

## SSNV226 – Validation du critère de rupture en contrainte critique

---

### Résumé :

Le problème est quasi-statique non-linéaire en mécanique des structures (on dispose néanmoins d'une modélisation en dynamique non-linéaire par soucis de validation).

On analyse la réponse d'un élément de volume, avec un chargement en traction et déplacement imposé. Dès que la contrainte principale maximale dans l'élément atteint une contrainte critique, la rigidité de l'élément est diminuée et les contraintes sont quasi annulées.

La modélisation A permet de valider le critère de rupture avec la loi `VISCOCHAB` dans un cas où l'érouissage est isotrope, pour une traction simple.

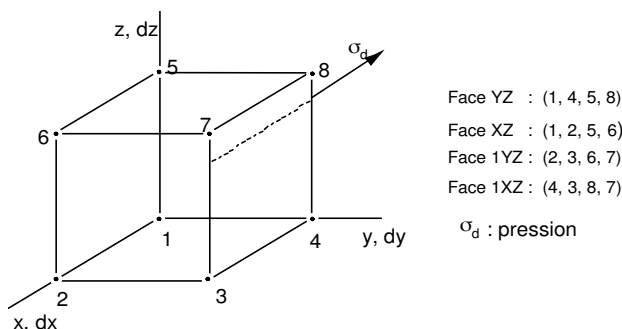
La modélisation B permet de valider le critère de rupture avec la loi `VMIS_ISOT_TRAC` dans un cas où l'érouissage est purement isotrope, pour une traction simple.

La modélisation C permet de valider le critère de rupture avec la loi `VISC_ISOT_TRAC` en viscoplasticité dans un cas où l'érouissage est purement isotrope, pour une traction simple.

La modélisation D reprend la modélisation C en utilisant l'opérateur de dynamique non-linéaire `DYNA_NON_LINE`.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



### 1.2 Propriétés des matériaux

Élasticité isotrope  $E = 2. E^{11} Pa$   $\nu = 0.3$

Viscoplasticité modèle VISCOCHAB (modélisation A), sans écrouissage cinématique :

|     |                     |     |                               |      |   |
|-----|---------------------|-----|-------------------------------|------|---|
| $k$ | $626.423911 E^6 Pa$ | Q_M | $3.982809551 E^8 Pa$          | C2   | 0 |
| A_K | 0.215443469         | Q_0 | $3.982809551 E^8 Pa$          | C1   | 0 |
| B   | 11.53016            | K_0 | $k \times 0.21544 Pa S^{1/N}$ | G1_0 | 0 |
|     |                     | N   | 12                            | G2_0 | 0 |

Élasto-plasticité avec écrouissage isotrope (modélisation B) : modèle **VMIS\_ISOT\_TRAC**

Écrouissage isotrope

$$R_0 = S_y \quad 750 E^6 Pa$$

Courbe de traction

|              |           |          |               |
|--------------|-----------|----------|---------------|
| $\epsilon_0$ | $S_y / E$ | $\sigma$ | $S_y$         |
| $\epsilon$   | 1.        | $\sigma$ | $1500 E^6 Pa$ |

Viscoplasticité (modélisation C) : modèle **VISC\_ISOT\_TRAC**

Écrouissage isotrope

$$R_0 = S_y \quad 750 E^6 Pa$$

VISC\_SINH

$$SIGM_0 \quad 6167 E^6 Pa \quad EPSI_0 \quad 3.31131121483 E^{13} Pa$$

$$M \quad 6.76$$

Courbe de traction

|              |           |          |               |
|--------------|-----------|----------|---------------|
| $\epsilon_0$ | $S_y / E$ | $\sigma$ | $S_y$         |
| $\epsilon$   | 1.        | $\sigma$ | $1500 E^6 Pa$ |

Paramètres matériaux sous **CRIT\_RUPT** :

Contrainte critique :  $SIGMA_C = 7.8 E^8 Pa$ ,  $COEF = 10000$ . [4]

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Déformation imposée :

|                                   |              |                          |                             |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|
| $\epsilon_{max}$                  | 0.05         | vitesse                  | $1.E^{-4}$                  |
| Chargement en fonction du temps : |              |                          |                             |
| $t_0=0.$                          | $\epsilon=0$ | $t_{max} =$              | $\epsilon = \epsilon_{max}$ |
|                                   |              | $\epsilon_{max}/vitesse$ |                             |

Traction : *FACEYZ*  $Dz = 1$

Blocage : *FACEXZ*  $Dy = 0$  *FACEXY*  $Dz = 0$   
*FACEYZ*  $Dx = 0$

## 2 Solution de référence

### 2.1 Résultats de référence

Comme l'état de contrainte est uniforme et uniaxial, on vérifie simplement que l'élément de volume va rompre dès que  $\sigma_{zz}$  est supérieure à  $SIGMA\_C = 7.8 E^8 Pa$ .

### 2.2 Références bibliographiques

- [1] R5.03.04 « Comportements élasto-visco-plastiques de J.L.Chaboche ».
- [2] R5.03.02 « Intégration des relations de comportement élasto-plastiques de von Mises »
- [3] R5.03.21 « Modélisation élastoviscoplastique avec écrouissage isotrope en grandes déformations »
- [4] A.Dahl « Etude expérimentale et approche locale de l'arrêt de fissure de clivage dans un acier bainitique » Thèse ECP janvier 2012

### 3 Modélisation A

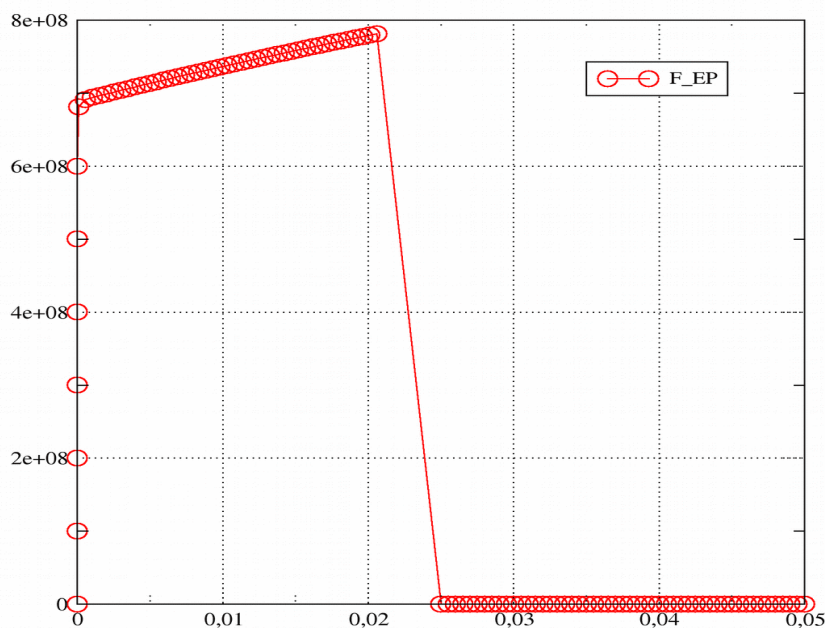
#### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D, 1 hexa8. Traction simple avec courbe de traction imposée.

#### 3.2 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs testées sont les valeurs maximales des contraintes principales avant et après que le critère soit atteint.

| Instant | Identification | Référence     |
|---------|----------------|---------------|
| 245.    | $\sigma_{zz}$  | $7.81319 E^8$ |
| 250.    | $\sigma_{zz}$  | $1. E^4$      |



Remarque : la valeur  $\text{SIGMA\_C} = 7.8 E^8 Pa$  est légèrement dépassée à cause du caractère explicite du critère.

En raffinant le pas de temps (200 pas au lieu de 100) la valeur maximum de  $\sigma_{zz}$  est  $7.8045 E^8$

## 4 Modélisation B

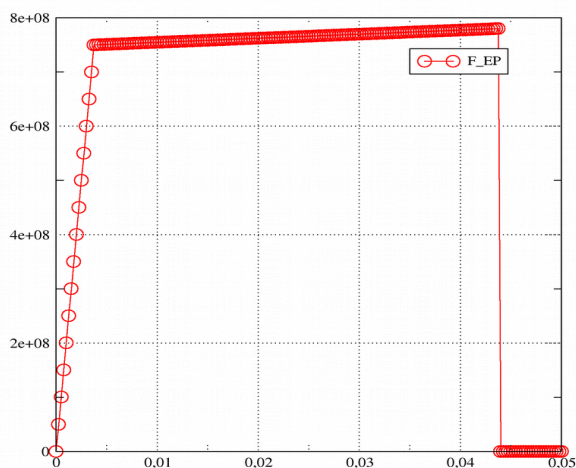
### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D, 1 hexa8. Traction simple avec courbe de traction imposée.

### 4.2 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs testées sont les valeurs maximales des contraintes principales avant et après que le critère soit atteint.

| Instant | Identification | Référence     |
|---------|----------------|---------------|
| 437.5.  | $\sigma_{zz}$  | $7.80113 E^8$ |
| 440.    | $\sigma_{zz}$  | 5000.0        |



## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D, 1 hexa8. Traction simple avec courbe de traction imposée.

### 5.2 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs testées sont les valeurs maximales des contraintes principales avant et après que le critère soit atteint.

| Instant | Identification | Référence     |
|---------|----------------|---------------|
| 250.    | $\sigma_{zz}$  | $780.304 E^8$ |
| 255.    | $\sigma_{zz}$  | $8.77866 E^4$ |

## 6 Modélisation D

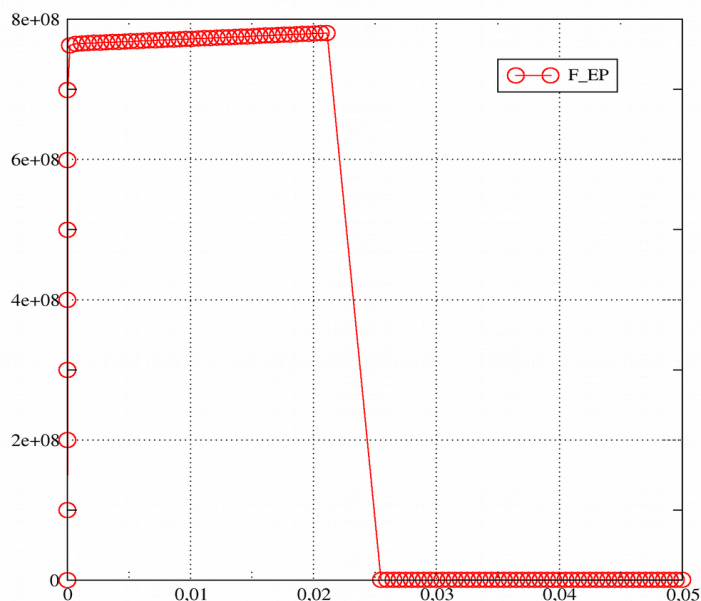
### 6.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D, 1 hexa8. Traction simple avec courbe de traction imposée. Dynamique non-linéaire.

### 6.2 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs testées sont les valeurs maximales des contraintes principales avant et après que le critère soit atteint.

| Instant | Identification | Référence     |
|---------|----------------|---------------|
| 250.    | $\sigma_{zz}$  | $780.304 E^8$ |
| 255.    | $\sigma_{zz}$  | $8.77866 E^4$ |



## 7 Synthèse des résultats

---

Les quatre modélisations permettent de valider, sur un élément volumique, le critère de rupture en contrainte critique avec les comportements viscoplastiques **VISCOCHAB**, **VISC\_ISOT\_TRAC** et élastoplastique **VMIS\_ISOT\_TRAC**, en quasi-statique et en dynamique.