# 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).

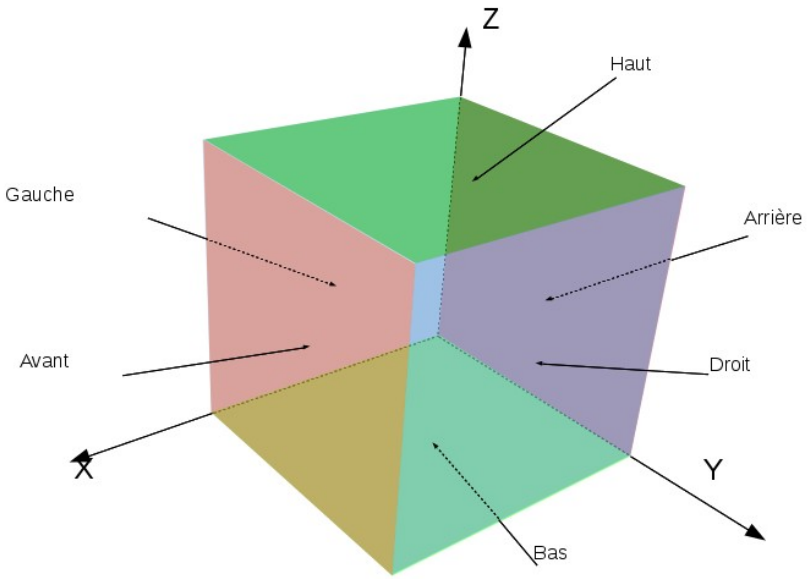


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 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 |

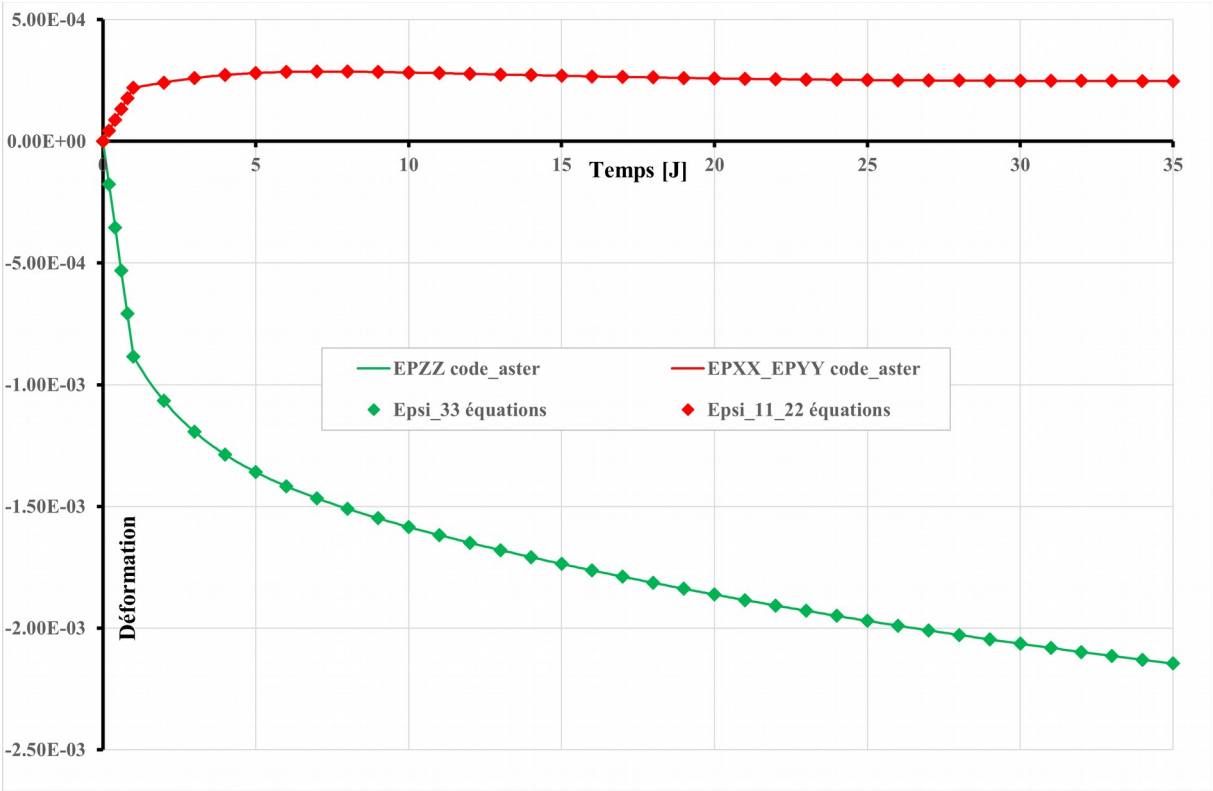



**Figure 2.2-a : Compression sur cube libre**, comparaison entre code_aster et la solution théorique.



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 |

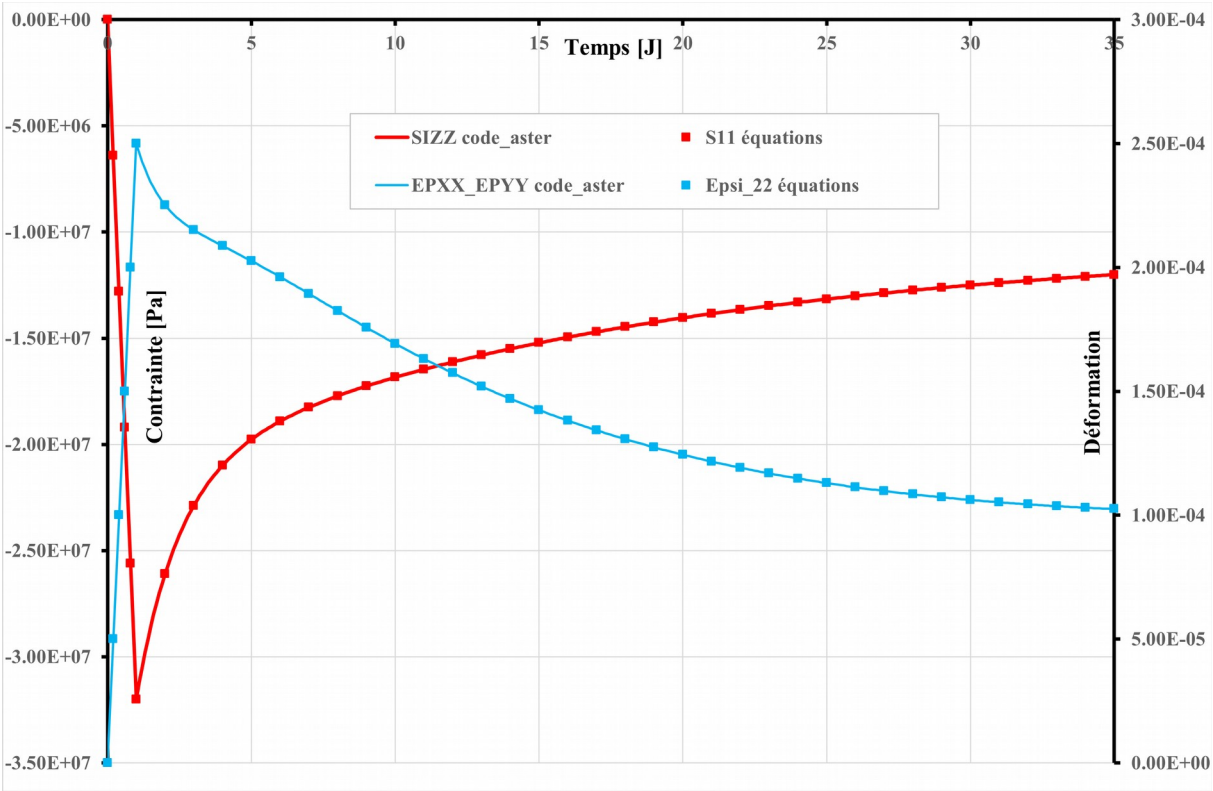



**Figure 3.2-a : Compression sur cube libre**, comparaison entre code_aster et la solution théorique.



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 |

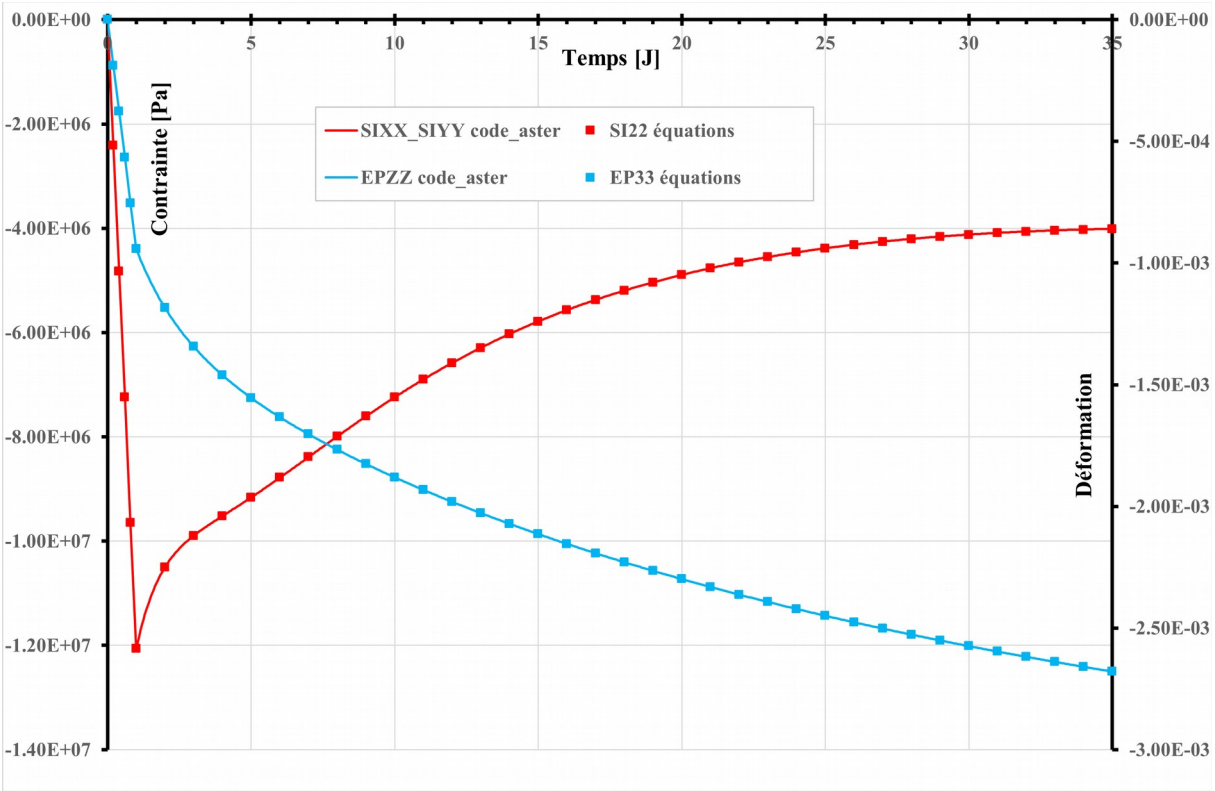



**Figure 4.2-a : Compression sur cube confiné**, comparaison entre code_aster et la solution théorique.



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 |

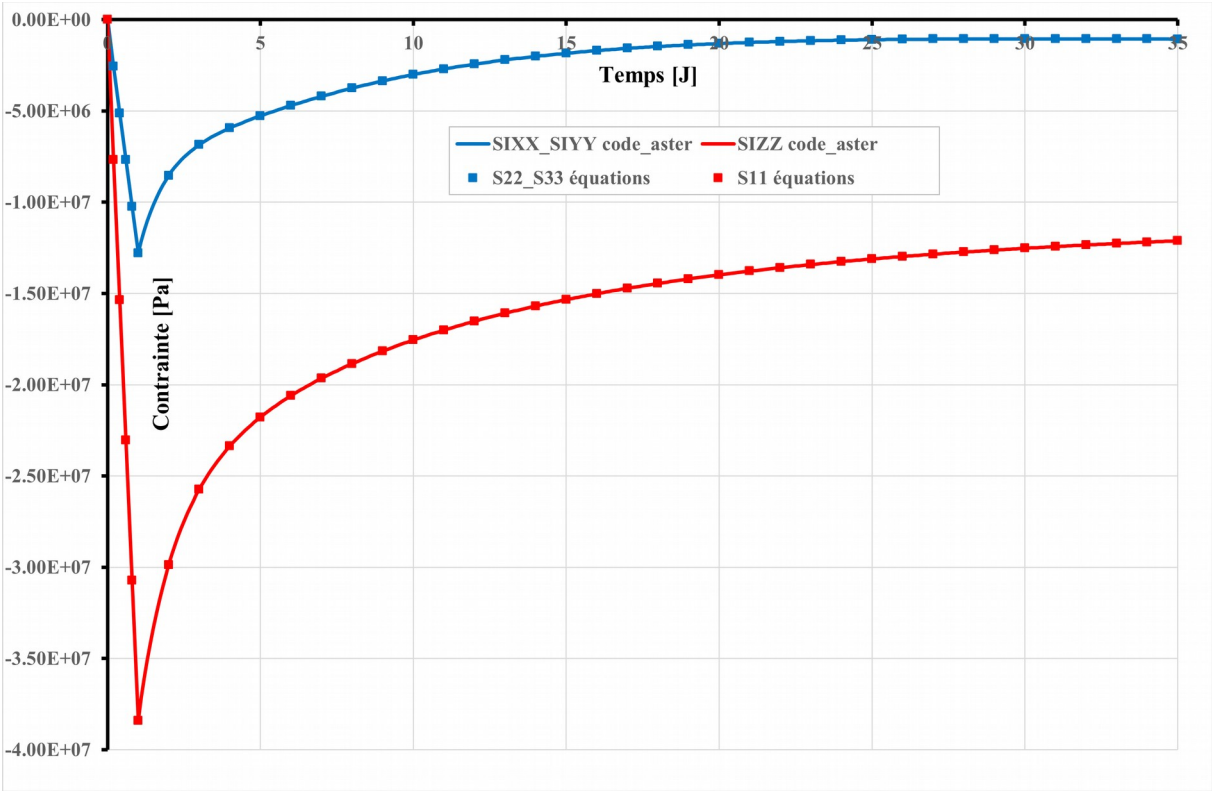



**Figure 5.2-a : Compression sur cube confiné**, comparaison entre code_aster et la solution théorique.



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)