

## SSNV194 – Traction sur un agrégat à 10 grains

---

### Résumé :

On présente ici un test de traction sur un agrégat à 10 grains avec la loi Monocristal dans *Code\_Aster*. Les orientations sont définies en angles d'Euler.

La modélisation A correspond à un calcul d'agrégat complet, avec définition des orientations pour chaque grain maillé.

La modélisation B correspond à un calcul homogénéisé, sur un seul élément fini.

La modélisation C correspond à un calcul homogénéisé en un point matériel.

La modélisation D correspond à un calcul homogénéisé, sur un point matériel, pour un polycristal composé de 100 grains DD\_CC.

La modélisation E est similaire à la modélisation A, mise à part que l'on utilise des mailles TETRA10 et une modélisation 3D\_SI.

La modélisation F correspond à un calcul homogénéisé, sur un point matériel, pour un polycristal composé de 100 grains DD\_CC\_IRRA.

La modélisation G correspond à un calcul homogénéisé, sur un point matériel, pour un polycristal composé de 100 grains DD\_CFC\_IRRA.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

La géométrie est celle d'un polycristal, représenté :

- Soit par un maillage de côté 1, générée par une procédure python.
- Soit par homogénéisation sur un point matériel.

### 1.2 Propriétés des matériaux

#### Modélisations A, B, C, E

Module de Young :  $E = 145200 \text{ MPa}$ , coefficient de Poisson :  $\nu = 0.3$

MONO\_VISC1 :  $N=10$   $K=40$   $C=1$

MONO\_ISOT1 :  $R_0=75.5$   $b=19.34$   $Q=9.77$   $h_1=h_2=h_3=h_4=1$

MONO\_CINE1 :  $D=36.68$

Les orientations des systèmes de glissement de chaque grain, représenté par un groupe de mailles GROUP\_MA, sont données en angles d'Euler .

#### Modélisations D et F: MONO\_DD\_CC

TEMP=50 K, Coefficient de Poisson  $\nu=0.35$  Module d'Young:  $E=(236-0.0459T) \text{ GPa}$   
D\_LAT=1000 mm K\_BOLTZ=8.62  $10^{-5}$ , DELTA1=1.0 ,  
GAMMA0= $10^{-6} \text{ s}^{-1}$  TAU\_0=363 MPa TAU\_F=0 RHO\_MOB= $10^5 \text{ mm}^{-2}$   
K\_F=75 K\_SELF=100 B=2.48  $10^{-7} \text{ mm}$  N=50 DELTAG0=0.84 BETA=0.2  
D= $10^{-5} \text{ mm}$  GH= $10^{11}$ , Y\_AT= $2 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$

Les variables internes représentant la densité de dislocations sont initialisées à  $\rho_0 = 6 \cdot 10^5 \text{ mm}^{-2}$ ,  
La matrice d'interaction est construite dans les deux cas à partir des valeurs suivantes  
H1=0.1, H2=0.7, H3=H4=H5=H6=0.1

#### Modélisation G : MONO\_DD\_CFC\_IRRA

$A=0.13$   $B=0.005$   $\alpha=0.35$   $\beta=2.54 \cdot 10^{-7} (2.54 \text{ Angström})$   
 $Y=2.5 \cdot 10^{-7} \text{ mm} (2.5 \text{ Angstrom})$   $\tau_f=20$ .  $n=5$ .  $\dot{\gamma}_0=10^{-3}$   $\rho_{ref}=10^6 \text{ mm}^{-2}$   
 $\alpha^{loops}=1$   $\phi^{loops}=0.001$   $\alpha^{voids}=1$   $\rho^{voids}=1 \cdot e3$   
 $\rho_{sat}=4 \rho_0 b^2$   $\phi_{sat}=0.04$   $\xi_{irra}=10^7$   $\zeta_{irra}=10^7$  avec  $\rho_0=10^5 \text{ mm}^{-2}$

La matrice d'interaction est composée uniquement de 1 :  $H1=H2=H3=H4=H5=1.0$ ,

Les variables internes représentant la densité de dislocations sont initialisées à  $\rho_0 \times b^2$

Celles qui sont liées à l'irradiation ont pour valeurs initiales :  $\rho_s^{loops}=2 \rho_0 b^2$   $\phi_s^{voids}=0.001$

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

|                    | Modélisations A,B,C,F                         | Modélisation D,E                                                      |
|--------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| GROUP_NO : ARRIERE | $DX=0$                                        | $DX=0$                                                                |
| GROUP_NO : BAS     | $DZ=0$                                        | $DZ=0$                                                                |
| GROUP_NO : GAUCHE  | $DY=0$                                        | $DY=0$                                                                |
| GROUP_NO : HAUT    | $DZ=\alpha t$ , $\alpha=1$<br>$0 < t < 0,005$ | $DZ=\alpha t$ , $\alpha=3 \cdot 10^{-4}$<br>, $\varepsilon_{max}=0.2$ |

## 2 Solution de référence

C'est un cas test de non-régression en ce qui concerne les modélisations A, E, F, G.

Les résultats des modélisations B et C sont comparés à ceux de la modélisation A.

## 3 Modélisation A

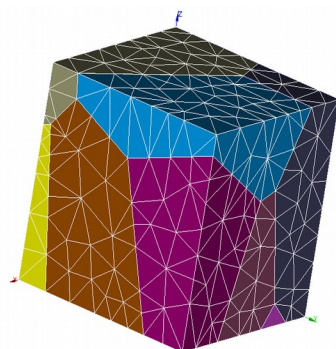
### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

La structure contient 10 grains. À chacun des grains correspond 3 angles d'Euler qui définissent les orientations des systèmes de glissement .Familles de systèmes de glissement de type *bcc24*.

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 552.

Modélisation 3D : 2269 éléments de volume tétraédriques : TETRA4.



### 3.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (conditions aux limites AFPE\_CHAR\_MECA)

| Identification                                        | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| SIEF_ELGA $\sigma_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1      | 'NON_REGRESSION'  | -25,172 <i>Mpa</i>  | 0,01%     |
| EPSI_ELGA $\varepsilon_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'NON_REGRESSION'  | -1,49584E-03        | 0,01%     |
| EPSI_ELGA $\varepsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'NON_REGRESSION'  | -2,70269E-03        | 0,01%     |
| EPSP_ELGA $\varepsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'NON_REGRESSION'  | -2,587725E-03       | 0,01%     |
| VARI_ELGA <i>V79</i> maximum                          | 'NON_REGRESSION'  | 488,168492          | 1,0E-4%   |
| VARI_ELGA <i>V80</i> maximum                          | 'NON_REGRESSION'  | 8,015907E-03        | 1,0E-4%   |

Deuxième calcul (conditions aux limites AFPE\_CHAR\_CINE)

| Identification                                        | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| SIEF_ELGA $\sigma_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1      | 'AUTRE_ASTER'     | -25,172 <i>Mpa</i>  | 0,01%     |
| EPSI_ELGA $\varepsilon_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'AUTRE_ASTER'     | -1,49584E-03        | 0,01%     |
| EPSI_ELGA $\varepsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'AUTRE_ASTER'     | -2,70269E-03        | 0,01%     |
| EPSP_ELGA $\varepsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'AUTRE_ASTER'     | -2,587725E-03       | 0,01%     |
| VARI_ELGA <i>V79</i> maximum                          | 'AUTRE_ASTER'     | 488,168492          | 1,0E-4%   |
| VARI_ELGA <i>V80</i> maximum                          | 'AUTRE_ASTER'     | 8,015907E-03        | 1,0E-4%   |

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Matériau homogénéisé comprenant 10 phases bainitiques, avec des familles de systèmes de glissement de type *bcc24*. À chaque phase, on associe 3 angles d'Euler qui définissent les orientations des systèmes de glissement, de la même façon que pour la modélisation A.

### 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8  
Nombre de mailles et types : 1 HEXA8

### 4.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification                       | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|--------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| SIEF_ELGA $\sigma_{zz}$ moyenne      | 'AUTRE_ASTER'     | 279,777 Mpa         | 9,0%      |
| EPSP_ELGA $\varepsilon_{zz}$ moyenne | 'AUTRE_ASTER'     | 3,07316E-03         | 6,0%      |

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Matériau homogénéisé comprenant 10 grains, avec des familles de systèmes de glissement de type *bcc24*. A chaque phase, on associe 3 angles d'Euler qui définissent les orientations des systèmes de glissement, de la même façon que pour la modélisation A.

Deux calculs successifs sont effectués : l'un avec un format de table résultat en colonnes, l'autre avec un format en lignes. Dans les deux cas, un re-découpage automatique du pas de temps est effectué en contrôlant l'accroissement de la variable interne  $V_3 = \varepsilon_{zz}^{vp} < 2.10^{-5}$ .

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Pas de maillage (SIMU\_POINT\_MAT)

### 5.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification          | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-------------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| SIEF_ELGA $\sigma_{zz}$ | 'AUTRE_ASTER'     | 279,777 Mpa         | 9,0%      |
| VARI_ELGA $V3$          | 'AUTRE_ASTER'     | 3,07316E-03         | 6,0%      |
| SIEF_ELGA $\sigma_{zz}$ | 'NON_REGRESSION'  | 301,135 Mpa         | 0,1%      |
| VARI_ELGA $V3$          | 'NON_REGRESSION'  | 2,926067E-03        | 0,1%      |

## 6 Modélisation D

### 6.1 Caractéristiques de la modélisation

Matériau homogénéisé comprenant 100 grains, avec des familles de systèmes de glissement de type cubique (MONO\_DD\_CC). Simulation sur point matériel.

### 6.2 Caractéristiques du maillage

Sans objet

### 6.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification                | inst | Valeur de référence | Tolérance |
|-------------------------------|------|---------------------|-----------|
| SIEF_ELGA moyen $\sigma_{zz}$ | tmax | 825,2               | 2,00%     |
| EPSP_ELGA moyen $EPZZ$        | tmax | 0.1                 | 0,10%     |

## 7 Modélisation E

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation

Agrégat de 10 grains, identique à la modélisation A, aux éléments finis près.

### 7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 3712

Modélisation 3D\_SI: 2269 éléments de volume tétraédriques : TETRA10.

### 7.3 Grandeurs testées et résultats

Premier calcul (conditions aux limites AFFE\_CHAR\_MECA)

| Identification                                     | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|----------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------|
| SIEF_ELGA $\sigma_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1   | 'NON_REGRESSION'  | -43.488 <i>Mpa</i>  | 0,01%     |
| EPSI_ELGA $\epsilon_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'NON_REGRESSION'  | -1.22889E-03        | 0,01%     |
| EPSI_ELGA $\epsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'NON_REGRESSION'  | -3.15043E-03        | 0,01%     |
| EPSP_ELGA $\epsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1 | 'NON_REGRESSION'  | -2.91648E-03        | 0,01%     |
| VARI_ELGA <i>V79</i> maximum                       | 'NON_REGRESSION'  | 502.94757           | 1,0E-4%   |
| VARI_ELGA <i>V80</i> maximum                       | 'NON_REGRESSION'  | 0.121881            | 1,0E-4%   |

## 8 Modélisation F

### 8.1 Caractéristiques de la modélisation

Matériau homogénéisé comprenant 100 grains, avec des familles de systèmes de glissement de type cubique (MONO\_DD\_CC\_IRRA). Simulation sur point matériel.

### 8.2 Caractéristiques du maillage

Sans objet

## 8.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification                | inst | Valeur de référence |
|-------------------------------|------|---------------------|
| SIEF_ELGA moyen $\sigma_{zz}$ | tmax | 856.587             |
| EPSP_ELGA moyen $EPZZ$        | tmax | 0.15                |

## 9 Modélisation G

### 9.1 Caractéristiques de la modélisation

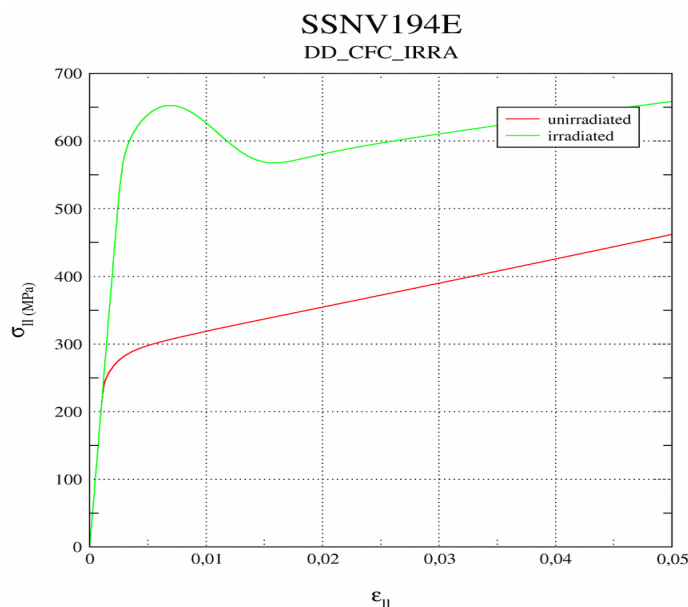
Matériau homogénéisé comprenant 100 grains, avec des familles de systèmes de glissement de type cubique (MONO\_DD\_CFC\_IRRA) . Simulation sur point matériel.

### 9.2 Caractéristiques du maillage

Sans objet

### 9.3 Grandeurs testées et résultats

| Identification                            | inst | Valeur de référence |
|-------------------------------------------|------|---------------------|
| SIEF_ELGA moyen $\sigma_{zz}$             | tmax | 658.5459            |
| SIEF_ELGA moyen $\sigma_{zz}$ non irradié | tmax | 461.9796            |



La validation des résultats est qualitative : l'influence de l'irradiation est bien prise en compte et l'allure de la courbe est correcte, suivant la bibliographie.

## 10 Synthèse des résultats

Ce test permet de valider par inter-comparaison une modélisation d'un agrégat, soit maillé, soit homogénéisé à l'échelle d'un hexaèdre ou celle d'un point matériel.