

Manuel de Validation**Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques****Document : V6.04.165**

SSNV165 - Essai triaxial non drainé avec la loi CAM_CLAY

Résumé :

Ce test permet de valider la loi mécanique élasto-plastique Cam_Clay spécifique aux sols normalement consolidés. Cette loi intègre un mécanisme hydrostatique élasto-plastique (dont la partie élastique est non-linéaire et le seuil d'écoulement correspond à la pression de consolidation) couplé à un mécanisme déviatorique élasto-plastique dont la partie élastique est linéaire. Le comportement est durcissant ou adoucissant suivant la combinaison des deux mécanismes.

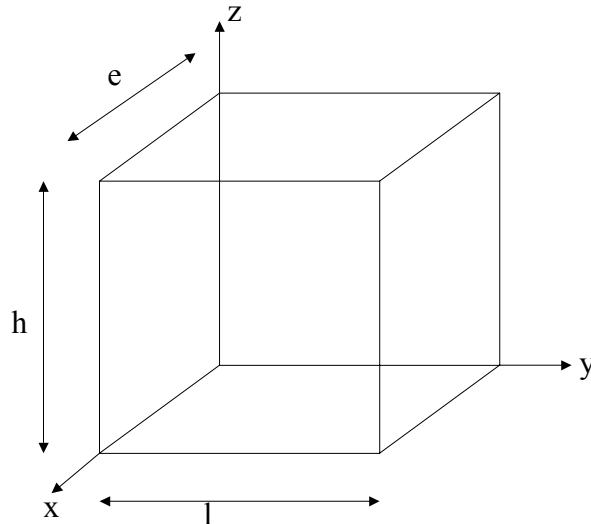
Ce test effectué en couplage hydro-mécanique comprend deux trajets de chargement :

- 1) un trajet de compression hydrostatique en condition drainée jusqu'à la pression de consolidation,
- 2) un trajet non-drainé en maintenant les contraintes latérales sur l'échantillon et en imposant un déplacement vertical de compression qui induit un état de contraintes triaxial.

La modélisation est réalisée en 3D.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



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

1.2 Propriétés du matériau

$$E = 22.4E6 \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$\alpha = 1.E - 5$$

Paramètres spécifiques à CAM_CLAY :

$$PORO = 0.14, \lambda = 0.25, \kappa = 0.05, M = 0.9, PRES_CRIT = 3.E5 \text{ Pa}, PA = 1.E5 \text{ Pa}$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Le premier trajet de chargement est effectué avec un état de contraintes hydrostatiques : $\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = \sigma_{zz} = P$. On fait un premier calcul élastique jusqu'à $P = PA$ (pour établir un état initial).

On augmente ensuite P jusqu'à $P_{\text{sup}} = P_{\text{consolidation}} = 6.E5 \text{ Pa} = 2P_{cr}$ en utilisant Cam_Clay, la pression de l'eau est nulle $PRE1 = 0$ (condition drainée). Pour le second trajet, on maintient la pression P sur les faces latérales et on impose ensuite un déplacement imposé vertical en compression pour modéliser un essai triaxial, le calcul est maintenant non drainé, ce qui correspond à un flux hydrostatique nul sur toutes les faces.

1.4 Conditions initiales

Dans CAM_CLAY, la loi élastique exige une contrainte hydrostatique strictement supérieure à zéro à l'état initial (la déformation étant nulle).

Pour initialiser cette contrainte, on a choisi d'effectuer au départ un calcul purement élastique en faisant évoluer la pression de 0. à 1.E5 Pa. On extrait de ce calcul uniquement le champ de contraintes aux points de gauss. Ce champ de contraintes issu du calcul élastique est considéré comme l'état initial de la contrainte hydrostatique nécessaire à la loi Cam_Clay du calcul suivant.

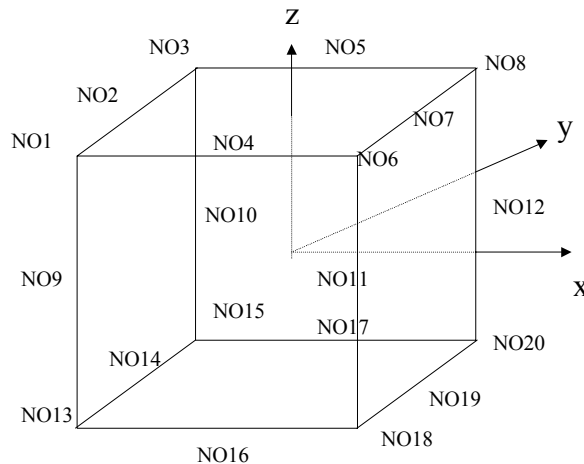
2 Solution de référence

Une solution exacte existe tant que le chargement est hydrostatique (cf. SSNV160). Pour le deuxième trajet triaxial, une solution analytique n'est pas évidente à trouver. De même, on ne dispose pas des données et de résultats d'essais expérimentaux triaxiaux permettant de comparer avec les calculs. Ce test est un test de non-régression.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 20
 Nombre de mailles : 1 de type HEXA 20
 6 de type QUAD 8

On définit les mailles suivantes :

DROITE	NO3 NO5 NO8 NO10 NO12 NO15 NO17 NO20
GAUCHE	NO1 NO4 NO6 NO9 NO11 NO13 NO16 NO18
DEVANT	NO6 NO7 NO8 NO11 NO12 NO18 NO19 NO20
DERRIERE	NO1 NO2 NO3 NO9 NO10 NO13 NO14 NO15
BAS	NO13 NO14 NO15 NO16 NO17 NO18 NO19 NO20
HAUT	NO1 NO2 NO3 NO4 NO5 NO6 NO7 NO8

Pour représenter la 1/8^{ème} de la structure, les conditions aux limites en déplacement imposées sont :

Sur la face BAS : $DZ = 0$
 Sur la face GAUCHE : $DY = 0$
 Sur la face DERRIERE : $DX = 0$

Le chargement est constitué de la même pression répartie en compression sur les 3 mailles : 'HAUT', 'DROITE' et 'DEVANT' pour simuler un essai hydrostatique avec $PRE1 = 0$ en drainé. Ensuite, la pression répartie est maintenue constante sur les faces latérales 'DROITE' et 'DEVANT', un déplacement DZ est imposé sur la face 'HAUT' variable avec le temps en non drainé.

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

DEFI_MATERIAU	CAM_CLAY	
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION='KIT_HM' 'RELATION_KIT'= 'CAM_CLAY' 'LIQU_SATU' 'HYDR_UTIL' MATRICE = TANGENTE
	NEWTON	

3.4 Grandeurs testées et résultats

Les composantes σ_{xx} , σ_{yy} et σ_{zz} de la contrainte sont testées aux instants 3., 6., 15. et 20. et la valeur de la pression de l'eau PRE1 à l'instant 20 aux nœuds NO8. Les valeurs de référence sont des valeurs de non-régression.

Valeurs de σ_{xx} et σ_{yy} :

	Instant	Référence	Aster
1 ^{er} chargement	3.	-3.000000+05	-3.000000+05
1 ^{er} chargement	6.	-6.000000+05	-6.000000+05
2eme chargement	15.	-2.590356+05	-2.590355371917+05
2eme chargement	20.	-2.495777+05	-2.495776491115+05

Valeurs de σ_{zz} :

	Instant	Référence	Aster
1 ^{er} chargement	3.	-3.000000+05	-3.000000+05
1 ^{er} chargement	6.	-6.000000+05	-6.000000+05
2eme chargement	15.	-5.560431+05	-5.650429335188+05
2eme chargement	20.	-5.578873+05	-5.578813428168+05

Valeurs de PRE1:

	Instant	Référence	Aster
2emechargement	20.	3.50422+05	3.50422350888+05

4 Synthèse des résultats

En interprétant le diagramme, (P,Q), $P = -\frac{tr(\sigma)}{3}$ et $Q = -(\sigma_3 - \sigma_1)$ dans le cas de ce cas test, on

constate bien que le chargement reste hydrostatique jusqu'à une valeur de $6.E5$ Pa . Une fois que le déplacement vertical est imposé et varie avec le temps, les pressions sur les faces latérales étant maintenues constantes, un déviateur de contraintes est induit et augmente avec le temps avec un écoulement positif. Quand on se rapproche du point $Q = MP$, on tend vers la plasticité parfaite avec écoulement plastique sans écoulement et sans variation de contraintes (voir [§6] de la doc [R7.01.14]).

