

**Manuel de Validation****Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques****Document V6.04.125**

# **SSNV125 - Essai de traction cisaillement avec le modèle polycristallin CFC**

---

**Résumé :**

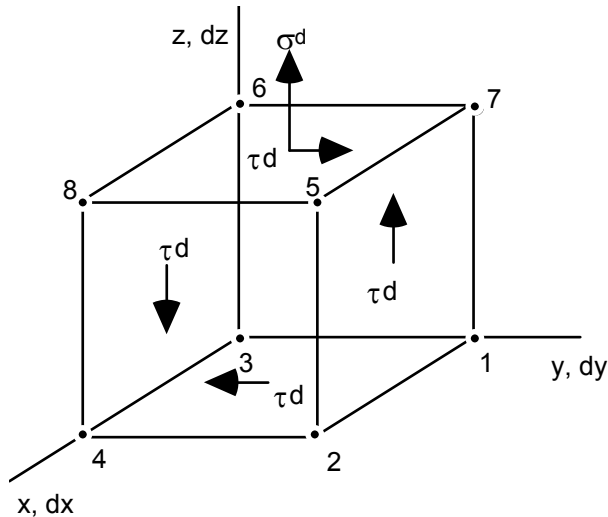
Analyse de la réponse d'un élément de volume à un chargement de traction-cisaillement qui impose un état de contrainte-déformation uniforme.

On effectue deux modélisations pour tester la prise en compte des paramètres constants ou dépendants de la température et l'intégration avec la matrice élastique (seulement disponible pour l'intégration explicite utilisée).

Ce test valide l'intégration numérique du modèle de comportement élastoviscoplastique polycristallin pour matériaux de structure cubique à faces centrées.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Face YZ : (3, 1, 7, 6)  
 Face XY : (4, 2, 1, 3)  
 Face 1YZ : (4, 2, 5, 8)  
 Face 1XY : (8, 5, 7, 6)

$\sigma_d$  : pression imposée  
 $\tau_d$  : cisaillement imposé

### 1.2 Propriétés de matériaux

Elasticité isotrope  $E = 192\,500\text{ MPa}$   $\nu = 0.3$   
 Viscoplasticité modèle POLY\_CFC (unités : MPa, s)

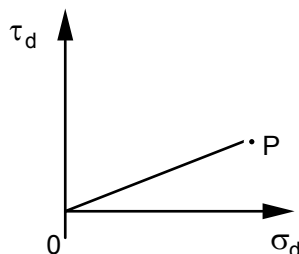
DL	149.67	DA	0.0268	N	7.77	K	13.31 MPa.s <sup>1/N</sup>
TAU_0	86.5 MPa	Q1	7.29 MPa	B1	5.67	HL	2.43
Q2	-16.25 MPa	B2	20.04	C1	4000 MPa	D1	42.69
C2	73.26						

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

N3	$dx = dy = dz = 0$	Face YZ : $FZ = -\tau_d/4$
N4	$dy = dz = 0$	Face XY : $FY = -\tau_d/4$
N1, N2	$dz = 0$	Face 1YZ : $FZ = \tau_d/4$
		Face 1XY : $FY = \tau_d/4, FZ = \sigma_d$

### 1.4 Conditions initiales

Contraintes et déformations nulles à  $t = 0$ .



Trajet de chargement linéaire :  $\sigma_d(t)$  et  $\tau_d(t)$ , le point P étant atteint en 10 secondes avec  $\sigma_d(10) = 200\text{ MPa}$  et  $\tau_d(10) = 100\text{ MPa}$

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

On utilise pour établir la solution de référence le logiciel SiDoLo [1] qui permet la simulation et l'identification de relations de comportement.

Les équations du modèle sont écrites par l'utilisateur en Fortran sous forme d'un système d'équations différentielles du premier ordre, résolu par une méthode de Runge Kutta d'ordre 2 à pas adaptatif.

### 2.2 Résultats de référence

$\sigma_{zz}, \sigma_{yz}, \varepsilon_{zz}, \varepsilon_{yz}$  aux instants ( $t = 10$  s) ;  $\varepsilon_{yz}$  et  $\varepsilon_{zz}$  aux instants ( $t = 6$  s, 8 s et 9,2 s).

### 2.3 Incertitude sur la solution

Incertitude de SiDoLo [bib1].

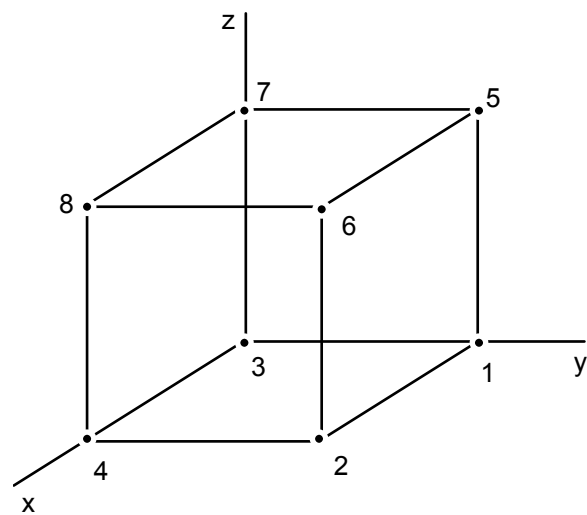
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] SiDoLo, version 2.3, Notice d'utilisation, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Centre des Matériaux, septembre 1995.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D



3.2 Caractéristiques du maillage

1 HEXA8 (8 points de Gauss)

3.3 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument	Clés
DEFI_MATERIAU	POLY_CFC			[U4.23.01]
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	'POLY_CFC'	[U4.32.01]
	NEWTON	MATRICE	'ELASTIQUE'	
	CONVERGENCE	RESO_INTE	'RUNGE_KUTTA_2'	
	CONVERGENCE	RESI_GLOB_RELA	10 <sup>-4</sup>	
	CONVERGENCE	RESI_INTE_RELA	10 <sup>-3</sup>	

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
$\sigma_{zz}$ (10s)	200	199,986	-0,007%
$\sigma_{yz}$ (10s)	100	99,988	-0,012%
$\varepsilon_{zz}$ (6s)	6.233769 E-4	6,233769 E-4	-0,000%
$\varepsilon_{yz}$ (6s)	4,051949 E-4	4,051951 E-4	-0,000%
$\varepsilon_{zz}$ (8s)	9,222209 E-4	9,205512 E-4	-0,191%
$\varepsilon_{yz}$ (8s)	6,224790 E-4	6,186647 E-4	-0,613%
$\varepsilon_{zz}$ (9,2s)	1,402150 E-3	1,387270 E-3	-1,061%
$\varepsilon_{yz}$ (9,2s)	1,000010 E-3	9,695271 E-4	-3,048%
$\varepsilon_{zz}$ (10s)	1,841500 E-3	1,845873 E-3	0,238%
$\varepsilon_{yz}$ (10s)	1,347820 E-3	1,326605 E-3	-1,574%

### 4.2 Remarques

L'instant 6s correspond à un chargement où il n'y a pas encore eu plastification.

On utilise 11 incréments de temps dans *Aster*, et le pas de temps est redécoupé de manière adaptative au niveau de l'intégration locale des équations du modèle (cf. Intégration explicite [R5.03.14]).

SiDoLo utilise plusieurs centaines de pas de temps, calculés automatiquement.

### 4.3 Paramètres d'exécution

Version : 4.00.09

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 MW

Système :

Temps CPU User :

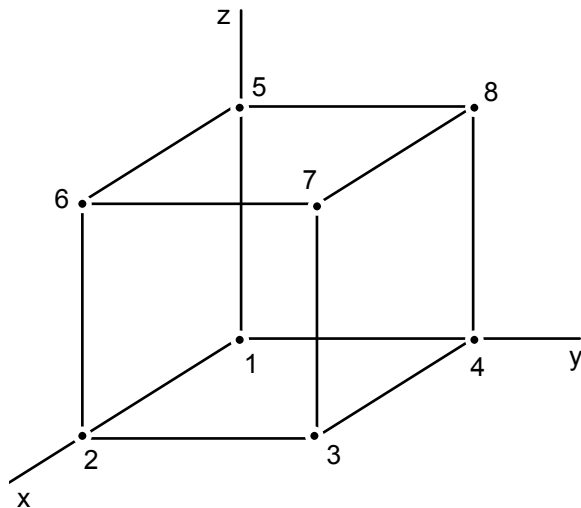
UNICOS 8.0

179 secondes

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D



5.2 Caractéristiques du maillage

1 HEXA8 (8 points de Gauss)

5.3 Fonctionnalités testées

Commande	Mot-clé facteur	Mot-clé simple	Argument	Clés
DEFI_MATERIAU	POLY_CFC_FO			[U4.23.01]
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	'POLY_CFC_FO'	[U4.32.01]
	NEWTON	MATRICE	'ELASTIQUE'	
	CONVERGENCE	RESO_INTE	'RUNGE_KUTTA_2'	
	CONVERGENCE	RESI_GLOB_RELA	10 <sup>-3</sup>	
	CONVERGENCE	RESI_INTE_RELA	10 <sup>-3</sup>	

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
$\sigma_{zz}$ (10s)	200	199,850	-0,075%
$\sigma_{yz}$ (10s)	100	99,872	-0,127%
$\varepsilon_{zz}$ (6s)	6.233769 E-4	6,233769 E-4	-0,000%
$\varepsilon_{yz}$ (6s)	4,051949 E-4	4,051951 E-4	-0,000%
$\varepsilon_{zz}$ (8s)	9,222209 E-4	9,197502 E-4	-0,278%
$\varepsilon_{yz}$ (8s)	6,224790 E-4	6,179939 E-4	-0,721%
$\varepsilon_{zz}$ (9,2s)	1,402150 E-3	1,384319 E-3	-1,272%
$\varepsilon_{yz}$ (9,2s)	1,000010 E-3	9,671650 E-4	-3,284%
$\varepsilon_{zz}$ (10s)	1,841500 E-3	1,840552 E-3	-0,051%
$\varepsilon_{yz}$ (10s)	1,347820 E-3	1,322064 E-3	-1,911%

### 6.2 Remarques

La modélisation B utilise le mot-clé facteur POLY\_CFC\_FO avec une évolution constante des paramètres.

Le critère de convergence globale (RESI\_GLOB\_RELA) est supérieur d'un facteur 10 par rapport à la modélisation A (gain de temps de calcul mais perte d'un facteur 10 environ sur les résultats de contrainte) ; on note que les réponses en déformation restent d'un ordre de grandeur voisin de ceux de la modélisation A. De plus, avec une précision de  $10^{-2}$  sur l'équilibre on a une erreur de 6% sur la déformation  $\varepsilon_{yz}$ .

### 6.3 Paramètres d'exécution

Version : 4.00.09

Machine : CRAY C90

Encombrement mémoire : 8 MW

Système :

Temps CPU User :

UNICOS 8.0

105 secondes

## 7 Synthèse des résultats

---

La matrice de comportement tangent est la matrice élastique pour la résolution explicite utilisée, il est nécessaire de considérer des incréments de temps petits pour avoir la convergence, même si la méthode d'intégration comporte un découpage adaptatif du pas de temps local.