# 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).

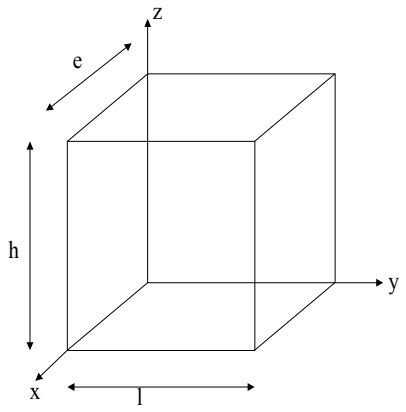
Modélisation A : Essai de fluage avec retraits endogène et de dessiccation pour le modèle BETON_UMLV
Modélisation B : Essai de fluage avec retraits endogène et de dessiccation pour le modèle BETON_BURGER



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

# 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 |
| $\alpha=10\ [\mu m/m/°C]$ | 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/m³] = $h$ [%].



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

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 (*load bearing water*) |
| $\eta_r^s = 2{,}21E+10 \ [MPa.s]$ | 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 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 |
| $\kappa = 3.0\times10^{-3}$ | 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 750ème jour.

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

Le chargement mécanique correspond à une compression unidirectionnelle suivant le direction verticale ( $z$ en $3\mathrm{D}$ ) ; son intensité est de $12[MPa]$. La charge est appliquée en $1\mathrm{s}$ 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.



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

# 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 :
  - $\varepsilon_{re} = k_{re}.\beta$ où $\beta$ désigne le degré d'hydratation du matériau
- les déformations de retrait de dessiccation sont déterminées à partir de la relation :
  - $\dot{\varepsilon}_{rd} = k_{rd}.\dot{C}$ 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.

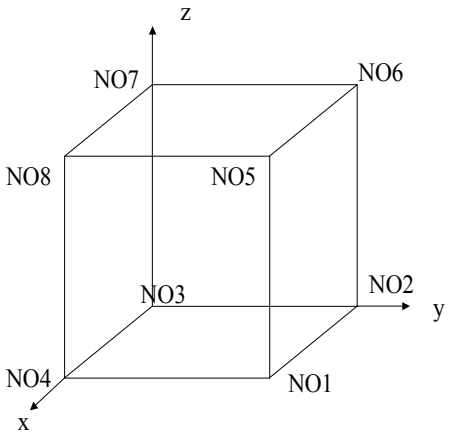


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 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 $S_SUP$ .



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

## 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 $NO6$ à l'instant 0.0 | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | - |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 64800 | 'ANALYTIQUE' | -4.07E-04 | 0,50% |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 648000 | 'ANALYTIQUE' | -5.16E-04 | 0,50% |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 6480000 | 'ANALYTIQUE' | -8.13E-04 | 0,50% |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 64800000 | 'ANALYTIQUE' | -1.37E-03 | 0,50% |

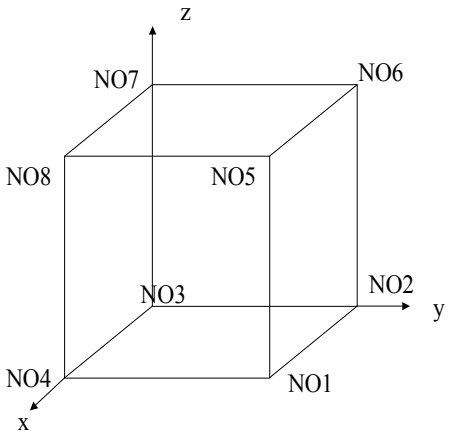


Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

# 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 $S_SUP$ .



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

## 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 $NO6$ à l'instant 0.0 | 'ANALYTIQUE' | 0.0 | - |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 1.0 | 'ANALYTIQUE' | -3.87E-04 | 0.0001% |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 64800 | 'SOURCE_EXTERNE' | -4.13E-04 | 0,20% |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 648000 | 'SOURCE_EXTERNE' | -5.73E-04 | 0,10% |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 6480000 | 'SOURCE_EXTERNE' | -1.27E-03 | 0,20% |
| $\varepsilon_{zz}$ au nœud $NO6$ à l'instant 64800000 | 'SOURCE_EXTERNE' | -3.45E-03 | 0,30% |



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

# 5 Synthèse des résultats

Les valeurs obtenues avec *Code_Aster* sont en accord avec les valeurs des solution numériques de référence.



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