SSNV400 – Vérification de la loi de comportement BETON_RAG : mécanique endommageable

Résumé :
Ces tests valident la loi de comportement BETON_RAG sur un cube sollicité en traction ou compression, avec un trajet de chargement radial. 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 :

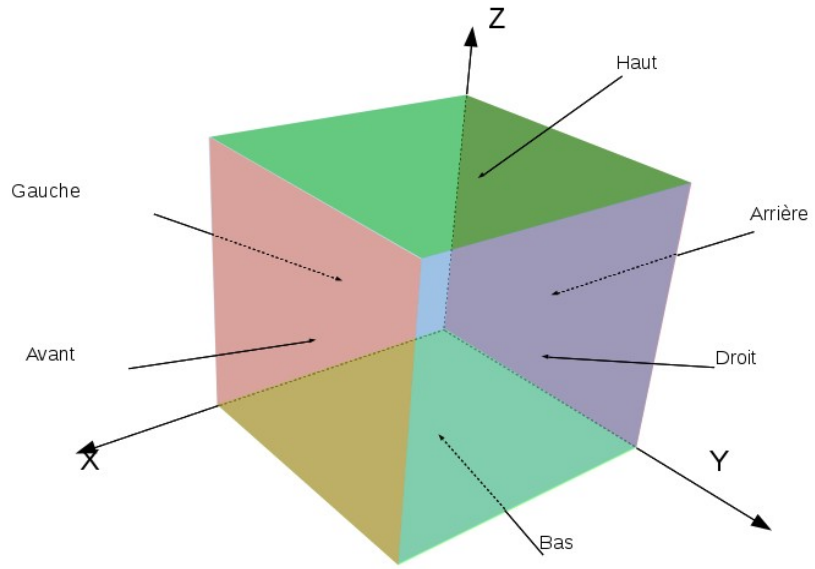
- Modélisation a : essai de traction en déformation imposée, sur un cube libre de se déformer dans la direction perpendiculaire au chargement.
- Modélisation b : essai de compression en déformation imposée, sur un cube libre de se déformer dans la direction perpendiculaire au chargement.
- Modélisation c : essai de traction en déformation imposée, sur un cube confiné (déformations transversales bloquées).
- Modélisation d : essai de compression en 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 . Seules les caractéristiques nécessaires liées au phénomène d'endommagement sont renseignées.

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.

```
MAT = 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,          # unité [Rd]
    ),
)
```

1.4 Conditions aux limites et de chargement

1.4.1 Pour le cube libre en déformations latérales

Les déplacements sont imposés sur les faces suivantes :

- BAS : DZ = 0
- GAUCHE : DY = 0
- ARRIERE : DX = 0
- HAUT : déplacement imposé fonction du temps.

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

1.4.2 Pour le cube confiné

Les déplacements sont imposés sur les faces suivantes :

- BAS : DZ = 0
- GAUCHE, DROIT : DY = 0
- ARRIERE , AVANT : DX = 0
- HAUT : déplacement imposé fonction du temps.

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 traction en 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,
              10.0,   3.0,),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE = (
        _F(JUSQU_A= 10.0, NOMBRE = 50,),
    ),
)
```

2.2 Grandeurs testées et résultats

La grandeur observée est la contrainte SIZZ sur la face HAUTE.

Instant	Grandeur	Référence
0.60000	SIZZ	5.665671e+05
1.20000	SIZZ	1.076981e+06
1.80000	SIZZ	1.477949e+06
2.40000	SIZZ	1.724816e+06
3.00000	SIZZ	1.792069e+06
3.60000	SIZZ	1.686030e+06
4.20000	SIZZ	1.449665e+06
4.80000	SIZZ	1.149154e+06
5.40000	SIZZ	8.479534e+05
6.00000	SIZZ	5.876349e+05
6.60000	SIZZ	3.850226e+05
7.20000	SIZZ	2.395042e+05
7.80000	SIZZ	1.417449e+05
8.40000	SIZZ	7.987455e+04
9.00000	SIZZ	4.285886e+04
9.60000	SIZZ	2.189286e+04

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

Instant	Grandeur	Référence
1.80000	EPXX EPYY	-1.154648e-05
2.40000	EPXX EPYY	-1.347513e-05
3.00000	EPXX EPYY	-1.400054e-05
3.60000	EPXX EPYY	-1.317211e-05
4.20000	EPXX EPYY	-1.132552e-05

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

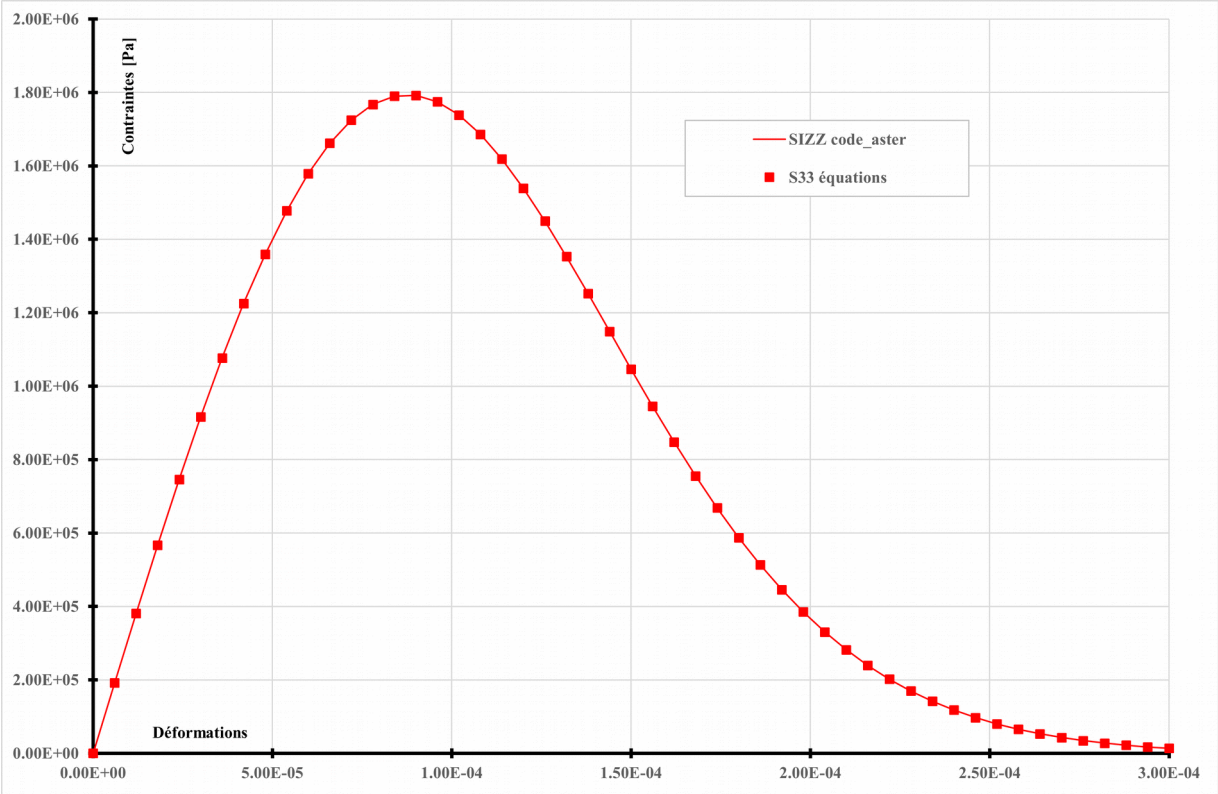


Figure 2.2-a : **Traction** sur cube libre, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

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 en 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,
              10.0, -70.0,),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE = (
        _F(JUSQU_A= 10.0, NOMBRE = 100,),
    ),
)
```

3.2 Grandeurs testées et résultats

La grandeur observée est la contrainte SIZZ sur la face HAUTE.

Instant	Grandeur	Référence
0.60000	SIZZ	-1.313733e+07
1.20000	SIZZ	-2.461550e+07
1.80000	SIZZ	-3.320856e+07
2.40000	SIZZ	-3.826349e+07
3.00000	SIZZ	-3.973633e+07
3.60000	SIZZ	-3.810227e+07
4.20000	SIZZ	-3.417612e+07
4.80000	SIZZ	-2.890094e+07
5.40000	SIZZ	-2.316036e+07
6.00000	SIZZ	-1.765078e+07
6.60000	SIZZ	-1.282581e+07
7.20000	SIZZ	-8.903206e+06
7.80000	SIZZ	-5.912852e+06
8.40000	SIZZ	-3.761406e+06
9.00000	SIZZ	-2.294150e+06
9.60000	SIZZ	-1.342623e+06

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
0.60000	EPXX EPYY	1.050000e-04
1.20000	EPXX EPYY	2.100000e-04
1.80000	EPXX EPYY	3.150000e-04
2.40000	EPXX EPYY	4.200000e-04
3.00000	EPXX EPYY	5.250000e-04
3.60000	EPXX EPYY	6.300000e-04
4.20000	EPXX EPYY	7.350000e-04
4.80000	EPXX EPYY	8.400000e-04
5.40000	EPXX EPYY	9.450000e-04
6.00000	EPXX EPYY	1.050000e-03
6.60000	EPXX EPYY	1.155000e-03
7.20000	EPXX EPYY	1.260000e-03
7.80000	EPXX EPYY	1.365000e-03
8.40000	EPXX EPYY	1.470000e-03
9.00000	EPXX EPYY	1.575000e-03
9.60000	EPXX EPYY	1.680000e-03

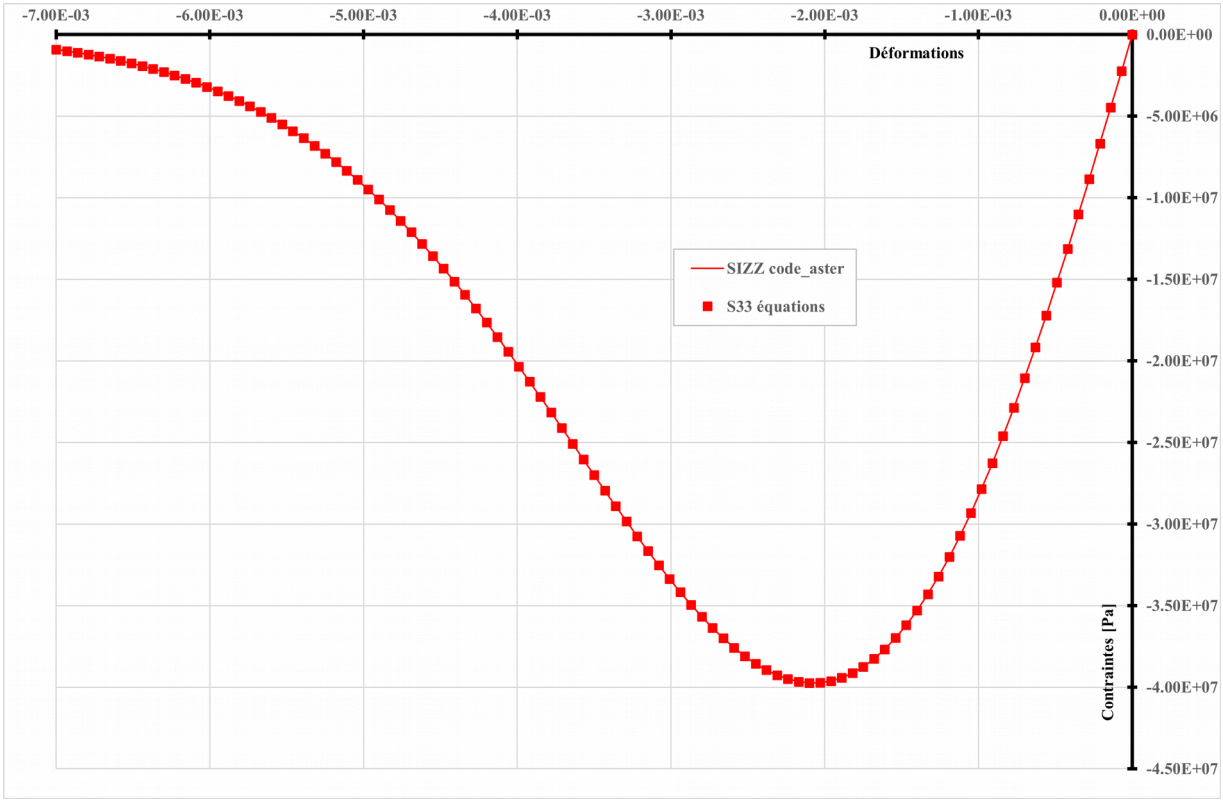


Figure 3.2-a : Compression sur cube libre, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

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 traction en déformation imposée, sur un cube confiné.

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,
              10.0,   3.0,),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE = (
        _F(JUSQU_A= 10.0, NOMBRE = 50,),
    ),
)
```

4.2 Grandeurs testées et résultats

La grandeur observée est la contrainte SIZZ sur la face HAUT.

Instant	Grandeur	Référence
0.60000	SIZZ	6.714704e+05
1.20000	SIZZ	1.232423e+06
1.80000	SIZZ	1.606885e+06
2.40000	SIZZ	1.770061e+06
3.00000	SIZZ	1.743182e+06
3.60000	SIZZ	1.575651e+06
4.20000	SIZZ	1.325850e+06
4.80000	SIZZ	1.047026e+06
5.40000	SIZZ	7.796073e+05
6.00000	SIZZ	5.488002e+05
6.60000	SIZZ	3.658045e+05
7.20000	SIZZ	2.310987e+05
7.80000	SIZZ	1.384687e+05
8.40000	SIZZ	7.873128e+04
9.00000	SIZZ	4.250080e+04
9.60000	SIZZ	2.179207e+04

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

Les grandeurs observées sont les contraintes SIYY et SIZZ sur les faces AVANT et DROITE, qui sont égales.

Instant	Grandeur	Référence
0.60000	SIXX SIYY	2.230419e+05
1.20000	SIXX SIYY	4.051071e+05
1.80000	SIXX SIYY	5.190844e+05
2.40000	SIXX SIYY	5.581045e+05
3.00000	SIXX SIYY	5.328756e+05
3.60000	SIXX SIYY	4.639193e+05
4.20000	SIXX SIYY	3.735852e+05
4.80000	SIXX SIYY	2.805793e+05
5.40000	SIXX SIYY	1.974907e+05
6.00000	SIXX SIYY	1.306495e+05
6.60000	SIXX SIYY	8.137580e+04
7.20000	SIXX SIYY	4.777526e+04
7.80000	SIXX SIYY	2.646029e+04
8.40000	SIXX SIYY	1.383478e+04
9.00000	SIXX SIYY	6.832940e+03
9.60000	SIXX SIYY	3.189701e+03

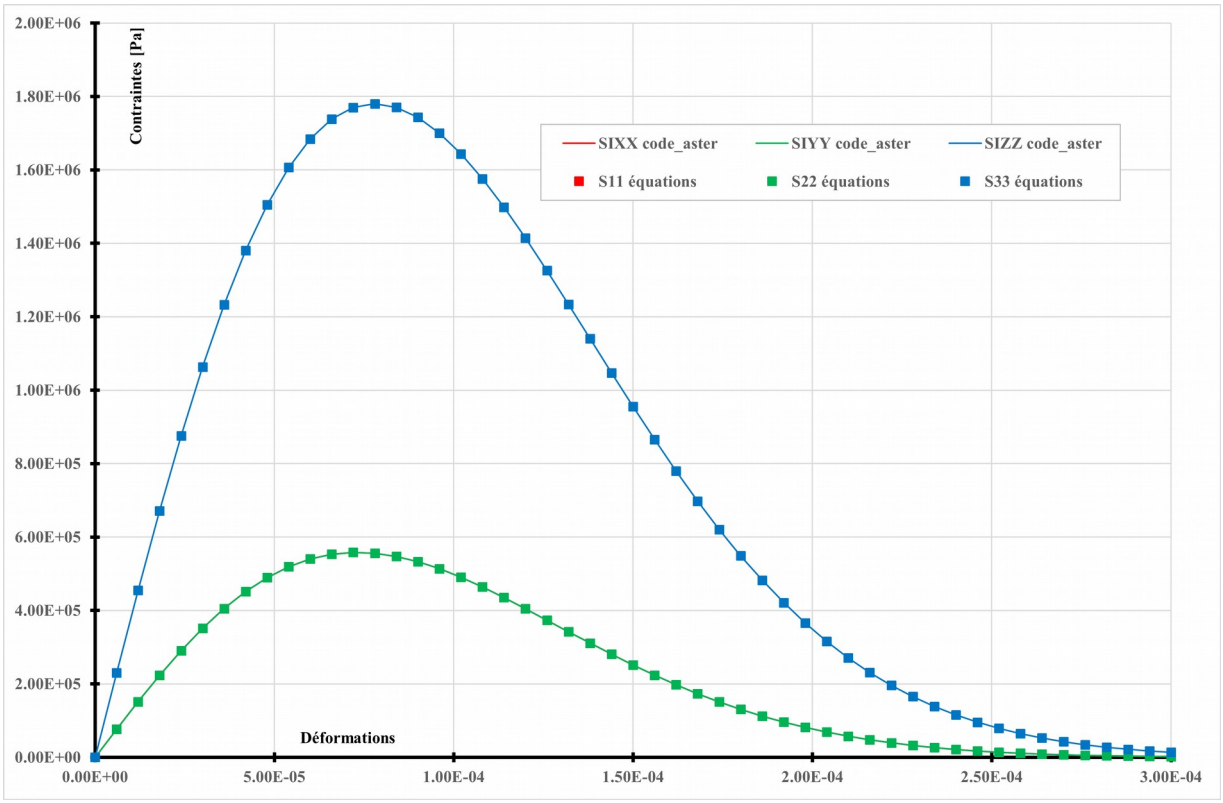


Figure 4.2-a : Traction sur cube confiné, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

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 en déformation imposée, sur un cube confiné.

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,
              10.0, -70.0,),
)
L_INST = DEFI_LIST_REEL(
    DEBUT = 0.0,
    INTERVALLE = (
        _F(JUSQU_A= 10.0, NOMBRE = 100,),
    ),
)
```

5.2 Grandeurs testées et résultats

La grandeur observée est la contrainte SIZZ sur la face HAUTE.

Instant	Grandeur	Référence
0.60000	SIZZ	-1.595268e+07
1.20000	SIZZ	-3.092219e+07
1.80000	SIZZ	-4.408231e+07
2.40000	SIZZ	-5.479973e+07
3.00000	SIZZ	-6.266961e+07
3.60000	SIZZ	-6.752924e+07
4.20000	SIZZ	-6.944668e+07
4.80000	SIZZ	-6.868745e+07
5.40000	SIZZ	-6.566566e+07
6.00000	SIZZ	-6.088711e+07
6.60000	SIZZ	-5.489213e+07
7.20000	SIZZ	-4.820483e+07
7.80000	SIZZ	-4.129319e+07
8.40000	SIZZ	-3.454249e+07
9.00000	SIZZ	-2.824235e+07
9.60000	SIZZ	-2.258571e+07

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

Les grandeurs observées sont les contraintes SIYY et SIZZ sur les faces AVANT et DROITE, qui sont égales.

Instant	Grandeur	Référence
0.60000	SIXX SIYY	-5.317561e+06
1.20000	SIXX SIYY	-1.030740e+07
1.80000	SIXX SIYY	-1.469410e+07
2.40000	SIXX SIYY	-1.826658e+07
3.00000	SIXX SIYY	-2.088987e+07
3.60000	SIXX SIYY	-2.250975e+07
4.20000	SIXX SIYY	-2.314889e+07
4.80000	SIXX SIYY	-2.289582e+07
5.40000	SIXX SIYY	-2.188855e+07
6.00000	SIXX SIYY	-2.029570e+07
6.60000	SIXX SIYY	-1.829738e+07
7.20000	SIXX SIYY	-1.606828e+07
7.80000	SIXX SIYY	-1.376440e+07
8.40000	SIXX SIYY	-1.151416e+07
9.00000	SIXX SIYY	-9.414118e+06
9.60000	SIXX SIYY	-7.528569e+06

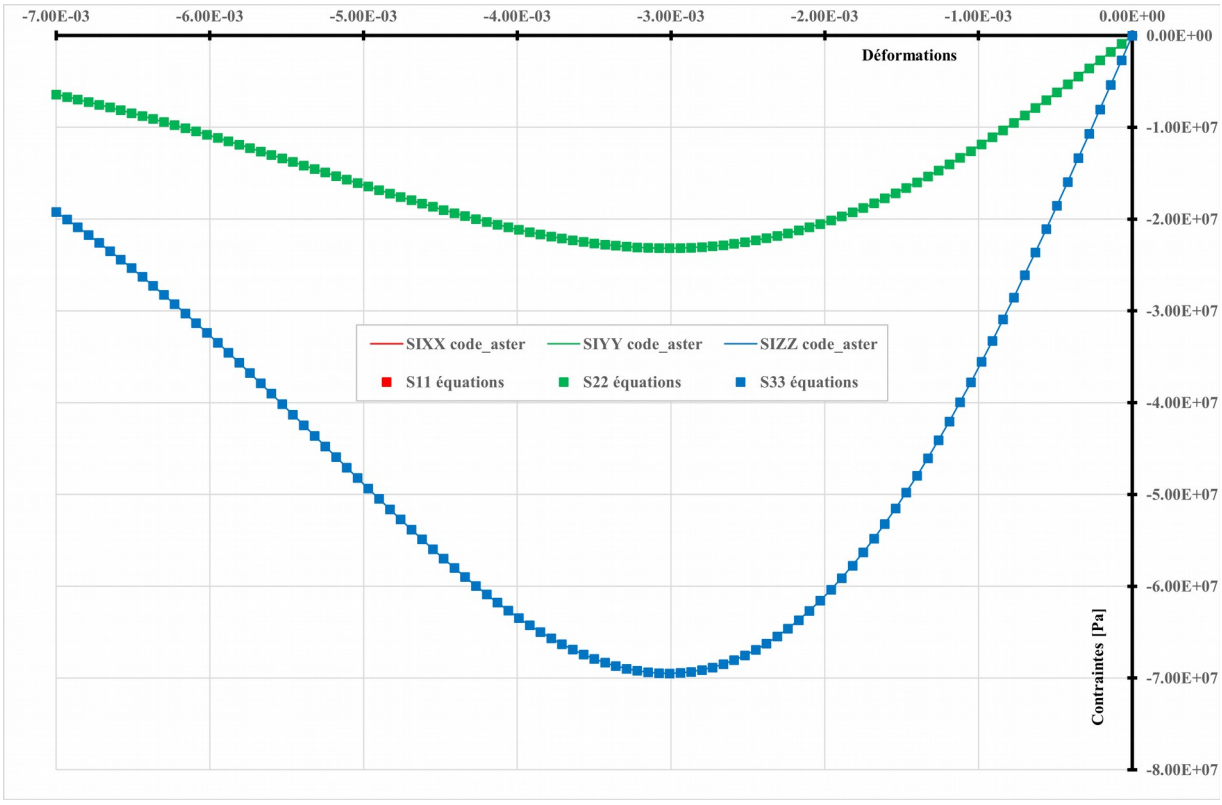


Figure 5.2-a **:** Compression sur cube confiné, comparaison entre code_aster et la solution théorique.

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

6 Synthèse des résultats

La comparaison des résultats avec les solutions théoriques montrent la bonne coïncidence avec les résultats de code_aster.

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