SSNL120 - Réponse cyclique de lois de comportement du béton en 1D

Résumé :
Dans cet exemple on teste le modèle de comportement du béton de Mazars [R7.01.08] dans leur version 1D à l'aide d'un élément de poutre multifibres [R3.08.08] sous sollicitation axiale.

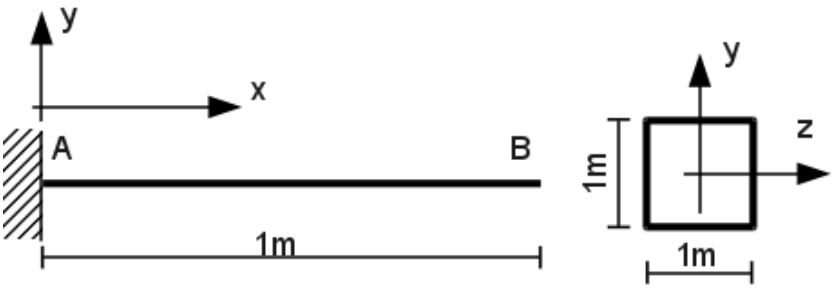
- Pour la modélisation A, le chargement est composé de traction avec chargement et déchargement suivi de compression également avec chargement et déchargement. Il permet de tester les résistances en traction et en compression, de mettre en évidence les phénomènes de refermeture de fissures et de tester les déformations anélastiques.
- Pour la modélisation B, les paramètres matériaux dépendent tous de la température. Le chargement est composé de traction avec chargement et déchargement suivi de compression également avec chargement et déchargement. La température évolue pendant le chargement de traction et de compression.

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

1 Caractéristiques générales

1.1 Géométrie

Poutre console de longueur unité, de section carrée de côté unité.



1.2 Propriétés de matériaux

Module de Young du béton : $E=3,727210^{10}\,Pa$

Résistance en traction du béton : $F_{tj}=4.10^{6}\,Pa$

Résistance en compression du béton : $F_{cj}=40.10^{6}\,Pa$

1.3 Conditions aux limites

Encastrement en A : $dx=dy=dz=0$ et $drx=dry=drz=0$.

1.4 Chargements

On fait croître et décroître la déformation axiale en imposant un déplacement en B dans la direction x . Deux fonctions sont définies, la première sollicite le matériau en traction puis en compression, la seconde sollicite le matériau en chargement cyclique.

Instants n°1	Déformation n°1	Instants n°2	Déformation n°2
0	0,00E+00	0	0,00E+00
1	1,40E-04	1	1,40E-04
2	5,00E-05	2	-4,00E-03
3	1,00E-03	3	1,00E-03
4	-4,00E-03	4	-5,00E-03
5	-2,00E-03		
6	-5,00E-03		
7	0,00E+00		

2 Solution de référence

Pour les modélisations B et C, la solution de référence est la réponse uni-axiale de la loi de comportement de Mazars pour les paramètres matériaux choisis. Cette solution est analytique.

3 Bibliographie

[1] GHAVAMIAN Sh., MAZARS J. : Stratégie de calculs simplifiés pour l'analyse du comportement des structures en béton armé : le code EFICOS. Revue française de génie civil 1998 ; 2 : 61-90.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Maillage longitudinal de la poutre : 2 nœuds et 1 élément (POU_D_EM).
La partie béton de la section transversale de la poutre est maillée par 4 fibres.

Remarque :

Le problème est 1D , une seule fibre pourrait sembler suffisante, mais cela conduirait à avoir des termes nuls dans la matrice de rigidité (l'inertie propre des fibres n'étant pas prise en compte) et à une erreur lors de la résolution du système d'équations.

Le béton est modélisé avec le modèle d'endommagement de MAZARS en version 1D [R7.01.08]. Les paramètres matériau utilisés sont les suivants :

Partie élasticité :

$E = 3.72720\text{E+10}\ Pa$, $NU = 2.0\text{E-01}$

Partie non-linéaire :

$AC = 1.71202987\text{E+00}$, $BC = 2.01163780\text{E+03}$, $BT = 1.21892353\text{E+04}$,
$BETA = 1.10\text{E+00}$, $AT = 7.00\text{E-01}$, $EPSD0 = 8.20396008\text{E-05}$,
$SIGM_ELS = 35.0\text{E+06}\ Pa$, $EPSI_ELU = 3.5\text{E-03}$

Cela correspond à un béton avec :

- une contrainte pic de compression de 40.963MPa , correspondant à une déformation pic de 1.75754E-03 .
- une contrainte pic de traction de 3.05778MPa

4.2 Grandeurs testées et résultats

Les 2 chargements sont testés.
Les figures ci-dessous donnent les réponses en contraintes et déformations aux 2 chargements.

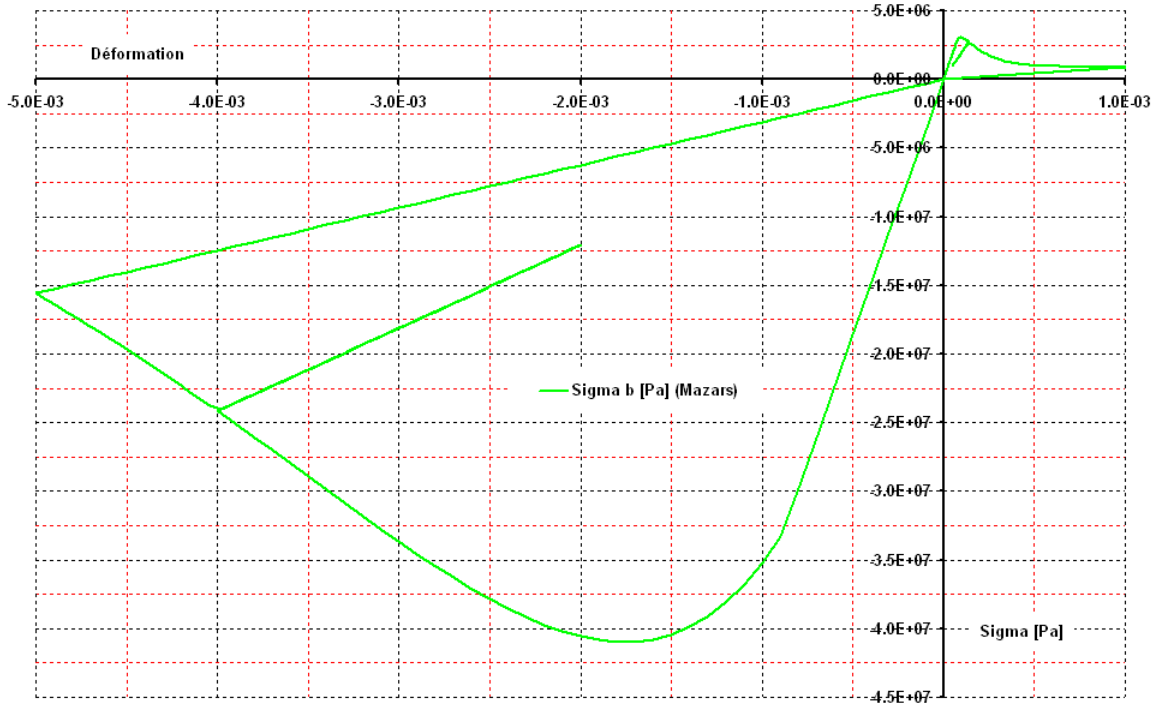


Figure 4.2-a : Évolution de la contrainte en fonction de la déformation, chargement n°1.

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

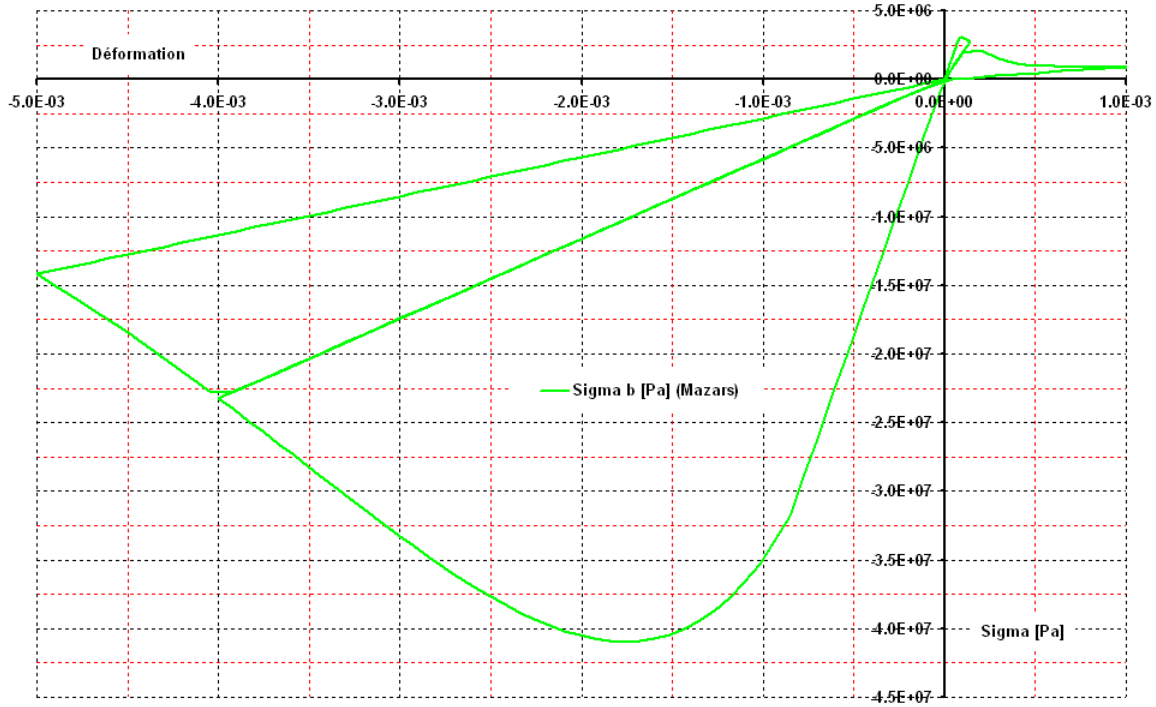


Figure 4.2-b : Évolution de la contrainte en fonction de la déformation, chargement n°2.

Les figures ci-dessous donnent les évolutions des endommagements.

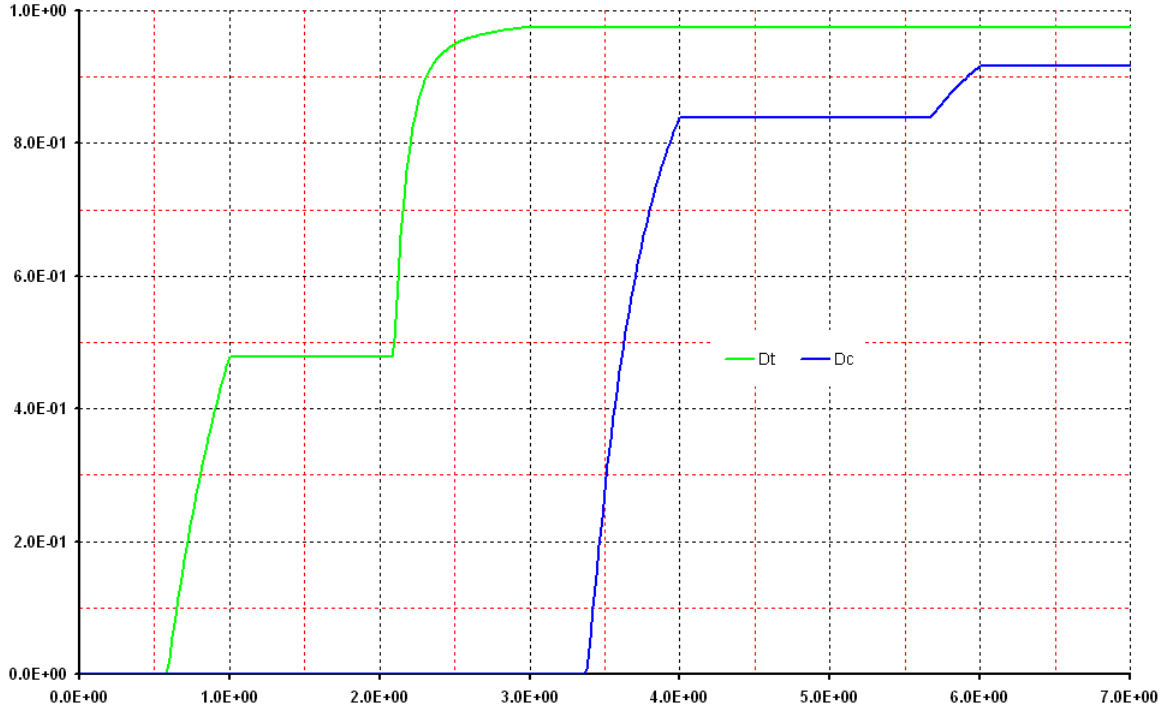


Figure 4.2-c : Évolution des endommagements, chargement n°1.

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

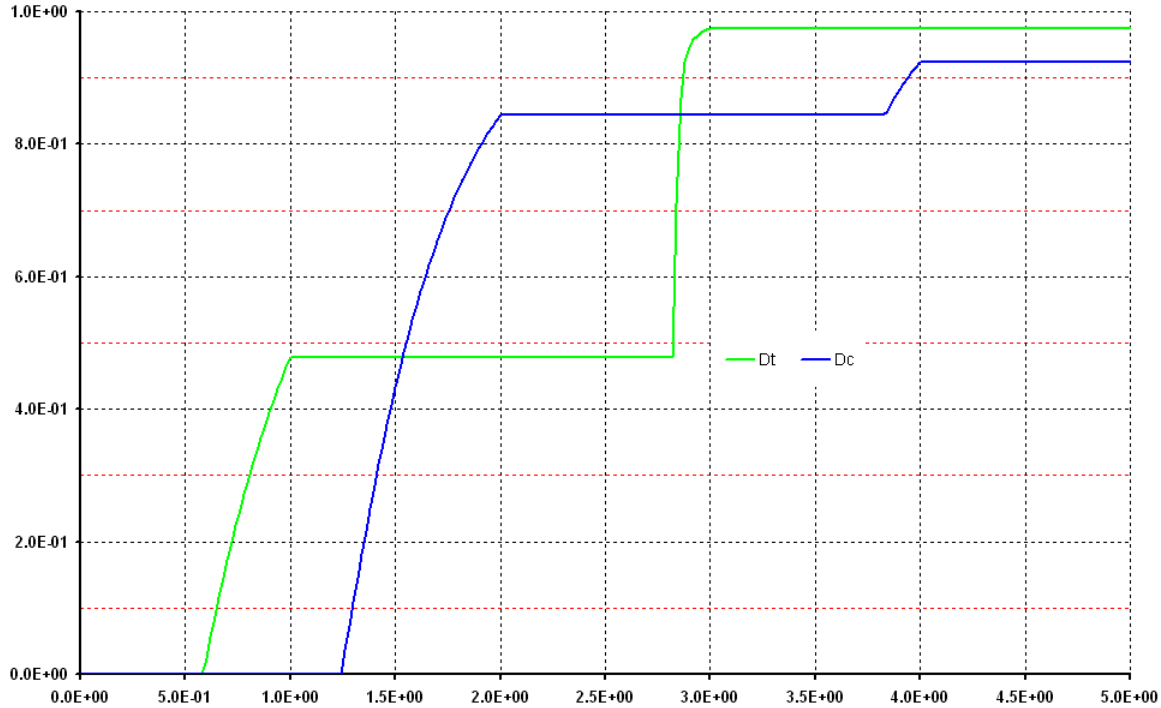


Figure 4.2-d : Évolution des endommagements, chargement n°2.

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

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants la contrainte, l'endommagement de traction et de compression, pour le chargement n°1. Ces valeurs sont analytiques.

Instant	Grandeur	Type Référence	Référence	Tolérance
0,60	SIXX	ANALYTIQUE	3.0572E+06	1,00E-04
0,60	Dt	ANALYTIQUE	2.3530E-02	2,00E-03
0,60	Dc	ANALYTIQUE	0.0000E+00	2,00E-03
1,00	SIXX	ANALYTIQUE	2.7195E+06	1,00E-04
1,00	Dt	ANALYTIQUE	4.7884E-01	2,00E-03
1,00	Dc	ANALYTIQUE	0.0000E+00	2,00E-03
2,00	SIXX	ANALYTIQUE	9.7123E+05	1,00E-04
2,00	Dt	ANALYTIQUE	4.7884E-01	2,00E-03
2,00	Dc	ANALYTIQUE	0.0000E+00	2,00E-03
2,10	SIXX	ANALYTIQUE	2.6735E+06	1,00E-04
2,10	Dt	ANALYTIQUE	5.0532E-01	2,00E-03
2,10	Dc	ANALYTIQUE	0.0000E+00	2,00E-03
3,00	SIXX	ANALYTIQUE	9.1770E+05	1,00E-04
3,00	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
3,00	Dc	ANALYTIQUE	0.0000E+00	2,00E-03
0,00	SIXX	ANALYTIQUE	-4.0949E+07	1,00E-04
3,56	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
3,56	Dc	ANALYTIQUE	3.8963E-01	2,00E-03
4,00	SIXX	ANALYTIQUE	-2.3220E+07	1,00E-04
4,00	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
4,00	Dc	ANALYTIQUE	8.4425E-01	2,00E-03
5,00	SIXX	ANALYTIQUE	-1.1610E+07	1,00E-04
5,00	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
5,00	Dc	ANALYTIQUE	8.4425E-01	2,00E-03
5,68	SIXX	ANALYTIQUE	-2.2827E+07	1,00E-04
5,68	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
5,68	Dc	ANALYTIQUE	8.4840E-01	2,00E-03
6,00	SIXX	ANALYTIQUE	-1.4181E+07	1,00E-04
6,00	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
6,00	Dc	ANALYTIQUE	9.2391E-01	2,00E-03

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

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants le critère ELS, pour le chargement n°1. Ces valeurs sont analytiques.

Instant	Grandeur	Type Référence	Référence	Tolérance
0,60	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
1,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
2,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
2,10	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
3,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
3,56	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	1,16997	2.00000E-03
4,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,66344	2.00000E-03
5,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,33172	2.00000E-03
5,68	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,65220	2.00000E-03
6,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,40517	2.00000E-03

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants le critère ELU, pour le chargement n°1. Ces valeurs sont analytiques.

Instant	Grandeur	Type Référence	Référence	Tolérance
1.00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
2 .00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
3 .00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
4 .00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	1,14286	2.00000E-03
4 .00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	0,57143	2.00000E-03
6 .00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	1,42857	2.00000E-03
7 .00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants la contrainte, l'endommagement de traction et de compression, pour le chargement n°2. Ces valeurs sont analytiques.

Instant	Grandeur	Type Référence	Référence	Tolérance
1,00	SIXX	ANALYTIQUE	2.7195E+06	1,00E-04
1,00	Dt	ANALYTIQUE	4.7884E-01	2,00E-03
1,00	Dc	ANALYTIQUE	0.0000E+00	2,00E-03
2,00	SIXX	ANALYTIQUE	-2.3220E+07	1,00E-04
2,00	Dt	ANALYTIQUE	4.7884E-01	2,00E-03
2,00	Dc	ANALYTIQUE	8.4425E-01	2,00E-03
3,00	SIXX	ANALYTIQUE	9.1770E+05	1,00E-04
3,00	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
3,00	Dc	ANALYTIQUE	8.4425E-01	2,00E-03
4,00	SIXX	ANALYTIQUE	-1.4181E+07	1,00E-04
4,00	Dt	ANALYTIQUE	9.7538E-01	2,00E-03
4,00	Dc	ANALYTIQUE	9.2391E-01	2,00E-03

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

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants le critère ELS, pour le chargement n°2. Ces valeurs sont analytiques.

Instant	Grandeur	Type Référence	Référence	Tolérance
1,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,00000	1.00000E-04
2,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,66344	1.00000E-04
3,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,00000	1.00000E-04
4,00	V1 = CRITELS	ANALYTIQUE	0,40517	1.00000E-04

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants le critère ELU, pour le chargement n°2. Ces valeurs sont analytiques.

Instant	Grandeur	Type Référence	Référence	Tolérance
1,00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
2,00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	1,14286	2.00000E-03
3,00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	0,00000	2.00000E-03
4,00	V2 = CRITELU	ANALYTIQUE	1,42857	2.00000E-03

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est identique à celui de la modélisation A : même géométrie, mêmes condition aux limites. Le chargement sollicite le matériau en traction puis en compression (chargement n°1 de la modélisation A).

Le béton est modélisé avec le modèle d'endommagement de MAZARS en version 1D [R7.01.08]. Tous les paramètres du matériau dépendent de la température.
La commande DEFI_MATER_GC permet de déterminer les paramètres nécessaires à la loi de comportement. La seule donnée nécessaire à la commande est la contrainte : F_{cj} .

Température	20°C	50°C	80°C	110°C
F_{cj}	40 MPa	35 MPa	35 MPa	30 MPa

Remarques :

Les valeurs des caractéristiques du matériau béton ne sont pas physiques. Ce cas test est un cas test de non-régression.

Les évolutions, en fonction de la température, des différents paramètres sont construit à partire de la commande DEFI_FONCTION.

5.2 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont la contraintes, l'endommagement, ainsi que la température maximale atteinte.

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants la contrainte.

Instant	Grandeur	Type Référence	Valeur référence [Pa]
0,60	SIXX	ANALYTIQUE	2.8828728355E+06
1,00	SIXX	ANALYTIQUE	2.3133846636E+06
2,00	SIXX	ANALYTIQUE	7.7769639331E+05
3,00	SIXX	ANALYTIQUE	2.7014353939E+05
4,00	SIXX	ANALYTIQUE	−2.3619458743E+07
5,00	SIXX	ANALYTIQUE	−1.0456618119E+07
6,00	SIXX	ANALYTIQUE	−1.5277297601E+07

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants l'endommagement de traction puis de compression.

Instant	Grandeur	Type Référence	Valeur référence
0,60	Dt	ANALYTIQUE	7.3182177638E-02
1,00	Dt	ANALYTIQUE	5.4897304523E-01
2,00	Dt	ANALYTIQUE	5.6772655029E-01
3,00	Dt	ANALYTIQUE	9.9249219357E-01
4,00	Dc	ANALYTIQUE	8.3253750892E-01
5,00	Dc	ANALYTIQUE	8.4703386002E-01
6,00	Dc	ANALYTIQUE	9.1060554314E-01

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

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instants la température maximale atteinte.

Instant	Grandeur	Type Référence	Valeur référence [°C]
0,60	TEMPE	ANALYTIQUE	30.8
1,00	TEMPE	ANALYTIQUE	38.0
2,00	TEMPE	ANALYTIQUE	56.0
3,00	TEMPE	ANALYTIQUE	74.0
4,00	TEMPE	ANALYTIQUE	92.0
5,00	TEMPE	ANALYTIQUE	110.0
6,00	TEMPE	ANALYTIQUE	110.0

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

6 Synthèse des résultats

Pour les modélisations B et C, les résultats sont en très bon accord avec les valeurs analytiques.

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