

OPÉRATEURS EN CHAMPS MOYENS ET APPORTS DE L'IA POUR L'HOMOGENÉISATION NON-LINÉAIRE

Y. CHEMISKY

I2M, Université de Bordeaux, yves.chemisky@univ-grenoble-alpes.fr

L'innovation technologique s'appuie de plus en plus sur l'utilisation des matériaux hétérogènes pour des domaines de pointe (Énergies renouvelables, aéronautique, biomécanique). L'utilisation de ces matériaux est devenue incontournable en raison de leur excellente propriété mécanique spécifiques. Cependant, le comportement thermomécanique résultant de ces microstructures est très complexe. Il présente des mécanismes de déformation non-linéaires dont l'identification demeure un véritable challenge. D'autre part, le comportement de ces matériaux est fortement dépendant du couple matériau-microstructure, il s'agit donc d'une problématique de modélisation multi-échelles. Des approches standard comme la méthode FE2 ont été largement développées dans la littérature pour la simulation de la réponse mécanique de structures hétérogènes. Néanmoins, l'utilisation de cette méthode reste dans la plupart des cas très coûteuse en termes de temps de calcul et nécessite parfois des ressources informatiques assez robustes. Des approches combinant Intelligence Artificielle (IA), thermodynamique des matériaux et simulation numérique du comportement de structures ont été récemment développées permettant de simuler, avec un gain de calcul très important, le comportement multi-échelle de structures hétérogènes. L'objectif est donc d'effectuer en quelques minutes, sur un ordinateur de bureau, des simulations prenant plusieurs jours sur des centres de calcul intensif. Ces méthodes utilisent des réseaux de neurones récurrents, qui sont adaptés à la gestion de séquences (ici temporelles) de données. Il est montré que ce type de réseaux de neurones peut être implémenté sous la forme d'une loi de comportement effective. Les opérateurs en champ moyens tels le module tangent effectif peut alors être obtenu directement à partir de cette loi de comportement, préalablement entraînée sur une base de données de trajets non-linéaires, non-proportionnels. Si ces simulations permettent de gagner un facteur très important en inférence, elle s'accompagne d'une importante perte d'information sur les champs locaux, inhérente aux méthodes dites de champ moyen. Des méthodes de reconstruction de champs locaux, basées sur des méthodes de réseaux de neurones par graphes est en cours d'investigation afin d'obtenir ces informations locales en évitant les simulations en champs complets. Dans ce cas, des méthodes d'encodage, passage de messages, décodage sont appliqués aux propriétés d'un graphe représentant le maillage d'une structure. Le tenseur des contraintes moyen en entrée du graphe est alors transformé en champ de contraintes locales sur tous les noeuds du graphe, donc de la structure. Ces méthodes utilisées conjointement sont prometteuses afin d'accélérer les temps de calcul en inférence sur des structures multi-échelles, sans pertes d'informations.