SSNV401 – Vérification de la loi de comportement BETON_RAG : phénomène de fluage

Résumé :
Ces tests valident la loi de comportement BETON_RAG sur un cube sollicité en compression avec le maintien soit d'une contrainte ou d'une déformation. La réponse du modèle est comparée à des solutions obtenues en résolvant analytiquement les équations qui régissent le comportement [R7.01.26].
Quatre modélisations sont proposées :

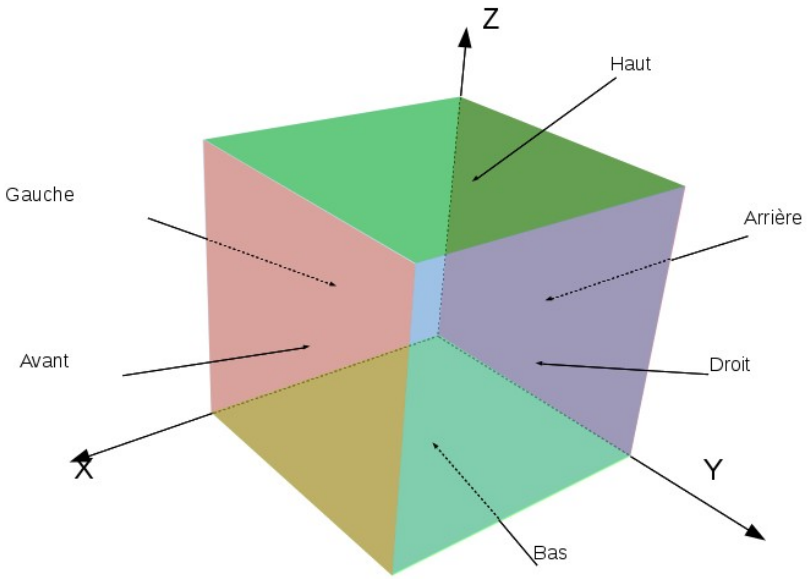
- Modélisation A : essai de fluage en compression avec une contrainte imposée sur un cube libre de se déformer dans la direction perpendiculaire au chargement.
- Modélisation B : essai de fluage en compression avec une déformation imposée sur un cube libre de se déformer dans la direction perpendiculaire au chargement.
- Modélisation C : essai de fluage en compression avec une contrainte imposée sur un cube confiné (déformations transversales bloquées).
- Modélisation D : essai de fluage en compression avec une déformation imposée sur un cube confiné (déformations transversales bloquées).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La géométrie est un cube de $1\,m$ de coté.



1.2 Maillage

Le maillage est réalisé avec 1 HEXA8.

1.3 Matériaux

Le matériau est de type BETON_RAG. Les caractéristiques nécessaires sont celles liées aux phénomènes d'endommagement et de fluage.

Il ne faut pas utiliser les caractéristiques matériaux de "BETON_RAG" de ce cas test pour faire des études. Ils ne sont pas physiques, ils servent à de la vérification mathématique.

```
MATFLUA = DEFI_MATERIAU(
    ELAS = _F(E   = 32000.0E+06,          # unité [Pa]
              NU = 0.25,),                # sans unité
    BETON_RAG = _F(
        # caractéristiques pour la mécanique
        ENDO_MC      =   1.95,            # sans unité
        ENDO_MT      =   2.00,            # sans unité
        ENDO_SIGUC   = -35.00E+06,        # unité [Pa]
        ENDO_SIGUT   =  -3.18E+06,        # unité [Pa]
        ENDO_DRUPRA =   0.15,
        # caractéristiques pour le fluage
        FLUA_SPH_KR =  89000.0E+06,       # unité [Pa]
        FLUA_SPH_KI =  22000.0E+06,       # unité [Pa]
        FLUA_SPH_NR = 156000.0E+06,       # unité [Pa.Jour]
        FLUA_SPH_NI = 410000.0E+06,       # unité [Pa.Jour]
        FLUA_DEV_KR =  42000.0E+06,       # unité [Pa]
        FLUA_DEV_KI =  22000.0E+06,       # unité [Pa]
        FLUA_DEV_NR = 117000.0E+06,       # unité [Pa.Jour]
        FLUA_DEV_NI = 840000.0E+06,       # unité [Pa.Jour]
    ),
)
```


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.4 Conditions aux limites, de contact et de chargement

1.4.1 Pour le cube libre en déformations latérales

Les déplacements suivant sont imposés sur les faces :

- BAS : DZ = 0
- GAUCHE : DY = 0
- ARRIERE : DX = 0
- HAUT : déplacement imposé ou contrainte imposée.

1.4.2 Pour le cube cube confiné

Les chargements suivants sont imposés sur les faces :

- BAS : DZ = 0
- GAUCHE, DROIT : DY = 0
- ARRIERE , AVANT : DX = 0
- HAUT : déplacement imposé ou contrainte imposée.

1.5 Modélisation

La modélisation est 3D.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Modélisation A

2.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation est un essai de compression avec une contrainte imposée sur un cube libre de se déformer dans la direction perpendiculaire au chargement.

Le chargement est imposé sur la face HAUT suivant DZ :

```
PRES_REP = _F( GROUP_MA= 'HAUT' , PRES =  2.8278256400E+06 ) ,

FCT = DEFI_FONCTION(
    NOM_PARA='INST',
    VALE=(   0.0,  0.0,
             1.0, 10.0,
          1000.0, 10.0),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE= (
        _F(JUSQU_A =  1.0, NOMBRE =   5,),
        _F(JUSQU_A = 35.0, NOMBRE = 340,),
    ),
)
```

Pendant l'intervalle de temps [0.0, 1.0] le chargement croît.
Pendant l'intervalle de temps [1.0, 35.0] le chargement est gardé constant.

2.2 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs observées sont les déformations latérales EPXX et EPYY qui sont égales.

Instant	Grandeur	Référence
2.30000	EPXX EPYY	2.478005e-04
4.10000	EPXX EPYY	2.738782e-04
5.90000	EPXX EPYY	2.849046e-04
7.70000	EPXX EPYY	2.867320e-04
9.50000	EPXX EPYY	2.840790e-04
11.30000	EPXX EPYY	2.796152e-04
13.10000	EPXX EPYY	2.746817e-04
14.90000	EPXX EPYY	2.699061e-04
16.70000	EPXX EPYY	2.655592e-04
18.50000	EPXX EPYY	2.617402e-04
20.30000	EPXX EPYY	2.584674e-04
22.10000	EPXX EPYY	2.557230e-04
23.90000	EPXX EPYY	2.534738e-04
25.70000	EPXX EPYY	2.516811e-04
27.50000	EPXX EPYY	2.503057e-04
29.30000	EPXX EPYY	2.493093e-04
31.10000	EPXX EPYY	2.486561e-04
32.90000	EPXX EPYY	2.483125e-04
34.70000	EPXX EPYY	2.482473e-04

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

La grandeur observée est la déformation EPZZ.

Instant	Grandeur	Référence
2.30000	EPZZ	-1.109119e-03
4.10000	EPZZ	-1.294794e-03
5.90000	EPZZ	-1.412008e-03
7.70000	EPZZ	-1.497561e-03
9.50000	EPZZ	-1.567084e-03
11.30000	EPZZ	-1.627637e-03
13.10000	EPZZ	-1.682553e-03
14.90000	EPZZ	-1.733467e-03
16.70000	EPZZ	-1.781225e-03
18.50000	EPZZ	-1.826293e-03
20.30000	EPZZ	-1.868959e-03
22.10000	EPZZ	-1.909419e-03
23.90000	EPZZ	-1.947821e-03
25.70000	EPZZ	-1.984293e-03
27.50000	EPZZ	-2.018942e-03
29.30000	EPZZ	-2.051870e-03
31.10000	EPZZ	-2.083168e-03
32.90000	EPZZ	-2.112924e-03
34.70000	EPZZ	-2.141218e-03

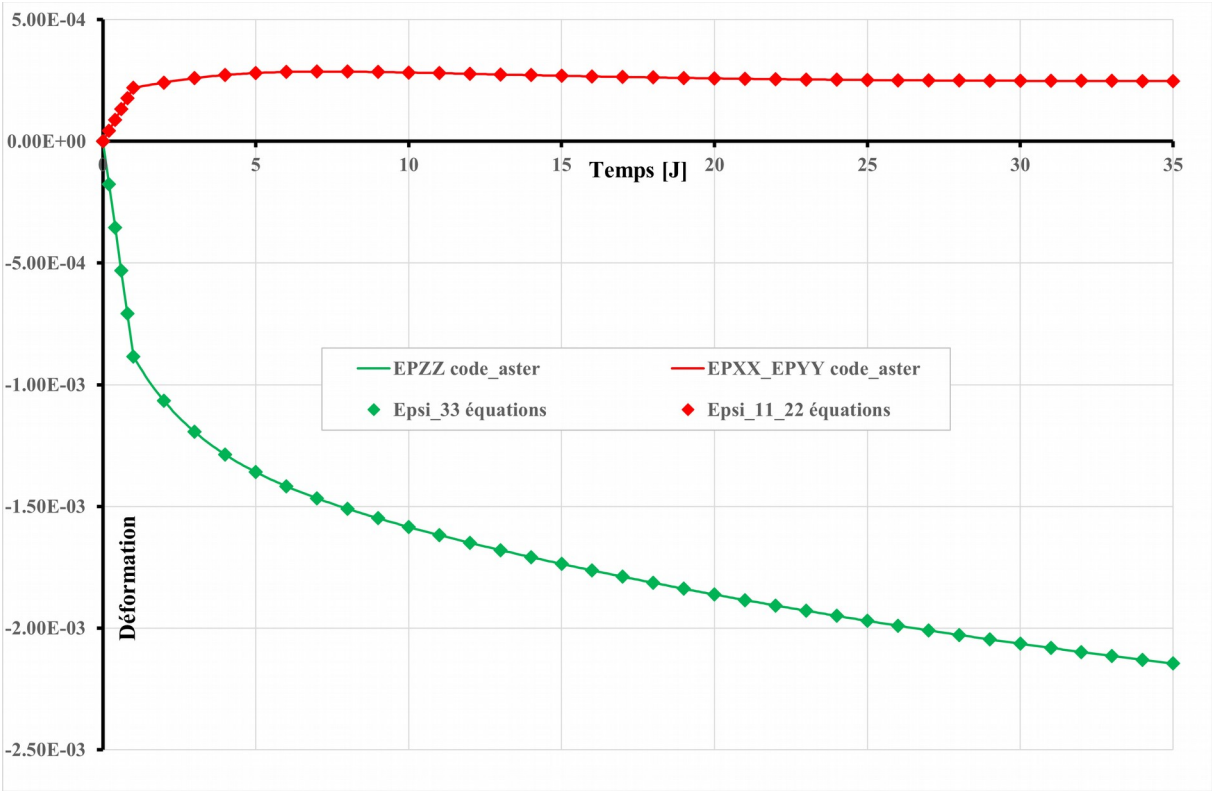


Figure 2.2-a : Compression sur cube libre, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation est un essai de compression avec une déformation imposée sur un cube libre de se déformer dans la direction perpendiculaire au chargement.

Le chargement est imposé sur la face HAUT suivant DZ :

```
DDL_IMPO = _F(GROUP_MA='HAUT', DZ =  1.0E-04),

FCT = DEFI_FONCTION(
    NOM_PARA='INST',
    VALE=(   0.0,    0.0,
             1.0,  -10.0,
          1000.0,  -10.0),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE= (
        _F(JUSQU_A =  1.0, NOMBRE =   5,),
        _F(JUSQU_A = 35.0, NOMBRE = 340,),
    ),
)
```

Pendant l'intervalle de temps [0.0, 1.0] le chargement croît.
Pendant l'intervalle de temps [1.0, 35.0] le chargement est gardé constant.

3.2 Grandeurs testées et résultats

La grandeur observée est la contrainte SIZZ.

Instant	Grandeur	Référence
2.30000	SIZZ	-2.493241e+07
4.10000	SIZZ	-2.084129e+07
5.90000	SIZZ	-1.898636e+07
7.70000	SIZZ	-1.786948e+07
9.50000	SIZZ	-1.704366e+07
11.30000	SIZZ	-1.636192e+07
13.10000	SIZZ	-1.577035e+07
14.90000	SIZZ	-1.524608e+07
16.70000	SIZZ	-1.477734e+07
18.50000	SIZZ	-1.435667e+07
20.30000	SIZZ	-1.397850e+07
22.10000	SIZZ	-1.363822e+07
23.90000	SIZZ	-1.333186e+07
25.70000	SIZZ	-1.305592e+07
27.50000	SIZZ	-1.280727e+07
29.30000	SIZZ	-1.258313e+07
31.10000	SIZZ	-1.238100e+07
32.90000	SIZZ	-1.219865e+07
34.70000	SIZZ	-1.203405e+07

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Les grandeurs observées sont les déformations latérales EPXX et EPYY qui sont égales.

Instant	Grandeur	Référence
2.30000	EPXX EPYY	2.213483e-04
4.10000	EPXX EPYY	2.081017e-04
5.90000	EPXX EPYY	1.968381e-04
7.70000	EPXX EPYY	1.845744e-04
9.50000	EPXX EPYY	1.724839e-04
11.30000	EPXX EPYY	1.613604e-04
13.10000	EPXX EPYY	1.514784e-04
14.90000	EPXX EPYY	1.428529e-04
16.70000	EPXX EPYY	1.353992e-04
18.50000	EPXX EPYY	1.290024e-04
20.30000	EPXX EPYY	1.235455e-04
22.10000	EPXX EPYY	1.189189e-04
23.90000	EPXX EPYY	1.150231e-04
25.70000	EPXX EPYY	1.117690e-04
27.50000	EPXX EPYY	1.090772e-04
29.30000	EPXX EPYY	1.068772e-04
31.10000	EPXX EPYY	1.051064e-04
32.90000	EPXX EPYY	1.037096e-04
34.70000	EPXX EPYY	1.026376e-04

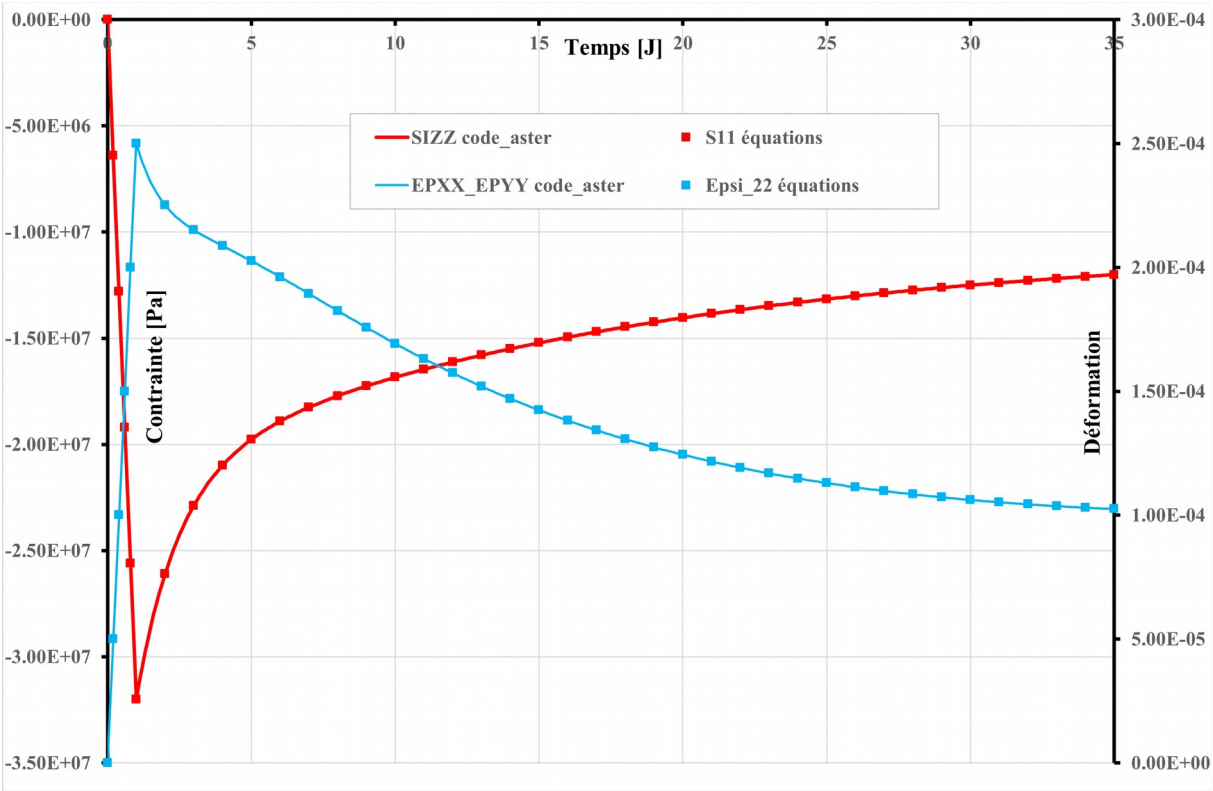


Figure 3.2-a : Compression sur cube libre, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation C

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation est un essai de compression avec une contrainte imposée sur un cube confiné (déformations transversales bloquées).

Le chargement est imposé sur la face HAUT suivant DZ :

```
PRES_REP = _F( GROUP_MA= 'HAUT' , PRES = 3.6187984804E+06 ) ,

FCT = DEFI_FONCTION(
    NOM_PARA='INST',
    VALE=(   0.0,  0.0,
             1.0, 10.0,
          1000.0, 10.0),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE= (
        _F(JUSQU_A =  1.0, NOMBRE =   5,),
        _F(JUSQU_A = 35.0, NOMBRE = 340,),
    ),
)
```

Pendant l'intervalle de temps [0.0, 1.0] le chargement croît.
Pendant l'intervalle de temps [1.0, 35.0] le chargement est gardé constant.

4.2 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs observées sont les contraintes latérales SIXX et SIYY qui sont égales.

Instant	Grandeur	Référence
2.50000	SIXX SIYY	-1.014224e+07
4.25000	SIXX SIYY	-9.430826e+06
6.00000	SIXX SIYY	-8.783160e+06
7.75000	SIXX SIYY	-8.090215e+06
9.50000	SIXX SIYY	-7.420931e+06
11.25000	SIXX SIYY	-6.817181e+06
13.00000	SIXX SIYY	-6.292087e+06
14.75000	SIXX SIYY	-5.844484e+06
16.50000	SIXX SIYY	-5.467612e+06
18.25000	SIXX SIYY	-5.153138e+06
20.00000	SIXX SIYY	-4.892814e+06
21.75000	SIXX SIYY	-4.679082e+06
23.50000	SIXX SIYY	-4.505243e+06
25.25000	SIXX SIYY	-4.365451e+06
27.00000	SIXX SIYY	-4.254641e+06
28.75000	SIXX SIYY	-4.168446e+06
30.50000	SIXX SIYY	-4.103102e+06
32.25000	SIXX SIYY	-4.055375e+06
34.00000	SIXX SIYY	-4.022488e+06

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

La grandeur observée est la déformation EP ZZ .

Instant	Grandeur	Référence
2.50000	EPZZ	-1.270836e-03
4.25000	EPZZ	-1.485637e-03
6.00000	EPZZ	-1.633430e-03
7.75000	EPZZ	-1.751693e-03
9.50000	EPZZ	-1.853605e-03
11.25000	EPZZ	-1.944630e-03
13.00000	EPZZ	-2.027391e-03
14.75000	EPZZ	-2.103352e-03
16.50000	EPZZ	-2.173458e-03
18.25000	EPZZ	-2.238399e-03
20.00000	EPZZ	-2.298723e-03
21.75000	EPZZ	-2.354889e-03
23.50000	EPZZ	-2.407292e-03
25.25000	EPZZ	-2.456276e-03
27.00000	EPZZ	-2.502146e-03
28.75000	EPZZ	-2.545168e-03
30.50000	EPZZ	-2.585582e-03
32.25000	EPZZ	-2.623601e-03
34.00000	EPZZ	-2.659414e-03

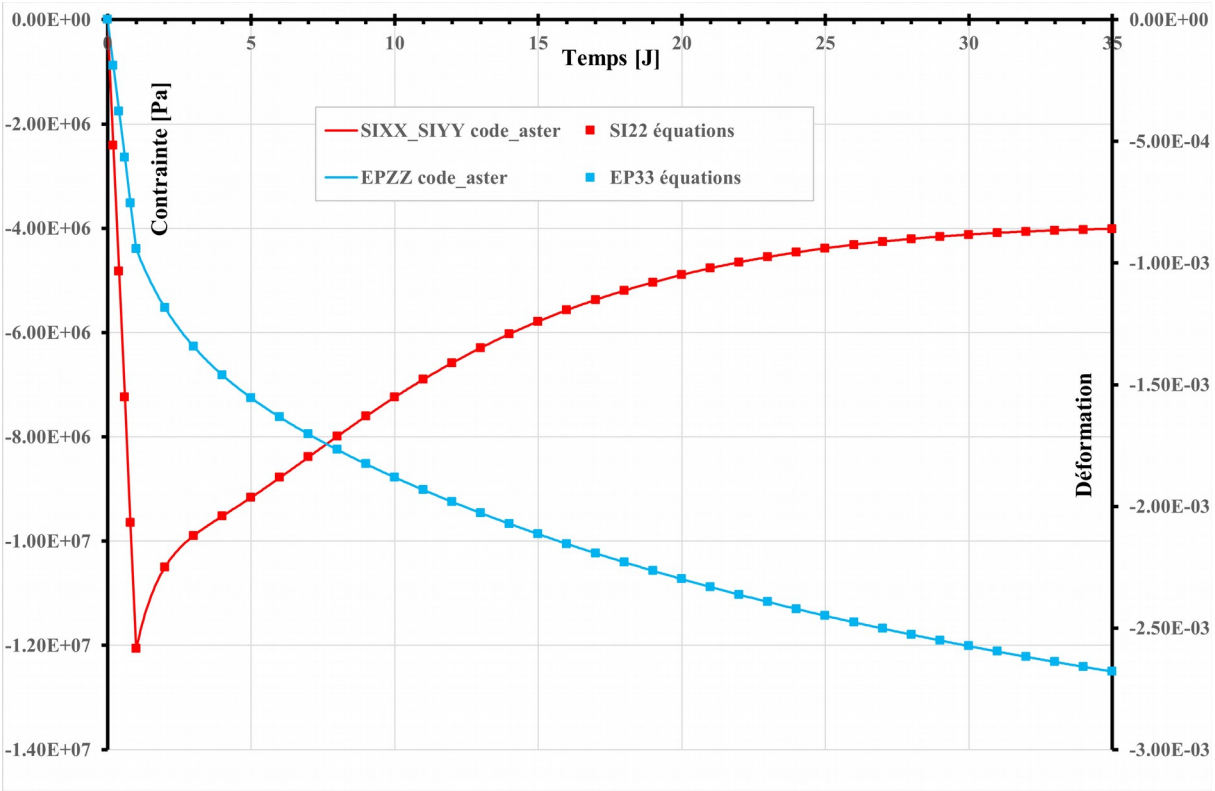


Figure 4.2-a : Compression sur cube confiné, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation D

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation est un essai de compression avec une déformation imposée sur un cube confiné (déformations transversales bloquées).

Le chargement est imposé sur la face HAUT suivant DZ :

```
DDL_IMPO = _F(GROUP_MA='HAUT', DZ =  1.0E-04),

FCT = DEFI_FONCTION(
    NOM_PARA='INST',
    VALE=(   0.0,    0.0,
             1.0,  -10.0,
          1000.0,  -10.0),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE= (
        _F(JUSQU_A =  1.0, NOMBRE =   5,),
        _F(JUSQU_A = 35.0, NOMBRE = 340,),
    ),
)
```

Pendant l'intervalle de temps [0.0, 1.0] le chargement croît.
Pendant l'intervalle de temps [1.0, 35.0] le chargement est gardé constant.

5.2 Grandeurs testées et résultats

La grandeur observée est la contrainte SIZZ.

Instant	Grandeur	Référence
2.30000	SIZZ	-2.833924e+07
4.10000	SIZZ	-2.317536e+07
5.90000	SIZZ	-2.070570e+07
7.70000	SIZZ	-1.907864e+07
9.50000	SIZZ	-1.784611e+07
11.30000	SIZZ	-1.685820e+07
13.10000	SIZZ	-1.604648e+07
14.90000	SIZZ	-1.537096e+07
16.70000	SIZZ	-1.480414e+07
18.50000	SIZZ	-1.432542e+07
20.30000	SIZZ	-1.391870e+07
22.10000	SIZZ	-1.357117e+07
23.90000	SIZZ	-1.327252e+07
25.70000	SIZZ	-1.301444e+07
27.50000	SIZZ	-1.279016e+07
29.30000	SIZZ	-1.259420e+07
31.10000	SIZZ	-1.242209e+07
32.90000	SIZZ	-1.227017e+07
34.70000	SIZZ	-1.213543e+07

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Les grandeurs observées sont les contraintes latérales SIXX et SIYY qui sont égales.

Instant	Grandeur	Référence
2.30000	SIXX SIYY	-7.884577e+06
4.10000	SIXX SIYY	-5.861064e+06
5.90000	SIXX SIYY	-4.757675e+06
7.70000	SIXX SIYY	-3.882833e+06
9.50000	SIXX SIYY	-3.176196e+06
11.30000	SIXX SIYY	-2.618503e+06
13.10000	SIXX SIYY	-2.186315e+06
14.90000	SIXX SIYY	-1.855983e+06
16.70000	SIXX SIYY	-1.606751e+06
18.50000	SIXX SIYY	-1.421453e+06
20.30000	SIXX SIYY	-1.286246e+06
22.10000	SIXX SIYY	-1.190084e+06
23.90000	SIXX SIYY	-1.124203e+06
25.70000	SIXX SIYY	-1.081672e+06
27.50000	SIXX SIYY	-1.057019e+06
29.30000	SIXX SIYY	-1.045937e+06
31.10000	SIXX SIYY	-1.045041e+06
32.90000	SIXX SIYY	-1.051680e+06
34.70000	SIXX SIYY	-1.063782e+06

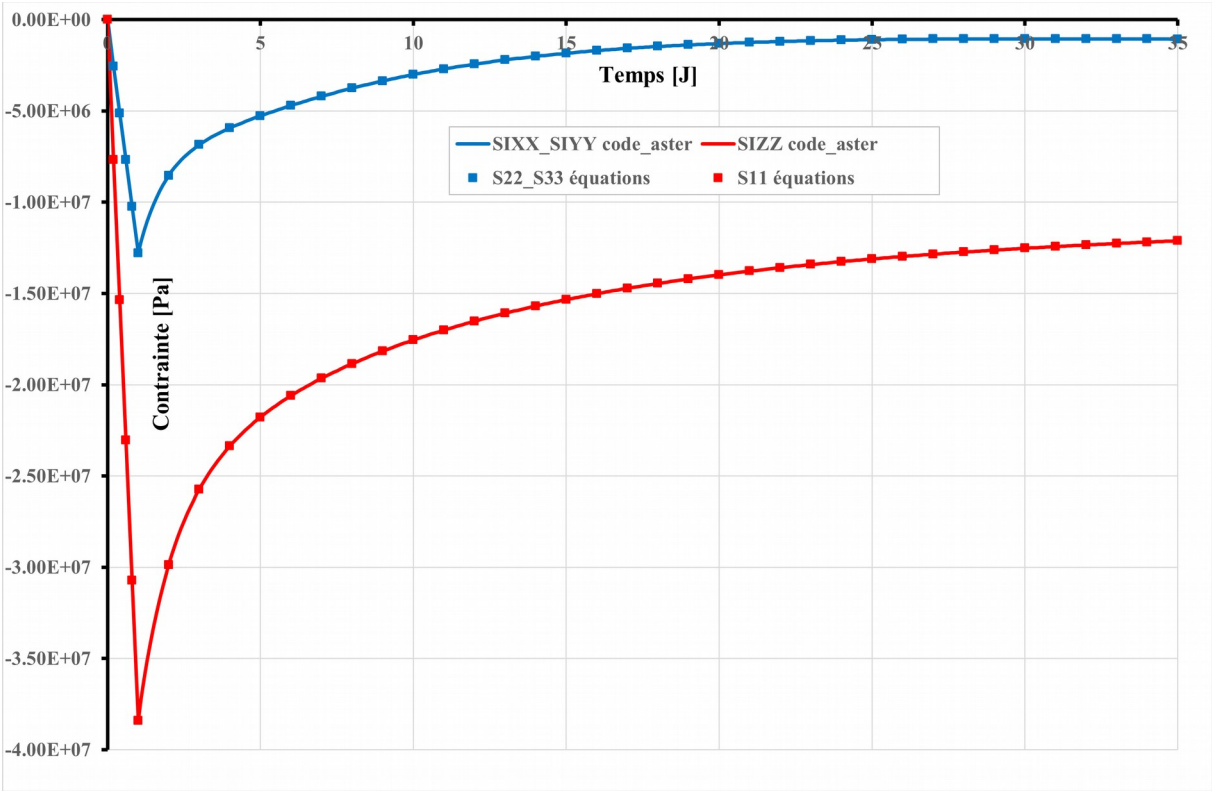


Figure 5.2-a : Compression sur cube confiné, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Synthèse des résultats

Les cas tests permettent de tester le fluage mais aussi le phénomène de relaxation. La résolution numérique du système d'équation différentielles par les transformées Laplace montre une parfaite coïncidence avec les résultats de code_aster.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)