

---

## 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\_VISCI :  $N = 10$   $K = 40$   $C = 1$

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 =  $8.62 \cdot 10^{-5}$ , 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 =  $2.48 \cdot 10^{-7} \text{ mm}$  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

$A = 0.13$   $B = 0.005$   $\alpha = 0.35$   $\beta = 2.54 \cdot 10^{-7} (2.54 \text{ Angström})$

$Y = 2.5 \cdot 10^{-7} \text{ mm} (2.5 \text{ Angstrom})$   $\tau_f = 20$ .  $n = 5$ .  $\dot{\gamma}_0 = 10^{-3}$   $\rho_{ref} = 10^6 \text{ mm}^{-2}$

$\alpha^{loops} = 1$   $\phi^{loops} = 0.001$   $\alpha^{voids} = 1$   $\rho^{voids} = 1.e3$  avec  $\rho_0 = 10^5 \text{ mm}^{-2}$

$\rho_{sat} = 4 \rho_0 b^2$   $\phi_{sat} = 0.04$   $\xi_{irra} = 10^7$   $\zeta_{irra} = 10^7$

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	$DZ = \alpha t$ , $\alpha = 1$ $0 < t < 0,005$	$DZ = \alpha t$ , $\alpha = 3 \cdot 10^{-4}$ , $\varepsilon_{max} = 0.2$

## 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

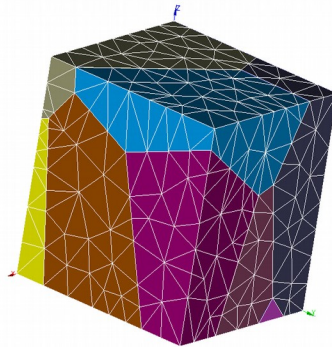
### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

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 $\epsilon_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1	'NON_REGRESSION'	-1,49584E-03	0,01%
EPSI_ELGA $\epsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1	'NON_REGRESSION'	-2,70269E-03	0,01%
EPSP_ELGA $\epsilon_{yy}$ 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 $\epsilon_{xx}$ maille <i>MI</i> point 1	'AUTRE_ASTER'	-1,49584E-03	0,01%
EPSI_ELGA $\epsilon_{yy}$ maille <i>MI</i> point 1	'AUTRE_ASTER'	-2,70269E-03	0,01%
EPSP_ELGA $\epsilon_{yy}$ 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 MI point 1	'NON_REGRESSION'	-43.488 Mpa	0,01%
EPSI_ELGA $\epsilon_{xx}$ maille MI point 1	'NON_REGRESSION'	-1.22889E-03	0,01%
EPSI_ELGA $\epsilon_{yy}$ maille MI point 1	'NON_REGRESSION'	-3.15043E-03	0,01%
EPSP_ELGA $\epsilon_{yy}$ maille MI point 1	'NON_REGRESSION'	-2.91648E-03	0,01%
VARI_ELGA V79 maximum	'NON_REGRESSION'	502.94757	1,0E-4%
VARI_ELGA V80 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

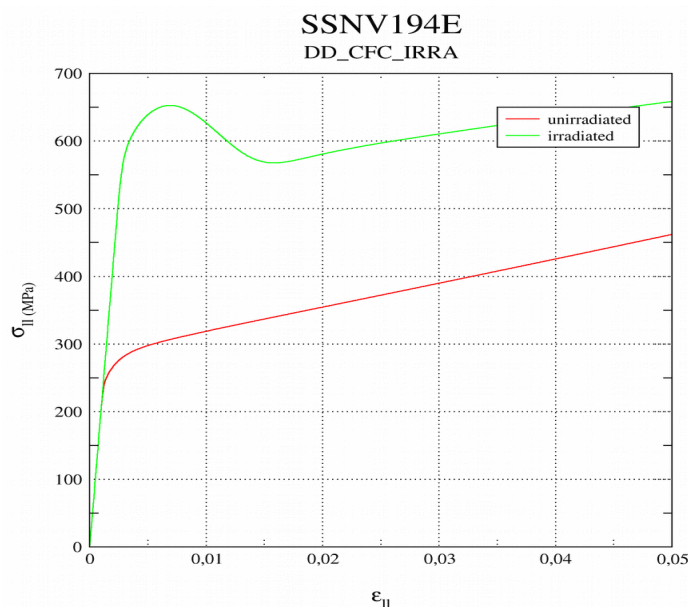
Matériau homogénéisé comprenant 100 grains, avec des familles de systèmes de glissement de type cubique (MONO\_DD\_CFC\_IRRA) . Simulation sur point matériel.

### 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.