

QUALIFICATION DE LA ROBINETTERIE : QUELLE PLACE POUR LA SIMULATION ?

J. Ferrari, D. Hersant, J.-P. Mathieu, S. Meunier, J.-F. Rit (EDF / R&D / MMC)

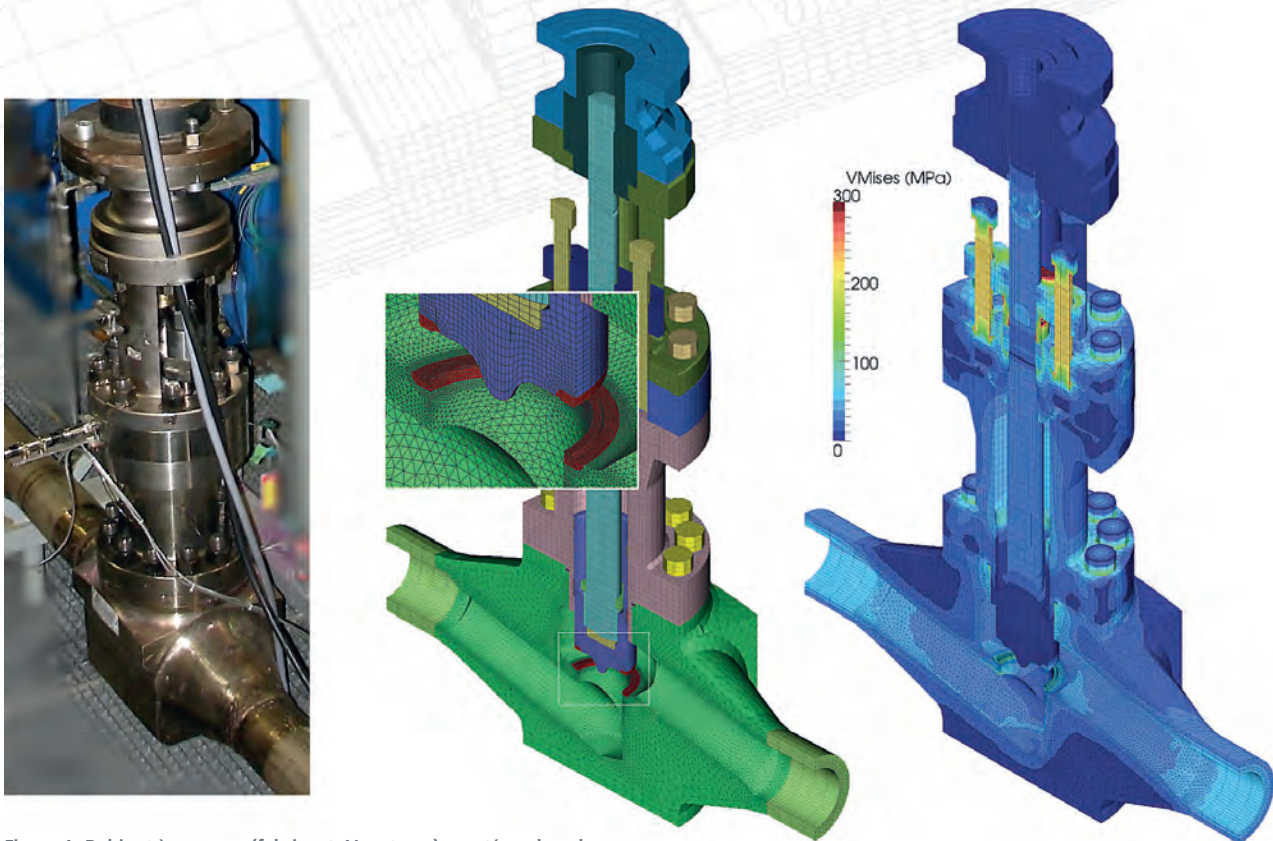


Figure 1 : Robinet à soupape (fabricant: Vanatome) monté sur boucle CYTHERE; maillage utilisé pour le calcul (100000 nœuds) et détail sur les internes; contraintes de Von Mises avant les chocs thermiques.

LA QUALIFICATION AUX CHOCs THERMIQUES

La qualification des robinets du parc électronucléaire consiste à justifier leur intégrité et plus largement à démontrer leur capacité à remplir leurs principales fonctions technologiques: capacité à manœuvrer, étanchéités interne (sectionnement) et externe (absence de fuites).

La qualification aux conditions normales de fonctionnement n'est pas imposée réglementairement à l'exploitant (contrairement à celle aux conditions accidentelles qui couvre les impératifs de sûreté). EDF entreprend cette démarche afin de s'assurer du bon fonctionnement des matériels pour renforcer la sûreté et la disponibilité de ses tranches, la part de la robinetterie restant importante dans la maintenance corrective.

L'adoption de la technologie des robinets à soupape de gros diamètre (Figure 1) pour EPR constitue une nouveauté qui justifie pour EDF d'améliorer la maîtrise de ces matériels.

Leur perte d'étanchéité consécutive à des chocs thermiques alternés (transitoires rapides entre une température proche de l'ambiante et celle de la branche chaude - Figure 2) constitue une cause plausible d'échec à la qualification. Celle-ci peut être due à une rupture brutale et/ou à une plastification et distorsion globale liées aux contraintes induites par le transitoire.

L'essai sur boucle est un moyen direct d'obtenir un diagnostic pour un matériel donné. Il consiste à soumettre le robinet aux chargements thermo-hydrauliques, et à vérifier le respect d'un certain nombre de critères prédéfinis.

Toutefois, son coût est élevé, et son pouvoir prédictif limité en regard de la diversité des technologies et des variantes de matériel à valider.

Une solution prometteuse serait, alors, une qualification par analyse s'appuyant sur une démarche d'extension d'un matériel qualifié par essais vers un autre.

Les conditions à remplir pour que la simulation numérique participe à une telle démarche sont de montrer la faisabilité des prévisions puis leur robustesse.

QUALIFICATION DE LA ROBINETTERIE: QUELLE PLACE POUR LA SIMULATION?

J. Ferrari, D. Hersant, J.-P. Mathieu, S. Meunier, J.-F. Rit (EDF / R&D / MMC)

CODE_ASTER ET LA SIMULATION DE LA ROBINETTERIE

Sur la faisabilité, un résultat significatif, présenté en journée des utilisateurs *Code_Aster* en 2006, fut de mener à terme une simulation thermo-hydraulique d'un choc thermique, d'en valider les résultats expérimentalement (températures) et de mener les premiers calculs thermomécaniques (élastiques) sur un robinet complet avec *Code_Aster*.

Depuis, l'introduction dans l'étude de comportements élastoplastiques des matériaux a permis un appui au SEPTEN dans la compréhension d'une perte d'étanchéité due à une distorsion plastique du revêtement interne en modélisant le procédé de soudage puis 10 chocs thermiques (Figure 3). Les évolutions de *Code_Aster* et de son environnement ont été décisives dans l'obtention de ces résultats.

Pour la simulation du transitoire sur le robinet complet, par exemple pour le suivi du serrage des goujons de la bride corps-chapeau, la phase d'analyse et de maillage est critique. Elle nécessitait dans le passé une prestation externe qui limitait la capacité à reprendre les maillages. De telles reprises permettent de suivre des changements de conception en phase de qualification, en cas d'échec notamment. Le développement de la plate-forme Salome autorise aujourd'hui la construction de maillages en scripts Python, éventuellement sur la base des CAO constructeurs. Cette approche simplifie la reprise de maillages, là où on se limitait par le passé à des changements à la marge ou à de nouvelles prestations.

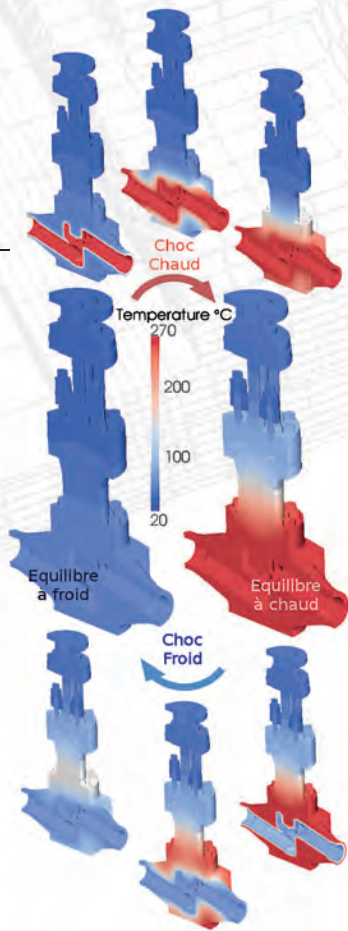


Figure 2: Températures simulées au cours d'un choc thermique.

De la même façon, la mise à disposition de moyens de calculs, individuels comme centralisés, aux performances accrues et les améliorations des solveurs permettent d'envisager de multiplier les non-linéarités. La nécessité de la prise en compte du contact unilatéral, pour une description correcte des déplacements relatifs des pièces de certaines jonctions boulonnées, lors d'un choc thermique, peut ainsi être démontrée, afin de comprendre, par exemple, la perte d'appui sur un joint d'étanchéité. On se donne aussi pour objectif dans l'actuel projet METRONOME de construire les outils, fondés sur la modélisation du contact dans *Code_Aster* pour faire le lien entre les distorsions plastiques calculées par ces simulations et le taux de fuite interne du robinet, ce qui reste indispensable pour donner un avis en vue d'une qualification.

LA SIMULATION EN APPUI À LA QUALIFICATION

Il devient donc possible tout en affinant les représentations d'arriver à mener à bien de telles simulations dans des temps raisonnables, comparables au temps de mise en place d'un essai. Cela nécessite:

- la simplification de certaines démarches et leur justification, comme substituer au couplage des codes thermiques et hydrauliques un chaînage des calculs;
- la mise à disposition de moyens de calculs haute performance;
- la mise en place de structures collaboratives pour les études menées par de multiples acteurs.

Par ailleurs, les fournisseurs proposent aussi des résultats de simulations comme éléments de démonstration de l'absence de défaillance, et affichent une volonté de s'associer aux travaux expérimentaux de caractérisation et de validation qui accompagnent les modélisations, par exemple en fournissant le matériel étudié dans METRONOME.

Le prochain défi consistera à définir dans quelle mesure de telles simulations sont recevables pour l'ingénierie lorsqu'un constructeur les propose et donc à construire un cadre permettant de statuer sur leur validité.

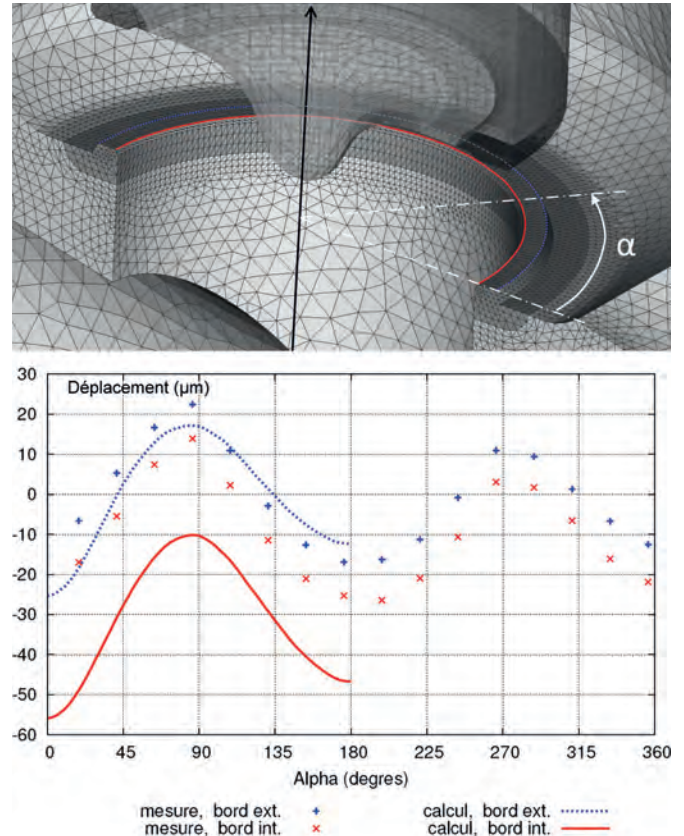


Figure 3: Distorsions des bords de la portée d'étanchéité plane du corps simulées à l'issue de 10 chocs thermiques et mesurées à l'issue des essais.