SZLZ106 - Fatigue sous sollicitation aléatoire

Résumé :

Ce test a pour but le calcul du dommage à partir d'une sollicitation aléatoire qui est caractérisée par ses moments spectraux.

A partir des moments spectraux du chargement aléatoire on détermine le dommage moyen subi par la structure [R7.04.02].

Pour ce faire on dispose de deux méthodes de comptage de cycles de contraintes :

- méthode de comptage des pics de contraintes,
- méthode des dépassements d'un niveau donné.

On teste également diverses possibilités d'introduction la courbe de Wöhler ainsi que la prise en compte du coefficient de concentration élasto-plastique Ke .

Les résultats de référence de ce test sont les valeurs fournies par le logiciel POSTDAM développé par le Département REME (EDF-DER-EP).

Les résultats fournis par l'opérateur POST_FATI_ALEA sont tout à fait identiques à ceux fournis par le logiciel POSTDAM.

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

1 Problème de référence

L'analyse consiste à déterminer le dommage moyen subi par une pièce soumise à un chargement aléatoire.

Le chargement de type aléatoire est entièrement caractérisé par les valeurs des moments spectraux d'ordre 0, 2 et 4 : λ_0, λ_2 et λ_4 qui sont introduits sous les mots clés MOMENT_SPEC_0, MOMENT_SPEC_2 et MOMENT_SPEC_4.

Pour le calcul du dommage il faut choisir une méthode de comptage parmi les deux disponibles dans *Code_Aster* :

- méthode de comptage des pics de contraintes,
- méthode de comptage de dépassement d'un niveau donné.

Il faut de plus introduire la courbe de Wöhler du matériau qui peut être définie sous trois formes mathématiques distinctes :

- fonction point par point, qui donne la valeur du nombre de cycles à la rupture, en fonction de la contrainte alternée S_{alt},
- forme analytique de Basquin : $D = A\, S_{alt}^{\beta}$
- forme analytique "zone courante"

S_{alt} = contrainte alternée = $1/2\,(E_C/E)\,\Delta\sigma$

$$X = \log_{10}(S_{alt})$$

$$N = 10^{a0 + a1\,X + a2\,X^2 + a3\,X^3}$$

$$D = \begin{cases} 1./N & \text{si } S_{alt} \geq S_l \\ 0. & \text{sinon} \end{cases}$$

où E_C = Module d'Young associé à la courbe de fatigue du matériau,
E = Module d'Young utilisé pour déterminer les contraintes,
les constantes du matériau $a0$, $a1$, $a2$ et $a3$,
et S_l la limite d'endurance du matériau.

De plus, on peut éventuellement tenir compte d'un coefficient de concentration élasto-plastique Ke, défini par :

$$\begin{cases} K_e = 1 & si \quad \Delta\sigma < 3\,S_m \\ K_e = 1 + (1-n)/(\Delta\sigma/3\,S_m - 1)/(n(m-1)) & si \quad 3\,S_m < \Delta\sigma < 3\,m\,S_m \\ K_e = 1/n & si \quad 3\,m\,S_m < \Delta\sigma \end{cases}$$

où S_m est la contrainte maximale admissible,
et n et m deux constantes dépendant du matériau.

Dans ce test, pour un chargement aléatoire donné unique, on détermine le dommage moyen dans dix configurations distinctes, selon la forme de la courbe de Wöhler et la méthode de comptage de cycles.

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

1.1 Propriétés de matériaux pour l'étude de la fatigue

Les propriétés du matériau concernent la donnée d'une courbe de Wöhler permettant de déterminer le nombre de cycles à la rupture pour un niveau de chargement donné.

1.1.1 Courbe de Wöhler sous forme analytique Basquin

Configuration 1

A	β
1.0017309939 E–14	4.065

Configuration 2

A	β
32. E–13	5.

1.1.2 Courbe de Wöhler sous forme "zone courante"

Paramètres de définition de la configuration 3 :

$a0$	$a1$	$a2$	$a3$	Ec	E	Sl
11.495	–5.	0.25	–0.07	220000.	200000.	5.

Paramètres de définition de la configuration 4 :

$a0$	$a1$	$a2$	$a3$	Ec	E	Sl
11.495	–5.	0.25	–0.07	220000.	200000.	5.

De plus, on prend on compte un coefficient de concentration élasto-plastique Ke défini par les paramètres pour cette configuration.

Sm	n	m
60.	0.6	1.4

1.1.3 Courbe de Wöhler sous forme fonction point par point (configuration 5)

S_{alt}	1.	2.	5.	25.	30.	35.	40.
N	3.125E+11	976562.5E+4	1.E+8	32000.	12860.09	5949.899	3051.76

S_{alt}	45.	50.	55.	60.	65.	70.	75.
N	1693.51	1000.0	620.921	401.8779	269.329	185.934	131.6869

S_{alt}	80.	85.	90.	95.	100.	105.	110.
N	95.3674	70.4296	52.9221	40.3861	31.25	24.4852	19.40379

S_{alt}	115.	120.	125.	130.	135.	140.	145.
N	15.5368	12.55869	10.23999	8.41653	6.96917	5.81045	4.8754

S_{alt}	150.	155.	160.	165	170.	175.	180.
N	4.11523	3.49294	2.98023	2.55523	2.20093	1.90397	1.65382

S_{alt}	185.	190.	195.	200.
N	1.44209	1.26207	1.10835	0.976562

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

1.2 Histoire du chargement

Le chargement aléatoire est entièrement caractérisé par les valeurs des moments spectraux :

λ_0	λ_2	λ_4
182.5984664	96098024.76	6.346193569E+13

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Les valeurs de référence mentionnées dans ce document sont les valeurs fournies par le logiciel POSTDAM développé par le Département REME.

2.2 Résultats de Référence

	Configuration 1		**Configuration 2**	
Méthode de comptage	Niveau	PIC	Niveau	PIC
Dommage moyen	3.851827E–7	3.853037E–7	3.129527E–3	3.129848E–3

	Configuration 3		**Configuration 4**	
Méthode de comptage	Niveau	PIC	Niveau	PIC
Dommage moyen	2.298920E–3	2.299282E–3	2.298920E–3	2.299282E–3

	Configuration 5	
Méthode de comptage	Niveau	PIC
Dommage moyen	3.129531E–3	3.129903E–3

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

3 Modélisation A

3.1 Valeurs testées

Configuration 1 : Méthode dépassement de niveau		Configuration 1 : Méthode pics de contraintes	
	Référence		Référence
Dommage moyen	3.851827E – 7		3.853037E – 7

Configuration 2 : Méthode dépassement de niveau		Configuration 2 : Méthode pics de contraintes	
	Référence		Référence
Dommage moyen	3.129527E–3		3.129848E–3

Configuration 3 : Méthode dépassement de niveau		Configuration 3 : Méthode pics de contraintes	
	Référence		Référence
Dommage moyen	2.298920E–3		2.299282E–3

Configuration 4 : Méthode dépassement de niveau		Configuration 4 : Méthode pics de contraintes	
	Référence		Référence
Dommage moyen	2.298920E–3		2.299282E–3

Configuration 5 : Méthode dépassement de niveau		Configuration 5 : Méthode pics de contraintes	
	Référence		Référence
Dommage moyen	3.129531E–3		3.129903E–3

4 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus avec *Code_Aster* sont tout à fait semblables à ceux fournis par le logiciel POSTDAM.

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