

# Améliorer la modélisation des assemblages rivetés afin de mieux prédire la tenue des structures aéronautiques lors de situations accidentelles.

Claire HENNUYER

Thèse soutenue le 24 juin 2015  
Ecole doctorale : ED 072 (SPI) - Sciences pour l'Ingénieur - Lille

## Titre de la thèse

### Super-élément fini de tôles rivetées pour le calcul des structures

#### Encadrement

Département Aéroélasticité et Dynamique des Structures (DADS)

Directeurs de thèse : Eric Markiewicz – Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis  
Bertrand Langrand – ONERA

#### Financement

Région Nord-Pas de Calais

ONERA



#### Devenir professionnel

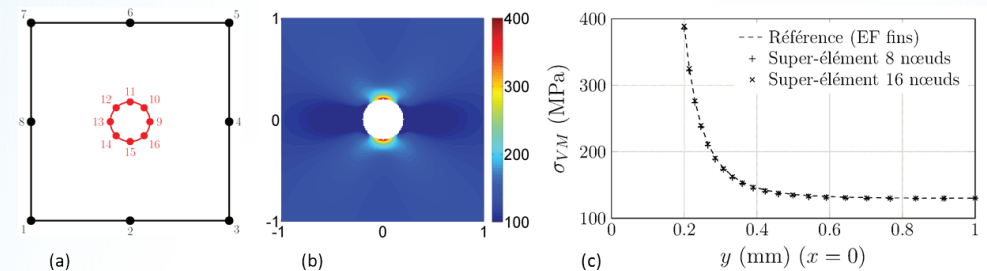
Claire Hennuyer est post-doctorante à l'Université de Liège, dans le département d'Aérospatiale & Mécanique.

Contact : [bertrand.langrand@onera.fr](mailto:bertrand.langrand@onera.fr)

#### Résumé

L'analyse par éléments finis des structures aéronautiques soumises à des chargements extrêmes requiert une modélisation de la structure complète, mais aussi la prise en compte des assemblages rivetés qui sont des zones de concentrations de contraintes propices à l'initiation de ruptures. Si la rupture de la fixation est maîtrisée, les modes de rupture dus aux perforations sont, quant à eux, difficiles à modéliser dans un calcul sur structure complète. Afin de prendre en compte l'influence des perforations sur la réponse mécanique d'une telle structure, un super-élément perforé à 8 nœuds a été formulé lors d'une précédente thèse. Cependant, sa frontière interne est analytique et libre de chargement, ce qui rend difficile l'interaction avec un modèle de rivet, et donc la modélisation de l'assemblage.

Pour répondre à cette problématique, un nouveau super-élément perforé qui comporte des nœuds sur la perforation a été développé. Pour cela, un principe variationnel de type hybride-Trefftz a été formulé, les fonctions d'interpolation ont été déterminées par une méthode de variables complexes, et ont été choisies de façon à formuler un super-élément avec 8 nœuds externes et 8 nœuds sur la perforation. Leur capacité à reconstruire les champs mécaniques au voisinage de la perforation a été démontrée. Ensuite, un formalisme permettant d'appliquer des chargements sur la perforation a été proposé. Enfin, la matrice de rigidité et le vecteur chargement du super-élément ont été établis. Finalement, le super-élément perforé à 16 nœuds a été implémenté dans ZéBuLoN. Les résultats obtenus montrent qu'il est capable de prendre en compte la présence de la perforation sur les champs mécaniques, avec précision et en des temps de calculs faibles, quels que soient les chargements externes appliqués. Par contre, lorsqu'un chargement est appliqué sur le bord de la perforation (ex : pression), les résultats présentent quelques incohérences mais restent encourageants.



(a) Super-élément perforé comportant 8 nœuds externes et 8 nœuds sur la perforation, (b) Distribution de la contrainte équivalente de von Mises obtenue avec le super-élément dans le cas d'une traction uniaxiale, (c) Comparaison avec les résultats de référence sur l'axe y