

SSNV257 – Validation de la loi d'endommagement GTN à gradient avec des simulations des essais sur éprouvettes entaillées

Résumé :

Ce cas-test permet de valider l'algorithme d'intégration de la loi d'endommagement de Gurson – Tvergaard – Needleman (*GTN*) à gradient avec les éléments finis standard sous-intégrés ou mixtes en grandes déformations. On y modélise une éprouvette entaillée (AE) en traction simple.

Les différentes modélisations traitées sont :

- **Modélisation A** (*2D*) : `AXIS_GRAD_VARI`
- **Modélisation B** (*2D*) : `AXIS_GRAD_INCO`

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Une éprouvette entaillée (AE ou en anglais NT) est modélisée. La dimension de celle-ci est donnée dans la Figure 1.1-1.

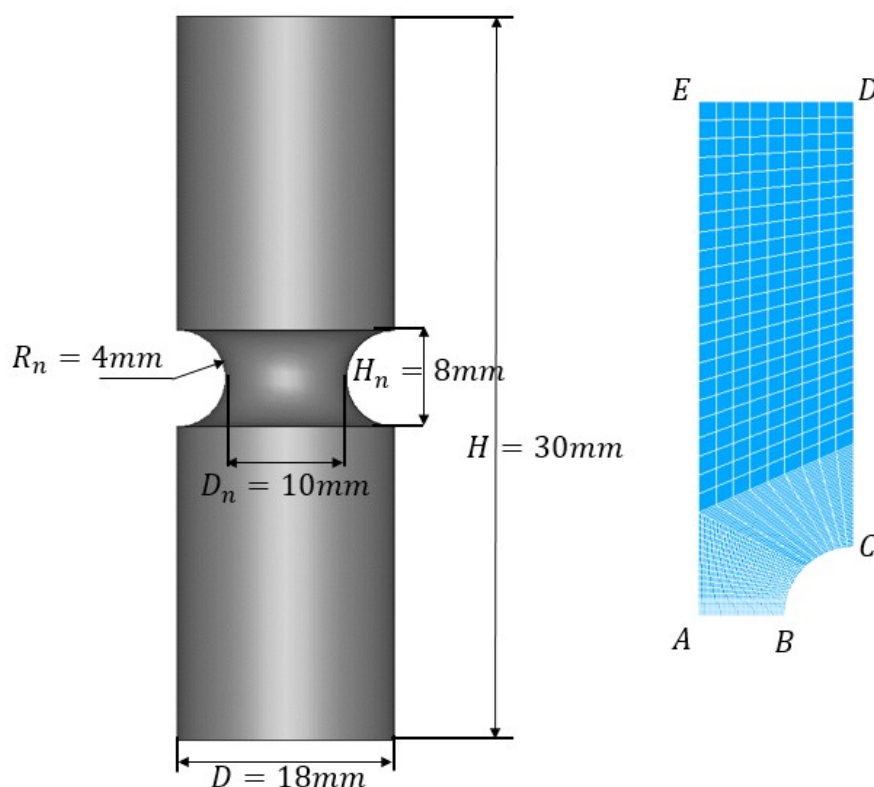


Figure 1.1-a: Géométrie et Maillage de l'éprouvette AE4

1.2 Propriétés du matériau

Élasticité :

$$E = 190\,000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.3$$

Module d'Young
Coefficient de Poisson

Courbe d'écrouissage :

$$R(\kappa) = 488.36 + 57.13(1 - \exp(-8613\kappa)) + 238.73(1 - \exp(-10.39\kappa))$$

Loi d'endommagement ductile GTN :

$q_1 = 1.5$	Paramètre du modèle GTN
$q_2 = 1.07$	Paramètre du modèle GTN
$f_0 = 0.0002$	Porosité initial
$f_n = 0$	Paramètre de germination
$f_c = 0.05$	Porosité de coalescence
$\delta = 3$	Coefficient d'accélération lié à la coalescence
$c = 1$	Paramètre non local
$r = 5000 \text{ MPa}$	Paramètre de pénalisation de Lagrange

Dans `DEFI_MATERIAU`, les informations suivantes doivent être renseignées :

ELAS	ECRO_NL	GTN	NON_LOCAL
E = 190000	R0 = 488.361123569	Q1 = 1.5	C_GRAD_VARI = 1
NU = 0.3	R1 = 57.1333673502	Q2 = 1.07	PENA_LAGR = 5000
	GAMMA_1 = 8613	PORO_INIT = 0.0002	
	R2 = 238.731127339	COAL_PORO = 0.05	
	GAMMA_2 = 10.386585592	COAL_ACCE = 3	

1.3 Conditions aux limites et chargements

Pour la modélisation $2D$ (axisymétrique), les déplacements verticaux pour le côté DE sont contrôlés : $u_x = 2 \text{ mm}$, les déplacements horizontaux pour le côté AE et les déplacements verticaux pour le côté AB sont bloqués en raison de la symétrie. (voir Figure 1.1-1 pour la géométrie et le maillage de l'AE4).

Le chargement est imposé à l'aide de 500 pas de temps identiques. Le pseudo-temps de calcul est 1.

2 Solution de référence

2.1 Résultats de référence

Les solutions de référence sont obtenues en réalisant les mêmes calculs dans le code de calcul par éléments finis Z-set (développé par Mines ParisTech et l'ONERA).

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation `AXIS_GRAD_VARI`.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par SALOME.

Nombre de nœuds : 4596.

Nombre et types de mailles : 1469 QUAD8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère les valeurs suivantes à l'instant 0.1 : la contrainte σ_{yy} ('SIEF_ELGA', 'SIYY'), la variable d'écrouissage κ ('VARI_ELGA', 'V1') et la porosité f ('VARI_ELGA', 'V2') de deux points d'intégration. Le premier point d'intégration est celui le plus proche du nœud A (on le note $G1$), le deuxième est celui se situant au milieu du côté AB (on le note $G2$).

Le tableau suivant rassemble les valeurs obtenues par le logiciel de calcul par éléments finis Z-set.

INST	Point d'intégration	Identification	Valeur de référence	Type	Tolérance
0.1	G1	SIYY	1202.612	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G2	SIYY	1051.092	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G1	V1	0.06721424	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G2	V1	0.06932525	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G1	V2	0.0003293419	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G2	V2	0.0002808173	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation `AXIS _ GRAD _ INCO`.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est obtenu par SALOME.

Nombre de nœuds : 4596.

Nombre et types de mailles : 1469 QUAD8.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On récupère les valeurs suivantes à l'instant 0.1 : la contrainte σ_{yy} ('SIEF_ELGA', 'SIYY'), la variable d'écrouissage κ ('VARI_ELGA', 'V1') et la porosité f ('VARI_ELGA', 'V2') de deux points d'intégration. Le premier point d'intégration est celui le plus proche du nœud A (on le note $G1$), le deuxième est celui se situant au milieu du côté AB (on le note $G2$).

Le tableau suivant rassemble les valeurs obtenues par le logiciel de calcul par éléments finis Z-set.

INST	Point d'intégration	Identification	Valeur de référence	Type	Tolérance
0.1	G1	SIYY	1202.582	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G2	SIYY	1051.101	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G1	V1	0.06721325	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G2	V1	0.06932499	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G1	V2	0.0003293342	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%
0.1	G2	V2	0.0002808168	SOURCE EXTERNE	RELATIF - 1%

5 Synthèse des résultats

Ce cas-test est réalisé sur une éprouvette entaillée en axisymétrique. Les solutions de référence sont obtenues en réalisant les mêmes calculs dans le code de calcul par éléments finis Z-set (développé par Mines ParisTech et l'ONERA). On a un bon accord entre les résultats calculés et les solutions de référence.