

---

## SSNV241 - Loi de comportement KIT\_RGI : gonflement empêché sur éprouvette

---

### Résumé :

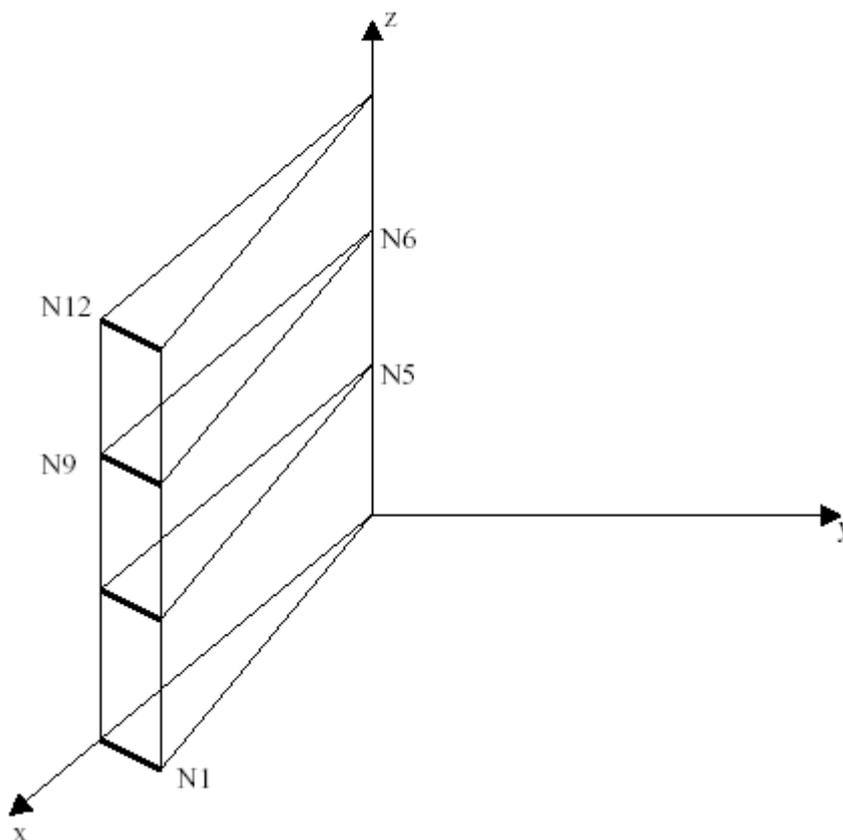
Ce document présente un test permettant de valider les capacités du modèle de comportement `KIT_RGI` et plus précisément le module `RGI_BETON`. Précisons que `KIT_RGI` est un ensemble de trois modules permettant de prendre en compte les déformation différées du béton avec `FLUA_PORO_BETON`, l'endommagement du béton avec `ENDO_PORO_BETON` et la réaction alcali-granulat avec `RGI_BETON`. Un essai de gonflement sous l'effet de la réaction alcali-granulat sur une éprouvette contrainte par des anneaux en acier est simulé.

## 1 Problème de référence

Les simulations numériques menées ici ont pour objectif de vérifier la capacité du modèle à reproduire l'évolution des gonflements d'une éprouvette en gonflement empêché.

### 1.1 Géométrie

Le test s'appuie sur la représentation d'une éprouvette  $13 \times 24 \text{ cm}$ .



### 1.2 Propriété des matériaux

Module d'Young :  $E = 38000 \text{ MPa}$

Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.13$

Résistance à la traction :  $\sigma_{\bar{n}} = 3.7 \text{ MPa}$

Résistance à la compression :  $\sigma_{\bar{c}} = 38.3 \text{ MPa}$

Déformation au pic de compression :  $\varepsilon_{\bar{c}} = 2,0 \cdot 10^{-3}$

Déformation au pic de traction :  $\varepsilon_{\bar{n}} = 2,0 \cdot 10^{-4}$

Les propriétés matériaux de la RAG sont les suivantes :

- ◆ ALUC =  $ALUC = 500 \text{ mol l}(mm^3)$  ,
- ◆ SULC =  $SULC = 177 \text{ mol l}(mm^3)$  ,
- ◆ SILC =  $SILC = 1354 \text{ mol l}(mm^3)$  ,
- ◆ TDEF =  $TDEF = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  ,
- ◆ TAAR =  $TAAR = 120 \text{ s}^{-1} \dot{\varepsilon}$  ,
- ◆ SSDE =  $SSDE = 0,95$  ,

- ◆ SSAR = SAAR=0,2 ,
- ◆ VAAR = VAAR=0,0055 mm<sup>3</sup> ,
- ◆ VETT = VETT=715e-6 mm<sup>3</sup> ,
- ◆ VVAR = VVAR=0,15\*VAAR mm<sup>3</sup> ,
- ◆ VVDE = VVDE=0,0001 mm<sup>3</sup> ,
- ◆ BAAR = BAAR=0,23 ,
- ◆ BDEF = BDEF=1 ,
- ◆ MAAR = MAAR=27700.0 MPa ,
- ◆ MDEF = MDEF=0 MPa ,
- ◆ COth = coth=0 ,
- ◆ CORG = CORG=0 ,
- ◆ ID0 = ID0=0 ,
- ◆ ID1 = ID1=6,2 ,
- ◆ ID2 = ID2=11 ,

Seuls les gonflements asymptotiques sont pris en compte pour l'identification des paramètres « RAG ». Pour chaque éprouvette, la simulation prend en compte le degré de saturation ainsi que les contraintes axiale et radiale .

Les paramètres de fluage sont identifiés afin de représenter les courbes de fluage suivantes :

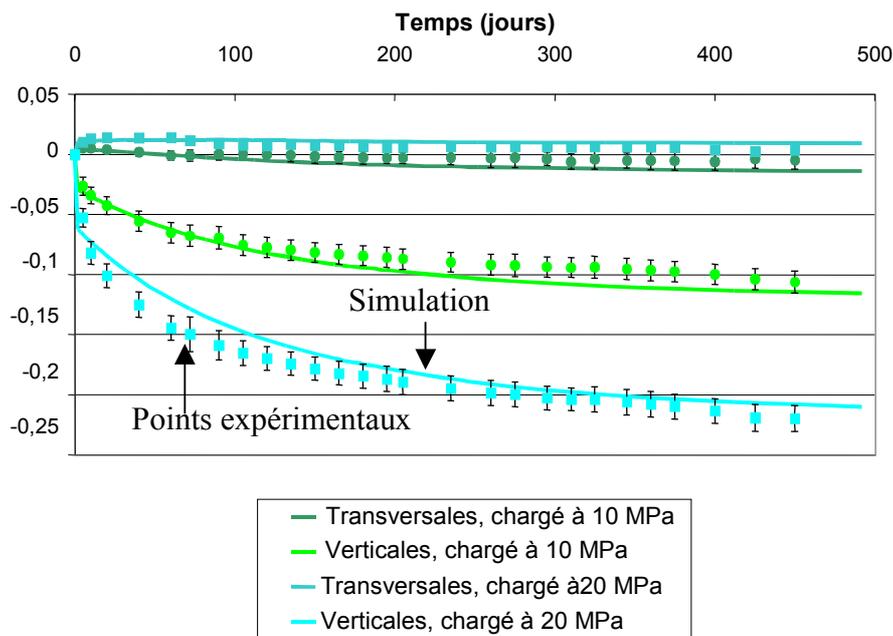


Figure 1.2-1 : Identification des paramètres du fluage (FLUA\_PORO\_BETON) sur un essai de fluage

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Il s'agit ici d'une éprouvette chargée axialement (à partir de  $t=28.1$  jours) par une pression de 20 MPa et confinée radialement par des anneaux d'acier élastique ( $E=190000$  MPa,  $\nu=0.3$ ) d'une épaisseur de 3 mm. Les conditions aux limites permettent en effet d'assimiler cette éprouvette à un cylindre de rayon 6,5 cm.

Le chargement se fait par les variables de commande de température et de saturation :

- Le coefficient de saturation est constant égal à 0.83 de  $t=0$  jours à  $t=28$  jours .
- Le coefficient de saturation varie linéairement de 0.83 à  $t=28$  jours à 0.63 à  $t=500$  jours .

- La température est constante égale à  $20^{\circ}\text{C}$  de  $t=0$  jours à  $t=28$  jours .
- La température varie linéairement de  $20^{\circ}\text{C}$  à  $t=28$  jours à  $38^{\circ}\text{C}$  à  $t=29$  jours .
- La température est constante égale à  $38^{\circ}\text{C}$  de  $t=29$  jours à  $t=500$  jours .

Conditions aux limites :

- $DY=0$  sur la face incluse dans le plan ( $N6, N9, N12$ )
- $DNOR=0$  sur la face incluse dans le plan ( $NI, N5, N6$ )
- $DZ=0$  sur la face inférieure

## 1.4 Conditions initiales

Néant

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul

Un calcul de non régression est réalisé.

### 2.2 Grandeurs et résultats de référence

La réponse du modèle KIT\_RGI est illustrée par la figure suivante :

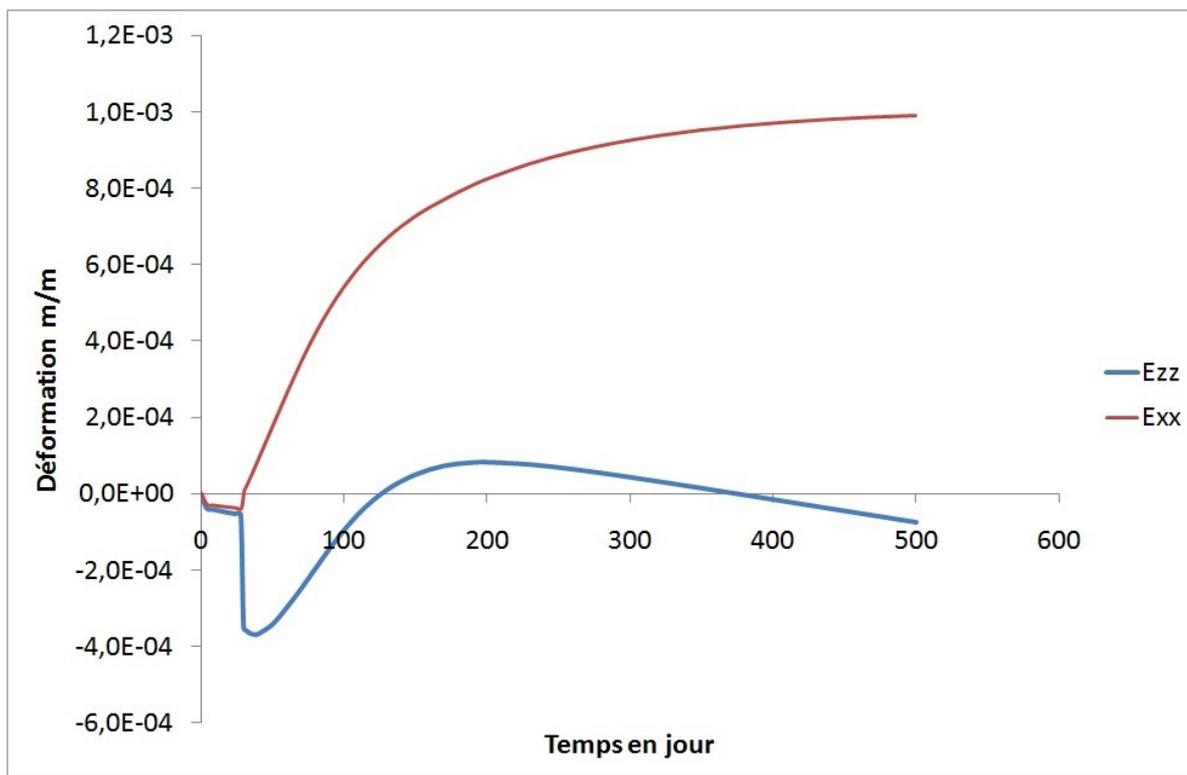


Figure 2.2-a : Déformations des éprouvettes avec confinement de 3 mm et chargement de 20 MPa

La courbe obtenue ne correspond pas à un béton réel. Seule l'évolution des déformations est analysée.

Les valeurs testées sont les déplacements  $DZ$ , le volume de gel induit par la RAG  $V22$  et la pression de gel  $V18$  sur le nœud  $N5$  à plusieurs instants.

### 2.3 Incertitudes sur la solution

Sans objet

### 2.4 Références bibliographiques

Néant

## 3 Modélisation A

---

### 3.1 Caractéristique de la modélisation

Le problème est modélisé en 3D.

### 3.2 Caractéristique du maillage

1 maille PENTA6

### 3.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées au noeud  $N5$  après le calcul de RGI\_BETON sont le volume de gel de RAG  $V22(N5)$  au numéro d'ordre 8 et le déplacement  $DZ(N5)$  au numéro d'ordre 39. A la fin du calcul de KIT\_RGI, les déplacements  $DZ(N6)$  au noeud  $N6$  et  $DZ(N5)$  au noeud  $N5$  sont testés respectivement au numéros d'ordre 8 et 39. Le déplacement  $DX(N12)$  au noeud  $N12$  et au numéro d'ordre 39 est testé ainsi que la pression de gel  $VI8(N5)$  au noeud  $N5$  et au numéro d'ordre 39.

## 4 Synthèse des résultats

---

Les résultats calculés par Code\_Aster sont en accord avec les valeurs de référence. Ce modèle prend en compte le confinement triaxial. Sur la Figure 2.2-a trois zones distinctes sont visibles pour la déformation verticale :

- 1) la première période correspond au chargement (déformations instantanées),
- 2) la seconde période correspond au fluage du béton sous chargement mécanique (jusqu'à 80 jours),
- 3) la troisième période montre un retour de fluage, la RAG produit une pression supérieure à la contrainte appliquée (  $20\text{ MPa}$  ).

Pour les déformations radiales, une augmentation de la cinétique est visible entre 25 et 50 jours. Cela correspond au moment où la pression induite par la RAG dépasse la contrainte résultant du chargement mécanique et du confinement. Le fait de modéliser le fluage de manière anisotrope, permet d'avoir une bonne corrélation entre expérimentation et simulation pour les tests avec chargements triaxiaux. La cinétique de report semble donc bien représentée, l'hypothèse formulée sur la modification de la porosité accessible en fonction du chargement semble se vérifier.