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

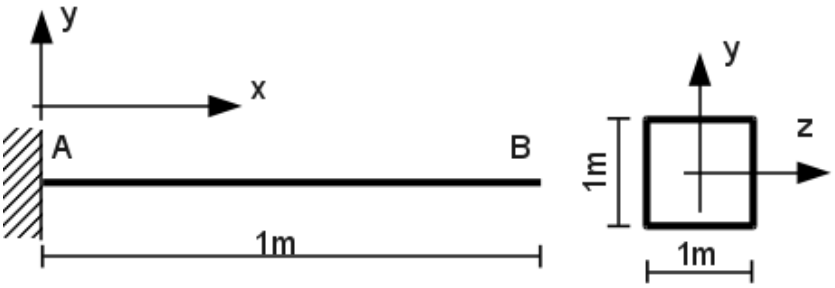
Résumé :
Dans cet exemple on teste le modèle de comportement du béton de Mazars [R7.01.08] dans leur version 1D à l'aide d'un élément de poutre multifibres [R3.08.08] sous sollicitation axiale. Le chargement est composé de traction avec chargement et déchargement suivi de compression également avec chargement-déchargement. 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.

Copyright 2015 EDF R&D - 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 : $Rt = 4.10^{6}\,Pa$
Résistance en compression du béton : $Rc = 40.10^{6}\,Pa$

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		

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

Pour la modélisation B : 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

[1GHAVAMIAN 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.

Copyright 2015 EDF R&D - 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.

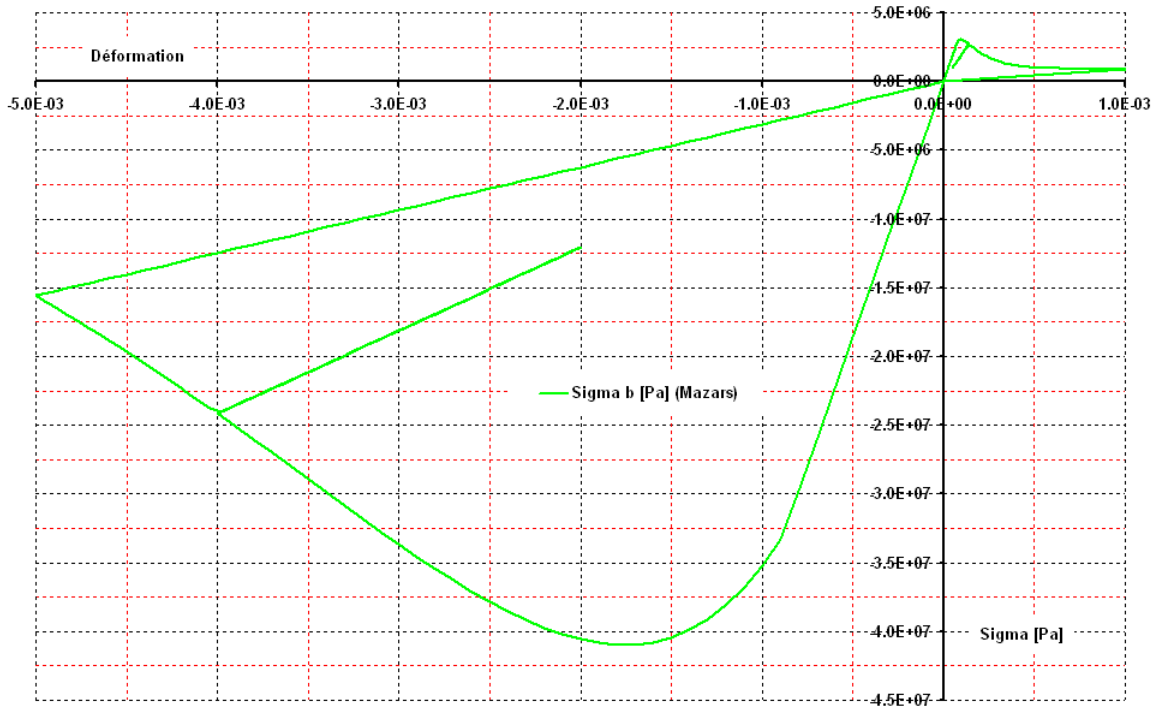


Figure : Évolution de la contrainte en fonction de la déformation, chargement n°1.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

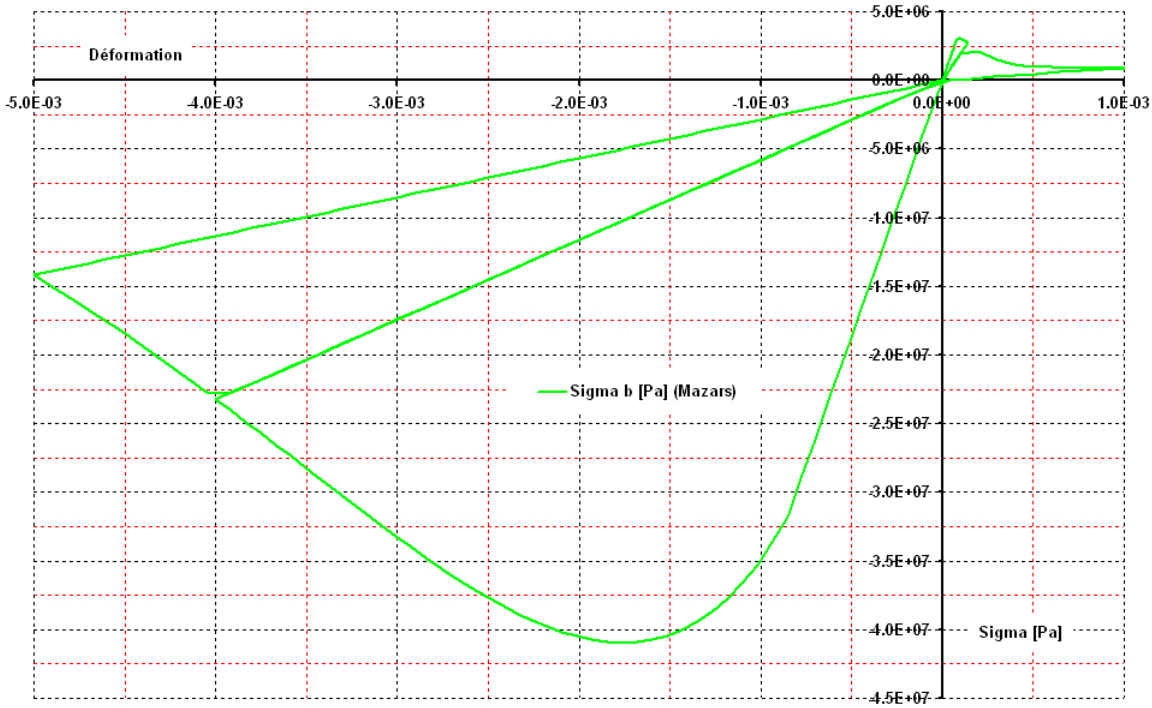


Figure 4.2-b déformation, chargement n°2.

Les figures ci-dessous donnent les évolutions des endommagements.

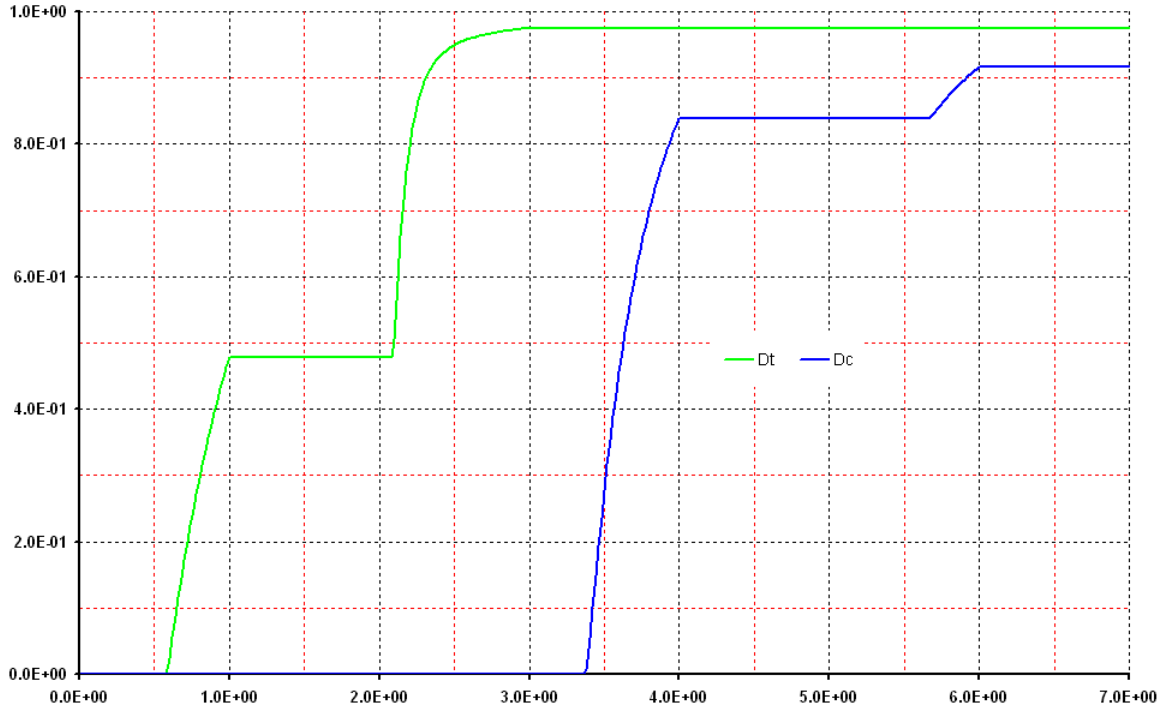


Figure 4.2-c chargement n°1.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

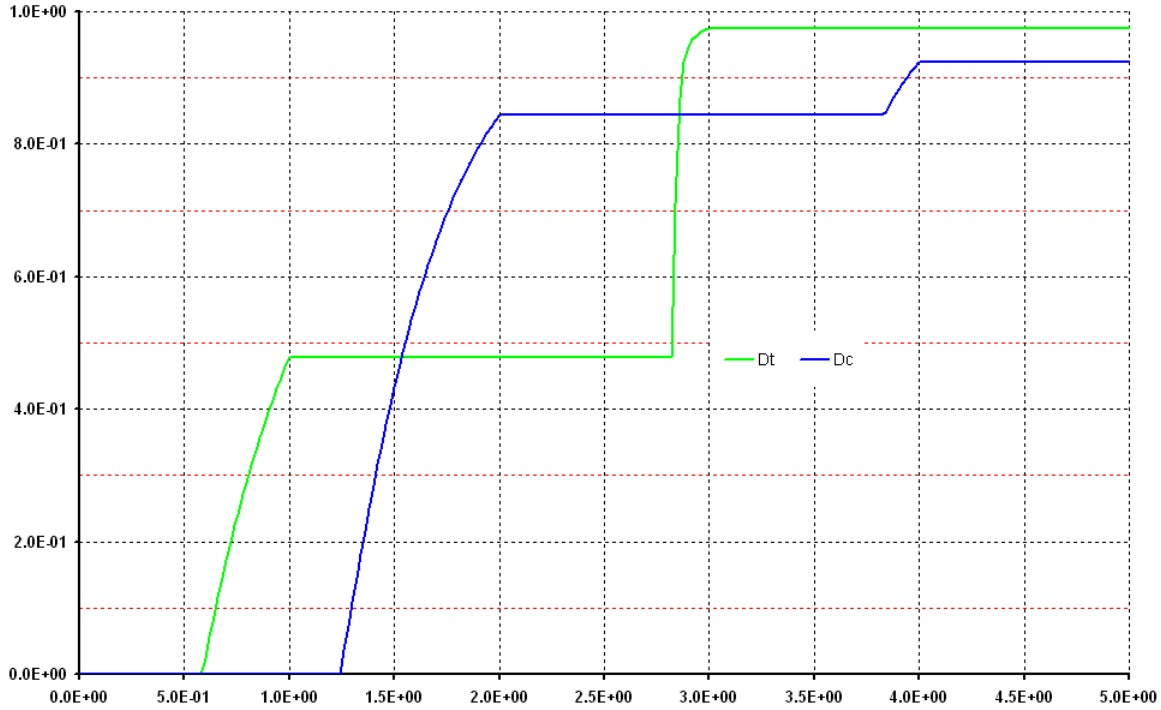


Figure des endommagements, chargement n° 2 .

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.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Instant	Grandeur	Type Référence	Référence	Tolérance
0.60	SIXX	ANALYTIQUE	3.0572E+06	1.00E-04
0.60	Dt	ANALYTIQUE	2.3500E-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	4.7880E-01	2.00E-03
1.00	Dc	ANALYTIQUE	0.0000E+00	2.00E-03
2.00	SIXX	ANALYTIQUE	9.7120E+05	1.00E-04
2.00	Dt	ANALYTIQUE	4.7880E-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	5.0530E-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	9.7540E-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	9.7540E-01	2.00E-03
3.56	Dc	ANALYTIQUE	3.8960E-01	2.00E-03
4.00	SIXX	ANALYTIQUE	-2.3220E+07	1.00E-04
4.00	Dt	ANALYTIQUE	9.7540E-01	2.00E-03
4.00	Dc	ANALYTIQUE	8.4430E-01	2.00E-03
5.00	SIXX	ANALYTIQUE	-1.1610E+07	1.00E-04
5.00	Dt	ANALYTIQUE	9.7540E-01	2.00E-03
5.00	Dc	ANALYTIQUE	8.4430E-01	2.00E-03
5.68	SIXX	ANALYTIQUE	-2.2827E+07	1.00E-04
5.68	Dt	ANALYTIQUE	9.7540E-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	9.7540E-01	2.00E-03
6.00	Dc	ANALYTIQUE	9.2390E-01	2.00E-03

Copyright 2015 EDF R&D - 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 instant s l e 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	4.7880E-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	4.7880E-01	2.00E-03
2.00	Dc	ANALYTIQUE	8.4430E-01	2.00E-03
3.00	SIXX	ANALYTIQUE	9.1770E+05	1.00E-04
3.00	Dt	ANALYTIQUE	9.7540E-01	2.00E-03
3.00	Dc	ANALYTIQUE	8.4430E-01	2.00E-03
4.00	SIXX	ANALYTIQUE	-1.4181E+07	1.00E-04
4.00	Dt	ANALYTIQUE	9.7540E-01	2.00E-03
4.00	Dc	ANALYTIQUE	9.2390E-01	2.00E-03

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Le tableau ci-dessous donne pour plusieurs instant s l e 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 instant s l e critère EL U , 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

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Synthèse des résultats

Pour la modélisation B, les résultats sont en très bon accord avec les valeurs analytiques.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)