

## SSND115 - Loi de comportement élasto-plastique avec effet de non radialité

---

### Résumé :

Le problème est quasi-statique non-linéaire en mécanique des structures. La loi testée, `VISC_MEMO_NRAD`, est une loi de comportement avec écrouissage cinématique non-linéaire, écrouissage isotrope, et mémoire de l'écrouissage maximum, ainsi que prise en compte de la non radialité (ou non proportionnalité) du chargement.

On analyse la réponse en un point matériel, sur un essai de traction-torsion cyclique.

La modélisation A permet de valider les effets de mémoire et de non radialité en comparaison à des résultats expérimentaux.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

Point matériel

### 1.2 Propriétés des matériaux

Élasticité isotrope  $E=184\,000\text{ MPa}$   $\nu=0.3$

Écrouissage isotrope

R\_0 97.83 MPa B 51,3

Mémoire

10 Q\_0 -86.2 MPa

ETA 0,14 Q\_M 270.5 MPa

Écrouissage cinématique (modélisation A)

C1 182392 MPa G1\_0 3079

C2 16678 MPa G2\_0 178.7

Viscosité de LEMAITRE

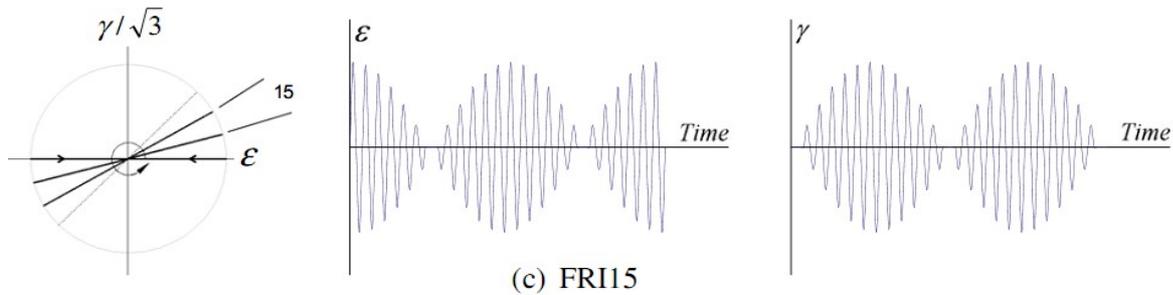
UN\_SUR\_K 1/156.9 (MPa S<sup>1/N</sup>)<sup>-1</sup> N 6,84

Effet de non radialité

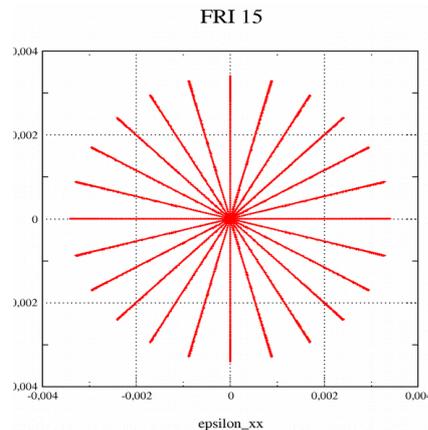
DELTA1 0.00306 2 DELTA2 0.01546

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

Chargement non proportionnel de traction-torsion, à déformation imposée, avec incréments de 15 degrés, ce qui revient sur un point matériel à imposer les composantes  $\varepsilon_{xx}$  et  $\varepsilon_{xy}$ , avec déphasage entre ces deux composantes. Pour chaque angle, les cycles sont symétriques.



La représentation du chargement dans un plan  $\frac{2}{\sqrt{3}} \varepsilon_{xy} - \varepsilon_{xx}$  est la suivante :



Pour obtenir un état quasiment stabilisé, on applique l'ensemble de ces cycles 4 fois.

## 2 Solution de référence

### 2.1 Résultats de référence

Les résultats sont expérimentaux [ref 1]. Les valeurs mesurées sont les amplitudes de contrainte après stabilisation :

Chargement	$\frac{\Delta \varepsilon_{xx}}{2}$	$\varepsilon_{moy}$	$\frac{\Delta \sigma_{xx}}{2}$	$\sigma_{moy}$	$\frac{\Delta \gamma}{2}$	$\gamma_{moy}$	$\frac{\Delta \sigma_{xy}}{2}$	$\sigma_{xymoy}$
FRI15	0.0034	0	413	-5	0.0058	0	237	0
FRI15	0.0034	0	398	-5	0.0058	0	231	1

On obtient donc les moyennes suivantes  $\frac{\Delta \sigma_{xx}}{2} = 405.5 MPa$  et  $\frac{\Delta \sigma_{xy}}{2} = 234 MPa$ ,

ce qui, comme  $\sigma_{xx moy} = -5 Mpa$ , et  $\sigma_{xx moy} = 0,5 Mpa$  conduit à :

$$\sigma_{xx max} = 400.5 MPa, \quad \sigma_{xx min} = -410.5 MPa$$

$$\sigma_{xy max} = 234.5 MPa, \quad \sigma_{xy min} = -233.5 MPa$$

### 2.2 Incertitude sur la solution

L'incertitude qui découle de la variabilité des résultats expérimentaux est de 2%. Celle qui provient de l'identification des paramètres matériau peut être estimée à 5% à 10% (cf. [ref. 2]).

### 2.3 Références bibliographiques

- [1] « Multiaxial fatigue evaluation using discriminating strain paths » Nima Shamsaei, Ali Fatemi, Darrell F. Socie International Journal of Fatigue 33 (2011) 597–609
- [2] J.M.PROIX « Comportement viscoplastique prenant en compte la non proportionnalité du chargement » EDF R&D-CR-AMA12-284, 12/12/12

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

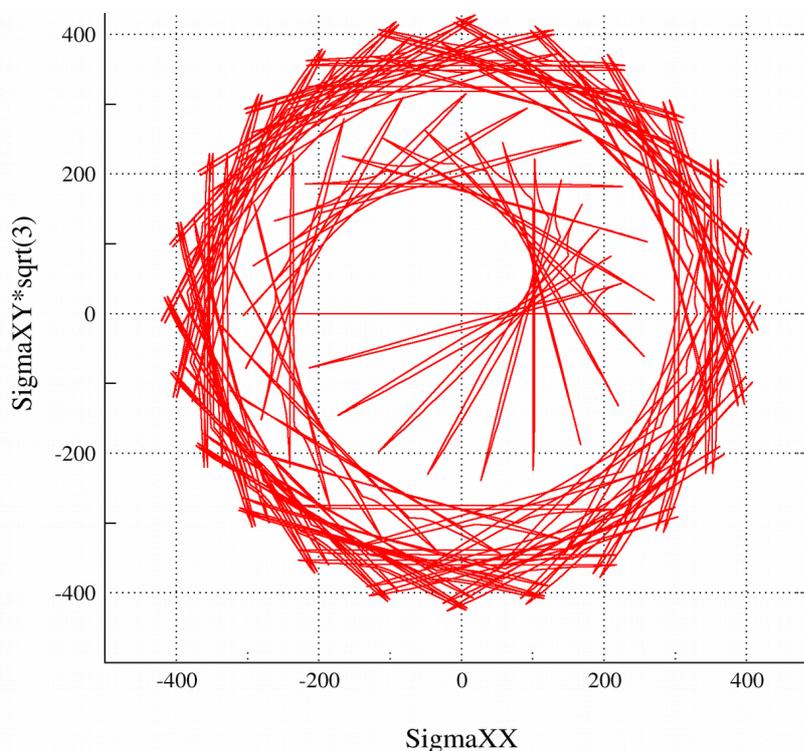
Point matériel, comportement `VISC_MEMO_NRAD`.

Chaque cycle élémentaire (une traction-compression pour une torsion donnée) est discrétisé en 48 pas. Pour effectuer un tour complet sur le diagramme précédent il faut  $360/15=24$  cycles élémentaires.

On effectue en tout 4 tours complet, soit au total  $48 \times 24 \times 4 = 4608$  pas de temps.

### 3.2 Grandeurs testées et résultats

La représentation des résultats dans un diagramme  $\sqrt{3} \sigma_{xy}; \sigma_{xx}$  montre la stabilisation de la réponse



Les valeurs extrêmes des contraintes obtenues à la fin du chargement sont

Identification	Référence	tolérance
$\sigma_{xx} \max$	400,5	5%
$\sigma_{xx} \min$	-410,5	3%
$\sigma_{xy} \max$	234,5	6,00%
$\sigma_{xy} \min$	-233,5	6,00%

## 4 Synthèse des résultats

Les résultats montrent la capacité du modèle à prendre en compte le sur écrouissage dû à la non radialité du chargement. En effet, en l'absence de termes liés à la non radialité, les amplitudes obtenues sont beaucoup plus faibles (environ  $100 \text{ Mpa}$  de moins). La différence de 5 à 6% avec l'expérience peut être considérée comme acceptable.