

Titre: Modélisation du point de soudure électrique pour la tenue en service des structures automobiles

Mots clés: Modèle de connecteur, Dimensionnement automobile, Réduction de modèle, Super-élément, Échelle globale-locale, POD

Résumé: Le point de soudure électrique est un objet de petite taille (4 à 8 mm) mais il est répété un grand nombre de fois dans la structure automobile (5000 fois environ). De plus, celle-ci ayant des dimensions de l'ordre de plusieurs mètres, il est nécessaire de mailler relativement grossièrement (taille de maille de 5 mm environ) la maquette numérique afin de limiter le coût de calcul associé aux cas de chargement de dimensionnement. Par conséquent, un modèle numérique du point de soudure électrique peu coûteux est également nécessaire. Le modèle doit en outre permettre d'accéder à des champs de contrainte locaux avec la meilleure précision possible pour l'analyse en fatigue, pour laquelle le point de soudure électrique est l'un des principaux points faibles de la structure. Or, la simplicité géométrique apparente du point de soudure électrique a conduit à utiliser des modèles souvent très simples pour le représenter qui ne permettent pas de donner une bonne estimation de la durée de vie de certains points de soudure électrique situés trop près de détails géométriques ou structuraux (bord de tôle, bord courbé, trou, autre point de soudure électrique, cordon de colle, etc.) ou bien soumis à des sollicitations mal prises en compte comme la torsion. Finalement, le modèle de point de soudure électrique doit être économe mais précis tant sur sa raideur que sur son estimation de la contrainte locale, dans toutes les configurations de chargement.

Ainsi, cette thèse a pour objectif de proposer un modèle de point de soudure électrique, qui représente avec précision la raideur réelle d'une part et les grandeurs locales de contrainte d'autre part. Ce modèle doit être développé à

partir des outils de calcul du commerce et s'y intégrer facilement. Il est destiné principalement à des prestations d'analyse en fatigue mais il serait avantageux qu'il puisse s'utiliser également pour de l'analyse vibratoire.

Nous proposons dans ces travaux une méthodologie générique de modélisation du point de soudure électrique, dans un environnement de structure automobile plaque, pour estimer avec précision et efficacité la durée de vie en fatigue. D'une part, un modèle de connecteur de type super-élément fondé sur une modélisation volumique fine sous-jacente est proposé : ce choix permet d'obtenir une raideur équivalente représentative de celle d'un modèle volumique avec un coût évidemment moindre. D'autre part, une méthode de reconstruction de la contrainte locale à partir des déplacements du connecteur est développée. Cette méthode utilise un algorithme POD au sens de la norme énergétique qui extrait l'information d'une base d'apprentissage et la hiérarchise en fonction de sa contribution mécanique. La base d'apprentissage est construite à partir d'une bibliothèque, judicieusement choisie, de chargements qui peuvent s'appliquer sur le point de soudure électrique. Elle peut être renouvelée en fonction des évolutions géométriques ou structurelles de l'environnement du point de soudure électrique. Nous montrons que notre méthode donne une estimation précise de la contrainte, agrémentée d'un fort sens mécanique dont il serait possible de tirer avantageusement profit lors du dimensionnement à la fatigue. Le développement de ces travaux a été réalisé dans les codes commerciaux Nastran[®], Abaqus[®] et Matlab[®].

Title: Modeling of the electric spot weld for the serviceability of automotive structures

Keywords: Connector model, Automotive sizing, Model reduction, Superelement, Global-local scale, POD

Abstract: The electric spot weld is a small object (4 to 8 mm) but it is repeated a large number of times in the automotive structure (about 5000 times). Moreover, as the structure has dimensions of several meters, it is necessary to mesh the numerical model relatively coarsely (mesh size of about 5 mm) in order to limit the computational cost associated with the design loading cases. Therefore, a numerical model of the electric spot weld with a low-cost is required. The model must also allow access to local stress fields with the best possible accuracy for the fatigue analysis, for which the electric spot weld is one of the main weak points of the structure. However, the apparent geometrical simplicity of the electric spot weld has led to the use of very simple models to represent it, which do not give a good estimate of the lifetime of some electric spot welds located too close to geometrical or structural details (sheet metal edge, curved edge, hole, other electric spot weld, glue bead, etc.) or subjected to solicitations that are not well taken into account, such as torsion. Finally, the electric spot weld model must be at a low numerical cost but accurate both in its stiffness and in its local stress estimation, for all loading configurations.

Thus, the objective of this thesis is to propose an electric spot weld model, which accurately represents the real stiffness on the one hand and the local stress quantities on the other

hand. This model must be developed from commercial calculation tools and be easily integrated into them. It is mainly intended for fatigue analysis but it would be advantageous if it could also be used for vibration analysis.

In this work, we propose a generic methodology for modeling the electric spot weld, in a shell automotive structure environment, to accurately and efficiently estimate the fatigue life. On the one hand, a super-element type connector model based on an underlying fine 3D modeling is proposed : this choice allows to obtain an equivalent stiffness representative of a 3D model with an obviously lower cost. On the other hand, a method for reconstructing the local stress from the connector displacements is developed. This method uses a POD algorithm in the sense of the energy norm that extracts information from a learning basis and sorts it according to its mechanical contribution. The learning basis is built from a carefully chosen library of loads that can be applied to the electric spot weld. It can be renewed according to the geometrical or structural evolutions of the electric spot weld environment. We show that our method gives an accurate estimate of the stress, with a strong mechanical sense that could be taken advantage of during fatigue design. The development of this work has been done in the commercial codes Nastran[©], Abaqus[©] and Matlab[©].