

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

---

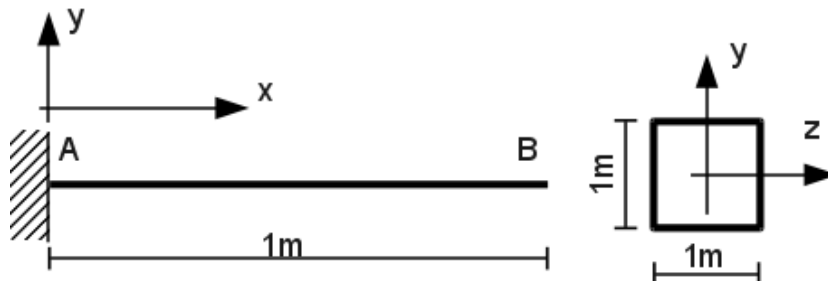
### Résumé :

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.

## 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 :  $E = 3,7272 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$

Résistance en traction du béton :  $R_t = 4 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Résistance en compression du béton :  $R_c = 40 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

### 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 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

[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.

## 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 :

$$E = 3.72720 \times 10^{10} \text{ Pa}, \quad \nu = 2.0 \times 10^{-1}$$

Partie non-linéaire :

$$\begin{aligned} AC &= 1.71202987 \times 10^0, \quad BC = 2.01163780 \times 10^3, \quad BT = 1.21892353 \times 10^4, \\ BETA &= 1.10 \times 10^0, \quad AT = 7.00 \times 10^{-1}, \quad EPSD0 = 8.20396008 \times 10^{-5}, \\ SIGM\_ELS &= 35.0 \times 10^6 \text{ Pa}, \quad EPSI\_ELU = 3.5 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

Cela correspond à un béton avec :

- une contrainte pic de compression de 40.963 MPa, correspondant à une déformation pic de  $1.75754 \times 10^{-3}$ .
- une contrainte pic de traction de 3.05778 MPa

### 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.

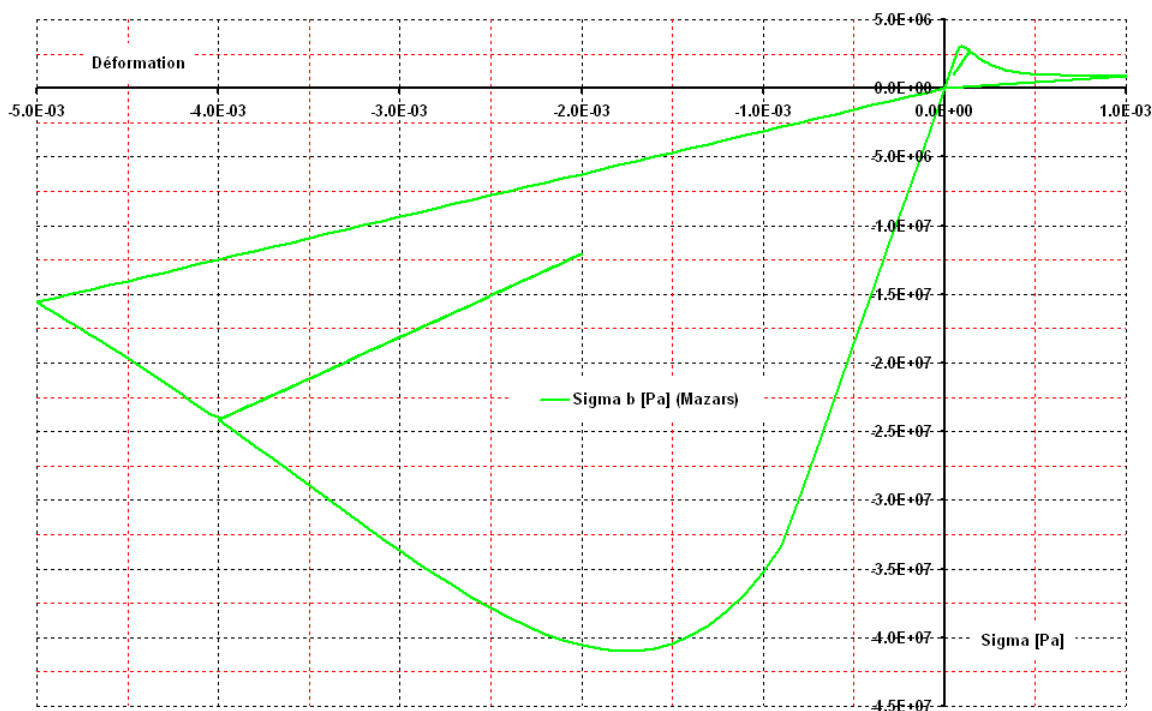


Figure 4.2-a : Évolution de la contrainte en fonction de la déformation, chargement n°1.

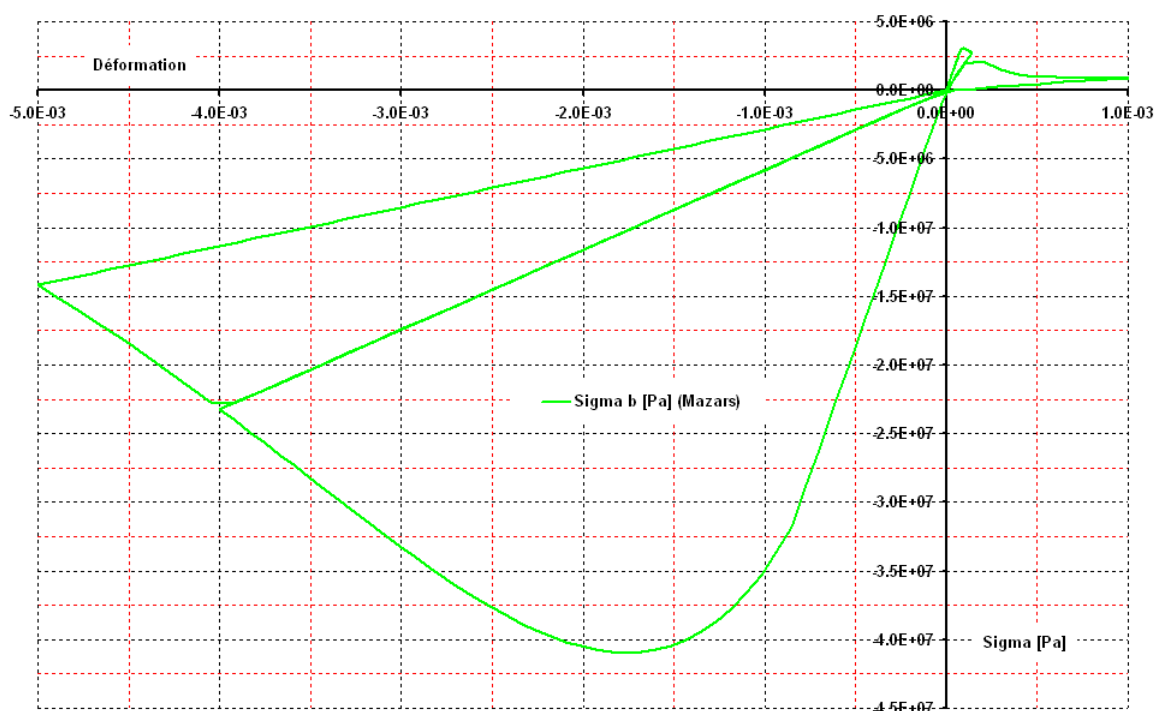


Figure 4.2-b : Évolution de la contrainte en fonction de la déformation, chargement n°2.

Les figures ci-dessous donnent les évolutions des endommagements.

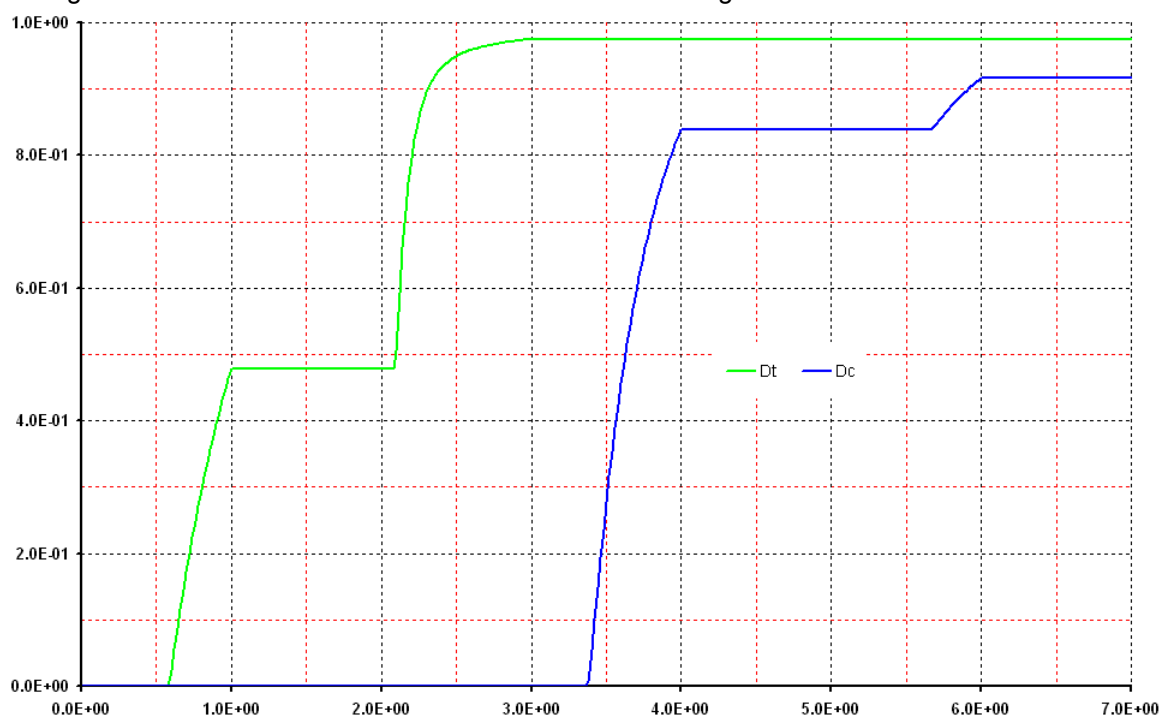


Figure 4.2-c : Évolution des endommagements, chargement n°1.

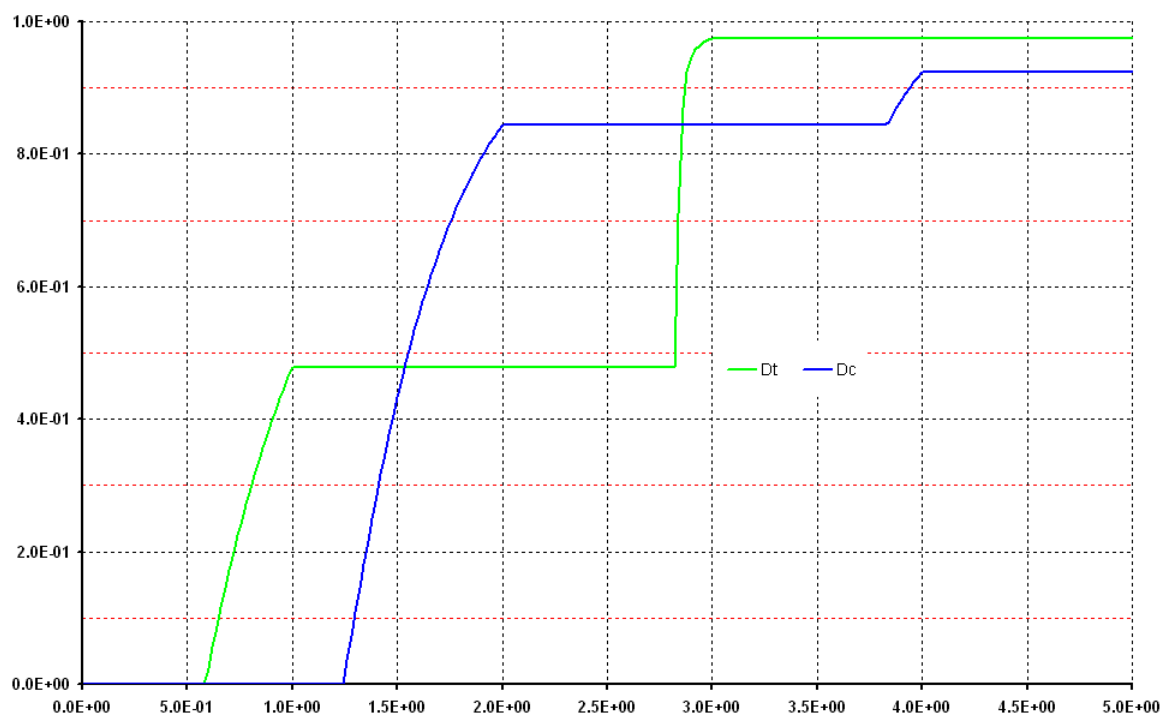


Figure 4.2-d : Évolution des endommagements, chargement n° 2 .

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.

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

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

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

---

## 5 Synthèse des résultats

---

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