

# Analyses Multiphysiques Locales pour les Micronanotechnologies

Roland FORTUNIER René Yves FILLIT

Centre SMS, UMR CNRS 5146, 158, cours Fauriel, F-420, Saint-Etienne Cedex 2

De nombreux produits issus des Micronanotechnologies font aujourd'hui partie de notre quotidien. Il s'agit aussi bien du classique microordinateur que d'objets communicants comme des téléphones mobiles ou les GPS, ou même des composants de sécurité tels que les déclencheurs d'airbag. Pour tous ces produits, comme pour les autres, le coût de fabrication et la fiabilité sont des atouts différenciant, de sorte que la plupart des constructeurs investissent beaucoup dans le suivi des caractéristiques du produit en cours de fabrication. Toutefois, compte tenu de leurs dimensions et de l'organisation de leur production, cette maîtrise requiert des outils spécifiques adaptés. Parmi ces outils, ceux permettant de déterminer des caractéristiques physiques ou mécaniques se sont considérablement développés. Dans cet exposé, nous nous limiterons à la thermique et à la mécanique du solide. Dans un premier temps, les spécificités liées aux micronanotechnologies seront rappelées. Il s'agit principalement de l'organisation de la production et des dimensions spécifiques qui leur sont associées. Nous verrons par exemple que les produits ainsi fabriqués peuvent subir ou profiter des contraintes mécaniques locales générées, à condition de savoir les prévoir et/ou les déterminer expérimentalement. De même, nous verrons que de faibles variations dans le procédé de fabrication peuvent générer de grandes différences de comportement. Nous nous focaliserons ensuite sur un outil de caractérisation thermique locale. Cet outil de thermographie infrarouge permet d'afficher une résolution spatiale proche du micromètre, et ainsi de mesurer des champs thermiques dans des microsystèmes en fonctionnement. Quelques exemples permettront d'illustrer l'utilisation de ce type de mesure : • Mise en évidence d'échauffements locaux dans un microtuner, • Validation d'un système de refroidissement dans un microinterrupteur, • Distribution de température dans un microfiltre en fonction de la fréquence, • Dimensionnement thermique d'une microcapacité variable. La fin de l'exposé sera consacrée aux méthodes actuellement utilisées pour analyser localement les contraintes internes dans les microcomposants. Nous essaierons de dresser une liste des outils disponibles avec leurs caractéristiques, puis nous nous concentrerons sur ceux issus de la microscopie électronique à balayage. Nous présenterons en détails une méthode de corrélation d'images obtenues par diffraction d'électrons. Deux exemples d'application de cette méthode seront donnés : • Validation de la méthode sur un essai de flexion quatre points d'un cristal de silicium, • Réalisation de cartographies de déformations élastiques et donc de contraintes internes sur des plots de Si-Ge déposés sur un substrat de silicium. En conclusion, nous donnerons les tendances en cours dans le développement d'outils d'analyse multiphysique locale, ainsi que leur domaine d'application, qui commence à dépasser largement celui des microobjets pour atteindre celui des matériaux de structure.