

## SSNV174 - Prise en compte du retrait endogène et du retrait de dessiccation dans les modèles BETON\_UMLV et BETON\_BURGER

---

### Résumé :

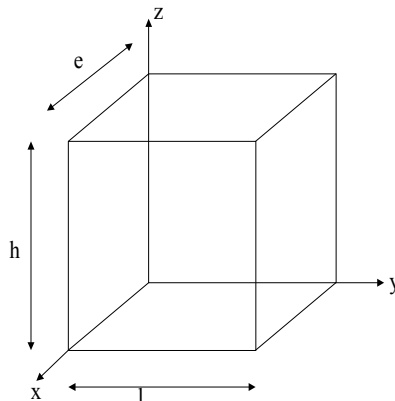
Ce test permet de valider la prise en compte du retrait endogène et de dessiccation dans les lois de comportement `BETON_UMLV` et `BETON_BURGER`. Les résultats de ce test sont comparés avec une solution numérique obtenue avec Scilab 2.7.2. dans le cas d'une modélisation 3D (`BETON_UMLV`) et une solution numérique obtenue avec python pour `BETON_BURGER` (SSNV174B.44).

Modélisation A : Essai de fluage avec retraits endogène et de dessiccation pour le modèle `BETON_UMLV`

Modélisation B : Essai de fluage avec retraits endogène et de dessiccation pour le modèle `BETON_BURGER`

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Hauteur :  $h = 1,00 [m]$   
Largeur :  $l = 1,00 [m]$   
Épaisseur :  $e = 1,00 [m]$

### 1.2 Propriétés du matériau

$E = 31 [GPa]$	module d'élasticité
$\nu = 0,2$	coefficient de Poisson
$k_{re} = 60 [\mu m/m]$	coefficient de retrait endogène
$k_{rd} = 10 [\mu m/m.m^3/l]$	coefficient de retrait de dessiccation
$\alpha = 10 [\mu m/m/^\circ C]$	coefficient de dilatation thermique

Ici on renseigne aussi la courbe sorption-désorption qui relie la teneur en eau  $C$  à l'hygrométrie  $h$ . Dans ce cas on a supposé que les deux quantités étaient reliées par la relation linéaire suivante :  $C [l/m^3] = h [\%]$ .

Paramètres spécifiques à BETON\_UMLV :

$k_r^s = 1,20E + 5$ [MPa]	partie sphérique : rigidité apparente associée au squelette formé par des blocs d'hydrates à l'échelle mésoscopique
$k_i^s = 6,22E + 4$ [MPa]	partie sphérique : rigidité apparente associée intrinsèquement aux hydrates à l'échelle microscopique
$k_r^d = 3,86E + 4$ [MPa]	partie déviatorique : rigidité associée à la capacité de l'eau adsorbée à transmettre des charges ( <i>load bearing water</i> )
$\eta_r^s = 2,21E + 10$ [MPa.s]	partie sphérique : viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion au sein de la porosité capillaire
$\eta_i^s = 4,16E + 10$ [MPa.s]	partie sphérique : viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion interlamellaire
$\eta_r^d = 6,19E + 10$ [MPa.s]	partie déviatorique : viscosité associée à l'eau adsorbée par les feuillets d'hydrates
$\eta_i^d = 1,64E + 12$ [MPa.s]	partie déviatorique : viscosité de l'eau libre.

Paramètres spécifiques à BETON\_BURGER :

$k_r^s = 1,20E + 5$ [MPa]	partie sphérique : rigidité apparente associée au domaine réversible des déformations différées
$k_r^d = 3,86E + 4$ [MPa]	partie déviatorique : rigidité associée au domaine réversible des déformations différées
$\eta_r^s = 2,21E + 10$ [MPa.s]	partie sphérique : viscosité apparente associée au domaine réversible des déformations différées
$\eta_i^s = 4,16E + 10$ [MPa.s]	partie sphérique : viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion irréversible
$\eta_r^d = 6,19E + 10$ [MPa.s]	partie déviatorique : viscosité associée au domaine réversible des déformations différées
$\eta_i^d = 1,64E + 12$ [MPa.s]	partie déviatorique : viscosité apparente associée au mécanisme de diffusion irréversible
$\kappa = 3.0 \times 10^{-3}$	Norme des déformations irréversibles contrôlant la non linéarité appliquée sur le module des déformations à long terme

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Dans cet essai, on crée un champ de séchage homogène dans la structure variant linéairement sur une durée de 750 jours, l'humidité initiale vaut 100% (condition d'une éprouvette scellée) et décroît progressivement jusqu'à 50% au 750<sup>ème</sup> jour.

Le degré d'hydratation varie linéairement de 0 à 1 entre l'instant initial et le 28<sup>ème</sup> jour.

Le chargement mécanique correspond à une compression unidirectionnelle suivant le direction verticale ( $z$  en 3D); son intensité est de 12[MPa]. La charge est appliquée en 1s et est maintenue constante pendant 100 jours.

## 1.4 Conditions initiales

Le début du calcul est supposé à l'instant  $-1$ . A cet instant il n'y a ni champ de séchage, ni contrainte mécanique.

A l'instant 0, on applique un champ de séchage correspondant à 100% d'hygrométrie, un champ d'hydratation correspondant à un avancement nul et un champ thermique à la température de référence.

## 2 Solution de référence

---

### 2.1 Méthode de calcul

On n'a pas développé la solution analytique pour ce chargement hydro-mécanique. Aussi, la solution de référence est obtenue numériquement en utilisant le logiciel Scilab 2.7.2 pour `BETON_UMLV` ou python pour `BETON_BURGER`. Chaque composante de déformation est calculée séparément :

- les déformations de retrait endogène sont déterminées à partir de la relation :
  - $\varepsilon_{re} = k_{re} \cdot \beta$  où  $\beta$  désigne le degré d'hydratation du matériau
- les déformations de retrait de dessiccation sont déterminées à partir de la relation :
  - $\dot{\varepsilon}_{rd} = k_{rd} \cdot \dot{C}$  où  $C$  désigne la teneur en eau du matériau
- les déformations de fluage propre sont calculées numériquement en utilisant une discrétisation identique à celle implantée dans le `Code_Aster` pour `BETON_UMLV` et une implantation suivant un schéma explicite pour `BETON_BURGER`. La discrétisation temporelle est alors nécessairement plus fine pour le schéma explicite.

### 2.2 Grandeurs et résultats de référence

L'essai est homogène. On teste la déformation en un nœud quelconque.

### 2.3 Incertitudes sur la solution

Résultat numérique obtenu avec Scilab 2.7.2 ou python (SSNV174B.44)

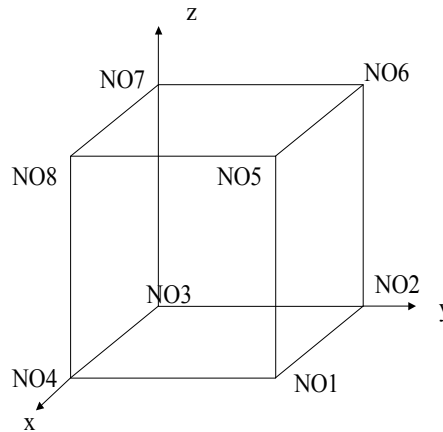
### 2.4 Références bibliographiques

- [1] LE PAPE Y. : Relation de comportement UMLV pour le fluage propre du béton, Documentation de Référence de `Code_Aster`, [R7.01.06] 16 p (2002).
- [2] FOUCAULT A.: Relation de comportement `BETON_BURGER` pour le fluage propre du béton , Documentation de Référence de Code-Aster, [R7.01.35], 2011.

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D



### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8  
Nombre de mailles : 1 de type HEXA 8  
6 de type QUAD 4

On définit les mailles suivantes :

S_ARR	NO3 NO7 NO8 NO4
S_AVT	NO1 NO2 NO6 NO5
S_DRT	NO1 NO5 NO8 NO4
S_GCH	NO3 NO2 NO6 NO7
S_INF	NO1 NO2 NO3 NO4
S_SUP	NO5 NO6 NO7 NO8

Les conditions aux limites en déplacement imposées sont :

Sur les nœuds NO1 , NO2 , NO3 et NO4 :  $DZ=0$   
Sur les nœuds NO3 , NO7 , NO8 et NO4 :  $DY=0$   
Sur les nœuds NO2 , NO6 , NO7 et NO8 :  $DX=0$

Le chargement est constitué du même champ de séchage et de la même force nodale, 1/4 appliquée sur les quatre nœuds de S\_SUP .

## 3.3 Grandeurs testées et résultats

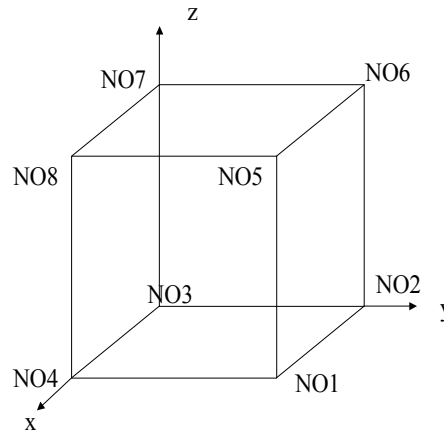
On teste les déformations obtenues au nœud  $N6$  de la maille  $M1$ .

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 0.0	'ANALYTIQUE'	0.0	-
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 64800	'ANALYTIQUE'	-4.07E-04	0,50%
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 648000	'ANALYTIQUE'	-5.16E-04	0,50%
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 6480000	'ANALYTIQUE'	-8.13E-04	0,50%
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 64800000	'ANALYTIQUE'	-1.37E-03	0,50%

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation 3D



### 4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 8  
Nombre de mailles : 1 de type HEXA 8  
6 de type QUAD 4

On définit les mailles suivantes :

S_ARR	NO3 NO7 NO8 NO4
S_AVT	NO1 NO2 NO6 NO5
S_DRT	NO1 NO5 NO8 NO4
S_GCH	NO3 NO2 NO6 NO7
S_INF	NO1 NO2 NO3 NO4
S_SUP	NO5 NO6 NO7 NO8

Les conditions aux limites en déplacement imposées sont :

Sur les nœuds NO1 , NO2 , NO3 et NO4 :  $DZ=0$   
Sur les nœuds NO3 , NO7 , NO8 et NO4 :  $DY=0$   
Sur les nœuds NO2 , NO6 , NO7 et NO8 :  $DX=0$

Le chargement est constitué du même champ de séchage et de la même force nodale, 1/4 appliquée sur les quatre nœuds de S\_SUP .

## 4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste les déformations obtenues au nœud  $N6$  de la maille  $M1$ .

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 0.0	'ANALYTIQUE'	0.0	-
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 1.0	'ANALYTIQUE'	-3.87E-04	0.0001%
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 64800	'SOURCE_EXTERNE'	-4.13E-04	0,20%
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 648000	'SOURCE_EXTERNE'	-5.73E-04	0,10%
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 6480000	'SOURCE_EXTERNE'	-1.27E-03	0,20%
$\varepsilon_{zz}$ au nœud $N06$ à l'instant 64800000	'SOURCE_EXTERNE'	-3.45E-03	0,30%



## 5 Synthèse des résultats

---

Les valeurs obtenues avec Code\_Aster sont en accord avec les valeurs des solution numériques de référence.