

Simulation numérique de l'influence des paramètres de soudage par point sur la teneur en service des tôles soudées

S. OUMNIH ^{*a}, M. ABBADI ^a, Z. AZARI ^b

^a EMCS, ENSAO, BP 696, Oujda, Maroc

^b Laboratoire de Fiabilité Mécanique, ENIM, F57045 Metz, France

*Email : soufiane.oumni@gmail.com

Résumé

Le présent travail consiste à traiter l'influence des paramètres de soudage sur la répartition des contraintes autour du point de soudure. Une attention particulière sera donnée à l'étude du diamètre de noyau fondu dans la zone soudée, la distance entre les points de soudure ainsi que leurs positions.

L'étude est basée sur une simulation numérique utilisant le code de calcul par éléments finis Abaqus et est réalisée sur deux éprouvettes d'acier inoxydable X12Cr13.

Les résultats de la simulation numérique ont montré que les paramètres de soudage ont une influence significative sur le comportement et la teneur en service des tôles soudées.

Mots clefs: Soudage par point, Eléments finis, Abaqus, Modélisation.

1. Introduction

Dans le cadre du protocole de Kyoto [1], qui vise à réduire les émissions de six gaz à effet de serre, l'Union Européenne a négocié un contrat avec les constructeurs automobiles européens, japonais et coréens. Ces derniers se sont engagés, à réduire les émissions moyennes de dioxyde de carbone des véhicules neufs. C'est dans ce contexte que les constructeurs automobiles concentrent leurs recherches afin de minimiser les coûts énergétiques et de produire des nouveaux matériaux dont la résistance contre les effets de l'environnement est élevée. L'une des pistes est l'allègement des véhicules, réalisé en utilisant des nouvelles nuances d'acier à haute résistance mécanique (AHRM). Ensuite, les constructeurs ont besoin d'assembler les pièces fabriquées à partir des nuances proposées. Cet assemblage est réalisé au moyen de plusieurs procédés de soudage, mais le plus commun reste le soudage par points.

Les contraintes calculées dépendent de la sollicitation, du diamètre et de la nature du soudage ainsi que de la distance entre les points soudés [2].

L'objectif de notre travail est d'estimer numériquement l'évolution de champ des contraintes autour du point de soudure en fonction des charges appliquées sur l'assemblage, en utilisant un code de calcul par éléments finis ABAQUS 6.13. Cette étude va mettre en exergue les effets :

- ✓ du diamètre du point soudé ;
- ✓ de la distance entre deux points soudés ;
- ✓ de la position des points soudés.

2. Description expérimentale du procédé de soudage par Point

Les assemblages soudés par points sont réalisés sur une machine de soudage par points ARO MA536SC avec une puissance de 50KVA et un courant de soudage maximum de 24KA. Les électrodes sont refroidies à l'eau de manière continue. Les deux coupons de tôle à souder sont placés sur une table XY, permettant la mise en position et le maintien durant l'opération de soudage. L'électrode inférieure reste fixe tandis que l'électrode supérieure assure l'effort de serrage grâce à sa mobilité. Ce dernier est ajusté en réglant la pression de serrage, à l'aide d'un détendeur [3].

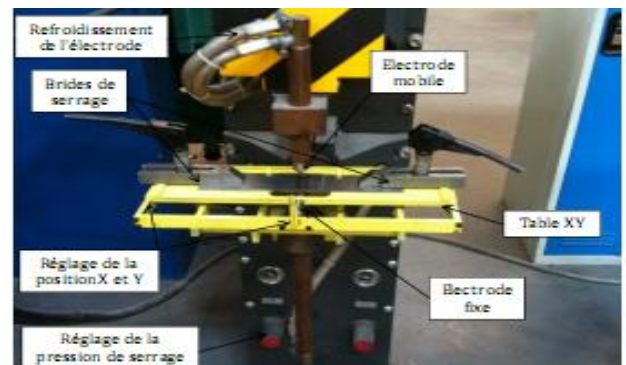


Fig.1 : Machine à souder par point avec montage de mise en position de l'éprouvette.

a. Composition chimique de l'acier X12Cr13

Le matériau utilisé dans notre travail est l'acier X12Cr13. Avant de commencer l'étude, il est nécessaire de connaître la composition chimique de l'acier X12Cr13, donnée dans le tableau suivant :

| | C(%) | Si(%) | Mn(%) | Cr(%) |
|-------|------|-------|-------|-------|
| X12Cr | 0.11 | 0.35 | 0.33 | 12.15 |

Tab.1: composition chimique de l'acier X12Cr13.

b. Propriétés mécaniques de l'acier inoxydable X12Cr13

Les propriétés déterminant le comportement élastique de l'acier sont regroupées dans le tableau suivant :

| Matériau | Module de Young(GP) | Coefficient de poisson | Limite d'élasticité (MPa) |
|------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Acier inoxydable | 210 | 0.3 | 530 |

Tab.2 : composition chimique de l'acier X12Cr13.

Nous considérons que ces propriétés mécaniques ne varient pas dans la zone soudée [4]

3. Simulation numérique

L'objectif de cette modélisation numérique est de prévoir la répartition des contraintes transmises autour du point soudé.

3.1 Préparation des tôles à assembler : cas de point de soudure circulaire

Les tôles assemblées sont à base d'acier, ont la même résistance et leurs dimensions sont 50×150mm avec une épaisseur de 2 mm.

Le rayon du point de soudure est variable de 1 jusqu'à 8 mm (voir la figure ci-dessous) :

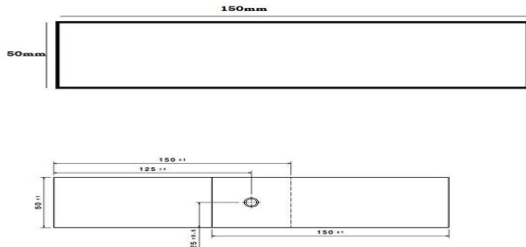


Fig.2: Définition la géométrie de l'éprouvette.

3.2 Assemblage

La charge sera appliquée à une extrémité de l'assemblage selon la direction (OX) alors que l'autre extrémité est encastree. On fait varier la contrainte appliquée jusqu'à 300 MPa et on détermine la contrainte autour du point de soudure. Ces conditions aux limites et de chargement sont représentées dans la fig.3.

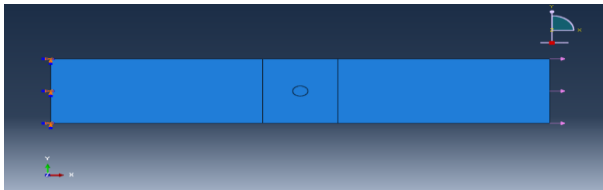


Fig3 : Deux tôles assemblées.

5.3 Maillage de la structure soudée

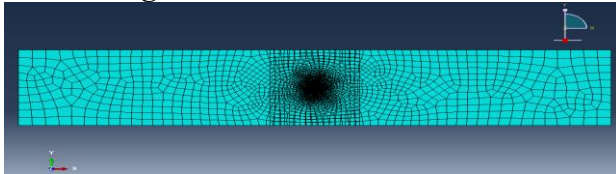


Fig.4: Maillage de la structure assemblée avec raffinement autour du point de soudure.

3.4 Influence des paramètres de soudage

a. Effet du diamètre

Le premier paramètre de soudage qu'on va traiter est l'effet du diamètre de point soudé. Dans cette partie, on cherche à déterminer les contraintes maximales en fonction de la charge appliquée pour différentes valeurs du rayon R, fig.5 :

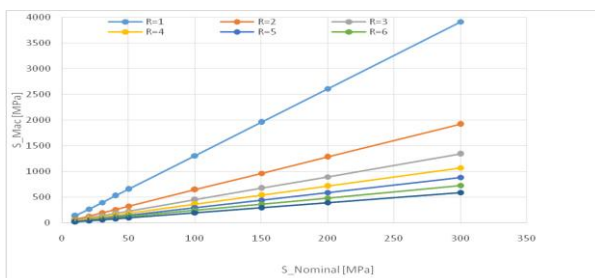


Fig.5: L'évolution des contraintes maximales en fonction de la charge appliquée

Lorsque le diamètre du point soudé devient trop petit, les contraintes sont maximales, ceci peut être du à une forte concentration de contrainte générée autour du point soudé.

L'évolution de la contrainte de Von Mises est maximale sur le contour du point soudé. Cette configuration est représentée sur la fig.6 :

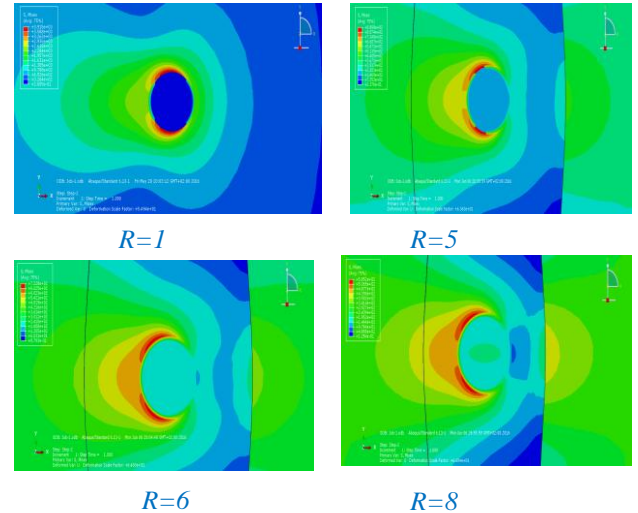


Fig.6: Répartition des contraintes autour point soudée.

Cette figure représente la répartition des contraintes de von Mises sur la surface de l'éprouvette, calculée de façon numérique à l'aide du code de calcul Abaqus. Nous observons que la concentration de contraintes est bien plus importante au bord du point soudé.

Il est bien établi que la durée de vie de l'éprouvette augmente avec l'augmentation du diamètre de point de soudure et par diminution des contraintes. Donc la raison essentielle de l'amélioration du comportement en fatigue qu'apporte l'augmentation du diamètre de point de soudure est la diminution des contraintes au cours de l'essai de traction [5] [6].

b. Effet de la distance entre les points soudés

Le deuxième paramètre est consacré à la distance qui sépare les points soudés. Au cours de cette partie, nous varions la distance L entre deux points soudés et on détermine les contraintes maximales pour chaque contrainte nominale appliquée.

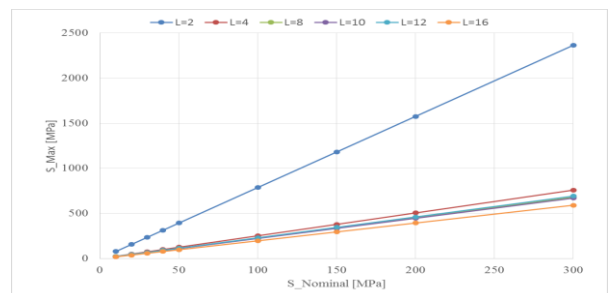


Fig.7: Effet de la distance L sur la variation des contraintes maximales.

Il est bien clair que les contraintes maximales évoluent inversement vis-à-vis de la distance séparant les points de soudure. Une explication possible peut être due au fait que les contraintes sont distribuées sur un long segment pour les longues distances et donc des contraintes maximales moins grandes.

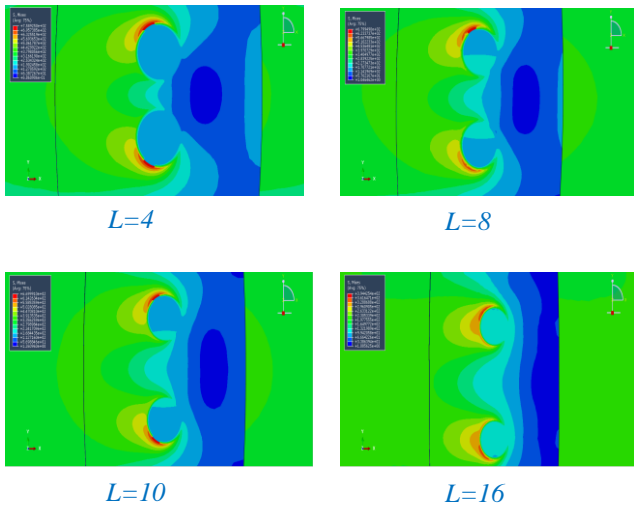


Fig.8 : répartition des contraintes sur un point soudé séparant par une distance L .

L'étude est effectuée sur les deux éprouvettes soudées par un point dont le quel la distance L qui sépare deux points soudés est respectivement égale à 4 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm et 16 mm.

La fig.8 montre clairement que la répartition de la concentration des contraintes maximales autour des points de soudure décroît lorsque la distance qui sépare les points soudés est importante.

c. Effet de la position des points soudés

La dernière partie de la modélisation est consacrée à l'étude de l'effet de la position des points soudés sur la répartition des contraintes aux niveaux de la zone soudée.

Les trois figures suivantes représentent les assemblages des points soudés pour différentes positions.

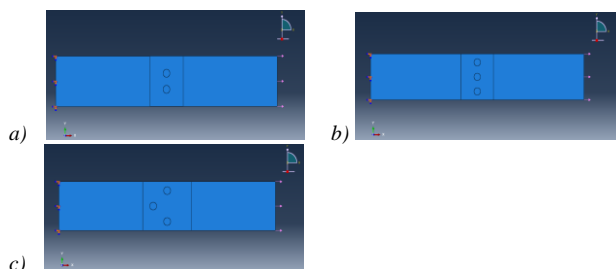


fig.9 : Assemblages des points soudés pour différentes positions : a) deux points de soudure ; b) trois points de soudure alignés ; c) trois points de soudure en triangle.

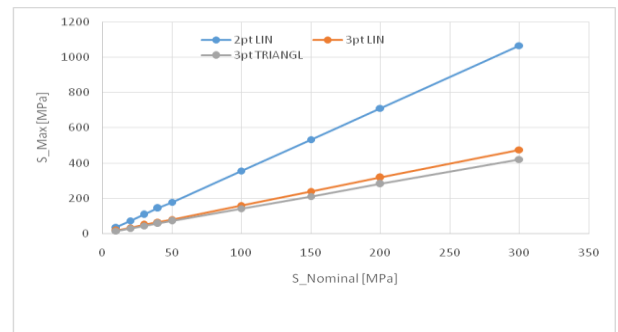


Fig.10 : courbes comparatives des différentes positions des points de soudure.

Les répartitions de la contrainte maximale obtenue dans chacun des trois positions des points soudés précitées sont montrées sur la figure ci-dessus. On voit que la répartition des contraintes est plus importante pour le cas de deux points soudés. On remarque essentiellement une diminution relative de contraintes observées dans les autres cas de positionnement.

4. Conclusion

Cette étude nous a permis de conclure que :

- Lorsqu'on fait augmenter le diamètre D du noyau du point de soudure, les contraintes maximales autour de ce point décroissent.
- La distance entre les points soudés évolue inversement aux valeurs maximales des champs des contraintes, c'est-à-dire lorsque la distance L croît la valeur des contraintes autour du point de soudure décroît.
- Le dernier aspect traité est l'aspect de la position des points de soudure. D'après les résultats obtenus, on conclut que le champ de contrainte est moins important autour de la zone soudée lorsqu'on met les points sous forme de triangle.

Références

- [1] Protocol de KYOTO à la convention-cadre des nations des nations unies sur les changements climatiques, Nation Unies 1989.
- [2] H.ADIB Ramezani, Evaluation de la durée de Vie en fatigue par la Méthode Volumétrique pour des Joints Soudés par Point.
- [3] N. Becker. Thèse Endommagement des aciers à usage automobile, après galvanisation au trempé à chaud. 2013. pp.159.
- [4] N. Becker. Thèse Endommagement des aciers à usage automobile, après galvanisation au trempé à chaud. 2013, pp 199.
- [5] Bianzeubé Tikri, Etude de l'influence de surcharges sur le comportement en fatigue d'aciers soudés par points, pp 96.
- [6] F.Rossillon, Influence des conditions de soudage sur le comportement en fatigue d'un acier THR Dual Phase soudé par point, pp 89.

