
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: $E = (236 - 0,0459T)$ GPa

D_LAT = 1000 mm K_BOLTZ = $8.62 \cdot 10^{-5}$, DELTA1 = 1.0,

GAMMA0 = 10^{-6} s^{-1} TAU_0 = 363 MPa TAU_F = 0 RHO_MOB = 10^5 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} 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 Angström)

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

$\alpha^{loops} = 1$ $\phi^{loops} = 0.001$ $\alpha^{voids} = 1$ $\rho^{voids} = 1.e3$

$\rho_{sat} = 4 \rho_0 b^2$ $\phi_{sat} = 0.04$ $\xi_{irra} = 10^7$ $\zeta_{irra} = 10^7$ 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	$DZ = \alpha t$, $\alpha = 1$ $0 < t < 0,005$	$DZ = \alpha t$, $\alpha = 3 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{max} = 0.2$

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

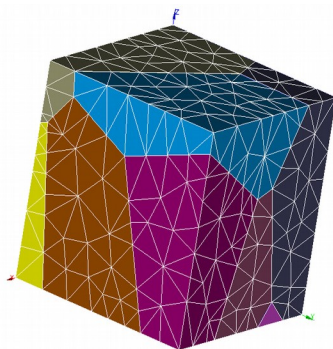
3.1 Caractéristiques de la modélisation

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 σ_{xx} maille <i>MI</i> point 1	'NON_REGRESSION'	-25,172 <i>Mpa</i>	0,01%
EPSI_ELGA ϵ_{xx} maille <i>MI</i> point 1	'NON_REGRESSION'	-1,49584E-03	0,01%
EPSI_ELGA ϵ_{yy} maille <i>MI</i> point 1	'NON_REGRESSION'	-2,70269E-03	0,01%
EPSP_ELGA ϵ_{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 σ_{xx} maille <i>MI</i> point 1	'AUTRE_ASTER'	-25,172 <i>Mpa</i>	0,01%
EPSI_ELGA ϵ_{xx} maille <i>MI</i> point 1	'AUTRE_ASTER'	-1,49584E-03	0,01%
EPSI_ELGA ϵ_{yy} maille <i>MI</i> point 1	'AUTRE_ASTER'	-2,70269E-03	0,01%
EPSP_ELGA ϵ_{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 σ_{zz} moyenne	'AUTRE_ASTER'	279,777 Mpa	9,0%
EPSP_ELGA ε_{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 σ_{zz}	'AUTRE_ASTER'	279,777 Mpa	9,0%
VARI_ELGA $V3$	'AUTRE_ASTER'	3,07316E-03	6,0%
SIEF_ELGA σ_{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 σ_{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 σ_{xx} maille MI point 1	'NON_REGRESSION'	-43.488 Mpa	0,01%
EPSI_ELGA ϵ_{xx} maille MI point 1	'NON_REGRESSION'	-1.22889E-03	0,01%
EPSI_ELGA ϵ_{yy} maille MI point 1	'NON_REGRESSION'	-3.15043E-03	0,01%
EPSP_ELGA ϵ_{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 σ_{zz}	tmax	856.587
EPSP_ELGA moyen $EPZZ$	tmax	0.15

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

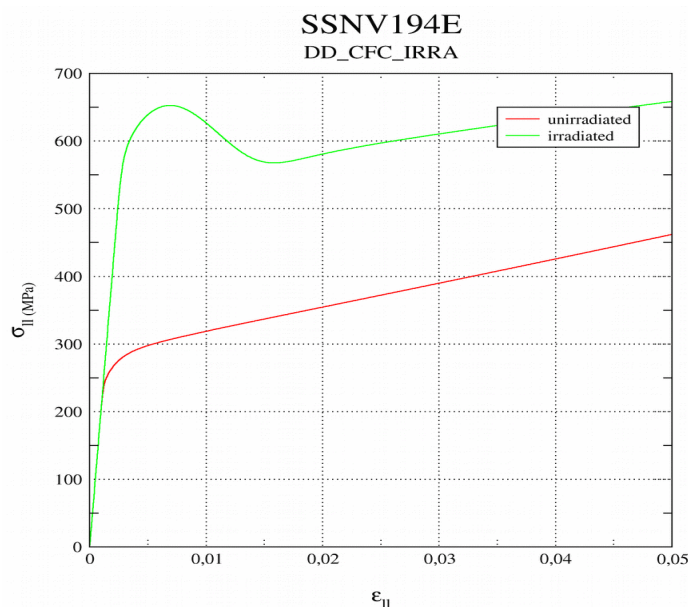
Matériau homogénéisé comprenant 100 grains, avec des familles de systèmes de glissement de type cubique (MONO_DD_CFC_IRRA) . Simulation sur point matériel.

9.2 Caractéristiques du maillage

Sans objet

9.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	inst	Valeur de référence
SIEF_ELGA moyen σ_{zz}	tmax	658.5459
SIEF_ELGA moyen σ_{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.