement).
- 3) Chargement 3 : Chargement 1 + Chargement 2.
- 4) Chargement 4 : Chargement 2 – Chargement 1.

Quatre calculs sont statiques sont réalisés produisant respectivement les déplacements u , v , $u+v$, et $v-u$.

13.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 2774
Nombre de mailles et type : 392 HEXA20 et 216 PENTA15

13.3 Fonctionnalités testées

Commandes

| | | |
|----------------|---------------|----------------|
| DEFI_GROUP | CREA_GROUP_NO | |
| DEFI MATERIAU | ELAS | |
| DEFI LIST REEL | | |
| AFFE MODELE | 'MECANIQUE' | '3D' |
| AFFE MATERIAU | TOUT | |
| AFFE_CHAR_MECA | FORCE_FACE | GROUP_MA |
| | PRES_REP | PRES |
| STAT_NON_LINE | | |
| DEFI_FOND_FISS | | |
| CALC_G_LOCAL_T | COMP_ELAS | 'CALC_G' |
| CALC_G_LOCAL_T | COMP_ELAS | 'G_BILINEAIRE' |

13.4 Remarque

On ne représente que le huitième du bloc tridimensionnel complet et donc le huitième de la fissure. Ainsi, il faut diviser la valeur théorique de référence du taux de restitution global par 8.

La forme bilinéaire $g(u, v)$ vérifie les propriétés suivantes :

$$g(u, u) = G(u) \quad (\text{form. 1})$$

$$g(u, v) = \frac{G(u+v) - G(u-v)}{4} \quad (\text{form. 2})$$

d'où

$$g(u-v, u+v) = \frac{G(2u) - G(-2v)}{4} = G(u) - G(v) \quad (\text{form. 3})$$

14 Résultats de la modélisation F

14.1 Valeurs testées

| Nœud | Lissage | R_inf | R_sup | Identification | Référence | Code_Aster | % écart |
|-------|---------|-------|-------|----------------------------|-----------|------------|---------|
| N2667 | Lag-Lag | 0.1 | 1.0 | G local : G(u) | 5.79 | 5.746 | 0.748 |
| N2667 | Lag-Lag | 0.1 | 1.0 | G bilinéaire : g(u, u) | 5.79 | 5.746 | 0.748 |
| N2667 | Lag-Lag | 0.1 | 1.0 | G max : g(u, u) | - | 1.4946E+01 | - |
| N2667 | Leg-Leg | 0.5 | 1.5 | G local : G(v) | - | 2.1737 | - |
| N2667 | Leg-Leg | 0.5 | 1.5 | G bilinéaire : g(v, v) | - | 2.1737 | - |
| N2773 | Leg-Leg | 0.5 | 1.5 | G max : g(v, v) | - | 6.0334 | - |
| N2667 | Lag-Lag | 0.2 | 2.0 | G global : G(u+v) | - | 1.5150E+01 | - |
| N2667 | Lag-Lag | 0.2 | 2.0 | G bilinéaire : g(u+v, u+v) | - | 1.5150E+01 | - |
| N2667 | Lag-Lag | 0.2 | 2.0 | G max : g(u+v, u+v) | - | 3.8910E+01 | - |

La [Figure 14.1-a] ci-dessous montre les valeurs de G local en fond de fissure obtenues à partir de la forme bilinéaire de G. C'est le premier chargement qui est appliqué (traction simple), il sollicite le premier mode d'ouverture de la fissure. Les champs θ ainsi que G sont discrétisés selon la méthode de Lagrange. Les rayons inférieur et supérieur délimitant la couronne dans laquelle les champs θ décroissent linéairement sont respectivement égal à 0.1 mm et 1mm. La valeur de référence est égale à 5.79 J/m², cf. modélisation A.

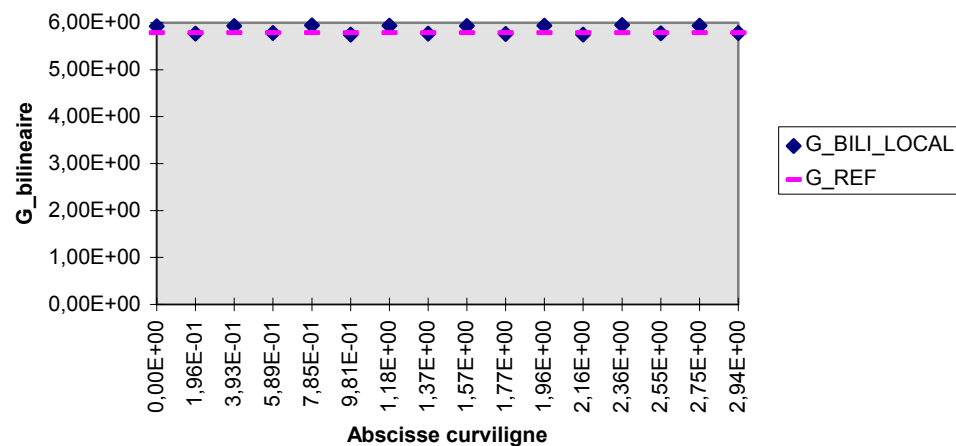


Figure 14.1-a : G bilinéaire local en fonction de l'abscisse curviligne

On désigne par u le déplacement correspondant au chargement 1, et v le déplacement correspondant au chargement 2. Le chargement 3 correspond au déplacement (u+v).

15 Synthèses des résultats

Le triple objectif de ce test est atteint :

- Il s'agit de valider la définition des fonds de fissure fermés et les aménagements conséquents du calcul de G local. On vérifie en particulier l'indépendance de G local vis à vis de l'angle pour une fissure et un chargement axisymétriques. On constate un écart de moins de 2% sur l'ensemble du fond de fissure par les deux méthodes 'LAGRANGE' et 'LAGRANGE_NO_NO'.
- De plus, ce test permet de valider la commande POST_K1_K2_K3 qui permet de calculer les facteurs d'intensité de contraintes en exploitant le saut de déplacements sur les lèvres de la fissure. Cette méthode, moins précise que G_THETA, permet d'obtenir ici (avec un maillage approprié : nœuds milieux des arêtes touchant le fond de fissure déplacés au quart de ces arêtes) des valeurs de K1 et K3 à moins de 1% de la référence (pour la méthode d'extrapolation numéro 1). Avec la méthode d'extrapolation numéro 2, l'écart peut aller jusqu'à 8%. La précision de la méthode d'extrapolation numéro 3, testée dans la modélisation B, est comprise entre celles des deux précédentes méthodes. La méthode 3 est cependant intéressante car elle fournit une valeur unique des facteurs d'intensité de contrainte et non pas une valeur maximale et une valeur minimale.
- Enfin, on valide le calcul de la forme bilinéaire de G.