

Manuel de Validation**Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques****Document : V6.04.135**

SSNV135 - Essai triaxial drainé avec le modèle CJS (niveau 1)

Résumé

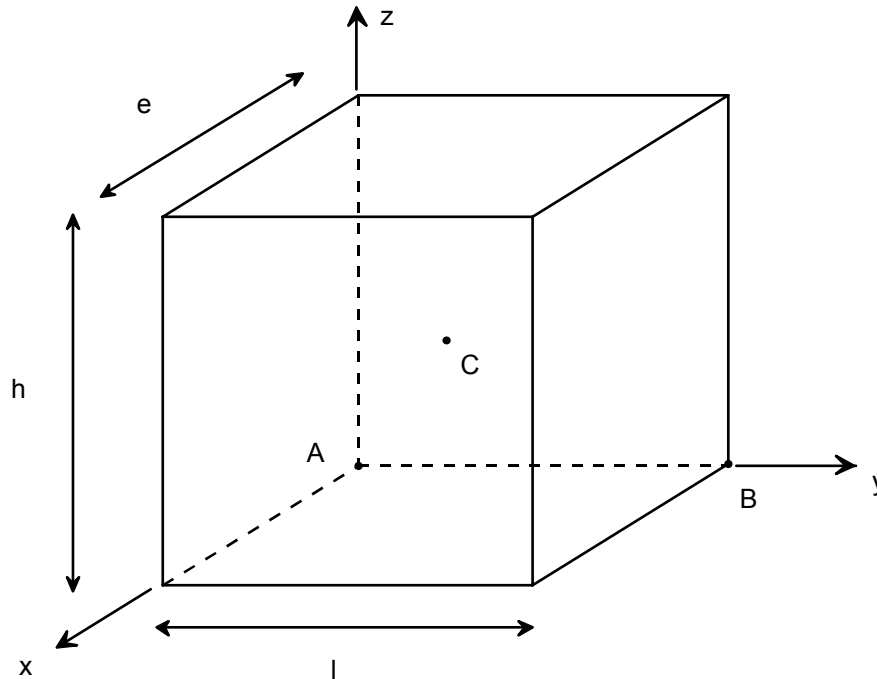
Ce test permet de valider le niveau 1 du modèle CJS. Il s'agit d'un essai triaxial en condition drainée. Trois niveaux de confinement sont simulés : 100, 200, puis 400 kPa.

Par raison de symétrie, on ne s'intéresse qu'au huitième d'un échantillon soumis à un essai triaxial.

Les résultats obtenus avec le modèle CJS1 sont comparés avec la solution analytique.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



hauteur : $h = 1 \text{ m}$
largeur : $l = 1 \text{ m}$
épaisseur : $e = 1 \text{ m}$

Coordonnées des points (en mètres) :

	A	B	C
x	0.	0.	0.5
y	0.	1.	0.5
z	0.	0.	0.5

1.2 Propriété de matériaux

$E = 22,4 \cdot 10^3 \text{ kPa}$
 $\nu = 0,3$

Paramètres CJS1 : $\beta = -0,03$ $\gamma = 0,82$ $R_m = 0,289$ $P_a = -100 \text{ kPa}$

1.3 Conditions initiales, conditions aux limites, et chargement

Phase 1 :

On amène l'échantillon à un état homogène : $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = \sigma_{zz}^0$, en imposant la pression de confinement correspondante sur les faces avant, latérale droite et supérieure. Les déplacements sont bloqués sur les faces arrière ($u_x = 0$), latérale gauche ($u_y = 0$) et inférieure ($u_z = 0$).

Phase 2 :

On maintient les déplacements bloqués sur les faces arrière ($u_x = 0$), latérale gauche ($u_y = 0$) et inférieure ($u_z = 0$), ainsi que la pression de confinement sur les faces avant et latérale droite. On applique un déplacement imposé sur la face supérieure : $u_z(t)$, de façon à obtenir une déformation $\varepsilon_{zz} = -20 \%$ (comptée à partir du début de la phase 2).

2 Solution de référence

2.1 Développement de la solution analytique pour CJS1

On a en permanence :

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_{xx}^0$$

où $\sigma_{xx}^0 = C^{te}$ représente la pression de confinement.

Reste à déterminer σ_{zz} .

Phase élastique :

En écrivant simplement la loi élastique, on a :

$$\begin{aligned}\sigma_{xx}^0 &= \sigma_{xx}^0 + \lambda \varepsilon_{zz} + (\lambda + 2\mu) \varepsilon_{xx} + \lambda \varepsilon_{xx} \\ \sigma_{zz} &= \sigma_{zz}^0 + (\lambda + 2\mu) \varepsilon_{zz} + 2\lambda \varepsilon_{xx}\end{aligned}$$

où ici λ et μ sont les coefficients de Lamé.

En éliminant ε_{xx} entre ces deux équations, on trouve :

$$\sigma_{zz} = \sigma_{zz}^0 + \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{(\lambda + \mu)} \varepsilon_{zz}$$

Phase plastique :

On a :

$$I_1 = \sigma_{zz} + 2\sigma_{xx}^0 \text{ où } \sigma_{xx}^0 = C^{te} \text{ représente la pression de confinement.}$$

On en déduit pour les composantes du déviateur \underline{s} :

$$s_{zz} = 2 \left(\frac{1}{3} I_1 - \sigma_{xx}^0 \right) \text{ et } s_{xx} = \sigma_{xx}^0 - \frac{1}{3} I_1$$

$$\text{soit : } s_{II} = \sqrt{6} \left(\sigma_{xx}^0 - \frac{1}{3} I_1 \right) \text{ et } \det(\underline{s}) = 2 \left(\frac{1}{3} I_1 - \sigma_{xx}^0 \right)^3$$

$$\text{Par conséquent : } h(\theta_s) = (1 - \gamma)^{1/6}$$

Par ailleurs, lorsqu'on atteint le critère du mécanisme déviatoire : $s_{II} h(\theta_s) + R_m I_1 = 0$
 d'où la relation :

$$I_1 = \frac{\sqrt{6} \sigma_{xx}^0}{\sqrt{\frac{2}{3} - \frac{R_m}{(1 - \gamma)^{1/6}}}}$$

et finalement, on a pour la contrainte verticale :

$$\sigma_{zz} = \frac{\sqrt{6} \sigma_{xx}^0}{\sqrt{\frac{2}{3} - \frac{R_m}{(1-\gamma)^{1/6}}}} - 2 \sigma_{xx}^0$$

En outre, on peut calculer que la transition entre les états élastique et parfaitement plastique se fait pour une déformation axiale égale à :

$$\varepsilon_{zz} = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{(\lambda + \mu)} \left[\frac{\sqrt{6} \sigma_{xx}^0}{\sqrt{\frac{2}{3} - \frac{R_m}{(1-\gamma)^{1/6}}}} - 2 \sigma_{xx}^0 \right]$$

2.2 Résultats de référence

Contraintes σ_{xx} , σ_{yy} et σ_{zz} aux points A, B et C.

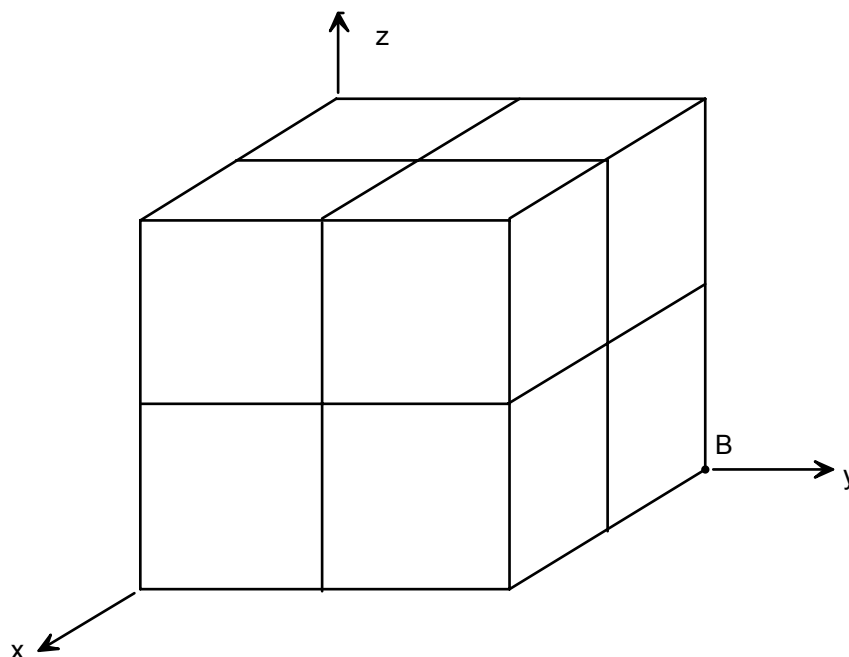
2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique pour CJS1.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3D :



Découpage : 2 en hauteur, en largeur et en épaisseur.

Chargement de la phase 1 :

Pression de confinement : $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = \sigma_{zz}^0$: successivement -100 kPa, -200 kPa et -400 kPa.

Niveau 1 du modèle CJS

3.2 Caractéristique du maillage

Nombre de nœuds : 27

Nombre de mailles et types : 8 HEXA8 et 24 QUA4

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_MATERIAU	CJS		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION	'CJS'

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Pour $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = \sigma_{zz}^0 : -100 \text{ kPa}$

Localisation	Numéro d'ordre	déformation axiale ε_{zz} (%)	contrainte (kPa)	Référence	Aster	% différence
Point A, B et C	10	-0.8 %	σ_{xx}	-100.0	-100.0	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{xx}	-100.0	-100.0	$< 10^{-5}$
	10	-0.8 %	σ_{yy}	-100.0	-100.0	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{yy}	-100.0	-100.0	$< 10^{-5}$
	10	-0.8 %	σ_{zz}	-279.2	-279.2	$< 10^{-5}$
	20	-1.6 %	σ_{zz}	-367.159	-367.1587	$< 10^{-5}$
	40	-3.2 %	σ_{zz}	-367.159	-367.1587	$< 10^{-5}$
	60	-7.2 %	σ_{zz}	-367.159	-367.1587	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{zz}	-367.159	-367.1587	$< 10^{-5}$

Pour $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = \sigma_{zz}^0 : -200 \text{ kPa}$

Localisation	Numéro d'ordre	déformation axiale ε_{zz} (%)	contrainte (kPa)	Référence	Aster	% différence
Point A, B et C	10	-0.8 %	σ_{xx}	-200.0	-200.0	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{xx}	-200.0	-200.0	$< 10^{-5}$
	10	-0.8 %	σ_{yy}	-200.0	-200.0	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{yy}	-200.0	-200.0	$< 10^{-5}$
	10	-0.8 %	σ_{zz}	-379.2	-379.2	$< 10^{-5}$
	20	-1.6 %	σ_{zz}	-558.4	-558.4	$< 10^{-5}$
	40	-3.2 %	σ_{zz}	-734.317	-734.3174	$< 10^{-5}$
	60	-7.2 %	σ_{zz}	-734.317	-734.3174	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{zz}	-734.317	-734.3174	$< 10^{-5}$

Pour $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = \sigma_{zz}^0 : -400 \text{ kPa}$

Localisation	Numéro d'ordre	déformation axiale ε_{zz} (%)	contrainte (kPa)	Référence	Aster	% différence
Point A, B et C	10	-0.8 %	σ_{xx}	-400.0	-400.0	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{xx}	-400.0	-400.0	$< 10^{-5}$
	10	-0.8 %	σ_{yy}	-400.0	-400.0	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{yy}	-400.0	-400.0	$< 10^{-5}$
	10	-0.8 %	σ_{zz}	-579.2	-579.2	$< 10^{-5}$
	20	-1.6 %	σ_{zz}	-758.4	-758.4	$< 10^{-5}$
	40	-3.2 %	σ_{zz}	-1116.8	-1116.8	$< 10^{-5}$
	60	-7.2 %	σ_{zz}	-1458.6348	-1468.6348	$< 10^{-5}$
	100	-20.0 %	σ_{zz}	-1458.6348	-1468.6348	$< 10^{-5}$

4.2 Paramètres d'exécution

Version : 5.03.08

Machine : SGI - ORIGIN 2000 - R12000

Encombrement mémoire : 16 Mo

Système : IRIX 64

Temps CPU User : 120 s

5 Synthèse des résultats

Les valeurs du *Code_Aster* sont en accord parfait avec les valeurs de la solution analytique de référence.

Page laissée intentionnellement blanche.