

Résumé

L'industrie se tourne de plus en plus vers les matériaux composites. A l'échelle de la microstructure leur comportement est fortement hétérogène mais à l'échelle de la structure ceux-ci peuvent être considérés homogène. Les méthodes multi-échelles ont été développées pour résoudre les problèmes de structure avec un temps de calcul raisonnable. Ces méthodes sont validées par comparaison avec un calcul numérique où les hétérogénéités sont entièrement maillées.

Dans ce travail de thèse, une structure architecturée modèle a été créée au centre d'une plaque (homogène) mince en acier inoxydable (304L). La cellule unitaire du matériau architecturé est constitué d'un carré avec un trou au centre. L'utilisation d'une caméra à très haute résolution (270 millions de pixels) permet de suivre simultanément l'évolution des déformations aux échelles microscopique et macroscopique. La variation de l'orientation de la structure architecturée modifie les sollicitations appliquées aux cellules unitaires.

Les expériences réalisées ont pour but d'analyser les cinématiques de déformation des cellules unitaires sous un chargement multi-axial. La recherche des cellules ayant une cinématique périodique est réalisée. Il est ainsi montré que les cellules avec une cinématique non périodique correspondent à la zone de transition entre le matériau architecturé et le matériau homogène. La connaissance des cinématiques des cellules permet d'investiguer les changements d'échelles dans le domaine linéaire et non-linéaire. Le passage de l'échelle macroscopique à l'échelle microscopique est particulièrement étudié avec le choix des conditions aux limites.

Le remplacement des cellules ayant une cinématique périodique par un milieu homogène équivalent (MHE) est traité. La géométrie de la cellule unitaire introduit des symétries dans le comportement du MHE, celui-ci devient cubique. Les caractéristiques élastiques du MHE sont obtenus par homogénéisation à partir des résultats expérimentaux. Un critère de Tsai-Hill est identifié dans le domaine non-linéaire.

Le dernier chapitre s'intéresse à la fissuration de la zone architecturée et à l'initiation de la localisation des déformations dans les cellules. Le support de la localisation est calculé à partir du champ des déformations mesuré par CIN. La cinématique de la cellule est enrichie avec une discontinuité et le saut de déplacement normal à la localisation est identifié. Une comparaison avec le saut de déplacement calculé par corrélation d'images étendue à l'échelle macroscopique est menée afin de valider la stratégie d'identification à l'échelle microscopique.

Mots-clés : Corrélation d'images numériques, méthodes multi-échelles, milieu d'ordre supérieur, mécanique non-linéaire.