



**HAL**  
open science

## Analyse énergétique du comportement thermomécanique du PA6.6

Adil Benaarbia, André Chrysochoos, Gilles Robert

► **To cite this version:**

Adil Benaarbia, André Chrysochoos, Gilles Robert. Analyse énergétique du comportement thermomécanique du PA6.6. DEPOS25, Mar 2014, Giens, France. 2 p. hal-00938140

**HAL Id: hal-00938140**

**<https://hal.science/hal-00938140>**

Submitted on 29 Jan 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# ANALYSE ENERGETIQUE DU COMPORTEMENT THERMOMECHANIQUE DU PA6.6

---

Adil BENAARBIA <sup>1,2,\*</sup>, André CHRYSOCHOOS <sup>1</sup> et Gilles ROBERT <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Montpellier 2, LMGC, CNRS, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier, France

<sup>2</sup> Solvay Engineering Plastics, Centre de Simulation et Validation des Applications, Avenue Ramboz – BP64 – 69192 Saint fons, France

\* abenaarb@univ-montp2.fr

## RESUME

Cette étude présente une analyse thermomécanique du comportement en fatigue oligocyclique du polyamide 6.6. Des bilans d'énergie sont réalisés en utilisant, de façon combinée, des techniques d'imagerie quantitative visible et infrarouge. Les champs de température sont obtenus par thermographie et les champs de déformation par corrélation d'images. Sur un cycle de chargement, on montre comment il est possible d'estimer séparément les sources de chaleurs moyennes par cycle, sources associées aux mécanismes dissipatifs et induites par les effets de couplage thermomécanique. On montre ensuite, pour différentes fréquences de chargement, l'évolution du bilan d'énergie moyen par cycle sur une zone matérielle correspondant à la partie utile de l'éprouvette [1]. Ce bilan prend en compte l'énergie de déformation, les chaleurs mises en jeu et les variations d'énergie interne. On observe que la forme du bilan d'énergie est très fortement dépendante de la fréquence pour un niveau et un rapport de charge donnés.

## MOTS CLES

Dissipation, thermoélasticité, fatigue, polyamide 6.6

## INTRODUCTION

Le comportement rhéologique du polyamide 6.6 (PA6.6) a fait l'objet de beaucoup de travaux. Ce polymère est souvent considéré comme un matériau modèle pour la famille des thermoplastiques semi-cristallins [2]. Si le comportement mécanique a été souvent abordé, plus rares sont les mesures thermiques et énergétiques associées à l'analyse du comportement de ce matériau. Pourtant, les signatures thermodynamiques peuvent contenir des informations importantes relatives à l'état microstructural du matériau, via notamment son niveau de dissipation et/ou ses variations d'énergie interne. Ces signatures permettent d'évaluer le niveau de dégradation du matériau étudié, ce qui peut se révéler fort utile dans l'optique d'une estimation de sa tenue en fatigue.

Une démarche expérimentale a donc été développée pour suivre, cycle par cycle, le comportement énergétique des éprouvettes de PA6.6 sollicitées en traction-traction uniaxiale cyclique [1].

Ce qui suit décrit brièvement la démarche expérimentale adoptée et les résultats obtenus.

## MATERIAUX ET METHODES

Des éprouvettes de PA6.6 ont été sollicitées cycliquement (traction-traction cyclique). Les échantillons ont été fournis par *Solvay Engineering Plastics* de St Fons sous forme de plaques injectées et les éprouvettes ont toutes été réusinées en laboratoire. Les échantillons ont été peints en noir sur une face afin que leur émissivité soit la plus proche de celle d'un corps noir. Sur l'autre face, un mouchetis a été déposé afin d'effectuer des mesures cinématiques par corrélation. Tous les essais ont été menés sur une machine MTS équipée d'une cellule d'effort de  $\pm 25$  kN et dotée de mors hydrauliques. Les essais ont été réalisés à deux niveaux de fréquences de sollicitation ( $f_s=1$  et 10 Hz) avec un rapport de charge de 0.1.

Une caméra IR (fréquence d'acquisition 25Hz, résolution spatiale 160×128 pixels et un temps d'intégration de 400µs) nous a permis d'obtenir des cartographies de champs de température de surface et puis, *via* l'équation de diffusion, remonter à la mesure des sources de chaleurs mises en jeu. Ce dispositif de mesure thermique permet d'avoir des précisions appréciables mais requiert des précautions expérimentales importantes (étalonnage et dérive de la caméra [3], isolation des perturbations extérieures...). D'autre part, une caméra visible a été utilisée pour mesurer des champs de déplacements à partir desquels on a déduit les déformations. On a pour cela utilisé le logiciel de corrélation d'image de granularité *Kelkins* développé par l'équipe ThM2 de LMGC [4].

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les différentes énergies mises en jeu ont été déterminées à partir des mesures de température et de déformation. Les contraintes ont été estimées à partir des équations d'équilibre et des mesures cinématiques [4]. Les figures ci-dessous présentent des résultats de bilans d'énergie correspondant aux essais réalisés.

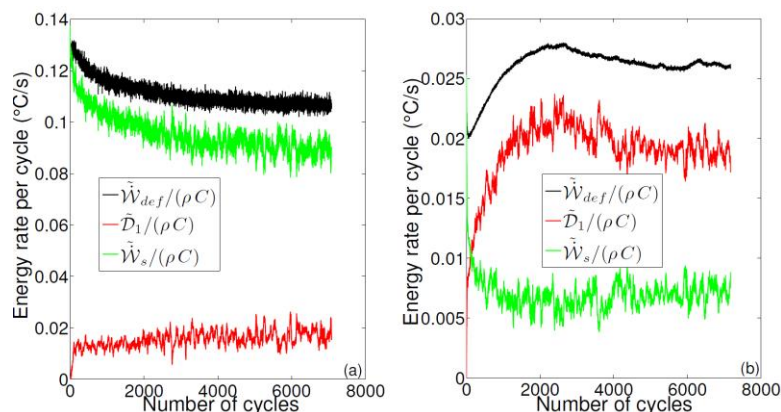


Figure 1 : Bilan d'énergie indiquant les différentes puissances d'énergies mises en jeu pour un polyamide 6.6 sollicité en traction-traction à une fréquence de sollicitation de 10Hz (fig.1a) et une fréquence de sollicitation de 1Hz (fig.1b).

Les résultats indiqués montrent l'effet de fréquence de sollicitation sur la forme du bilan énergétique. Les hautes fréquences (fig.1a) favorisent le stockage plutôt que la dissipation d'énergie alors que les faibles fréquences (fig.1b) montrent un niveau de dissipation élevé. Ces résultats devront être exploités lors de l'identification des modèles de comportement en fatigue actuellement en cours d'élaboration.

## CONCLUSIONS

La détermination des termes sources de chaleur et de l'énergie mécanique se révèle indispensable pour l'estimation de l'énergie stockée (au moins temporairement) par le matériau. Ces premiers résultats énergétiques sont encourageants et offrent des garde-fous importants pour éprouver la validité des modèles de comportement et les critères de fatigue.

## REFERENCES

- [1] A. Chrysochoos. *Energy balance for elastic plastic deformation at finite strain (in French)*. Journal de Mécanique théorique et appliquée, 5 :589–614, 1985.
- [2] A. Launay and M. H. Maitournam and Y. Marco and I. Raoult and F. Szmytka. *Cyclic behavior of short glass fibre reinforced polyamide : Experimental study and constitutive equations*. International Journal of Plasticity, 27 :1267–1293, 2011.
- [3] T. Boulanger and A. Chrysochoos and C. Mabru and A. Galtier. *Calorimetric analysis of dissipative and thermoelastic effects associated with the fatigue behavior of steels*. International Journal of Fatigue, 26 :221–229, 2004.
- [4] B. Wattrisse and A. Chrysochoos and J. M. Muracciole and M. Némoz- Gaillard. *Kinematic manifestations of localisation phenomena in steels by digital image correlation*. European Journal of Mechanics - A/Solids, 20 :189 – 211, 2001