

Modélisation de l'endommagement de fluage-fatigue d'un alliage de Nickel pour récepteur solaire

H. Morch, L. Duchêne, A-M Habraken

helene.morch@uliege.be

PARTENAIRES



RÉSUMÉ

Le fonctionnement des centrales solaires thermodynamiques repose sur le récepteur solaire constitué de tubes d'alliage de nickel soumis à un chargement thermomécanique de fluage-fatigue.

Pour garantir une durée de vie optimale à ces récepteurs (environ 30 ans), il est nécessaire d'établir un modèle fiable afin de prédire l'endommagement des tubes sous des chargements complexes. En effet, les modèles simplifiés du type sommation linéaire utilisés jusqu'à présent dans l'industrie ont tendance à être trop conservatifs, ce qui mène à un surdimensionnement des récepteurs.

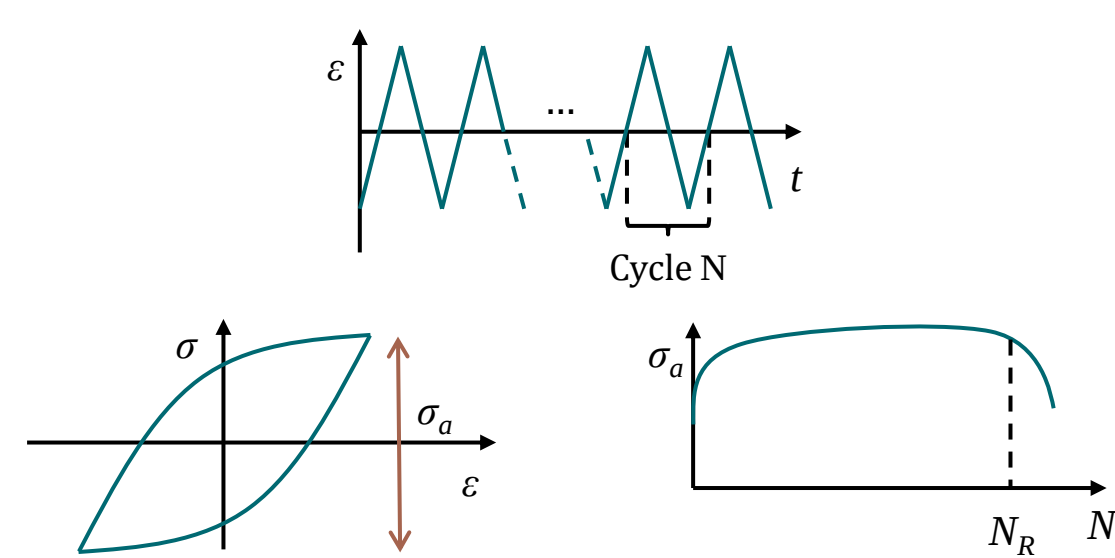
MODÈLE

Modèle phénoménologique de Lemaitre et Chaboche ⁽¹⁾

L'état d'endommagement du matériau est caractérisé par une variable D

$$D = D_f + D_c$$

$$\begin{cases} \text{avec } 0 \leq D \leq D_{crit} \\ D = 0 \leftrightarrow \text{état non endommagé} \\ D = D_{crit} = 0.3 \leftrightarrow \text{amorçage de fissure mésoscopique} \end{cases}$$



Fatigue

Creep (fluage)

$$\dot{D}_f = \left(\frac{Y(\sigma)}{S_f} \right)^{s_f} \dot{p} \quad S_f, s_f : \text{paramètres d'endommagement de fatigue}$$

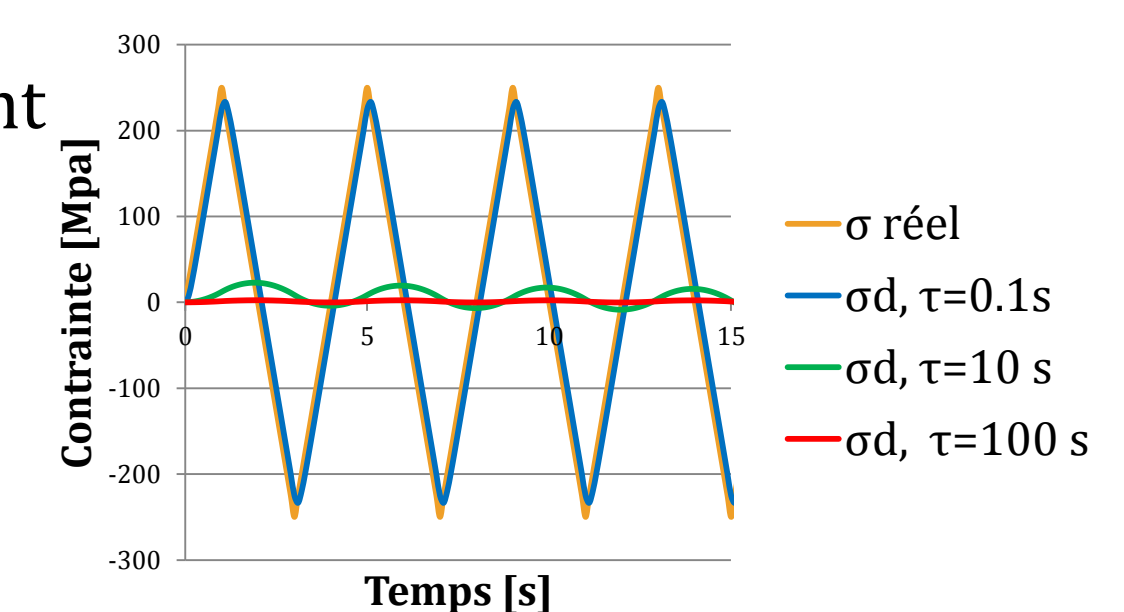
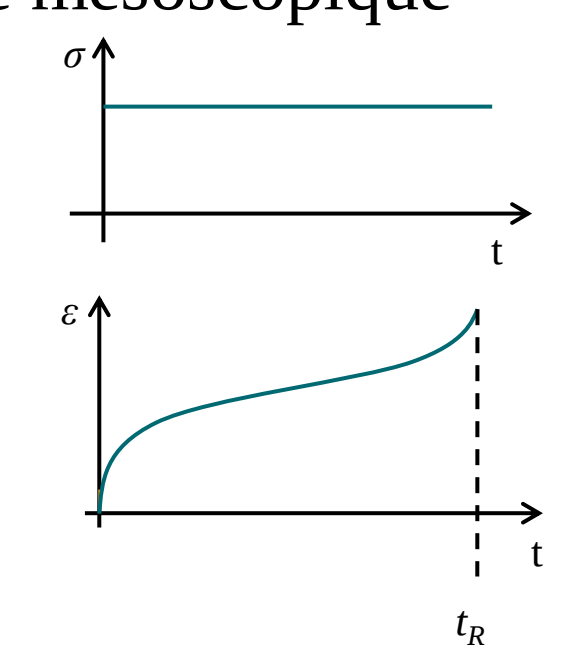
$h=0.2$; prise en compte de la refermeture des micro-défauts

$$Y(\sigma) = \frac{\langle \sigma \rangle^2}{2E(1-D)^2} + \frac{h \langle -\sigma \rangle^2}{2E(1-hD)^2} \quad \langle x \rangle = \begin{cases} x & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

$$\dot{D}_c = \left(\frac{Y(\sigma^d)}{S_c} \right)^{s_c} \frac{1}{(1-D_c)^k} \quad S_c, s_c, k : \text{paramètres d'endommagement de fluage}$$

Contrainte différée⁽²⁾ : la contrainte n'atteint sa valeur nominale qu'après un temps τ

$$\frac{d\sigma^d}{dt} = \frac{\sigma - \sigma^d}{\tau} \quad \text{Temps nécessaire à l'apparition du fluage}$$

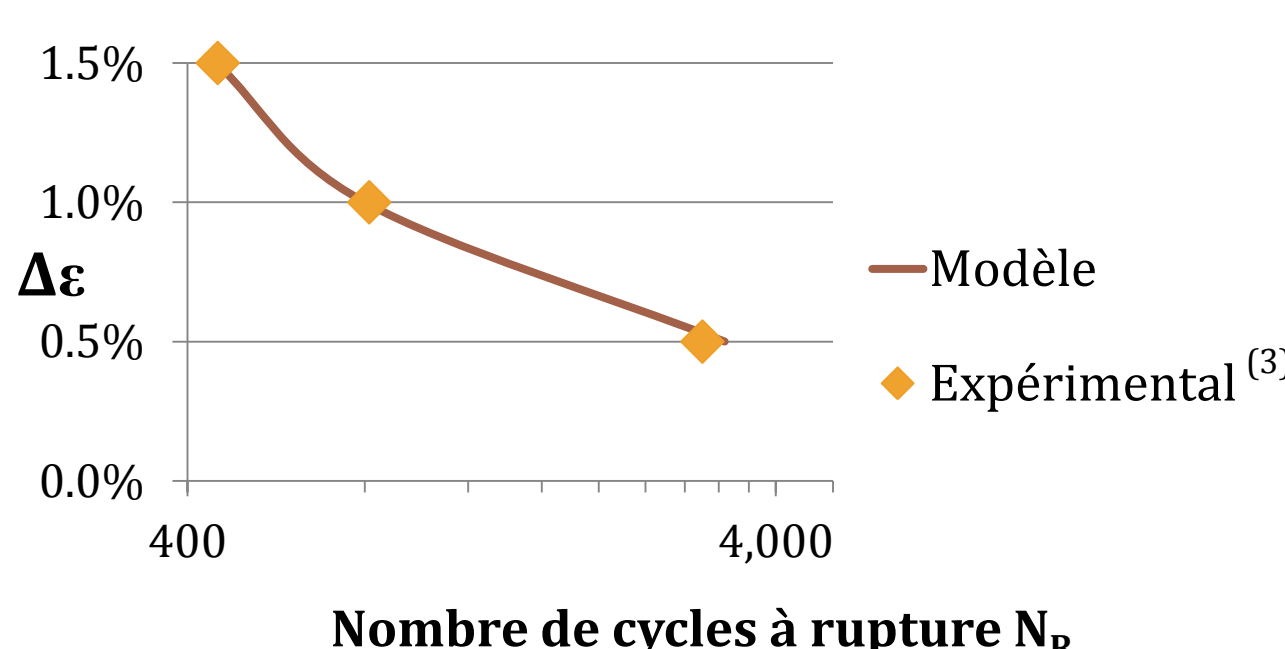


IDENTIFICATION DES PARAMÈTRES

Identification de S_f, s_f sur base de la formule du nombre de cycles à rupture N_R en fatigue pure :

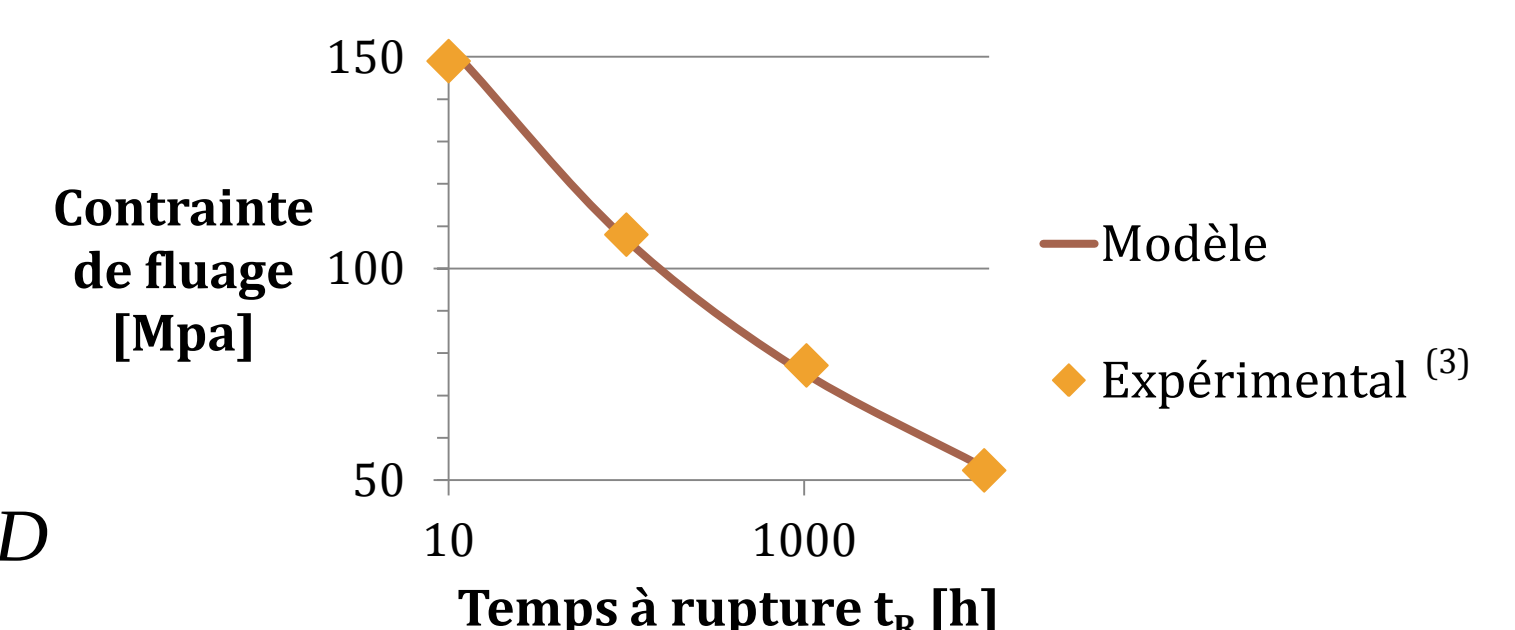
$$N_R \approx \frac{D_{crit}}{\Delta \varepsilon^{vp}} \frac{1}{\left(\frac{\sigma_m^2}{2ES_f} \right)^{s_f} + \left(\frac{h\sigma_m^2}{2ES_f} \right)^{s_f}}$$

Contrainte sur cycle stabilisé



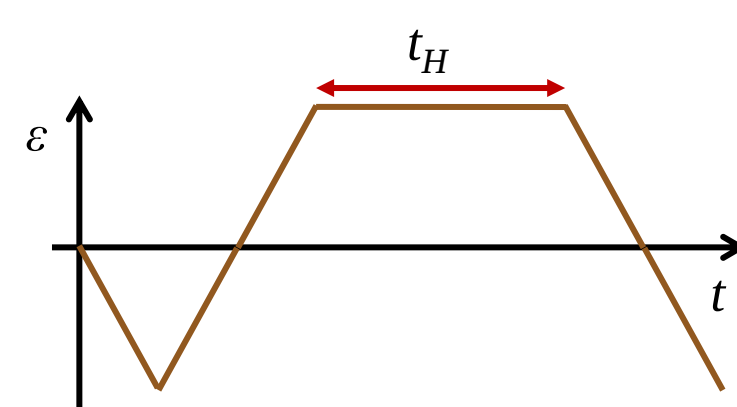
Identification de S_c, s_c et k sur base de la formule du temps à rupture t_R en fluage pur :

$$t_R \approx \tau + \left(\frac{2ES_c}{\sigma^2} \right)^{s_c} \int_0^{D_{crit}} (1-D_c)^{k+2s_c} dD$$

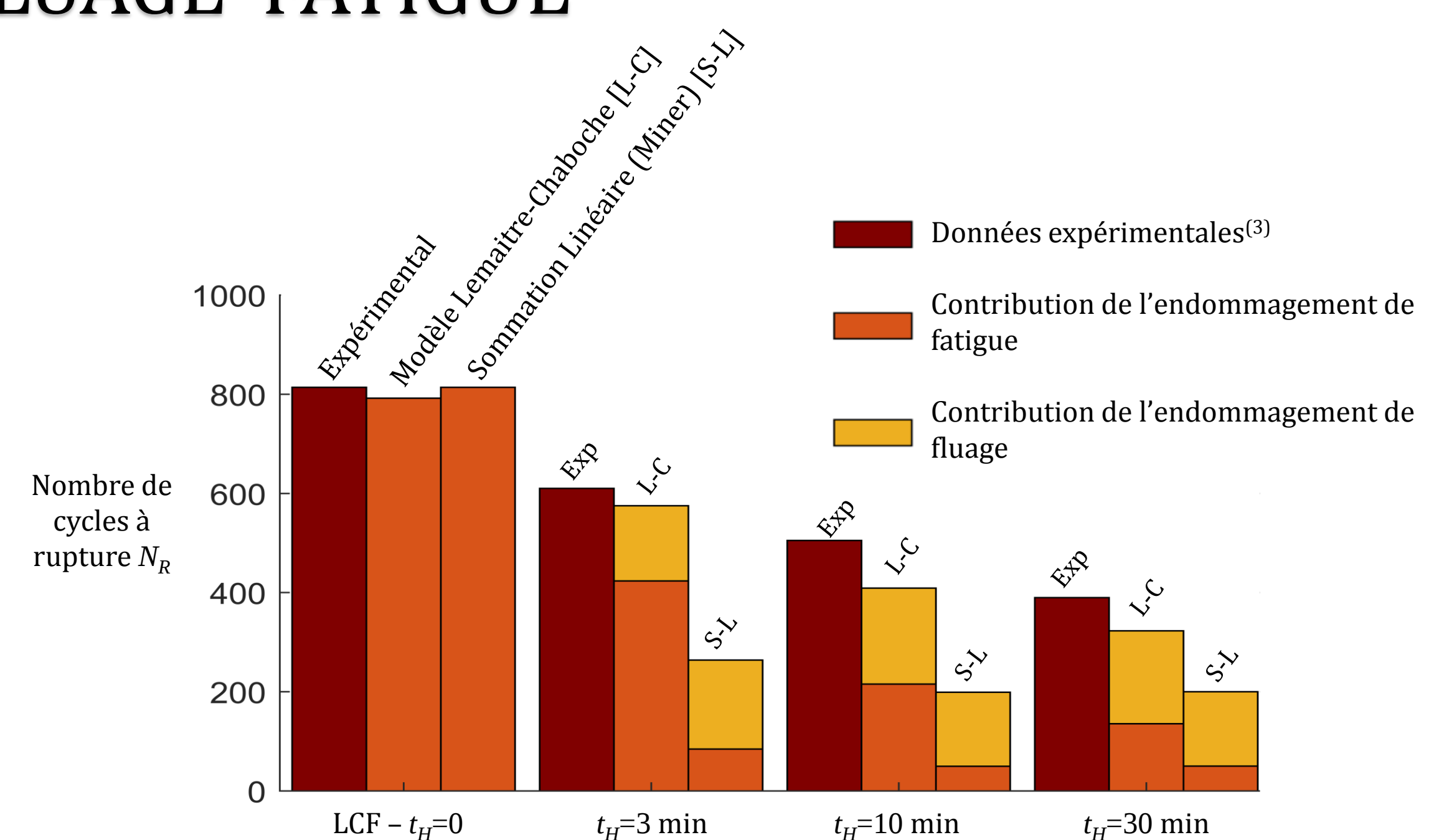


COMBINAISON FLUAGE-FATIGUE

Chargement cyclique avec temps de maintien en traction :



Le modèle Lemaitre-Chaboche donne de meilleurs résultats que la sommation linéaire (Miner). En particulier, la sommation linéaire surestime l'endommagement lié au fluage (un faible nombre de cycles avec fluage mène à la rupture)



RÉFÉRENCES

- (1) J. Lemaitre, J. L. Chaboche, A. Benallal, and R. Desmorat, *Mécanique Des Matériaux Solides*, Dunod. Paris, 2009.
- (2) F. Gallerneau and J. L. Chaboche, "Fatigue Life Prediction of Single Crystals for Turbine Blade Applications," *Int. J. Damage Mech.*, vol. 8, no. 4, pp. 404-427, 1999.
- (3) X. Chen, "High Temperature Creep-Fatigue Behavior of Alloy 617 and Alloy 230," University of Illinois at Urbana-Champaign, 2012.