Sujet de thèse 2019-2022

Centre des Matériaux Mines ParisTech - CEA DAM Valduc

Etude et modélisation multiéchelle de l'endommagement ductile d'alliages de titane avec un réseau de défauts

Encadrement Mines ParisTech : S. Forest, J. Besson, F. N'Guyen, P. Kerfriden

Encadrement CEA DAM Valduc : Sylvain Flouriot, Victor de Rancourt

Mots-clés : Plasticité, Défauts, Rupture ductile, Volume élémentaire représentatif, Eléments Finis, Approche statistique, Réduction de modèle

Contexte : Les procédés de fabrication tels que le soudage ou la fabrication additive peuvent introduire des défauts de taille caractéristique pouvant atteindre la centaine de micromètres. Les progrès des contrôles non destructifs permettent de détecter des défauts de taille de l'ordre de la dizaine de micromètres. Les populations de défauts peuvent ainsi être caractérisées et également exploitées dans des calculs de prévision de durée de vie des composants. De plus, à ces échelles, la microstructure et les contraintes résiduelles peuvent fortement influencer la tenue mécanique.

Des outils de modélisation ont été développés permettant de caractériser une population de défauts liée à un procédé de soudage et d'extrapoler une population représentative sur un modèle numérique d'une structure. Des calculs de tenue mécanique d'une structure soumise à des chargements cycliques sont finalement effectués. Cette méthodologie est d'intérêt pour des pièces à haute valeur ajoutée.

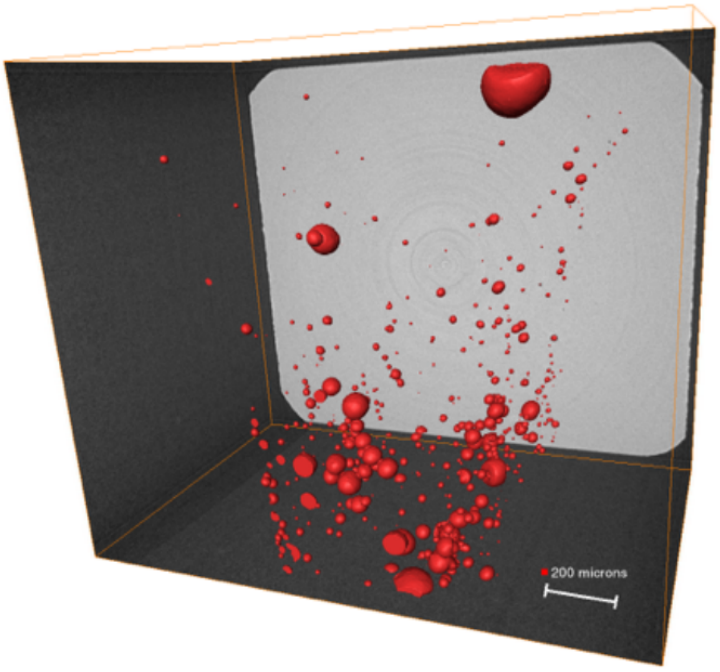
Objectif : Le travail de thèse poursuivra ces développements en se basant sur la problématique de rupture ductile d'une structure dans le domaine des grandes déformations. Deux populations de défauts seront prises en compte : une première explicitement maillée correspondant aux défauts pouvant être observés par tomographie X et une seconde influençant les lois de comportement mécanique locales, cela en prenant en compte les aspects physiques locaux comme les interactions entre plasticité (isotrope ou cristalline) en grandes déformation avec des défauts. Ces méthodes doivent apporter des réponses quantitatives à la définition des critères d'acceptation des défauts. De plus, les outils développés devront être utilisables sur structure et permettre de réaliser des calculs nécessaires aux bureaux d'études dans le cas de la justification des dérogations (acceptation d'une pièce avec des défauts). L'objectif de la thèse est donc de proposer une méthodologie originale de dimensionnement de structures avec des défauts.

Déroulement : Le travail de thèse comportera un volet expérimental et un important travail de modélisation. Le volet expérimental sera constitué d'analyses par tomographie X de populations de défauts et de caractérisation des propriétés statistiques de ces populations. Il sera également effectué en parallèle une campagne de caractérisation des lois de comportement mécanique. Le volet de modélisation est constitué du développement d'un modèle morphologique de génération de défauts destiné à des calculs par éléments finis. Une méthodologie de calcul sera finalement proposée afin de s'affranchir du maillage systématique de l'ensemble des défauts et des calculs de tenue mécanique de structure seront finalement effectués. Le doctorat acquerra des compétences en mécanique des matériaux métalliques. L'accès aux grands instruments tels que les synchrotrons pour réaliser de la tomographie et réaliser des essais mécaniques lui permettront d'acquérir une compétence technique sur la caractérisation des matériaux de la plasticité à l'endommagement. Le doctorant disposera également d'une forte expertise en modélisation numérique non linéaire des matériaux métalliques en réalisant des calculs non linéaires sur des microstructures avec défauts. En particulier la mécanique des matériaux hétérogènes et les techniques d'homogénéisation associées seront mises à contribution.

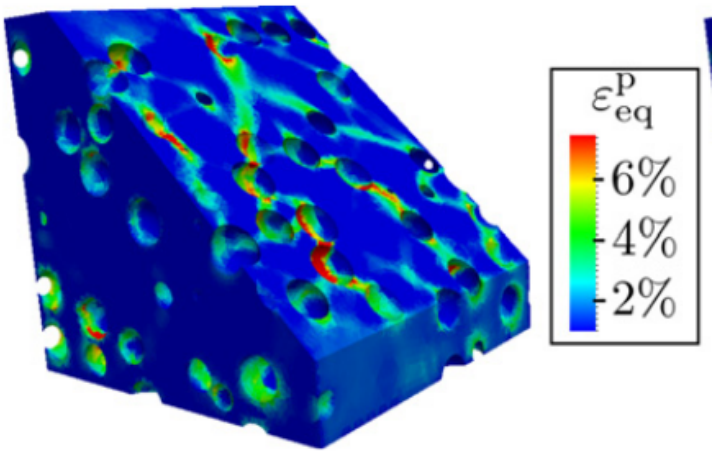
References :

[1] L. Lacourt, S. Forest, F. N'Guyen, D. Ryckelynck, F. Willot, S. Flouriot, V. de Rancourt, A. Thomas, *Étude numérique de la nocivité des défauts dans les soudures,* Colloque MECAMAT 2018 Matériaux numériques, Jan 2018, Aussois, France. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01678669

[2] F. Fritzen, S. Forest, T. Böhlke, D. Kondo and T. Kanit, *Computational homogenization of elasto-plastic porous metals,* International Journal of Plasticity, vol. 29, pp. 102-119, 2012. doi:10.1016/j.ijplas.2011.08.005 http://matperso.mines-paristech.fr/Donnees/data05/500-felix12.pdf



Tomographie aux rayons X d'une soudure titane contenant des défauts[1]



Calcul par éléments finis de la plasticité dans un milieu poreux [2]