

Soutenance de Thèse



LABORATOIRE de MÉCANIQUE et GÉNIE CIVIL

Romain Jeanpierre



Jeudi 27 novembre 2025 8:30

Salle 169

860, rue de Saint Priest, Bat. 2

34090 Montpellier



Effet du « temper bead welding » sur les contraintes résiduelles lors de la réparation par soudage d'appareils sous pression

Le jury est composé de :

M. Frédéric DESCHAUX-BEAUME, Université de Montpellier, Directeur de thèse

M. Bruno COURANT, Université de Nantes, Rapporteur

M. Denis DELAGNES, Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Albi-Carmaux (IMT Mines Albi), Rapporteur

Mme. Delphine RETRAINT, Université Technologique de Troyes, Examinatrice

M. Josselin DELMAS, EDF R&D, Examineur

M. Fabien LEFEBVRE, Centre technique des industries mécaniques (CETIM), Examineur

M. Sébastien ROUQUETTE, Université de Montpellier, Co-encadrant de thèse

M. Fabien SOULIÉ, Université de Montpellier, Co-encadrant de thèse

M. Dominique DEVEAUX, Centre technique des industries mécaniques (CETIM), Invité

Résumé

Les contraintes résiduelles générées lors d'une opération de soudage favorisent plusieurs phénomènes d'endommagement pouvant réduire la durée de vie des pièces soudées. Dans le cas des équipements sous pression, la réalisation d'un traitement thermique visant à relaxer les contraintes est alors essentielle. Toutefois, en raison de leur difficulté de mise en œuvre, de tels traitements ne sont pas toujours envisageables. Une alternative, développée depuis plusieurs décennies, consiste à agir sur la microstructure du métal de base afin de limiter les facteurs d'endommagement. Ces techniques, dites de soudage « temper bead », reposent sur l'effet de soudo-revenu induit par le dépôt successif de cordons, permettant de modifier efficacement la structure métallurgique du métal de base. Ce travail de thèse propose d'étudier l'influence de ces techniques sur l'évolution des contraintes résiduelles à travers une modélisation numérique des phénomènes thermo-mécaniques, basée sur la méthode des éléments finis. Une procédure de soudage « temper bead » par revenu a ainsi été conçue et appliquée à un acier P355. Pour valider cette procédure et alimenter le modèle numérique, des observations macrographiques, des relevés de température et des cartographies de dureté ont été réalisés. Les éprouvettes soudées ont ensuite fait l'objet d'une vaste campagne expérimentale de détermination des contraintes résiduelles par diffraction de neutrons et rayons X synchrotron. Les résultats obtenus ont permis d'observer l'évolution des contraintes au cours du dépôt successif des

cordons. Couplés aux analyses de dureté, ces résultats ont conduit à l'hypothèse selon laquelle ces évolutions sont influencées par la transformation martensitique. La modélisation numérique a finalement permis de tester cette hypothèse. Le modèle purement thermo-mécanique appliqué au dépôt des cinq premiers cordons a reproduit de manière satisfaisante la distribution générale des contraintes, mettant en évidence leur origine : le retrait thermique empêché par l'auto-bridage des zones soudées. L'intégration du modèle métallurgique a ensuite permis d'affiner les estimations, suggérant que les transformations de phases, et en particulier la dilatation induite par la formation de marten-site, jouent un rôle déterminant dans la formation des contraintes résiduelles.