



CENTRE DES MATERIAUX
P.M.FOURT



S *ÉMINAIRE du 15 juin 2016*

Rayonnement synchrotron et tomographie appliqués en science des matériaux.



ROLES, CAPACITES ET MAINTENANCE DE LA TOMOGRAPHIE RX

Nicolas Cochenec

La tomographie RX est une technique de Contrôle Non Destructif utilisée dans l'industrie pour le contrôle santé matière et dimensionnel de pièces. Plusieurs types de contrôles sont envisageables suivant le besoin du client et les critères définis dans les spécifications du produit, allant de l'expertise au cas par cas, au contrôle de masse en production. Dans un premier temps, seront présentés les différents types d'utilisation des tomographes RX, un comparatif des machines suivant leurs performances et les principales étapes d'un contrôle type industriel.

Le suivi de l'installation radiologique est primordial pour certifier l'Assurance Qualité d'un contrôle / produit. Elle est régie par des spécifications et/ou des vérifications périodiques définies selon le retour d'expérience. Ces vérifications permettent généralement de mettre en avant une dérive du moyen pour ensuite réaliser une action curative / corrective. Dans un second temps, seront présentées les études faites sur les détecteurs comme indicateur de vieillissement, les méthodes de mesure des tailles de foyer ainsi que la mesure de la résolution spatiale avec un Indicateur Qualité d'Image (IQI) pour la tomographie RX.

DEVELOPPEMENT D'UNE MACHINE DE TRACTION IN-SITU EN TOMOGRAPHIE : APPLICATION AUX POLYMERES ET COMPOSITES

François Rasselet^{1,2}, Sébastien Joannes¹, Jacques Renard¹, Emilie Roche², Sébastien Pautard²
1 : Centre des Matériaux, MINES ParisTech, PSL - Research University, MAT -CNRS UMR 7633, BP87 91003 Evry, France.

2 : Safran Composites, 33 Avenue de la gare, 91760 Itteville, France.

A l'origine utilisée en imagerie médicale, la tomographie est aujourd'hui un moyen de contrôle non destructif couramment utilisé dans le domaine des matériaux. Cette technique est à la fois pratiquée dans l'industrie, pour le contrôle des défauts de pièces en vue de leur validation, que dans la recherche, pour l'observation et la compréhension de l'influence la microstructure sur le comportement des matériaux. Dans ce but, une machine de traction in-situ en microtomographie RX a été développée au Centre des Matériaux. Ce nouveau moyen d'essais est conçu pour supporter une charge maximale élevée et s'adapte donc à différents types de matériaux. Sa conception répond à un cahier des charges précis, spécifique à l'utilisation en synchrotron et en fait une machine adaptable sur plusieurs lignes de lumière. Fruit du travail de différents acteurs du laboratoire, cette machine a pu être testée lors d'une campagne d'essais polymères et composites sur la ligne Psiché du synchrotron Soleil. La ligne Psiché, équipée du contraste de phase, permet une reconstruction riche aux interfaces, de matériaux dont les coefficients d'atténuation linéaires sont proches. L'utilisation couplée de la machine de traction in-situ et du contraste de phase montre la possibilité d'observer nettement l'évolution des porosités présentes dans un polymère (PA11) avant sa rupture et l'endommagement dans un composite à matrice organique renforcé par des fibres courtes de carbone selon le sens préférentiel des fibres.

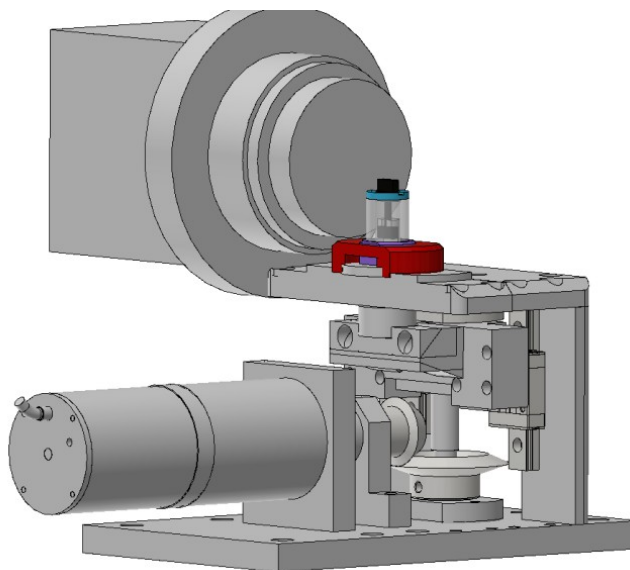


Figure 1. Machine de traction in-situ en tomographie RX du Centre des Matériaux

ETUDE TRIDIMENSIONNELLE DES PREMIERS STADES DE LA PLASTICITE DANS UN POLYCRISTAL PAR COUPLAGE 3DXRD ET CPFEM

N. Gueninchault¹, S. Forest¹, W. Ludwig¹, H. Proudhon¹

¹MINES ParisTech, PSL Research University, MAT - Centre des matériaux

² ESRF, The European Synchrotron

Largement étudié en deux-dimensions grâce à l'essor de la microscopie électronique (type EBSD) [1], l'observation du comportement local des grains d'un polycristal en trois dimensions se heurte toujours à de fortes difficultés expérimentales. L'apparition de la 3DXRD [2] au début des années 2000 a apporté un nouvel outil puissant pour l'observation du comportement individuel des grains d'un polycristal, mais l'étude des phénomènes locaux est toujours un champ actif de recherches.

La première topotomographie [3] in-situ sur un cluster de 3 grains a été réussie sur la ligne ID-11 de l'ESRF grâce à une machine de traction-fatigue spécifiquement connue. Les premiers stades de la plasticité ont pu être ainsi observés grâce aux changements locaux de la condition de diffraction [4]. Une forte localisation de la déformation plastique a été observée et l'apparition d'une ou plusieurs bandes de glissement a été capturée, en fonction de la charge appliquée sur l'échantillon et de l'orientation du grain concerné. Une analyse à la fois globale (rocking curves) et locale met en évidence des directions préférentielles de l'activité plastique correspondant aux systèmes avec les plus forts facteurs de Schmid, mais aussi des événements secondaires où des systèmes à plus faibles FS sont actifs.

Ces informations locales ont été couplées aux données issues de la tomographie par contraste de diffraction (DCT), permettant de connaître la microstructure de tout l'échantillon (localisation, forme, et orientation des grains) [5]. Cette reconstruction a été utilisée pour générer un maillage réaliste utilisé pour des calculs aux éléments finis [6]. Une loi de plasticité cristalline dans le cadre des grandes déformations est assignée à chaque grain, dépendant de son orientation, et les résultats des calculs permettent d'accéder aux rotations locales du réseau dans chaque grain. Des modèles d'ordre supérieur [7] permettent aussi d'accéder directement aux courbures du réseau cristallin.

Ces résultats peuvent être directement comparés aux reconstructions issues des méthodes expérimentales, et utilisés pour générer des topographies des grains concernés.

[1] Michael D. Sangid, The physics of fatigue crack initiation, IJF (2013)

[2] H.F. Poulsen, Three-Dimensional X-Ray Diffraction Microscopy, Springer (2004)

[3] W. Ludwig & al, High-resolution three-dimensional mapping of individual grains in polycrystals by topotomography, J. Appl. Cryst. (2007)

[4] W. Ludwig & al., Three-dimensional imaging of crystal defects by 'topo-tomography', J. Appl. Cryst. (2001)

[5] W. Ludwig & al, X-ray diffraction contrast tomography: A novel technique for three-dimensional grain mapping of polycrystals. 1. Direct beam case, J. Appl. Cryst. (2008)

[6] H. Proudhon & al, Coupling Diffraction Contrast Tomography with the Finite Element Method, AEM (2015)

[7] S. Forest, Micromorphic approach for gradient elasticity, viscoplasticity and damage, ASCE (2009)

A SYNCHROTRON TOMOGRAPHY BEAM LINE FOR MATERIALS SCIENCE

Andrew King, Synchrotron SOLEIL

PSICHE is the high energy beam line of the SOLEIL synchrotron, featuring a tomography instrument optimized for in-situ materials science experiments. This talk will give an overview of the beam line, and present the tomograph, giving examples from recent user experiments. Particular attention will be given to planned future developments in combining 3D imaging and diffraction for a more complete understanding of samples and processes.



Vous pouvez nous contacter:

par courrier postal:

Centre des Matériaux
Mines ParisTech
CNRS UMR 7633
10 Rue Henry Desbrières, BP 87
F-91003 Evry cedex, FRANCE

par téléphone : +33 1 60 76 30 00
par fax : +33 1 60 76 31 50
par courrier électronique semteam@mat.ensmp.fr
Site web : <http://www.mat.ensmp.fr>

Equipe séminaire :

Raphaël CUSSET (B127)