

## SSNV235 - Loi de comportement KIT\_RGI : Influence de la température dans l'évolution du fluage

---

### Résumé :

Ce document présente un test permettant de valider les capacités du modèle de comportement `KIT_RGI`, et plus précisément le module `FLUA_PORO_BETON` à prendre en compte l'influence de la température dans la cinétique des déformations liées au fluage. Un essai de fluage propre en température est simulé. Les résultats de la simulation sont comparés aux essais expérimentaux de la thèse de Ladaoui [bib1]

## 1 Problème de Référence

Le chargement consiste en l'application d'une pression sur la face supérieure d'un cube. La valeur de cette pression correspond à 30 %-35% de la résistance du béton en compression à 20°C. Les propriétés du béton évoluant légèrement entre l'essai à  $T=20^{\circ}C$  et celui à  $T=50^{\circ}C$ , la charge varie entre 25,8 MPa et 26,2 MPa.

### 1.1 Géométrie

Le test s'appuie sur un élément fini cubique unitaire à 8 nœuds.

### 1.2 Propriété des matériaux

Le matériau étudié est un béton dont les propriétés sont définies dans la thèse de [Ladaoui, 2010]. Ces propriétés élastiques et les seuils d'endommagement sont légèrement différentes entre les deux essais.

A  $T=20^{\circ}C$  :

Module d'Young :  $E = 44700 \text{ MPa}$   
 Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.27$   
 Résistance à la traction :  $\sigma_{\bar{n}} = 2.4 \text{ MPa}$   
 Résistance à la compression :  $\sigma_{\bar{c}} = 86.3 \text{ MPa}$   
 Déformation au pic de compression :  $\varepsilon_{\bar{c}} = 2 \cdot 10^{-3}$   
 Déformation au pic de traction :  $\varepsilon_{\bar{n}} = 5,4 \cdot 10^{-5}$

A  $T=50^{\circ}C$  :

Module d'Young :  $E = 41600 \text{ MPa}$   
 Coefficient de Poisson :  $\nu = 0.28$   
 Résistance à la traction :  $\sigma_{\bar{n}} = 2.4 \text{ MPa}$   
 Résistance à la compression :  $\sigma_{\bar{c}} = 84 \text{ MPa}$   
 Déformation au pic de compression :  $\varepsilon_{\bar{c}} = 2 \cdot 10^{-3}$   
 Déformation au pic de traction :  $\varepsilon_{\bar{n}} = 5,7 \cdot 10^{-5}$

**Tableau 1.2-1 : Valeurs des paramètres de fluage propre, identifiés à partir des résultats expérimentaux. (Unité du temps en le jour J et les longueurs sont en mm)**

$CBIO = 0,3$	$MU = 0$
$MSAT = 0$	$DT80 = 0,28$
$SFLD = 27$	$STMP = 1,0$
$MG = 0$	$KTMP = 5$
$VG0 = 0$	$YISY = 10$
$PORO = 0,12$	$TAUI = 10$
$TKVP = 1,$	$TAU2 = 50$
$NRJA = 15000$	$EKFL = 4E-4$
$MSHR = 0$	$DFMX = 1$
$KD = 0$	$TREF = 1$

Rappelons que les propriétés matériaux sont spécifiées dans `DEFI_MATERIAU` avec le nom `PORO_BETON`. Le module `FLUA_PORO_BETON` est indiqué dans `STAT_NON_LINE`.

## 1.3 Conditions aux limites

Les déplacements perpendiculaires suivant trois faces du cubes sont bloqués afin de modéliser un essai de compression simple. Sur une autre face, une pression surfacique de  $SIZZ = 26,3 \text{ MPa}$  est appliquée en  $t=0.1 \text{ jour}$  et maintenue pendant une durée de  $t=350 \text{ jours}$

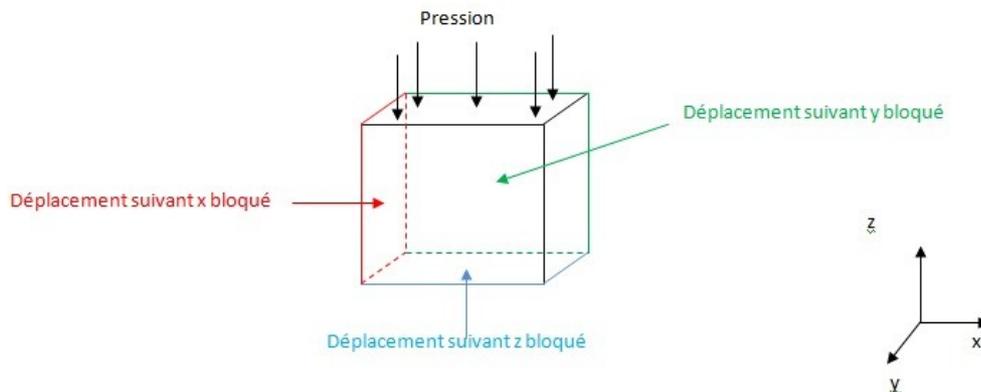


Figure 1.3-1 : Conditions aux limites et chargement mécanique sur un cube de 1 mm de coté.

Deux simulations (modélisation A et modélisation B) sont effectuées à deux températures distinctes :  $T=20^\circ \text{C}$  et  $T=50^\circ \text{C}$ . Rappelons que ce modèle nécessite des températures en  $^\circ \text{C}$ .

## 1.4 Conditions initiales

Néant

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul

Les résultats des calculs sont comparés à la fois aux résultats obtenus sous le logiciel de calcul par éléments finis CASTEM et aux données expérimentales provenant des travaux de Ladaoui [bib1]. Des tests de non régression sont effectués en plus pour s'assurer de la reproductibilité des résultats obtenus avec KIT\_RGI.

### 2.2 Grandeurs et résultats de référence

La courbe suivante trace l'évolution des déformations au cours du temps pour les deux simulations et elle permet de comparer les résultats obtenus aux valeurs provenant de la thèse de Ladaoui [bib1].

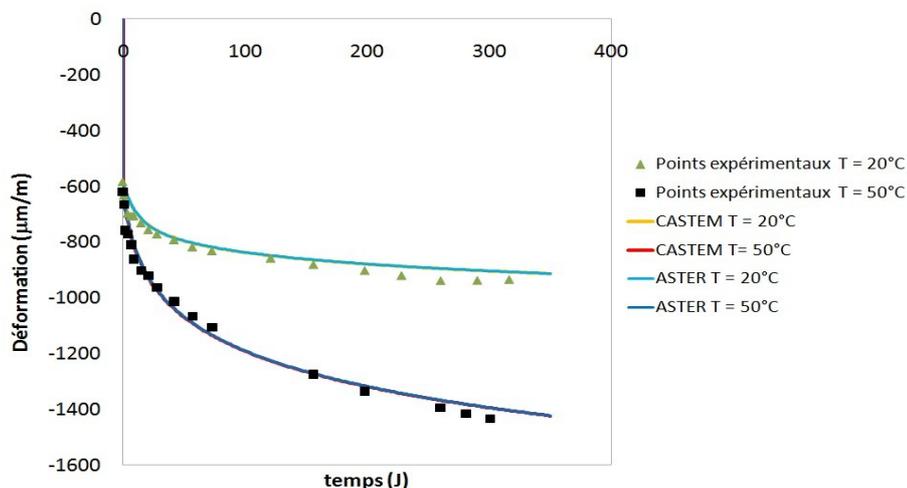


Figure 2.2-1 : Comparaison des évolutions de la déformation en fonction de la température entre essais expérimentaux [bib1] et simulations.

Il apparaît clairement que la température accélère les déformations liées au fluage propre. Le modèle permet de retrouver les résultats de la thèse de Ladaoui [bib1].

Les grandeurs testées sont donc les déformations totales  $EPZZ(N7)$ . Les valeurs de références sont données dans les tableaux suivants.

Tableau 2.2-1 : Valeurs de référence pour une température de  $T = 20^{\circ}C$

Identification	Instants	Origine	Valeur de référence
$EPZZ$	1	Castem	-0.000599484624719
$EPZZ$	50	Castem	-0.000794945188622
$EPZZ$	200	Castem	-0.000878374909193
$EPZZ$	350	Castem	-0.000912576232631
$EPZZ$	28	Expérimentale	-0.000771
$EPZZ$	74	Expérimentale	-0.000831
$EPZZ$	316	Expérimentale	-0.000933

**Tableau 2.2-2 : Valeurs de référence pour une température de  $T=50^{\circ}C$** 

Identification	Instants	Types de Référence	Valeur de référence
EPZZ	1	'NON_REGRESSION'	-0.000649737723697
EPZZ	50	'NON_REGRESSION'	-0.00106673155169
EPZZ	200	'NON_REGRESSION'	-0.00131704464589
EPZZ	350	'NON_REGRESSION'	-0.00142217806342
EPZZ	28	'SOURCE_EXTERNE'	-0.000963
EPZZ	74	'SOURCE_EXTERNE'	-0.001106
EPZZ	316	'SOURCE_EXTERNE'	-0.001434

## 2.3 Incertitudes sur la solution

L'incertitude sur les tests de non régression est de 0,5 % et de 5 % pour la comparaison aux données expérimentales.

## 2.4 Références bibliographiques

- [1] W.Ladaoui, « Etudes expérimentale du comportement Thermo-Hydro-Mécanique à long terme des BHP destinés aux ouvrage de stockage des déchets radioactifs », *Thèse de doctorat*, Université de Toulouse III-Paul Sabatier, 2010

## 3 Modélisation A

---

### 3.1 Caractéristique de la modélisation

Le problème est modélisé en 3D. Le modèle employé est KIT\_RGI et plus précisément le module FLUA\_PORO\_BETON. La température imposée est  $T = 20^{\circ}C$

### 3.2 Caractéristique du maillage

1 maille HEXA8

### 3.3 Grandeurs testées et résultats

Toutes les grandeurs sont calculées au noeud N7 .

Identification	Instants	Type de Référence	Valeur de référence	Tolérance
EPZZ(N7)	1	'SOURCE_EXTERNE'	-0.000599484624719	0.5%
EPZZ(N7)	50	'SOURCE_EXTERNE'	-0.000794945188622	0.5%
EPZZ(N7)	200	'SOURCE_EXTERNE'	-0.000878374909193	0.5%
EPZZ(N7)	350	'SOURCE_EXTERNE'	-0.000912576232631	0.5%
EPZZ(N7)	28	'SOURCE_EXTERNE'	-7.58E-04	5.0%
EPZZ(N7)	74	'SOURCE_EXTERNE'	8.18E-04	5.0%
EPZZ(N7)	316	'SOURCE_EXTERNE'	-9.06E-04	5.0%

## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristique de la modélisation

Le problème est modélisé en 3D. Le modèle employé est KIT\_RGI et plus précisément le module FLUA\_PORO\_BETON. La température imposée est  $T = 20^{\circ}\text{C}$

### 4.2 Caractéristique du maillage

1 maille HEXA8

### 4.3 Grandeurs testées et résultats

Toutes les grandeurs sont calculées au noeud N7 .

Identification	Instants	Type de Référence	Valeur de référence	Tolérance
EPZZ(N7)	1	'SOURCE_EXTERNE'	-0.000649737723697	0.5%
EPZZ(N7)	50	'SOURCE_EXTERNE'	-0.00106673155169	0.5%
EPZZ(N7)	200	'SOURCE_EXTERNE'	-0.00131704464589	0.5%
EPZZ(N7)	350	'SOURCE_EXTERNE'	-0.00142217806342	0.5%
EPZZ(N7)	28	'SOURCE_EXTERNE'	-0.000971275886694	5.0%
EPZZ(N7)	74	'SOURCE_EXTERNE'	-0.00113509689347	5.0%
EPZZ(N7)	316	'SOURCE_EXTERNE'	-0.00139311161787	5.0%

## 5 Synthèse des résultats

---

Les résultats permettent de montrer que le modèle prend en compte l'influence de la température. Ils sont en accord avec les résultats de la thèse Ladaoui [bib1].