# SZLZ101 - Calcul du dommage/Méthode RAINFLOW

**Résumé :**

Ce test a pour but le calcul du dommage à partir d'une histoire de chargement en contraintes.

A partir d'une histoire de chargement simple définie par DEFI_FONCTION, on extrait les cycles élémentaires par la méthode de comptage de cycles du RAINFLOW [R7.04.01], puis on calcule le dommage élémentaire associé à chaque cycle, par interpolation sur la courbe de Wöhler du matériau.

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

Pour finir, on détermine le dommage total subi par la pièce en cumulant tous les dommages élémentaires par la règle linéaire de Miner.

Cet exemple est un test de validation du logiciel POSTDAM développé par le Département REME, fourni dans le manuel de validation de la version 1.0 de ce logiciel.

Les résultats fournis par l'opérateur POST_FATIGUE 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

## 1.1 Géométrie

L'analyse consiste à déterminer le dommage subi par une pièce en un point auquel on fournit l'histoire de chargement en contraintes.

A partir d'une histoire de chargement simple définie par DEFI_FONCTION, on extrait les cycles élémentaires par la méthode de comptage de cycles de RAINFLOW [R7.04.01], puis on calcule le dommage élémentaire associé à chaque cycle, par interpolation sur la courbe de Wöhler du matériau.
On teste diverses possibilités d'introduire la courbe de Wöhler et la prise en compte ou non d'un coefficient de concentration élasto-plastique :

- La courbe de Wöhler est définie sous la forme :

$$S_{alt} = \text{contrainte alternée} = 1/2(E_C/E)\Delta\sigma \qquad X = \text{LOG}_{10}(S_{alt})$$
$$N = 10^{a0+a1X+a2X^2+a3X^3} \qquad D = \begin{cases} 1/N \text{ si } S_{alt} \geq S_I \\ 0. \text{ sinon} \end{cases}$$

avec :
$E_C$ = 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 $S_I$ la limite d'endurance du matériau.

- La courbe de Wöhler est définie sous la même forme et de plus on tient compte d'un coefficient de concentration élasto-plastique défini par :

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

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

- La courbe de Wöhler est définie sous la forme analytique de Basquin : $D = A\,S_{alt}^{\beta}$

Pour finir, on détermine le dommage total subi par la pièce en cumulant tous les dommages élémentaires par la règle linéaire de Miner.

## 1.2 Propriétés de matériaux

Paramètres de définition de la courbe de Wöhler :

| $a0$ | $a1$ | $a2$ | $a3$ | $Ec$ | $E$ | $Sl$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 55.81 | –43.06 | 11.91 | –1.16 | 200000. | 200000. | 180. |

Paramètres de définition du coefficient de concentration élasto-plastique $Ke$ :

| $Sm$ | $n$ | $m$ |
|---|---|---|
| 126. | 0.3 | 1.7 |

Paramètres de définition de la courbe de Wöhler sous forme analytique de Basquin :

| $A$ | $\beta$ |
|---|---|
| 1.001730939 E-14 | 4.065 |

**Histoire du chargement**

| $t$ | 0. | 1. | 2. |
|---|---|---|---|



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

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\sigma(t)$ | 0. | 1000. | 0. |



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

# 2 Solution de référence

## 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Ce test est issu du manuel de validation du logiciel POSTDAM version 1.0. Les solutions de référence sont données dans ce document.

## 2.2 Résultats de référence

Le comptage des cycles élémentaires par la méthode RAINFLOW conduit à :

Nb_Cycl = 1 Cycle 1 Vale_Min : 0. Vale_Max : 1000.

- **Premier appel** à POST_FATIGUE :

  Cycle 1 Dommage : 2.858503E–4

  Le calcul du dommage total par cumul linéaire de Miner :

  Dommage : 2.858503E–4

- **Deuxième appel** à POST_FATIGUE :

  Cycle 1 Dommage : 1.224941E–2

  Le calcul du dommage total par cumul linéaire de Miner :

  Dommage : 1.224941E–2

- **Troisième appel** à POST_FATIGUE :

  Cycle 1 Dommage : 9.377005E–4

  Le calcul du dommage total par cumul linéaire de Miner :

  Dommage : 9.377005E–4

## 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

## 2.4 Références bibliographiques

1.Manuel de validation POSTDAM 1.0. Fournier I., Vatin E. HP-14/93/016/B.



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

# 3 Modélisation A

## 3.1 Grandeurs testées et résultats

| Identification | | Référence |
|---|---|---|
| NB_CYCL | | 1. |
| Cycle 1 | VALE_MIN | 0. |
| | VALE_MAX | 1000. |
| **Premier appel à POST_FATIGUE :** | | |
| Cycle 1 | DOMMAGE | 2.858503E–4 |
| DOMM_CUMU | | 2.858503E–4 |
| **Deuxième appel à POST_FATIGUE :** | | |
| Cycle 1 | DOMMAGE | 1.22494E–2 |
| DOMM_CUMU | | 1.22494E–2 |
| **Troisième appel à POST_FATIGUE :** | | |
| Cycle 1 | DOMMAGE | 9.377005E–4 |
| DOMM_CUMU | | 9.377005E–4 |

# 4 Synthèse des résultats

Les résultats fournis par *Code_Aster* sont parfaitement identiques aux valeurs de référence.



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