COMP010 – Validation thermo-mécanique des lois élastoviscoplastiques

Résumé

Ce test permet de valider la prise en compte de la variation de température dans les lois de comportement élastoviscoplastiques. Ces tests permettent de vérifier les deux points suivants:

- La dilatation thermique est bien calculée (avec prise en compte de la variation de la dilatation thermique avec la température)
- La variation des coefficients matériau avec la température est correcte, en particulier dans la résolution incrémentale du comportement,

Les lois de comportements validées sont les suivantes:

- Modélisation A : cette modélisation permet de valider le modèle GRAN_IRRA_LOG ,
- Modélisation B : cette modélisation permet de valider le modèle LEMAITRE,
- Modélisation C : cette modélisation permet de valider le modèle LEMA_SEUIL ,
- Modélisation D : cette modélisation permet de valider le modèle GATT_MONERIE ,
- Modélisation E : cette modélisation permet de valider le modèle LEMAITRE_IRRA,
- Modélisation F : cette modélisation permet de valider le modèle VISC_IRRA_LOG,
- Modélisation G : cette modélisation permet de valider le modèle VISC_TAHERI,
- Modélisation H : cette modélisation permet de valider le modèle ROUSS_VISC,
- Modélisation I : cette modélisation permet de valider le modèle VISCOCHAB .

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

1 Méthodologie

Il s'agit d'une double simulation, la première en thermomécanique, la seconde en mécanique pure. La première sera validée en comparaison de la seconde, en supposant bien sûr que le comportement testé fournit une solution correcte en mécanique pure.

La première simulation (solution thermo-mécanique que l'on cherche à valider) consiste à appliquer une variation de température sur un point matériel, avec une déformation imposée nulle selon l'axe x : $\varepsilon_{xx}=0$. La température imposée est croissante linéairement en fonction du temps . La température varie de $T_0=0°C$ à $T_{max}=500°C$. Le transitoire est constitué de NCAL pas. La température de référence est de $T_{Ref}=0°C$.

La seconde simulation (qui doit être équivalente à la première) consiste à appliquer au même point matériel une déformation imposée suivant x : $\varepsilon_{xx}=-\varepsilon^{th}=-\alpha(T)(T-T_{ref})$, en mécanique pure sur les NCAL instants du calculs thermomécanique. A chaque calcul i , le chargement imposé est constitué de la déformation thermique $\varepsilon_{xx}=-\varepsilon_{th}=-\alpha(T)(T_i-T_{Ref})$. Le chargement initial est constitué des déformations, contraintes et variables internes du calcul mécanique précédent, les contraintes étant corrigées de la variation du module d'Young

En effet, pour tout comportement (en supposant la décomposition additive des déformations) :

$$\sigma_{xx}=E(T)(\varepsilon_{xx}-\varepsilon^{th}-\varepsilon^{p}_{xx})$$

dans le premier cas, $\sigma_{xx}=E(T)(0-\varepsilon^{th}-\varepsilon^{p}_{xx})$, et dans le second : $\sigma_{xx}=E(T)(\varepsilon-\varepsilon^{p}_{xx})$.

Il suffit donc, à chaque instant d'appliquer, pour le calcul mécanique, $\varepsilon_{xx}=-\varepsilon^{th}=-\alpha(T)(T-T_{ref})$.

De plus, pour obtenir les mêmes résultats dans les deux cas, il est nécessaire, à chaque pas de temps de la seconde simulation, d'effectuer le calcul mécanique pur avec des coefficients dont les valeurs sont interpolées en fonction de la température à l'instant courant. Cette interpolation est effectuée dans le fichier de commandes du test, dans une boucle en temps extérieure à SIMU_POINT_MAT / STAT_NON_LINE .

2 Interprétation des résultats

Il s'agit de vérifier avec TEST_TABLE que le résultat obtenu à chaque instant du transitoire thermo mécanique de la première simulation est identique au résultat obtenu avec la deuxième simulation.

La validation se fait par la comparaison entre les champs calculés à chaque pas du transitoire d'une part et le résultat d'un calcul mécanique d'autre part. La valeur de référence étant la composante du champ extraite à un instant donné i de la première simulation thermomécanique effectuée sur NCAL instants. La valeur calculée est celle obtenue à la fin du calcul mécanique $i+1$ de la boucle sur les NCAL.

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

3 Modélisation A

3.1 Loi de comportement et paramètres matériaux

La loi de comportement testée 'GRAN_IRRA_LOG', est documentée dans la doc R5.03.09 . C'est une loi de comportement de fluage et de grandissement sous irradiation pour les assemblages combustibles, similaire à la loi 'VISC_IRRA_LOG' pour la déformation viscoplastique, qui intègre en plus une déformation de grandissement sous irradiation. Les paramètres élastiques sont les suivants :

$E(T)$, $\nu(T)$ et $\alpha(T)$

Les paramètres élastoplastiques sont les suivants:

A, B, ω, Φ, Q, a, b et s

Valeurs des paramètres utilisés :

Paramètres	$T=0\,°C$	$T=500\,°C$
$E(T)$	1.E5 MPa	0.8E5 MPa
$\nu(T)$	0.	0.
$\alpha(T)$	$1.E-5\,K^{-1}$	$2.E-5\,K^{-1}$
A	1.28E−1	1.28E−1
B	0.01159	0.01159
C	0.	0.
ω	0.3540	0.3540
Φ	1.	1.
Q	5000.	5000.
a	−1.51E−16	−1.51E−16
b	1.542E−13	1.542E−13
s	0.396	0.396

3.2 Grandeurs testées et résultats

Résultat au numéro d'ordre i	Nom du paramètre testé	Type de référence	Valeur de référence	tolérance
RESU_19	VMIS (MPa)	AUTRE_ASTER	201.09766	0.10%
RESU_19	TRACE (MPa)	AUTRE_ASTER	-201.09766	0.10%
RESU_19	V1	AUTRE_ASTER	7.486279	0.10%

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

4 Modélisation B

4.1 Loi de comportement et paramètres matériaux

La loi de comportement testée 'LEMAITRE', est documentée dans la doc R5.03.08 . Il s'agit d'une loi viscoplastique non-linéaire de LEMAITRE sans seuil. Les paramètres élastiques sont les suivants :

$E(T)$, $\nu(T)$ et $\alpha(T)$

Les paramètres élastoviscoplastiques sont les suivants:

$N(T)$, $1/K(T)$ et $1/M(T)$

Valeurs des paramètres utilisés :

Paramètres	$T=20\,°C$	$T=500\,°C$
$E(T)$	$1.E5\,MPa$	$2.E5\,MPa$
$\nu(T)$	$0.$	$0.$
$\alpha(T)$	$2.E-5\,K^{-1}$	$2.E-5\,K^{-1}$
$N(T)$	10.8	8.0
$1/K(T)$	$6.9E-4\,(MPa)^{-1}$	$4.0E-4\,(MPa)^{-1}$
$1/M(T)$	0.102	0.05

4.2 Grandeurs testées et résultats

Résultat au numéro d'ordre i	Nom du paramètre testé	Type de référence	Valeur de référence	tolérance
RESU_19	VMIS (MPa)	AUTRE_ASTER	1037.97825	0.10%
RESU_19	TRACE (MPa)	AUTRE_ASTER	-1037.97825	0.10%
RESU_19	V1	AUTRE_ASTER	4.410109E-3	0.10%

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

5 Modélisation C

5.1 Loi de comportement et paramètres matériaux

La loi de comportement testée 'LEMA_SEUIL', est documentée dans la doc R5.03.08 . Il s'agit d'une loi viscoplastique avec seuil sous irradiation pour les assemblages combustibles. Les paramètres élastiques sont les suivants :

$$E(T),\quad \nu(T) \text{ et } \alpha(T)$$

Les paramètres élastoviscoplastiques sont les suivants:

$$A(T) \text{ et } S(T)$$

Valeurs des paramètres utilisés :

Paramètres	$T=0\,°C$	$T=500\,°C$
$E(T)$	$1.E5\,MPa$	$0.8E5\,MPa$
$\nu(T)$	0.	0.
$\alpha(T)$	$1.0E-4\,K^{-1}$	$2.0E-4\,K^{-1}$
$A(T)$	$1.0E-10$	$0.5E-10$
$S(T)$	40.	20.

5.2 Résultats

Résultat au numéro d'ordre i	Nom du paramètre testé	Type de référence	Valeur de référence	tolérance
RESU_19	VMIS (MPa)	AUTRE_ASTER	499.998221	0.10%
RESU_19	TRACE (MPa)	AUTRE_ASTER	-499.998221	0.10%
RESU_19	V1	AUTRE_ASTER	3.557036E-8	0.10%
RESU_19	V2	AUTRE_ASTER	10.421848	0.10%

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

6 Modélisation D

6.1 Loi de comportement et paramètres matériaux

La loi de comportement testée 'GATT_MONERIE', est documentée dans la doc R5.03.08 . Cette loi thermomécanique du combustible permet de simuler des essais d'indentation. Il s'agit d'une loi elastoviscoplastique isotrope sans écrouissage. Pour que la convergence ne soit pas trop difficile on choisit ici une température maximum de 400°C (au leu de 500°C). Les paramètres élastiques sont les suivants :

$E(T)$, $\nu(T)$ et $\alpha(T)$

Les paramètres élastoplastiques sont les suivants:

D_GRAIN, PORO_INIT, EPSI_01 et EPSI_01

Valeurs des paramètres utilisés :

Paramètres	$T=20\,°C$	$T=400\,°C$
$E(T)$	$2.\mathrm{E}5\,MPa$	$1.\mathrm{E}5\,MPa$
$\nu(T)$	$0.$	$0.$
$\alpha(T)$	$1.0\mathrm{E}{-5}\,K^{-1}$	$2.0\mathrm{E}{-5}\,K^{-1}$
D_GRAIN	$6.\mathrm{E}{-6}$	$6.\mathrm{E}{-6}$
PORO_INIT	0.01	0.01
EPSI_01	$2.7252\mathrm{E}{-10}$	$2.7252\mathrm{E}{-10}$
EPSI_02	$9.1440\mathrm{E}{-41}$	$9.1440\mathrm{E}{-41}$

6.2 Résultats

Résultat au numéro d'ordre i	Nom du paramètre testé	Type de référence	Valeur de référence	tolérance
RESU_19	VMIS (MPa)	AUTRE_ASTER	800.	0.10%
RESU_19	TRACE (MPa)	AUTRE_ASTER	-800.	0.10%
RESU_19	V2	AUTRE_ASTER	0.01	0.10%

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