

# Méthode simplifiée de simulation numérique du soudage multipasse

Application au cas des soudures en V – cas des cloisons de Générateur de vapeur

F. Rossillon (EDF / DIN / SEPTEN); L. Depradeux (EC2-Modélisation)

## Contexte et objectif

Pour maîtriser les mécanismes d'endommagement en service, il est nécessaire d'améliorer la connaissance des chargements. L'effet des étapes de fabrication, notamment du soudage doit être évalué au voisinage des zones soudées.

Dans cette optique, la simulation numérique par éléments finis (EF) est une alternative particulièrement intéressante aux mesures, souvent non disponibles ou impraticables.

Cependant dans un contexte industriel, il est difficile de calculer les contraintes résiduelles de soudage pour un nombre de passes important comme c'est le cas pour des gros composants du circuit primaire. En effet, malgré les progrès numérique de parallélisation massive, les calculs multipasses 3D durent plusieurs semaines, voire des mois.

Dans ce contexte EDF SEPTEN développe des méthodes simplifiées de Simulation Numérique du Soudage (SNS).

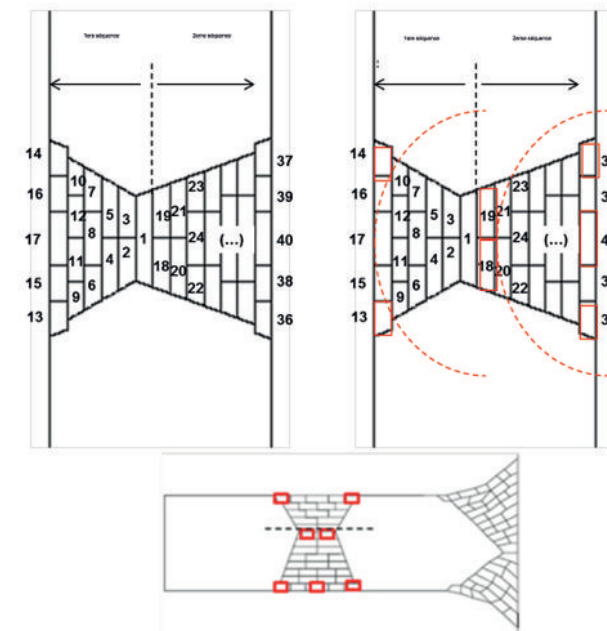


Figure 1 : Schéma de sélection des passes par la méthode RNP pour la soudure en X.

On expose ici deux méthodes fondées sur le même principe, à savoir la réduction du temps de calcul qui est obtenue par la réduction du nombre de passes de soudage considérées. Ces méthodes sont ensuite appliquées au cas des soudures en X d'une cloison d'un générateur de vapeur, leur efficacité respective est comparée à un calcul multipasse complet.

## Principe des méthodes simplifiées

### ■ Méthode des "macro-dépôts"

La méthode consiste à réaliser une SNS simplifiée grâce à des "macro-dépôts" qui regroupent plusieurs passes. On obtient ainsi un état résiduel de fin de soudage.

L'apport de chaleur dans les macro-dépôts (flux volumique imposé) est recalé de manière à reproduire sur le modèle 3D un état de référence. Cet état de référence est défini par des études paramétriques intermédiaires sur un modèle 2D multipasse.

### ■ Méthode NRP (Nombre Réduit de Passes)

Cette méthode suit la même démarche qu'un calcul multipasses classique, mais un nombre réduit de passes est considéré. Le choix des passes à considérer est réalisé par ordre chronologique inverse à la séquence de soudage. L'effet thermique des passes incluses dans le rayon de zone plastique de la dernière passe déposée n'est pas considéré. Cette zone plastique est déterminée soit analytiquement grâce aux paramètres technologiques et matériaux soit numériquement.

## Méthode simplifiée de simulation numérique du soudage multipasse Application au cas des soudures en V – cas des cloisons de Générateur de vapeur

F. Rossillon (EDF / DIN / SEPTEN); L. Depradeux (EC2-Modélisation)

### Cas d'une soudure en X

On considère ici le cas d'une soudure en X de 40 passes qui est représentative de celle rencontrée sur une cloison d'un générateur de vapeur. La cloison est constituée d'une attente de plaque et d'une plaque de partition en alliage à base nickel 600. Elles sont soudées manuellement à l'électrode enrobée en alliage 182.

A titre d'exemple et pour réduire les temps de calculs on raisonne sur un modèle 2D uniquement. La calibration de l'apport de chaleur des macro-dépôts est issue des études existantes sur modèle 3D. Pour la méthode NRP le choix des passes est illustré dans la figure 1 : seulement 7 cordons sont considérés au lieu de 40 dans le modèle complet.

La figure 2 illustre les champs de contraintes dans les directions parallèles (longitudinales) et perpendiculaires (transverses) au soudage obtenues dans le cas du calcul complet et par les méthodes simplifiées. Une très bonne reproduction macroscopique des champs de contraintes est constatée. Dans la direction longitudinale, le champ de contraintes est plus réduit pour la méthode NRP. Ceci est directement relié à l'étendue de la zone plastique générée.

La figure 3 illustre l'évolution des contraintes en surface. Dans les deux cas, les méthodes donnent des résultats convenables, mais la méthode NRP reproduit mieux les pics de contraintes transverses, car elle rend compte de la séquence réelle de soudage (à la différence de la méthode des macro-dépôts).

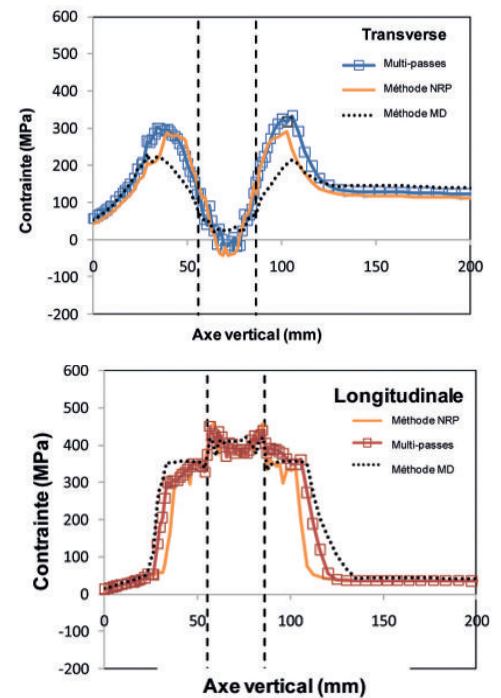


Figure 3 : Profil de contraintes transverses et longitudinales en surface.

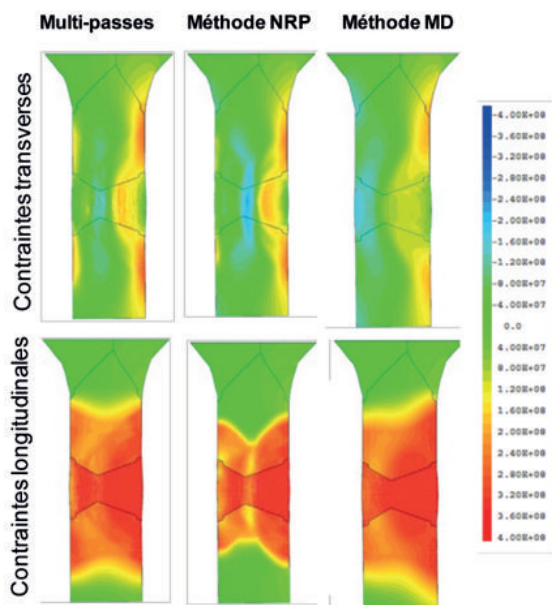


Figure 2 : Champ de contraintes résiduelles de soudage dans les directions transverse et longitudinale selon différentes méthodes.

### Conclusions et perspectives

L'état de contraintes à l'issue du soudage est très bien reproduit par les deux méthodes simplifiées.

La méthode des macro-dépôts divise les temps de calcul d'un facteur 20. Elle est utilisée sur des modèles 3D de composants. Elle nécessite néanmoins des

études paramétriques intermédiaires pour définir l'apport de chaleur.

La méthode NRP, en cours de développement, ne divise ici les temps de calculs que par 10, mais elle présente l'avantage d'être prédictive et ouvre de nouvelles perspectives industrielles comme le calcul 3D de soudure en J avec déplacement de la source de chaleur.