

Le phénomène de "Thermal-Binding". De l'expérimentation à la simulation numérique.

D. Hersant (EDF R&D, Dépt MMC)

Contexte et études expérimentales

Les exploitants des centrales nucléaires américaines et françaises ont constaté une altération du fonctionnement des robinets-vannes "à coin" soumis à des chargements thermiques transitoires lors de la fermeture (cf. Figure 1). Dans certains cas, il n'est pas possible d'ouvrir ces robinets, ce qui peut présenter un réel problème pour la sûreté et affecter la disponibilité. Des études numériques, analytiques et expérimentales ont été engagées au Département MMC d'EDF, au CEA et à FRAMATOME pour étudier ce phénomène connu sous le nom de "Thermal-Binding". Leur objectif est de connaître la force nécessaire pour ouvrir le robinet après refroidissement complet et de

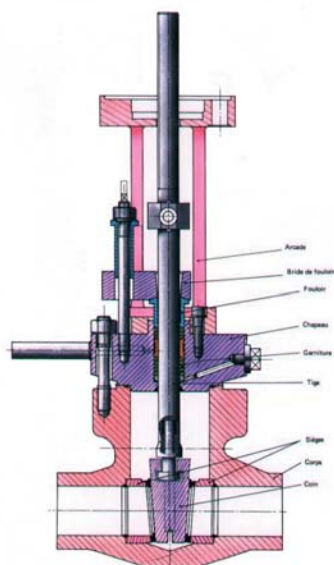


Figure 1 : Schéma d'une vanne à coins

relier cette donnée à l'évolution des températures dans la structure.



Figure 2 : Installation expérimentale

En particulier, deux campagnes d'essais ont été menées sur la boucle GB du département MMC, en 2001 (cf Figure 2). L'instrumentation en température, très complexe, donnait accès au champ de température dans le corps du robinet-vanne et dans l'opercule de manière détaillée. L'objectif était de reproduire une situation de refroidissement observée sur site. Deux grandes conclusions peuvent être retenues : d'une part, le corps se contracte autour du coin au cours du transitoire thermique, ce qui entraîne l'effet de coincement responsable des refus d'ouverture observés sur site et d'autre part, les contraintes thermiques dans la tige modifient de manière non négligeable l'effort de fermeture.

Étude analytique

Les essais ont permis de relier les deux causes majeures du "Thermal-Binding" à la différence maximale de température entre le corps et l'opercule et à la variation de température de la tige au cours du refroidissement. Ces observations ont permis de compléter un modèle analytique élaboré au Département MMC. La comparaison avec des travaux similaires dus à FRAMATOME et à l'EPRI permet d'avancer vers la maîtrise du phénomène et de proposer des solutions pour l'éviter. Dans un grand nombre de cas, le coincement peut être prédit en suivant l'évolution des forces de frottement normale et tangentielle quand la température évolue. Toutefois, il est nécessaire de se doter d'outils fiables pour étudier des scénarii de refroidissement complexes ou inédits.

Étude par éléments finis : principaux résultats

Les études numériques donnent accès au champ de contraintes dans la structure, notamment dans la zone de contact siège-opercule afin d'affiner les modèles dans les cas où la modélisation analytique ne suffit pas.



Le phénomène de "Thermal-Binding". De l'expérimentation à la simulation numérique.

D. Hersant (EDF R&D, Dépt MMC)

Plusieurs calculs chaînés sont nécessaires pour déterminer la force d'ouverture d'un robinet-vanne fermé au cours d'un transitoire thermique :

- L'évolution du champ de température dans le solide est déterminée en position ouverte (cf Figure 3). Le fluide est alors assimilé à un solide de propriétés thermiques équivalentes à celles de l'eau. Sa température est imposée à partir de mesure expérimentales. Un couplage avec un code de mécanique des fluides affinerait la simulation dans la mesure où les températures pourraient être calculées en tenant compte des mouvements de convection dans l'eau.
- La fermeture de la vanne est simulée par la projection du champ de température sur un maillage "en position fermée" et par l'imposition d'un effort dirigé vers le bas sur le haut de la tige.

- Les températures évoluent alors jusqu'à l'équilibre thermique. La convergence des calculs est parfois délicate en raison de la présence des contacts entre le siège et l'opercule.
- L'ouverture est simulée par l'application progressive d'un effort dirigé vers le haut sur le haut de la tige.
- Le calcul de l'effort d'ouverture est délicat. Il faut construire graphiquement le cône de frottement et déterminer le point à partir duquel le glissement de l'opercule apparaît quand l'effort d'ouverture croît.

Le point essentiel de cette étude est que la procédure numérique mise au point au département MMC conduit à déterminer l'effort d'ouverture avec une précision raisonnable dans des cas ayant conduit au coincement ou non. Cela permet d'envisager d'utiliser cette méthode pour les futurs cas de coincement potentiel délicats à analyser.

Les différentes parties de cette étude (expérimentales, analytiques et numériques) se corrént convenablement. En particulier, les études du Département MMC permettent de représenter le transitoire thermique de manière satisfaisante et de comprendre quelles situations sont susceptibles de conduire au coincement. ■

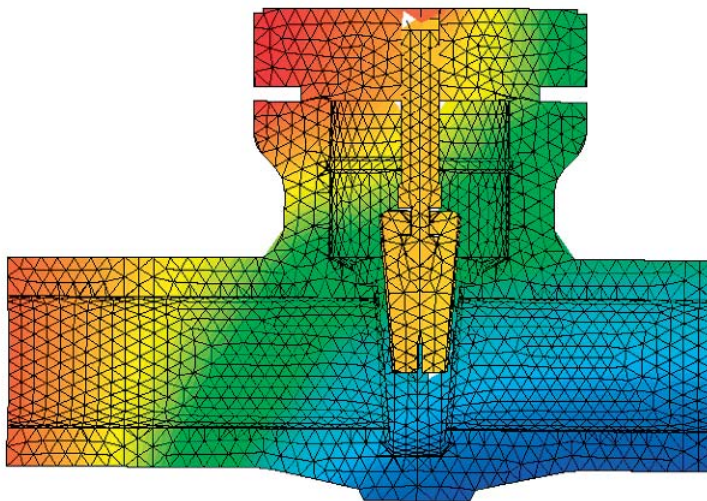


Figure 3 : Champ de température à la fermeture