# SSNA119 – Endommagement d'une éprouvette entaillée en AXIS

**Résumé :**

Ce test représente un calcul d'endommagement d'une éprouvette entaillée. Il permet la validation de la modélisation GRAD_VARI et GVNO en axisymétrique, pour la modélisation AXIS_GVNO/AXIS_GRAD_VARI, qui permet d'effectuer des calculs d'endommagement régularisés par le gradient de l'endommagement, en prenant en compte des degrés de liberté de déplacement et d'endommagement aux nœuds.
Pour GVNO la résolution du critère est globale, à la différence de la modélisation GRAD_VARI qui effectue une résolution locale, points de Gauss par points de Gauss. On valide trois lois de comportement ENDO_CARRE (qui est pour le moment la seule loi que l'on peut utiliser avec la modélisation GVNO), ENDO_SCALAIRE et ENDO_FISS_EXP.

Les différentes modélisations et lois de comportement endommageant sont testées :

- **Modélisation A** : Modélisation GVNO avec la loi de comportement ENDO_CARRE
- **Modélisation B** : Modélisation GRAD_VARI avec la loi de comportement ENDO_SCALAIRE
- **Modélisation C** : Modélisation GRAD_VARI avec la loi de comportement ENDO_FISS_EXP



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie

On considère une plaque entaillée de hauteur $10\,dm$ . De largeur $3\,dm$ et de rayon d'entaille $1\,dm$ .

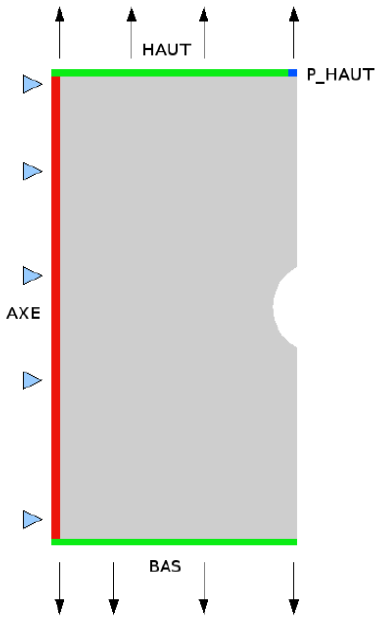



**Figure 1 : Représentation du problème**

## 1.2 Propriétés communes du matériau

Le matériau considéré est assimilé au béton (on travaille à l'échelle décimétrique):

Caractéristiques élastiques :

$E = 3.\mathrm{E10\,Pa} = 3.\mathrm{E8\ N/dm^2}$

$\nu = 0.2$

Limite d'élasticité en traction de la loi d'endommagement :

$SY = 3.\mathrm{E4\ N/dm^2} = 3.\mathrm{E6\,Pa}$

Taux de restitution d'énergie par surface de fissure (constante de Griffith):

$G_f = 10\ \mathrm{N/dm} = 100\ \mathrm{J/m^2}$

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

**Blocage** : $DX = 0$ sur un groupe de nœuds situé au milieu de l'axe ( $x = 0.$ ), afin d'assurer le maintien de la structure.

**Chargement** : Déplacement imposé ou piloté (varie en fonction de la modélisation) dans la direction de traction.



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

# 2 Solution de référence

Ce cas test est un cas de non régression. Il s'agit d'une étude particulièrement instable, qui passe rapidement d'un état faiblement endommagé à un état de rupture (endommagement égal à 1).

Pour la modélisation GVNO le pas de temps au cours duquel on franchit l'instabilité demande plusieurs minutes de calculs. On se restreint donc, pour la validation du cas test, à la vérification de l'endommagement nodal au centre de l'entaille ( $x=2.$, $y=0.$ ), sur deux pas de temps précédent le snap-back. Les chargements ne sont pas analytiques. Les valeurs des déplacements imposés sont simplement empiriques. De même, on trouve des valeurs d'endommagement associées qui ne sont pas des valeurs exactes. Pour la référence, on prendra les arrondis à la 5ème décimale. On demande pour la validation du cas test, une précision de l'ordre de $10^{-4}$ .

On fait un calcul complet de snap-back avec la technique de pilotage par prédiction élastique pour la modélisation GRAD_VARI.



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

# 3 Modélisation A

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

On considère une modélisation d'endommagement GVNO, qui permet d'effectuer des calculs d'endommagement régularisés par le gradient de l'endommagement, en prenant en compte que des degrés de liberté de déplacement et d'endommagement aux nœuds. Cette modélisation n'accepte pas de pilotage de chargement par la prédiction élastique.

## 3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 263 éléments TRIA6.

## 3.3 Loi d'endommagement : matériau ENDO_CARRE

Caractéristiques standards du béton sont définis précédemment.
Caractéristiques liées à la loi d'endommagement non-locale :
$c=1.5\ \mathrm{N}$ ce qui correspond à la zone d'endommagement $1\mathrm{D}$ égale à $D=\sqrt{2\,c\,E/SY^2}=0.5\,\mathrm{dm}$

## 3.4 Conditions aux limites et chargements

**Chargement** : Déplacement imposé vertical $U$ sur l'arête horizontale du haut ( $y=5.$ ) et $-U$ sur celle du bas ( $y=-5.$ ) :
A l'instant $t_1=6.5$ : $DY=0.3675\times 6.5\,\mathrm{dm}$
A l'instant $t_2=7.0$ : $DY=0.3675\times 7.0\,\mathrm{dm}$

## 3.5 Grandeurs testées et résultats

Test de non régression sur la variable d'endommagement DAMG au nœud $\mathrm{no_test}$ .



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

# 4 Modélisation B

## 4.1 Caractéristiques de la modélisation

On considère une modélisation d'endommagement GRAD_VARI, qui est une formulation mixte Lagrangienne d'endommagement régularisés par le gradient de l'endommagement. Elle prend en compte en plus des degrés de liberté de déplacement et d'endommagement aux nœuds, les coéficients de Lagrange. Cette modélisation accepte du pilotage de chargement par la prédiction élastique.

## 4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 1034 éléments TRIA6 et 462 éléments QUAD8. Le maillage au centre de l'éprouvette est orienté hors symétrie.

## 4.3 Loi d'endommagement : matériau ENDO_SCALAIRE

Caractéristiques standards du béton sont définit précédemment.
Caractéristiques liées à la loi d'endommagement non-locale :
$c=1.875\,\mathrm{N}\ ;\ p=1.5\ ;\ m=10$ ce qui correspond à la zone d'endommagement $1\mathrm{D}$ égale à $D=0.5\,\mathrm{dm}$

La correspondance avec les paramètres physiques est la suivante :

$$c=3/8\,D\,G_f\ ;\ m=\frac{3\,E\,G_f}{2\,D\cdot SY^2}\ ;\ p=m/4-1\ ;$$

## 4.4 Conditions aux limites et chargements

**Chargement** : Le calcul se fait en pilotage par prédiction élastique jusqu'à la rupture complète de l'éprouvette, grâce à la projection sur les bornes prédéfinies.

## 4.5 Grandeurs testées et résultats

Test de non régression sur le déplacement au point P_HAUT , la force nodale au point P_HAUT et le champ de contrainte au point de Gauss 1 de la maille $M160$ .



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

# 5 Modélisation C

## 5.1 Caractéristiques de la modélisation

On considère une modélisation d'endommagement GRAD_VARI, qui est une formulation mixte Lagrangienne d'endommagement régularisés par le gradient de l'endommagement. Elle prend en compte en plus des degrés de liberté de déplacement et d'endommagement aux nœuds, les coéficients de Lagrange. Cette modélisation accepte du pilotage de chargement par la prédiction élastique.

## 5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 1034 éléments TRIA6 et 462 éléments QUAD8. Le maillage au centre de l'éprouvette est orienté hors symétrie.

## 5.3 Loi d'endommagement : matériau ENDO_FISS_EXP

Outre les caractéristiques du béton définies au § 1.2, on introduit une limite en compression de fc=30.E6 Pa, un paramètre de forme du modèle cohésif p=1.5 et une demi-largeur de bande D=0.5 dm.

## 5.4 Conditions aux limites et chargements

**Chargement** : Le calcul se fait en pilotage par prédiction élastique jusqu'à la rupture complète de l'éprouvette, grâce à la projection sur les bornes prédéfinies.

## 5.5 Grandeurs testées et résultats

Test de non régression sur le déplacement au point P_HAUT , la force nodale au point P_HAUT et le champ de contrainte dans son ensemble (somme absolue).



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

# 6 Synthèse des résultats

Ce test permet de verifier en non régression :

- Modélisation GVNO avec la loi de comportement ENDO_CARRE
- Modélisation GRAD_VARI avec la loi de comportement ENDO_SCALAIRE
- Modélisation GRAD_VARI avec la loi de comportement ENDO_FISS_EXP



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