

SSNV102 - Essai de traction cisaillement avec le modèle de TAHERI

Résumé :

Le problème est quasi-statique non linéaire en mécanique des structures.

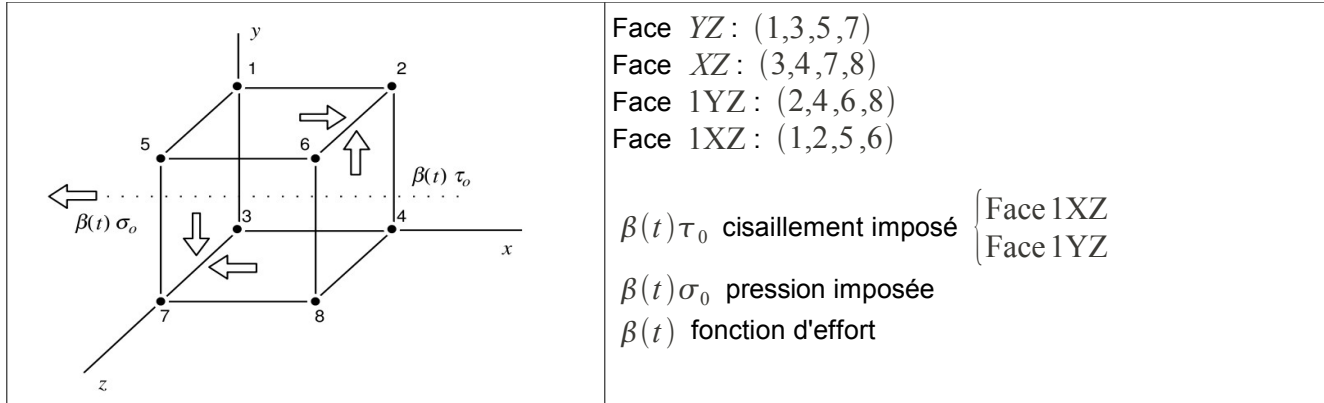
On analyse la réponse d'un élément de volume à un chargement en traction-cisaillement, effectué de telle façon que cela impose un état de contrainte-déformation uniforme dans l'élément.

Il y a 2 modélisations : une en 3D volumique et une autre en contraintes planes 2D .

On valide par ce test l'intégration numérique du modèle de comportement élasto-plastique de Saïd Taheri.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

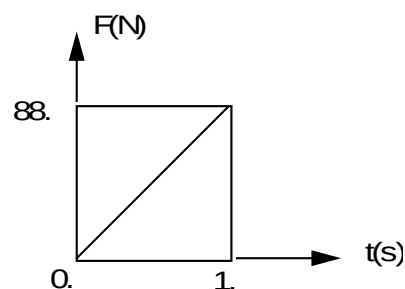


1.2 Propriétés de matériaux

élasticité isotrope	$E = 200\,000\text{ MPa}$	$\nu = 0,3$		
plasticité Taheri	$C_{inf} = 0.065\text{ MPa}$	$C_1 = -0.012\text{ Mpa}$	$s = 450$	$b = 30$
	$m = 0.1$	$a = 312$	$\alpha = 0.3$	$R_o = 72$

1.3 Conditions aux limites et chargements

N04	$dx = dy = 0$	Face YZ :	$FX = FY = -F(t)$
N08	$dx = dy = dz = 0$	Face XZ :	$FX = -F(t)$
N02, N06	$dx = 0$	Face 1YZ :	$FY = F(t)$
		Face 1XZ :	$FX = F(t)$



1.4 Conditions initiales

Contraintes et déformations nulles à $t = 0$.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

On intègre numériquement le système suivant entre $t=0$ et $t=1$.

(Système différentiel ordinaire non linéaire de 6 équations à 6 inconnues résolu à l'aide de la bibliothèque NAG par une 'Backward difference method')

$$\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}_p = \dot{\beta} \frac{\sigma_o}{E} \quad \text{éq 2.1- 1}$$

$$\dot{\gamma} - \dot{\gamma}_p = \dot{\beta} \frac{\tau_o}{2\mu} \quad \text{éq 2.1- 2}$$

$$\dot{\varepsilon}_p - \dot{p} \frac{\partial F}{\partial \sigma} = 0 \quad \text{éq 2.1- 3}$$

$$\dot{\gamma}_p - \dot{p} \frac{\partial F}{\partial \tau} = 0 \quad \text{éq 2.1- 4}$$

$$\left[-\frac{3}{2} \frac{\partial F}{\partial \sigma} \left(Kx + Cs \frac{\partial F}{\partial \sigma} \right) - 2 \frac{\partial F}{\partial \tau} \left(Ky + Cs \frac{\partial F}{\partial \tau} \right) - HR - a D \alpha Z^{(\alpha-2)} \right. \\ \left. \left(\left(\varepsilon_p - \varepsilon_p^n \right) \frac{\partial F}{\partial \sigma} + \frac{4}{3} \left(\gamma_p - \gamma_p^n \right) \frac{\partial F}{\partial \tau} \right) \right] \dot{p} + \left[\frac{3}{2} \frac{\partial F}{\partial \sigma} \left(Qx + C \varepsilon_p^n \right) + 2 \frac{\partial F}{\partial \tau} \left(Qy + C \gamma_p^n \right) + JR \right] \dot{\sigma}_p \\ = -\frac{\partial F}{\partial \sigma} \dot{\beta} \sigma_o - 2 \frac{\partial F}{\partial \tau} \dot{\beta} \tau_o \quad \text{éq 2.1- 5}$$

$$\left[1 + JR + \frac{3C}{2U} \left(\frac{3}{2} C \left(\varepsilon_p s - \sigma_p \varepsilon_p^n \right) \varepsilon_p^n + 2C \left(s \gamma_p - \sigma_p \gamma_p^n \right) \gamma_p^n \right) \right] \dot{\sigma}_p \\ - \left[HR + a D \alpha Z^{(\alpha-2)} \left(\left(\varepsilon_p - \varepsilon_p^n \right) \frac{\partial F}{\partial \sigma} + \frac{4}{3} \left(\gamma_p - \gamma_p^n \right) \frac{\partial F}{\partial \tau} \right) + KX \right. \\ \left. + 3 \frac{CS}{2U} \left(\frac{3}{2} C \left(s \varepsilon_p - \sigma_p \varepsilon_p^n \right) \frac{\partial F}{\partial \sigma} + 2C \left(s \gamma_p - \sigma_p \gamma_p^n \right) \frac{\partial F}{\partial \tau} \right) \right] \dot{p} = 0 \quad \text{éq 2.1- 6}$$

$$\begin{aligned} & \text{avec} \\ & \left\{ \begin{aligned} u &= b \left(1 - \frac{\sigma_p}{S} \right) \\ v &= \frac{C_\infty - C}{C} \\ w &= \frac{1 - D}{D} \\ C &= C_\infty - C_1 e^{-up} \\ K &= v u \quad Q = v \frac{bp}{s} \\ H &= w u \quad J = w \frac{bp}{s} \end{aligned} \right. \\ & \text{et} \\ & \left\{ \begin{aligned} X &= C \left(s \varepsilon_p - \sigma_p \varepsilon_p^n \right) \\ Y &= C \left(s \gamma_p - \sigma_p \gamma_p^n \right) \\ U &= \left[\frac{9}{4} X^2 + 3 Y^2 \right]^{1/2} \\ R &= D \left(a Z^\alpha + r_0 \right) \\ Z &= \left[\left(\varepsilon_p - \varepsilon_p^n \right)^2 + \frac{4}{3} \left(\gamma_p - \gamma_p^n \right)^2 \right]^{1/2} \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

avec les conditions initiales :

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta(0) = \frac{R(0)}{(\sigma_o^2 + 3 \tau_o^2)^{1/2}} \\ \varepsilon(0) = \beta(0) \frac{\sigma_o}{E} \\ \gamma(0) = \beta(0) \frac{\tau_o}{2\mu} \\ p(0) = \varepsilon_p(0) = \varepsilon_p^n = 0 \\ R(0) = (1-m) r_o = \sigma_p(o) \end{array} \right. \quad \text{d'où } \sigma(t=1) = \begin{bmatrix} 88. & 88. & 0 \\ 88. & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.2 Résultats de référence

Valeurs de $\varepsilon, \gamma, \varepsilon_p, \gamma_p, p$ et σ_p aux noeuds à $t=1$ s .

2.3 Incertitude sur la solution

Incertaince de la bibliothèque NAG.

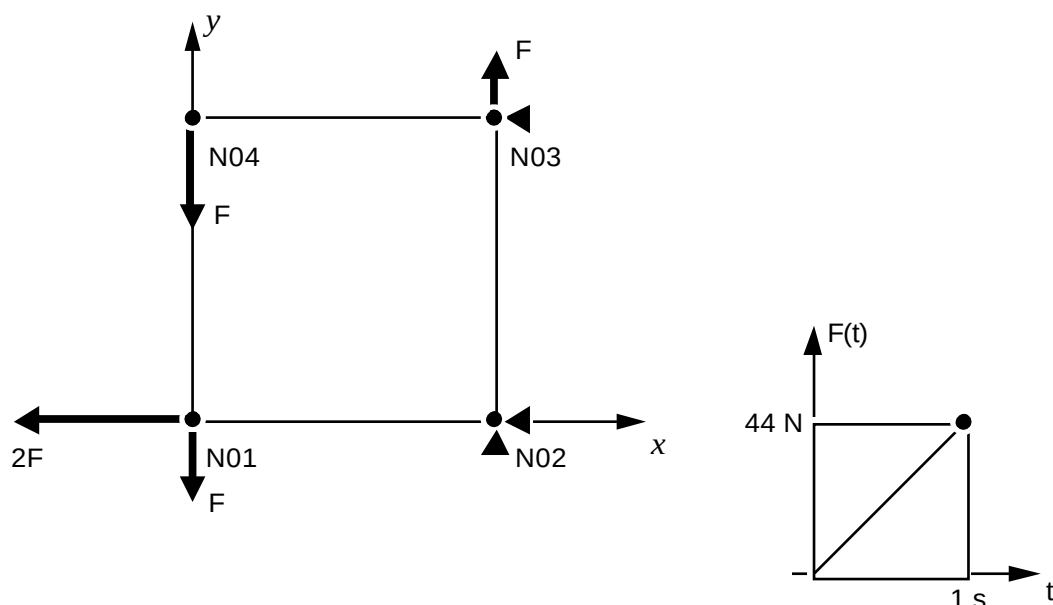
2.4 Références bibliographiques

- 1) Manuel utilisateur bibliothèque NAG sur CRAY.
- 2) S. ANDRIEUX - P. SCHOENBERGER - S. TAHERI : A three dimensional cyclic constitutive law for metals with a semi-discret memory variable - HI-71/8147 (1992)
- 3) P. GEYER - J.M. PROIX - P. SCHOENBERGER - S. TAHERI : Modélisation des phénomènes de déformation progressive - Collection des notes internes de la DER 93NB00153

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation en contraintes planes 2D , `C_PLAN`



3.2 Caractéristiques du maillage

Quadrangle carré à 4 nœuds en contraintes planes avec :

$\text{largeur} = 1\text{ mm}$,
 $\text{épaisseur} = 1\text{ mm}$.

3.3 Grandeurs testées et résultats

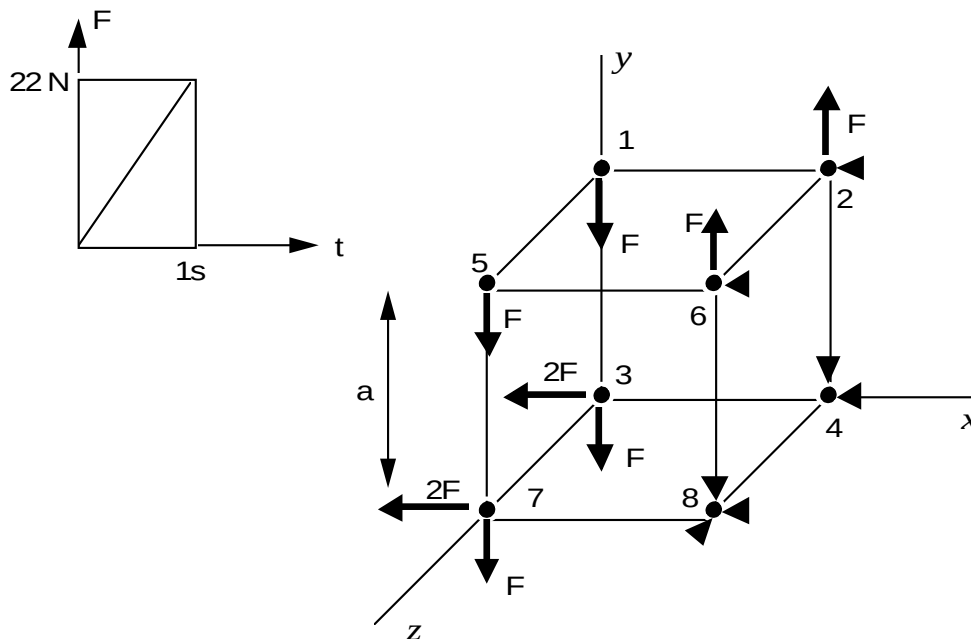
Identification	Référence	Test	Tolérance
ε sur <i>NO4</i> à $t=1\text{s}$	0,01721	ANALYTIQUE	2,5 %
γ sur <i>NO4</i> à $t=1\text{s}$	0,02573	ANALYTIQUE	2,5 %
ε_p sur <i>MA1</i> , point de Gauss 4 à $t=1\text{s}$	0,01678	ANALYTIQUE	2,5 %
γ_p sur <i>MA1</i> , point de Gauss 4 à $t=1\text{s}$	0,02515	ANALYTIQUE	2,5 %
ε_p sur <i>NO4</i> à $t=1\text{s}$	0,01678	ANALYTIQUE	2,5 %
γ_p sur <i>NO4</i> à $t=1\text{s}$	0,02515	ANALYTIQUE	2,5 %
σ_p sur <i>NO1</i> à $t=1\text{s}$	176,0	ANALYTIQUE	0,10 %

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D :

Cube élémentaire maillé à l'aide d'un hexaèdre à 8 nœuds.



4.2 Caractéristiques du maillage

1 maille HEXA8, largeur côté $a = 1 \text{ mm}$.

4.3 Grandeurs testées et résultats

4.3.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Test	Tolérance
ε sur NO4 à $t=1s$	0,01721	ANALYTIQUE	2,5 %
γ sur NO4 à $t=1s$	0,02573	ANALYTIQUE	2,5 %
ε_p sur MA1, point de Gauss 1 à $t=1s$	0,01678	ANALYTIQUE	2,5 %
γ_p sur MA1, point de Gauss 1 à $t=1s$	0,02515	ANALYTIQUE	2,5 %
ε_p sur NO4 à $t=1s$	0,01678	ANALYTIQUE	2,5 %
γ_p sur NO4 à $t=1s$	0,02515	ANALYTIQUE	2,5 %
σ_p sur NO1 à $t=1s$	176,0	ANALYTIQUE	0,10 %
p sur NO1 à $t=1s$	0.03	ANALYTIQUE	0,10 %

On teste également les paramètres de la structure de données résultats :

Identification	Référence	Test	Tolérance
INST pour NUME ORDRE= 6	1	ANALYTIQUE	0 %
ITER GLOB pour NUME ORDRE= 6	12	NON_REGRESSION	8

4.3.2 Remarques

La diminution de la tolérance sur la convergence globale en déplacement n'apporte pas de gain significatif en précision.

Le nombre d'incréments de charge (6) conduit à une précision satisfaisante du résultat.

5 Synthèse des résultats

Bonne précision lors de la comparaison avec NAG malgré quelques difficultés de convergence avec cette bibliothèque mathématique.