

Simulation numérique d'un choc thermique dans un robinet.

*V. Calonne-Chatelée, J. Ferrari, J.F. Rit (EDF R&D MMC),
L. Depradeux, V. Cano (EDF R&D AMA)*

Contexte et objectifs

EDF R&D a entamé une réflexion sur le devenir des moyens d'essais eau-vapeur du département MMC. Dans ce contexte, on envisage d'utiliser la simulation numérique pour qualifier les matériels de robinetterie, qualification obtenue jusqu'à présent par essais sur boucles. La faisabilité d'une telle démarche est étudiée dans le projet NICODEME, cadre de cette étude.

La qualification se fait en deux étapes. Le robinet subit 1 000 manœuvres de fermeture / ouverture ainsi que 10 chocs thermiques alternés chaud / froid (285°C / 60°C en 1 seconde environ). Suite à ces sollicitations, l'étanchéité interne, l'étanchéité externe et la manœuvrabilité du robinet sont vérifiées. On ne s'intéressera ici qu'à la simulation d'un choc thermique et plus particulièrement à l'état de contrainte dans le revêtement du siège (Figure 1).

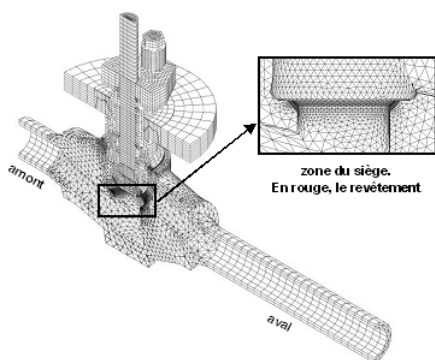


Figure 1 : Vue en coupe du maillage du solide

Cet état de contrainte permet d'estimer les risques de fissuration du revêtement et donc l'étanchéité interne. En effet, la fissuration radiale du siège est la principale cause de perte d'étanchéité suite à des chocs thermiques. Les résultats de la simulation sont discutés en fonction des résultats d'essais.

Calcul thermo-hydraulique

Les champs de température dans le robinet sont obtenus par un calcul 3D couplé entre le code de thermo-hydraulique Code_Saturne et le code de thermique Syrthès. Le champ de température obtenu 0.1 seconde après le début d'un choc montre que l'aval du siège se réchauffe (ou se refroidit) plus rapidement que le reste du robinet (Figure 2).

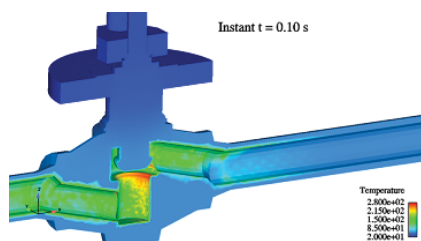


Figure 2 : Champ de température dans le robinet 0.1 seconde après le début d'un choc chaud

Un robinet équipé de 41 thermocouples a subi des chocs thermiques sur boucle. On constate un accord globalement satisfaisant entre la simulation et l'expérience. Néanmoins, des axes d'améliorations ont été identifiés.

Les champs de température dans le robinet sont sortis au format « med » puis projetés sur le maillage Aster.

Calcul thermo-mécanique

On réalise un calcul élastique 3D avec *Code_Aster*.

Un pic de contraintes orthoradiales, contraintes qui provoquent l'ouverture des fissures, est obtenu dans le revêtement environ 0.2 seconde après le début du choc (Figure 3). Le revêtement est mis en compression (- 650 MPa) lors d'un choc chaud et en traction (+ 950 MPa), lors d'un choc froid.

On constate que le niveau de contrainte extrême est plus faible à l'amont du siège probablement en raison de la géométrie de la pièce et de la répartition des températures. En effet, dans cette zone, le contact avec le fluide chaud ou froid se fait plus tardivement. De plus, la vitesse d'écoulement, et donc les échanges thermiques, sont réduits.

Le revêtement étant déposé par soudage, des contraintes résiduelles sont présentes à réception du matériel. Une estimation réaliste des contraintes nécessite de prendre en compte les contraintes résiduelles.

Simulation numérique d'un choc thermique dans un robinet.

V. Calonne-Chatelée, J. Ferrari, J.F. Rit (EDF R&D MMC),
L. Depradeux, V. Cano (EDF R&D AMA)

Calcul des contraintes résiduelles de soudage

Le calcul de cet état de contraintes se fait, avec *Code_Aster*, en trois temps. On réalise tout d'abord un calcul thermique non linéaire. Puis un calcul « métallurgique » est effectué afin de prendre en compte l'effet des transformations structurales avec la température sur le comportement mécanique du matériau. On finit par un calcul thermo-mécanique.

Le revêtement utilisé pour ce robinet est du Stellite, matériau à base de Cobalt dont les transformations métallurgiques lors de refroidissements rapides ne sont pas connues. Le calcul « métallurgique » n'a donc pas pu être réalisé. Par ailleurs, l'opération de soudage étant manuelle, l'apport de chaleur a été largement estimé. Les contraintes résiduelles orthoradiales dans le siège sont néanmoins estimées à + 350 MPa dans la direction d'écoulement du fluide et à + 500 MPa dans la direction perpendiculaire (Figure 4).

Pour l'instant, nous ne disposons pas de mesures expérimentales de ces contraintes résiduelles. En effet, la mesure est très délicate à réaliser en raison de la méconnaissance du matériau et de la minceur des revêtements.

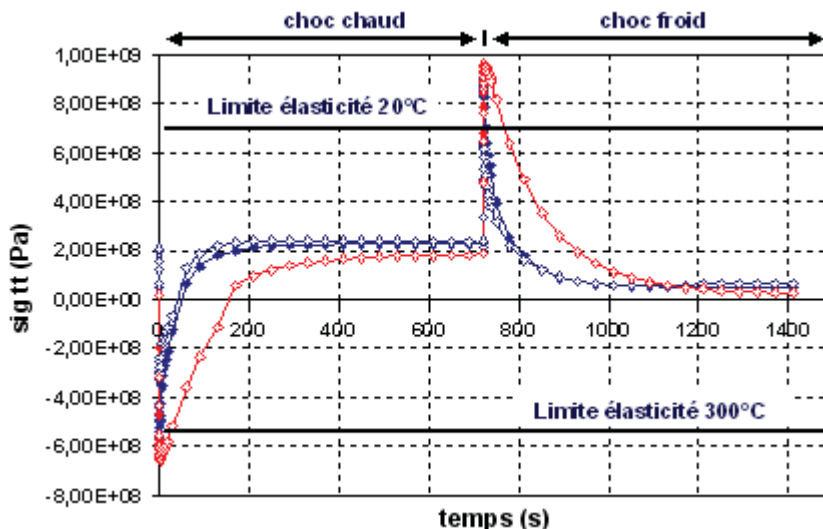


Figure 3 : Evolution des contraintes orthoradiales dans différentes sections du siège

Conclusions et perspectives

En prenant en compte les contraintes résiduelles, le niveau de contrainte maximum dans le siège est de - 300 MPa lors d'un choc chaud et de + 1450 MPa lors d'un choc froid. Or le Stellite est un matériau très fragile dont la limite d'élasticité vaut 700 MPa à température ambiante. Le calcul prédit donc une fissuration du revêtement.

Après passage sur boucle, le robinet qui a subi 10 chocs thermiques alter-

nés ne présente aucun endommagement du siège. On peut par conséquent conclure que le calcul est conservatif. On notera néanmoins que le calcul thermo-mécanique réalisé est un calcul élastique, calcul qui surestime les niveaux de contraintes dans le corps de robinet et donc dans le siège.

Les pistes d'amélioration du calcul identifiées sont d'une part, une estimation plus précise des champs de température dans le robinet, et d'autre part, un calcul élasto-plastique. ■

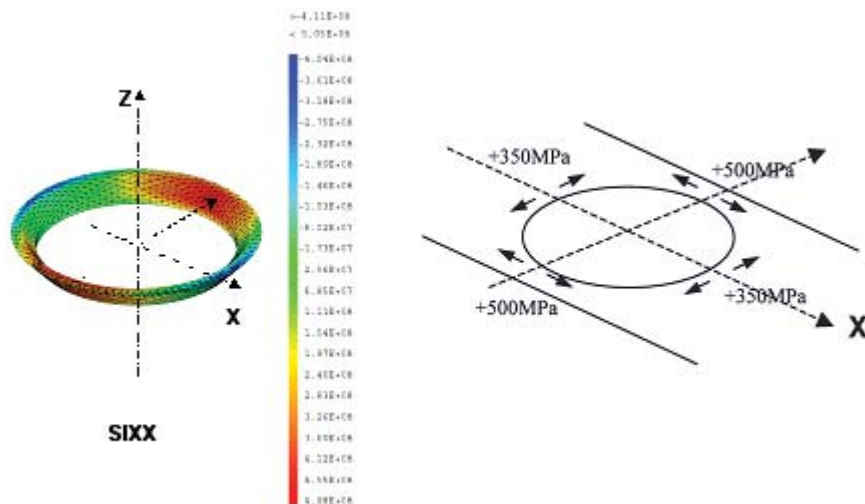


Figure 4 : Contraintes résiduelles dans le siège