
Imagerie par balayage pour la mécanique : Microscopie à Force Atomique (AFM) et Électronique à Balayage (MEB)

Eva Héripré*¹ and Olivier Arnould*²

¹Laboratoire Procédés et Ingénierie en Mécanique et Matériaux – École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM) – France

²LMGC, Université de Montpellier, CNRS – Université de Montpellier, CNRS : UMR5508 – France

Résumé

L'étude du comportement mécanique des matériaux nécessite aujourd'hui de descendre aux échelles micro- et nanoscopiques pour identifier les mécanismes physiques à l'origine de la déformation réversible ou irréversible et à la rupture. Ce cours propose une initiation à deux techniques d'imagerie par balayage répandues en science des matériaux : la Microscopie Electronique à Balayage (MEB) et la Microscopie à Force Atomique (AFM). Après un bref historique des techniques et de leur évolution, les principes de base de formation de l'image (interaction sonde-matière, capteurs, balayage, etc.) seront introduits. Les dispositifs expérimentaux actuels typiques avec leur précision/résolution et les temps d'obtention d'une image suivant les conditions expérimentales et les modes d'imagerie les plus classiques seront présentés. Comme tout appareil de mesure, des artefacts peuvent subsister malgré l'optimisation des réglages. En se concentrant sur les artefacts pouvant générer des incertitudes de mesures mécaniques, nous verrons quels sont les paramètres à optimiser lors de la formation de l'image pour minimiser les artefacts de mesure et/ou les corrections possibles ainsi que les calibrations nécessaires. Le cours se terminera par un ensemble d'exemples issus de la bibliographie pour lesquels un MEB et/ou un AFM est utilisé pour réaliser des images au cours d'essais mécaniques. Ces images servent ensuite à extraire des données cinématiques via la corrélation d'images 2D voire 2,5D. Nous donnerons des exemples d'essais réalisés dans différents environnements, en température ou encore sous chargement électromagnétique afin de mettre en évidence la diversité d'applications envisageable. Pour finir, nous aborderons le cas de caractérisations plus "directes" du comportement élastique par AFM ou l'utilisation de faisceau FIB pour miniaturiser les essais in situ MEB. En conclusion, nous dresserons un bilan critique des performances respectives de ces deux techniques en termes de résolution, de taille/dimensions et de vitesses d'acquisition de l'image ainsi que des limites intrinsèques (matériaux non conducteurs, environnement, ...).

*Intervenant