

Manuel de Validation
Fascicule V9.01 : Fatigue
Document : V9.01.111

SZLZ111 - Dommage de Lemaître-Sermage en post-traitement *POST_FATIGUE*

Résumé :

Ce test a pour but le calcul du dommage de Lemaître-Sermage "*LEMAITRE*" à partir d'une histoire de chargement multiaxial quelconque et de l'histoire de la déformation plastique cumulée.

On calcule le dommage à partir de la donnée du tenseur des contraintes et de la déformation plastique cumulée en tous les instants t_i (fournis par l'utilisateur). De plus, on calcule le dommage cumulé.

Les caractéristiques matériau E (module d'Young), ν (coefficient de Poisson) et S (paramètre du matériau) doivent dépendre de la température T . Celle-ci doit donc être fournie par l'utilisateur aux mêmes instants que $\sigma(t)$ et $p(t)$.

1 Problème de référence

On calcule le dommage, $D(t)$, à partir de la donnée du tenseur des contraintes, $\sigma(t)$, et de la déformation plastique cumulée, $p(t)$.

$$\begin{cases} \dot{D} = \frac{1}{(1-D)^{2s}} \left(\frac{1}{3ES} (1+\nu) \sigma_{eq}^2 + \frac{3}{2ES} (1-2\nu) \sigma_H^2 \right)^s \dot{p} & \text{si } p > p_d \\ D = 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

σ_{eq} est la contrainte équivalente de von Mises

σ_H est la contrainte hydrostatique

p_d représente le seuil d'endommagement

S est une caractéristique matériaux (MPa)

s est une caractéristique matériaux

On calcule également le dommage cumulé : $D = \sum_{i=1}^N D(t_i)$.

1.1 Propriétés matériaux

Temp (°C)	E (MPa)	ν	S (MPa)
0.	2.E+5	0.	7.
20.	2.E+5	0.	7.
40.	2.E+5	0.	7.

$$p_d = 0.02$$

1.1.1 Modélisation A

Dans cette modélisation, on vérifie le calcul du dommage de Lemaître-Sermage par rapport à la solution de référence donnée dans [V9.01.109]. Les valeurs de l'exposant s et de S dans l'expression du dommage de Lemaître généralisé valent :

$$s = 1.0 \text{ et } S = 7.0$$

1.1.2 Modélisation B

Dans cette deuxième modélisation, on vérifie le calcul du dommage de Lemaître-Sermage par rapport à une solution analytique obtenue en appliquant les algorithmes présentés dans le document de référence [R7.04.01]. Les valeurs de l'exposant s et de S dans l'expression du dommage de Lemaître généralisé valent :

$$s = 1.003 \text{ et } S = 7.0$$

1.2 Histoire du chargement

t	43.11	100.	1000.	10000.	20000.	21000.	22000.	22200.	22400.
$\sigma_{xx}(t)$	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.
$\sigma_{yy}(t)=$	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
$\sigma_{zz}(t)=$	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
$\sigma_{xy}(t)=$	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
$\sigma_{xz}(t)=$	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
$\sigma_{yz}(t)$	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Temp	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.

t	p(t) (Déformation plastique cumulée)
43.11	0.019996
100.	0.046384
1000.	0.46384
10000.	4.6384
20000.	9.2768
21000.	9.74064
22000.	10.20448
22200.	10.297248
22400.	10.390016

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

L'histoire de chargement étant très simple, les résultats de référence peuvent être obtenus manuellement en appliquant les algorithmes présentés dans le document de référence [R7.04.01]

2.2 Résultats de Référence

2.2.1 Modélisation A

t	D(t) (Dommage)
43.11	0.
100.	0.000848907
1000.	0.014474925
10000.	0.178374238
20000.	0.524693005
21000.	0.602827469
22000.	0.73829052
22200.	0.792149807
22400.	0.967604351

La valeur du dommage cumulé est : 3.819263222

2.2.2 Modélisation B

Les résultats de référence pour le cas test numéro 2 sont obtenus à l'aide du tableur Excel dans lequel l'expression du dommage de Lemaître-Sermage a été implantée selon un schéma d'intégration numérique identique à celui utilisé dans la routine *POST_FATIGUE* du *Code_Aster*.

On vérifie dans un premier temps que l'incertitude sur les résultats obtenus pour la valeur $s = 1.0$ via Microsoft Excel est acceptable :

Dommage (calcul Excel)	Dommage (solution de référence)	Différence
0,0000000000	0,0000000000	0,00000%
0,0008489062	0,0008489070	-0,00010%
0,0144749268	0,0144749250	0,00001%
0,1783742841	0,1783742380	0,00003%
0,5246932887	0,5246930050	0,00005%
0,6028278917	0,6028274690	0,00007%
0,7382915411	0,7382905200	0,00014%
0,7921514337	0,7921498070	0,00021%
0,9676720845	0,9676043510	0,00700%

Dans un second temps, on génère une solution de référence pour une valeur de $s = 1.003$:

t	D(t) (Dommage – solution Excel)
43.11	0.0
100.	0.004742198
1000.	0.083020455
10000.	1.809947268
20000.	2.003578566
21000.	0.083020455
22000.	0.178700399
22200.	0.199207053
22400.	0.220252827

La valeur du dommage cumulé est : 4.582469221

2.3 Incertitude sur la solution

2.3.1 Modélisation A

Solution analytique.

2.3.2 Modélisation B

Solution analytique.

2.4 Références bibliographiques

- [1] A.M. DONORE : Estimation de la durée de vie en fatigue à grands nombres de cycles et en fatigue oligocyclique. Note [R7.04.01] Indice B.

3 Modélisation A

3.1 Fonctionnalités testées

Commande		
POST_FATIGUE	HISTOIRE	SIGM_XX SIGM_YY SIGM_ZZ SIGM_XY SIGM_XZ SIGM_YZ EPSP TEMP DOMMAGE 'LEMAITRE' MATER CUMUL 'LINEAIRE' INFO
DEFI_MATERIAU	ELAS_FO	E NU
	DOMMA_LEMAITRE	S EPSP_SEUIL EXP_S

4 Résultats de la modélisation A

Identification		Référence	Aster	% différence
Point 1	Dommage	0.	0.	0,00000
Point 2	Dommage	0.000848907	0.000849061	-0,01814
Point 3	Dommage	0.014474925	0.014474926	-0,00001
Point 4	Dommage	0.178374238	0.178374284	-0,00003
Point 5	Dommage	0.524693005	0.5246932887	-0,00005
Point 6	Dommage	0.602827469	0.602827891	-0,00007
Point 7	Dommage	0.73829052	0.73829154	-0,00014
Point 8	Dommage	0.792149807	0.79215143	-0,00020
Point 9	Dommage	0.967604351	0.96767208	-0,00700
DOMM_CUMU		3.819263	3.8193343	-0,00187

5 Modélisation B

5.1 Fonctionnalités testées

Commande		
POST_FATIGUE	HISTOIRE	SIGM_XX SIGM_YY SIGM_ZZ SIGM_XY SIGM_XZ SIGM_YZ EPSP TEMP DOMMAGE 'LEMAITRE' MATER CUMUL 'LINEAIRE' INFO
DEFI_MATERIAU	ELAS_FO	E NU
	DOMMA_LEMAITRE	S EPSP_SEUIL EXP_S

6 Résultats de la modélisation B

Identification		Référence	Aster	% différence
Point 1	Dommage	0,0000000000	0,0000000000	0,00000
Point 2	Dommage	0,0008401910	0,0008401914	0,00005
Point 3	Dommage	0,0143249000	0,0143248741	-0,00018
Point 4	Dommage	0,1762380000	0,1762381211	0,00007
Point 5	Dommage	0,5133290000	0,5133285359	-0,00009
Point 6	Dommage	0,5863320000	0,5863316643	-0,00006
Point 7	Dommage	0,7028150000	0,7028154063	0,00006
Point 8	Dommage	0,7412430000	0,7412431087	0,00001
Point 9	Dommage	0,7967720000	0,7967724320	0,00005
DOMM_CUMU		3,5318900000	3,5318943339	0,00012

7 Synthèse des résultats

Les résultats fournis par le *Code_Aster* coïncident avec les valeurs de référence.