

MFRON02 – Test de l'interface Code_Aster-MFront : pour des lois de comportement de béton et de sols

Résumé :

Ce test valide certains comportements de béton ou de métaux avec endommagement définis à l'aide de *MFront* par comparaison avec des comportement similaires de *Code_Aster*.

Modélisation A : cette modélisation permet de valider le modèle de fluage de béton de Burger, par comparaison au modèle BETON_BURGER_FP du test SSNP163D sur un point matériel.

Modélisation B : cette modélisation permet de valider la prise en compte du retrait dans le modèle de Burger, par comparaison au modèle BETON_BURGER_FP du test SSNP174B sur un point matériel.

Modélisation C : cette modélisation permet de valider le modèle de fluage de béton de Burger avec vieillissement.

Modélisation D : cette modélisation permet de valider le modèle avec endommagement de Mazars, par comparaison au modèle MAZARS du test SSLA103C sur un élément axisymétrique, avec prise en compte du séchage et de l'hydratation.

Modélisation E : cette modélisation permet de valider le modèle avec endommagement de Mazars, par comparaison au modèle MAZARS du test SSNP161A sur un élément en contraintes planes.

Modélisation F : cette modélisation permet de valider le modèle avec endommagement de Mazars, par comparaison au modèle MAZARS du test SSNP113A sur un élément 3D.

Modélisation G : cette modélisation permet de valider le modèle de Drucker-Prager.

Modélisation H : cette modélisation permet de valider l'appel à mtest sur un test similaire à la modélisation c.

Modélisation I : cette modélisation permet de valider l'utilisation de Drucker-Prager (écrouissage linéaire) en THM

Chaque modélisation valide une loi de comportement, généralement par comparaison avec les résultats de la loi équivalente de *Code_Aster*.

1 Modélisation A

1.1 Caractéristiques de la modélisation

- Comportement testé : Burger.mfront. Loi de fluage du béton de Burger (cf. [R7.01.35]).
- Modélisation similaire à SSNV163D (cf. [V6.04.163]).

Les coefficients matériau sont :

YOUN	31000
POISS	0,2
K_RS	2 E5
ETA_RS	4 E10
KAPPA	3 E-3
ETA_IS	1 E11
K_RD	5 E4
ETA_RD	1 E10
ETA_ID	1 E11
ETA_FD	0
Cini	1

1.2 Grandeurs testées et résultats

Déformation

Déformation	Instant	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
ϵ_{zz}	1	'ANALYTIQUE '	$-3.22581E-05$	0,02%
ϵ_{zz}	9.7041 E4	'SOURCE_EXTERNE '	$-3.89947E-05$	0,4%
ϵ_{zz}	1.8389 E6	'SOURCE_EXTERNE '	$-6.55895E-05$	0,5 %
ϵ_{zz}	8.64 E6	'SOURCE_EXTERNE '	$-1.32437E-4$	0,1 %

2 Modélisation B

2.1 Caractéristiques de la modélisation

- Comportement testé : Burger.mfront. Loi de fluage du béton de Burger (cf. [R7.01.35]).
- Modélisation similaire à SSNV174B (comportement BETON_BURGER_FP avec prise en compte du retrait endogène et du retrait de dessiccation, cf [v6.04.174]).

Les coefficients matériau sont :

YOUN	31000
POISS	0.2
K_RS	1.2 E5
ETA_RS	2.21 E10
KAPPA	3 E-3
ETA_IS	4.16 E10
K_RD	3.86 E4
ETA_RD	6.19 E10
ETA_ID	1.64 E12
ETA_FD	0
Cini	100

2.2 Grandeurs testées et résultats

Déformation

Déformation	Instant	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
ϵ_{zz}	1	'ANALYTIQUE '	$-3.87097E-4$	0,5%
ϵ_{zz}	6,48 E4	'SOURCE_EXTERNE '	$-4,13E-4$	0,5%
ϵ_{zz}	6,48E5	'SOURCE_EXTERNE '	$-5,73E-4$	0,5 %
ϵ_{zz}	6,48E6	'SOURCE_EXTERNE '	$-1.27E-3$	0,5 %
ϵ_{zz}	6,48E7	'SOURCE_EXTERNE '	$-3,44E-3$	0,5 %

3 Modélisation C

3.1 Caractéristiques de la modélisation

•Comportement testé : BurgerAgeing.mfront. Loi de fluage du béton de Burger avec vieillissement (cf. [R7.01.35]).

•Modélisation : essai de fluage sur un élément (point matériel). Comparaison aux essais de Kommendant pour deux essais de fluage propre :

- béton chargé à 28 jours, avec une température de 20°C,
- béton chargé à 90 jours, avec une température de 30°C,

•Propriétés matériau :

Béton chargé à 28 jours

YOUN	31000
POISS	0.2
K_RS	1.956 E5
ETA_RS	4,797 E10
ETA_IS	1.57 E5
K_RD	5 E4

ETA_RD	1 E10
ETA_ID	1 E5
Alpha	1-2e-6
Ea_R	0
Tref	20
ETA_FD	5,8e9
Cini	1
Ea_R	2100

Béton chargé à 90 jours : seul le coefficient Ea_R est modifié car la température de référence est différente de la température de l'essai.

Référence :

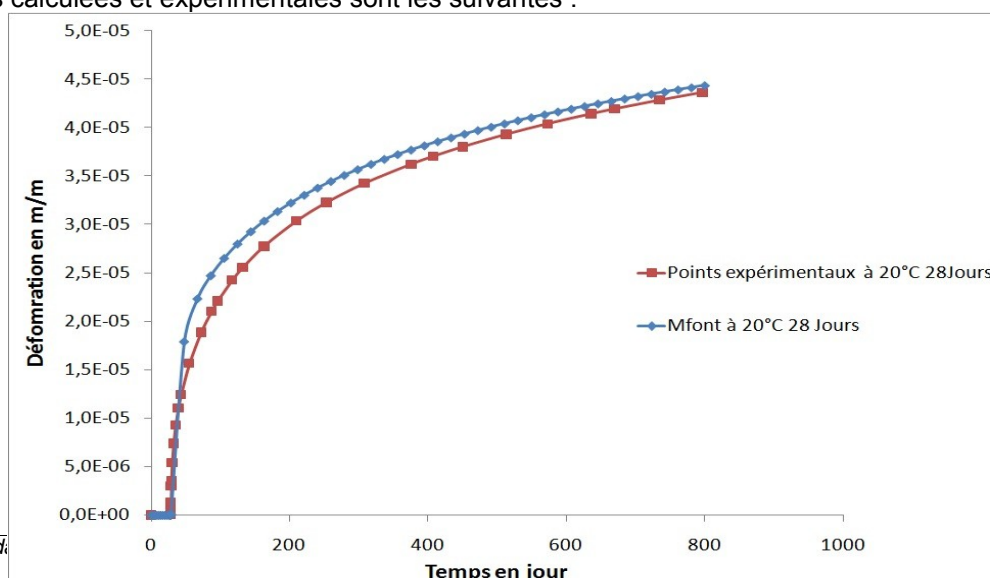
“Study of concrete properties for prestressed concrete reactor vessels”. Kommendant G.J., Polivka M., and Pirtz D., UCSESM 76-3, s.l. : General Atomic Company, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley , 1976.)

3.2 Grandeurs testées et résultats

Béton chargé à 28 jours (la déformation de fluage ϵ_{zz}^f est fournie par la variable interne V30)

Identification	Incrément	Valeur de référence	Tolérance
ϵ_{zz}	20	3.300E-05	5%
ϵ_{zz}^f	20	-1.563E-07	5%
ϵ_{zz}^f	27	-2.87E-05	10%
ϵ_{zz}^f	32	-3.29E-05	5%
ϵ_{zz}^f	45	-3.93E-05	5%
ϵ_{zz}^f	60	-4.36E-05	5%

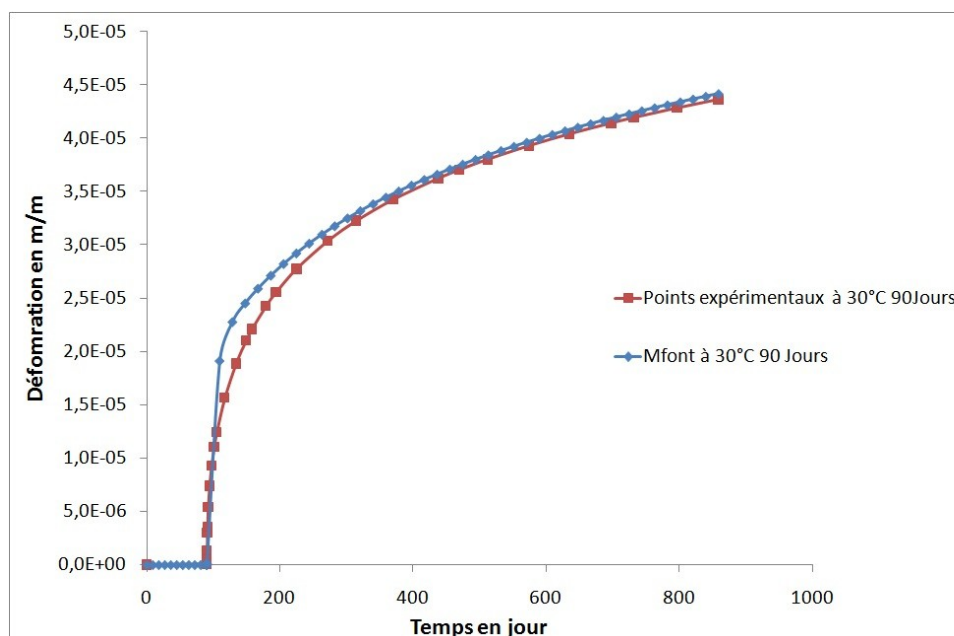
Les courbes calculées et expérimentales sont les suivantes :



Béton chargé à 90 jours (la déformation de fluage ϵ_{zz}^f est fournie par la variable interne V30)

Identification	Incrément	Valeur de référence	Tolérance
ϵ_{zz}	20	3.300E-05	5%
ϵ_{zz}^f	20	-1.57E-07	5%
ϵ_{zz}^f	25	-2.65E-05	10%
ϵ_{zz}^f	35	-3.42E-05	5%
ϵ_{zz}^f	45	-3.94E-05	5%
ϵ_{zz}^f	60	-4.36E-05	5%

Les courbes calculées et expérimentales sont les suivantes :



4 Modélisation D

4.1 Caractéristiques de la modélisation

- Comportement testé : Mazars.mfront. Similaire au comportement de MAZARS (cf. [R7.01.08]).
- Modélisation similaire à SSNP113A [V6.03.113] : rotation des contraintes principales.

4.2 Grandeurs testées et résultats

Variables	Instant	Type de Référence	Référence	Tolérance
ϵ_{xx}	3600	ANALYTIQUE	6.53 10 ⁻⁴	0.50%
ϵ_{yy}	3600	ANALYTIQUE	6.53 10 ⁻⁴	0.50%
ϵ_{xx}^p	3600	ANALYTIQUE	0.	1.00E-006

ε_{yy}^p	3600	ANALYTIQUE	0.	1.00E-006
σ_{xx}	3600	ANALYTIQUE	0.	1.00E-006
σ_{yy}	3600	ANALYTIQUE	0.	1.00E-006
D	3600	ANALYTIQUE	0.	1.00E-006

5 Modélisation E

5.1 Caractéristiques de la modélisation

- Comportement testé : Mazars.mfront. Similaire au comportement de MAZARS (cf. [R7.01.08]).
- Modélisation similaire à SSNP161A [V6.03.161]. Essais biaxiaux de Kupfer, modélisation en contraintes planes.

5.2 Grandeurs testées et résultats

Déformations et contraintes au nœud NI .

Identification	Incrément	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Contrainte σ_{yy}	7	'ANALYTIQUE'	$-10842857 Pa$	5%
Déformation ε_{yy}	7	'ANALYTIQUE'	$-3,00E-004$	5%
Contrainte σ_{yy}	69	'ANALYTIQUE'	$-42428571 Pa$	5%

6 Modélisation F

6.1 Caractéristiques de la modélisation

- Comportement testé : Mazars.mfront. Similaire au comportement de MAZARS (cf. [R7.01.08]).
- Modélisation similaire à SSNP113A [V6.03.113] : rotation des contraintes principales.

Les coefficients matériau pour la modélisation C sont (cf. SSNP113A)

YOUN	3,2E10
POISS	0,2
AC	1,15
AT	0,8
BC	1391,3
BT	10000,
k	0,7
ed0	9,37E-5

6.2 Grandeurs testées et résultats

Comparaison avec SSNP113A

On compare à 3 pas de temps différents (à la fin de l'étape 1, pendant la phase de croissance de l'endommagement et à la fin du chargement) les déformations, les contraintes ainsi que la valeur de l'endommagement.

Identification	Référence	tolérance %
N°10 ε_{xx}	$9.375 \cdot 10^{-5}$	0,1
σ_{xx}	$3.00 \cdot 10^6$	0,1
ε_{yy}	$-1.875 \cdot 10^{-5}$	0,1
σ_{yy}	0.	10^{-8}
ε_{xy}	0.	10^{-8}
σ_{xy}	0.	10^{-8}
D	0.	10^{-8}

Identification	Référence	tolérance %
N°25 ε_{xx}	$1.64 \cdot 10^{-4}$	0,1
σ_{xx}	$2.04 \cdot 10^6$	0,1
ε_{yy}	$8.67 \cdot 10^{-5}$	0,1
σ_{yy}	$1.35 \cdot 10^6$	0,1
ε_{xy}	$7.03 \cdot 10^{-5}$	0,1
σ_{xy}	$6.34 \cdot 10^5$	0,1
D	0.66211	0,1

Identification	Référence	tolérance %
N°310 ε_{xx}	$1.50 \cdot 10^{-3}$	0,1
σ_{xx}	$3.69 \cdot 10^5$	0,1
ε_{yy}	$2.09 \cdot 10^{-3}$	0,1
σ_{yy}	$4.59 \cdot 10^5$	0,1
ε_{xy}	$1.41 \cdot 10^{-3}$	0,1
σ_{xy}	$2.16 \cdot 10^5$	0,1
D	0.99423	0,1

7 Modélisation G

7.1 Caractéristiques de la modélisation

• Comportement testé : DruckerPrager.mfront. Loi élasto-plastique associée de Drucker-Prager [cf. R7.01.16], le critère étant défini par : $F(\sigma) = \sigma_{eq} + a \cdot \text{tr}(\sigma)/3 - k \leq 0$

Les coefficients a et k sont définis à partir des propriétés matériau de la façon suivante :

$$a = -3 \frac{\tau_c - 1}{\tau_c + 1} \quad \text{et} \quad k = 2 \frac{\sigma_c \tau_c}{\tau_c + 1}$$

• La modélisation est équivalente à celle d'un fichier mtest (point matériel) de Mfront :

un point matériel est soumis à une déformation imposée $\varepsilon_{xx} = 5 \cdot 10^{-3} t$

• les propriétés matériau sont : $E = 200 \text{ GPa}$, $\nu = 0,3$, $\tau_c = 0.6$, $\sigma_c = 150 \text{ MPa}$,

7.2 Grandeurs testées et résultats

La solution de référence est celle des tests de référence Mfront :

Identification (t=1)	Référence	Tolérance
$\sigma_{xx} (MPa)$	90	0,1 %

8 Modélisation H

8.1 Caractéristiques de la modélisation

Cette modélisation permet de valider l'appel à mtest. Les données de mtest (fichier mfron01h.22) correspondent à celle de la modélisation C.

8.2 Grandeurs testées et résultats

On teste ici simplement le code retour de mtest : il vaut 0 si l'exécution s'est bien passée.

9 Modélisation I

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Comportement testé : DruckerPragerEcroLin.mfront :
Loi de Drucker - Prager avec écrouissage linéaire (cf. [R7.01.16]).

Modélisation : similaire au test wtnp114a : la pression de liquide est imposée nulle partout.

De plus en ce qui concerne la partie mécanique, on a imposé une loi élastique en choisissant pour la loi mécanique de Drucker Prager une limite d'élasticité très élevée.

Les résultats sont identiques à wtnp114a :

Localisation	Grandeur	Référence	% tolérance
A	ε_{xx}	-6.9034482759000 10 ⁻⁴	<10 ⁻⁴
	ε_{yy}	-1.6765517241400 10 ⁻³	<10 ⁻⁴
B	ε_{xx}	-6.9034482759000 10 ⁻⁴	<10 ⁻⁴
	ε_{yy}	-1.6765517241400 10 ⁻³	<10 ⁻⁴
C	u_x	-1.3806896558000 10 ⁻³	<10 ⁻⁴
	u_y	-3.3531034482800 10 ⁻³	<10 ⁻⁴
	ε_{xx}	-6.9034482759000 10 ⁻⁴	<10 ⁻⁴
	ε_{yy}	-1.6765517241400 10 ⁻³	<10 ⁻⁴
D	ε_{xx}	-6.9034482759000 10 ⁻⁴	<10 ⁻⁴
	ε_{yy}	-1.6765517241400 10 ⁻³	<10 ⁻⁴

10 Synthèse des résultats

Les résultats sont satisfaisants et valident l'interface entre Code_Aster et MFRONT en 3D, axisymétrique et contraintes planes, pour des comportements de béton ou de sols.