

Adaptation plastique des brides de pompes primaires 1300 MW

La mise à contribution des fonctionnalités thermomécaniques non linéaires du Code_Aster en contacts, en matériaux élastoplastiques, et de ses aptitudes à modéliser des chargements complexes comme les transitoires thermiques, ont permis d'expertiser et de maîtriser les mécanismes d'adaptation plastique survenant sur les diffuseurs d'un composant crucial des tranches électronucléaires : la pompe primaire.

Contexte industriel

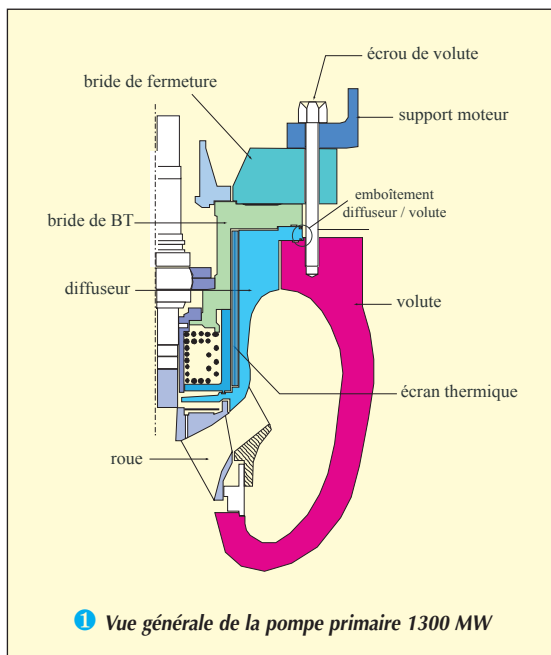
Les Groupes Moto Pompes Primaires (GMPP) des tranches 1300 MW sont le siège d'un phénomène de déformation permanente qui affecte la volute et la bride du diffuseur ❶. Ce phénomène d'adaptation plastique, signalé à plusieurs reprises dans le

retour d'expérience, peut avoir des conséquences préjudiciables en exploitation, en particulier : un relâchement progressif du serrage des goujons de volute et un comblement du jeu diamétral à l'emboîtement du diffuseur dans la volute qui peuvent conduire à un coincement à l'interface des deux pièces.

L'apparition d'un frettage résiduel entre diffuseur et volute peut constituer une gêne importante lors des opérations de maintenance impliquant une dépose de

l'hydraulique, s'il vient à empêcher l'extraction du diffuseur avec les moyens de levage habituels. Les exploitants de la centrale nucléaire de Paluel ont rencontré un tel cas de figure en 1994, lors d'une intervention sur la pompe primaire.

Dans ce contexte, on s'interroge aujourd'hui sur le caractère générique ou non du problème de coincement survenu à Paluel, et sur la pertinence des pratiques de maintenance actuelles, qui préconisent notamment des resserrages périodiques de la goujonnerie.



❶ Vue générale de la pompe primaire 1300 MW

les éventuelles solutions correctives.

Modélisation thermomécanique avec le Code_Aster

Les analyses s'appuient sur une modélisation thermomécanique Aster de la pompe. Outre la volute et le diffuseur, le modèle 2D axisymétrique intègre notamment les joints d'étanchéité et les pièces de boulonnerie assurant le serrage (représentées par un matériau orthotrope équivalent). Les maillages, constitués d'élé-

ments paraboliques quadrilatéraux, comptent environ 10000 nœuds.

Les interactions entre pièces sont modélisées par des conditions de contacts non linéaires, ce qui permet de suivre les basculements d'appui et l'évolution des contacts entre bride et volute. Des éléments mous sont raccordés à certaines pièces du maillage pour empêcher les déplacements de corps rigides pouvant apparaître lorsque les pièces ne sont maintenues "que par le contact".

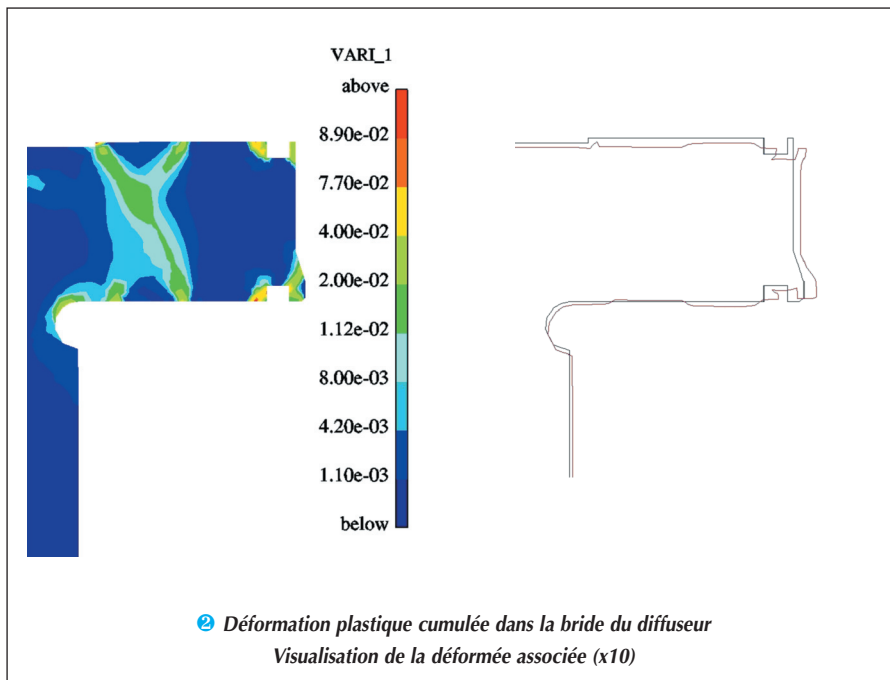
Pour simuler les phénomènes de déformation permanente, une loi de comportement élastoplastique a été affectée aux aciers inoxydables austénitiques et austéno-ferritiques du diffuseur et de la volute. Plusieurs modèles d'écrouissage ont été utilisés dans les calculs, avec par ordre de complexité croissante : l'écrouissage isotrope non linéaire dérivé de la courbe de traction, l'écrouissage cinématique linéaire de type Prager, et enfin l'écrouissage cinématique non linéaire de type Chaboche.

Pour étudier l'adaptation plastique des brides, on est amené à simuler les grands transitoires thermiques de chauffage-refroidissement du GMPP. Les données de base correspondantes, en particulier les rampes de montée en température et en pression du circuit primaire, sont issues du Dossier d'Analyse de Comportement établi par Jeumont Framatome.

Le mécanisme des déformations permanentes

Les calculs thermomécaniques ont permis de cerner les mécanismes d'apparition des déformations permanentes. La déformation plastique se localise principalement sur le rebord externe de la bride du diffuseur, dans le petit ligament de matière délimité par la gorge du joint

Adaptation plastique des brides de pompes primaires 1300 MW (suite)



② Déformation plastique cumulée dans la bride du diffuseur
Visualisation de la déformée associée (x10)

l'exploitation. Les déformations obtenues avec les différents modèles d'écroûissage sont comparables en terme de localisation et d'amplitude. L'étude a confirmé le risque d'un comblement total du jeu sur la première génération des pompes primaires de type P4, dites "à petit jeu".

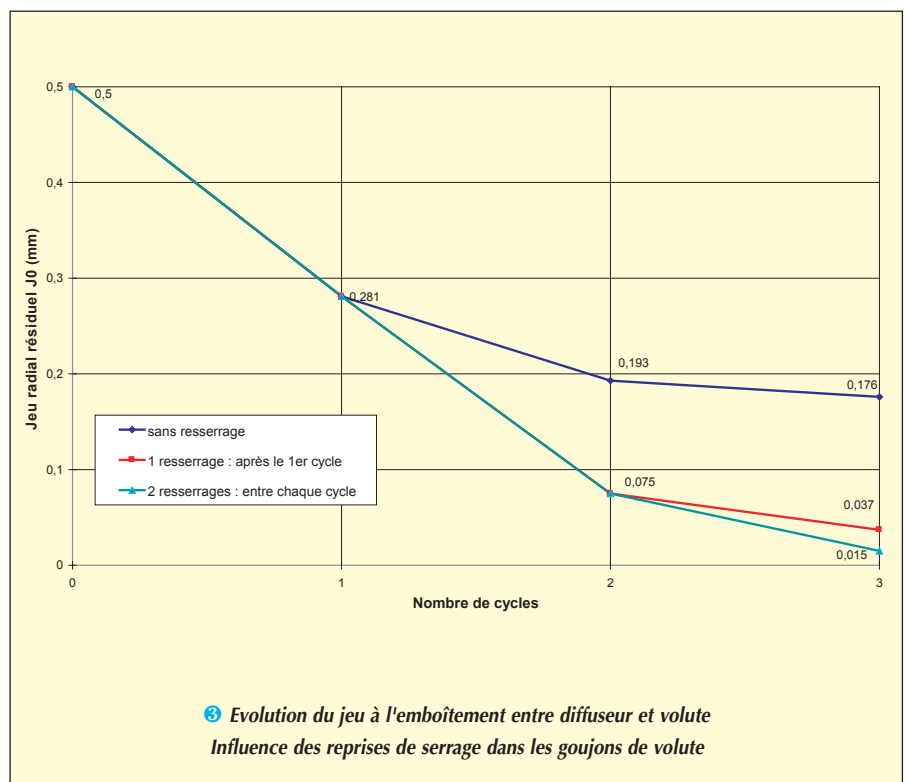
Solutions correctives et perspectives

Une évaluation complémentaire a montré l'intérêt d'un dispositif de défrettage par activation thermique, associant un vérin et des résistances chauffantes. Ce système, mis au point par Jeumont Framatome, permet de relaxer fortement, voire d'annuler, un frettage indésirable apparu entre volute et diffuseur par suite des déformations permanentes. A titre préventif, cet outillage sera mis à la disposition des exploitants lors des prochaines interventions prévues sur les hydrauliques de type P4. ■

d'étanchéité ②. Elle se développe majoritairement au cours des transitoires de refroidissement. Comme conséquence de ces déformations plastiques, les calculs montrent à la fois un comblement du jeu radial entre le diffuseur et la volute, et une diminution de la tension dans les goujons, ce qui rejoint les observations faites sur les sites. En itérant sur plusieurs transitoires consécutifs, le processus de déformation marque une tendance à la stabilisation au bout de 3 cycles de fonctionnement.

L'influence d'une ou plusieurs reprises de serrages des goujons a également été évaluée à l'aide du modèle numérique ③. On constate que ces restaurations du serrage tendent à accentuer la déformation plastique des brides, et accroissent ainsi le risque d'un frettage entre volute et diffuseur.

D'une manière générale, les amplitudes de déformations prédites par le modèle se sont révélées en bon accord avec les mesures faites sur un diffuseur retiré de



③ Evolution du jeu à l'emboîtement entre diffuseur et volute
Influence des reprises de serrage dans les goujons de volute