
SSNV206 - Essai triaxial avec le modèle LETK du CIH

Résumé

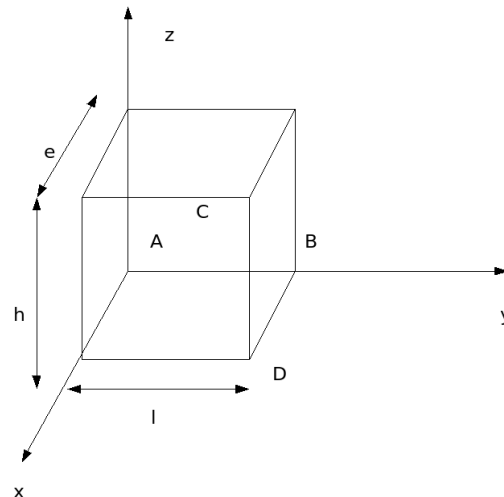
Ce test permet de valider le modèle `LETK` en mécanique des roches. Il s'agit d'un essai triaxial en mécanique pure ou en condition drainée. Les calculs sont effectués uniquement sur la partie solide du sol sans couplage hydromécanique. On applique un niveau de confinement de 5 MPa . Par raison de symétrie, on ne s'intéresse qu'au huitième d'un échantillon soumis à un essai triaxial. La modélisation est axisymétrique.

- Modélisation A : L'algorithme local d'intégration du modèle est explicite, classifié comme spécifique par la suite.
- Modélisation B : L'algorithme local d'intégration du modèle est implicite avec la matrice jacobienne locale obtenue par perturbation.
- Modélisation C : L'algorithme local d'intégration du modèle est implicite avec la matrice jacobienne locale obtenue analytiquement.
- Modélisation D : L'algorithme local d'intégration du modèle est explicite, classifié comme spécifique par la suite. Le chargement est appliqué 100 fois plus lentement pour mettre en avant le rôle de la viscosité dans le modèle
- Modélisation E : L'algorithme local d'intégration du modèle est implicite avec la matrice jacobienne locale obtenue analytiquement. Le chargement est appliqué 100 fois plus lentement pour mettre en avant le rôle de la viscosité dans le modèle

Il s'agit de tests de non régression. Les cinq modélisation convergent vers des solutions concordantes pour des discrétisations fines du chargement appliqué.

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	D
x	0.	0.	0.5	1.
y	0.	1.	0.5	1.
z	0.	0.	0.5	0.

1.2 Propriété de matériaux

$E = 5000 \text{ MPa}$
 $\nu = 0,12$
 $\alpha = 0.$
 $P_a = 0,1 \text{ MPa}$
 $n_{elas} = 0.$
 $\sigma_c = 12. \text{ MPa}$
 $H_0^{ext} = 1,10292$
 $\gamma_{cjs} = 0,8$
 $x_{ams} = 0,1$
 $\eta = 0,04$
 $a_0 = 0,25$
 $a_e = 0,60$
 $a_{pic} = 0,40$
 $s_0 = 0,0005$
 $m_0 = 0,01$
 $m_e = 2.$
 $m_{pic} = 6.$
 $m_{ult} = 0,61$
 $\xi_{ult} = 0,365$
 $\xi_e = 0,028$
 $\xi_{pic} = 0,015$
 $m_{v-max} = 3.$
 $\xi_{v-max} = 0,0039$
 $A^v = 1,510^{-12} \text{ Pa}$
 $n^v = 4,5$
 $\sigma_{pl} = 57,8 \text{ MPa} ;$
 $\mu_{0,v} = 0,1$
 $\xi_{0,v} = 0,3$
 $\mu_1 = 0,1$
 $\xi_1 = 0,3$

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 $\varepsilon_{zz} = -6$ sur une durée de 6e3 secondes pour les modélisations A, B et C et une durée de 6e5 secondes pour les modélisations D et E.

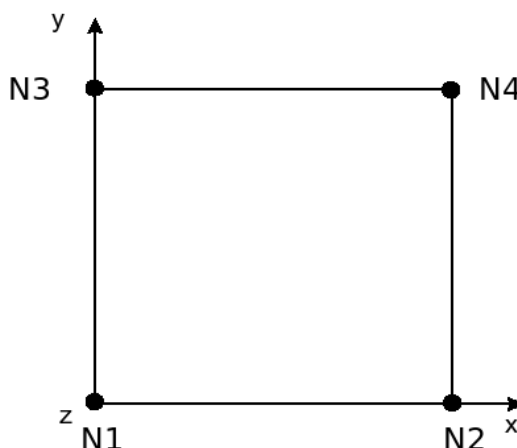
2 Solutions de référence

Les solutions de référence sont obtenues par discrétisation fine du chargement. Il n'existe pas a priori de solutions analytiques connues pour l'intégration du modèle LETK suivant un essai triaxial de compression.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristique de la modélisation

AXIS :



Découpage : 1 en hauteur, 1 en largeur.

Chargement de la phase 1 :

Pression de confinement : $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{zz}^0 = -5 \text{ MPa}$.

3.2 Caractéristique du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 1 QUAD4 et 4 SEG2

3.3 Grandeurs testées et résultats

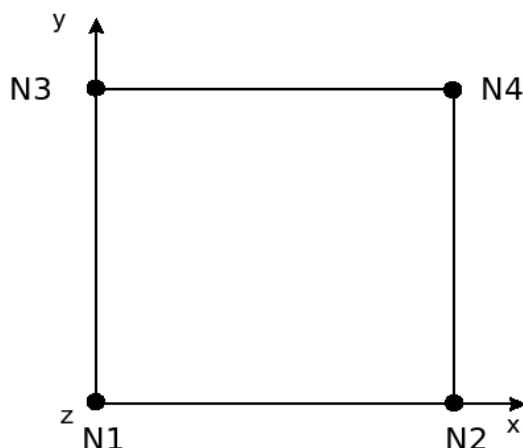
Les valeurs sont testées en non régression à une tolérance donnée de 0,1% .

Localisation	Instant	Contrainte (MPa)	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	σ_{yy}	- 5.000
	13000.	σ_{yy}	- 11.941
Localisation	Instant	Deplacement	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	<i>DX</i>	-7.6 10 ⁻⁴
	13000.	<i>DX</i>	3.020 10 ⁻²

4 Modélisation B

4.1 Caractéristique de la modélisation

AXIS :



Découpage : 1 en hauteur, 1 en largeur.

Chargement de la phase 1 :

Pression de confinement : $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{zz}^0 = -5 \text{ MPa}$.

4.2 Caractéristique du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 1 QUAD4 et 4 SEG2

4.3 Grandeurs testées et résultats

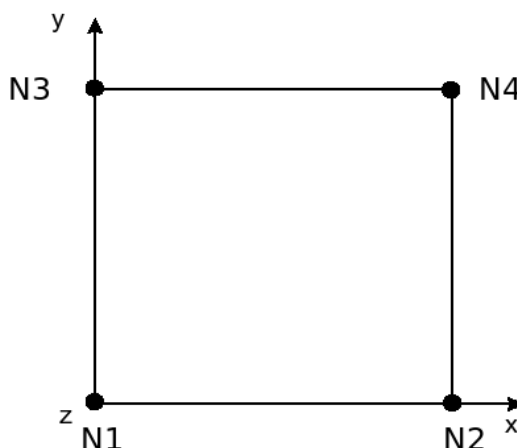
Les valeurs sont testées en non régression à une tolérance donnée de 0,1% .

Localisation	Instant	Contrainte (MPa)	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	σ_{yy}	- 5.000
	13000.	σ_{yy}	- 11.945
Localisation	Instant	Deplacement	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	DX	-7.6 10 ⁻⁴
	13000.	DX	3.026 10 ⁻²

5 Modélisation C

5.1 Caractéristique de la modélisation

AXIS :



Découpage : 1 en hauteur, 1 en largeur.

Chargement de la phase 1 :

Pression de confinement : $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{zz}^0 = -5 \text{ MPa}$.

5.2 Caractéristique du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 1 QUAD4 et 4 SEG2

5.3 Grandeurs testées et résultats

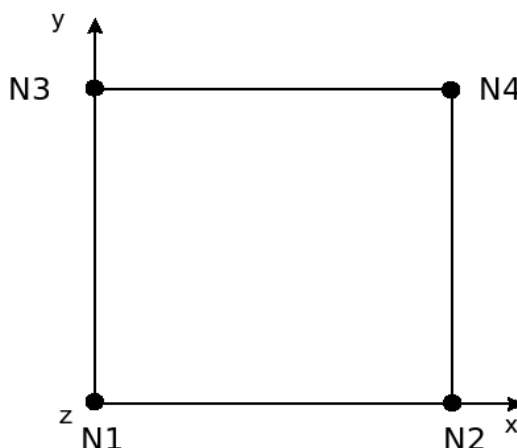
Les valeurs sont testées en non régression à une tolérance donnée de 0,1 % .

Localisation	Instant	Contrainte (MPa)	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	σ_{yy}	- 5.000
	13000.	σ_{yy}	- 11.945
Localisation	Instant	Deplacement	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	DX	-7.6 10 ⁻⁴
	13000.	DX	3.026 10 ⁻²

6 Modélisation D

6.1 Caractéristique de la modélisation

AXIS :



Découpage : 1 en hauteur, 1 en largeur.

Chargement de la phase 1 :

Pression de confinement : $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{zz}^0 = -5 \text{ MPa}$.

Le chargement est appliqué 100 fois moins vite que pour les modélisations A,B et C.

6.2 Caractéristique du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 1 QUAD4 et 4 SEG2

6.3 Grandeurs testées et résultats

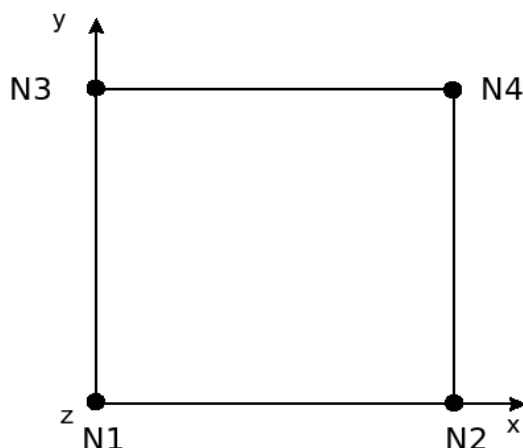
Les valeurs sont testées en non régression à une tolérance donnée de 0,1% .

Localisation	Instant	Contrainte (MPa)	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	σ_{yy}	- 5.000
	13000.	σ_{yy}	- 12.01
Localisation	Instant	Deplacement	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	DX	-7.6 10 ⁻⁴
	13000.	DX	2,98 10 ⁻²

7 Modélisation E

7.1 Caractéristique de la modélisation

AXIS :



Découpage : 1 en hauteur, 1 en largeur.

Chargement de la phase 1 :

Pression de confinement : $\sigma_{xx}^0 = \sigma_{zz}^0 = -5 \text{ MPa}$.

Le chargement est appliqué 100 fois moins vite que pour les modélisations A,B et C. Le chargement est identique à celui appliqué pour la modélisation D

7.2 Caractéristique du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 1 QUAD4 et 4 SEG2

7.3 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs sont testées en non régression à une tolérance donnée de 0,1 % .

Localisation	Instant	Contrainte (MPa)	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	σ_{yy}	- 5.000
	13000.	σ_{yy}	- 12.01
Localisation	Instant	Deplacement	Aster
Point <i>N4</i>	7000.	<i>DX</i>	-7.6 10 ⁻⁴
	13000.	<i>DX</i>	3,00 10 ⁻²

8 Synthèse des résultats

Il s'agit de tests de non régression développés pour valider le modèle LETK en mécanique pure. La comparaison entre les deux schémas d'intégration permet d'identifier certaines tendances sur les profils de convergence.

Un schéma d'intégration explicite permet pour une discrétisation fine du chargement de garantir des résultats convergés et un temps d'exécution machine moindre que le schéma implicite. Il est en revanche difficile de quantifier le niveau de finesse du chargement à appliquer pour garantir la convergence des études avec un schéma d'intégration explicite.

Le schéma d'intégration implicite garantit un niveau de précision supérieur au schéma explicite pour la même discrétisation de chargement. Il permet également de disposer d'un opérateur tangent local consistant. Ces avantages assurent ainsi sur une large gamme de discrétisations du chargement une convergence sur les résultats obtenus avec le schéma implicite.

Les figures suivantes illustrent l'argumentaire précédent.

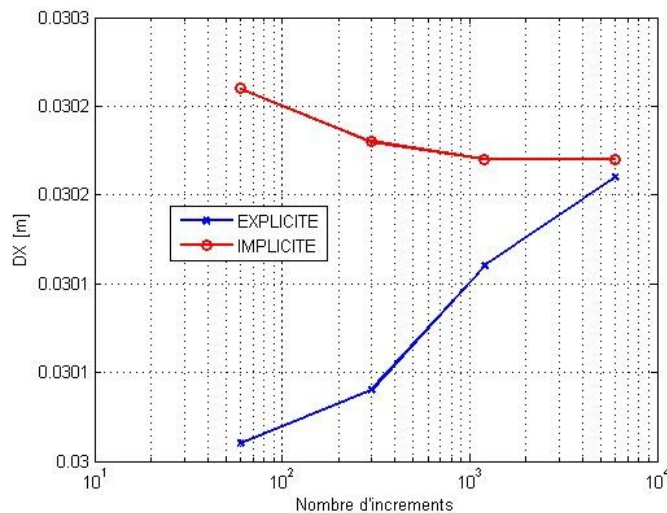


Illustration 1: Déplacement latéral maximal de l'échantillon de laboratoire au cours d'un essai triaxial de compression en fonction du niveau de discrétisation du chargement

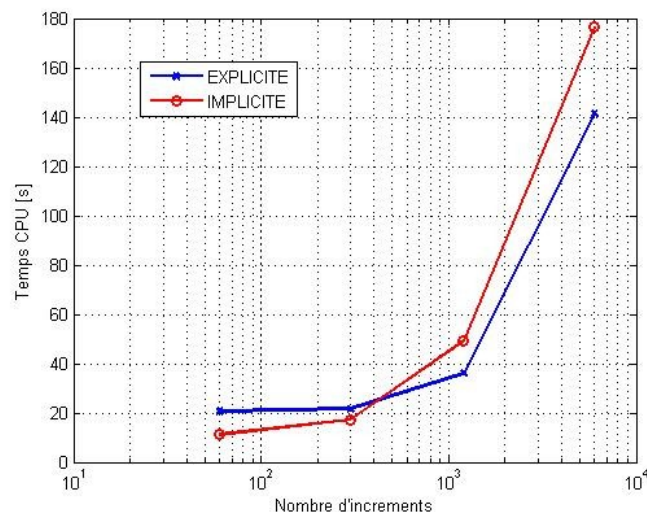


Illustration 2: Temps CPU cumulé pour l'essai triaxial de compression en fonction du niveau de discrétisation du chargement