

Étanchéité au joint de volute des GMPP 900 MW : influence des déformations permanentes et des piquages froids

Cette étude, réalisée dans le cadre du projet ARPEGE (Anticipation des Risques sur les Pompes primaires, Gestion de la durée de vie et des achats) a nécessité l'utilisation des fonctionnalités thermo-mécaniques non linéaires du Code_Aster telles que le contact unilatéral sans frottement et les comportements élastoplastiques. Elle a pour objet de mettre en évidence l'effet des piquages froids (modèle 3D) et des déformations permanentes de la volute sur les performances d'étanchéité de la pompe au niveau de l'appui bride / volute.

Contexte industriel

Des défauts d'étanchéité ont été constatés sur plusieurs GMPP du palier 900 MW, au niveau du joint assurant l'étanchéité entre la bride de barrière thermique et la volute. Ils se traduisent par ce que l'on appelle des bouffées de bore, et se matérialisent par des traces laissées par le bore contenu dans l'eau du circuit primaire. En effet, lors de la fuite, l'eau, étant à très haute température, se vaporise immédiatement, laissant des traces de bore qui cristallisent sur les goujons. Dans la plupart des cas recensés, l'initiation de ces pertes d'étanchéité a coïncidé avec le déroulement d'un grand transitoire thermique de la pompe. Plus particulièrement, ce transitoire correspond au chauffage du circuit primaire qui fait suite à un arrêt prolongé de la pompe.

D'autre part, des phénomènes d'adaptation plastique ont été constatés sur les faces d'appui de certains composants de pompes primaires, et on suppose que les cycles thermiques subis par le composant peuvent être responsables de ces déformations permanentes. Ces dernières induisent des défauts de planéité

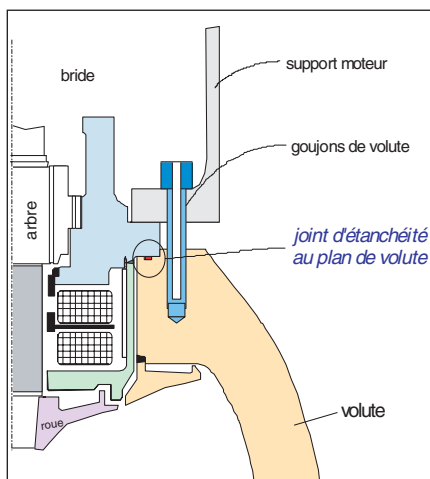
dont on souhaite étudier l'impact sur le comportement mécanique de la pompe et sur son étanchéité, en particulier, lors d'un changement de la bride de barrière thermique (adaptation d'une bride plane sur une volute déformée).

Modélisation thermo-mécanique

Deux modèles ont été utilisés pour cette étude :

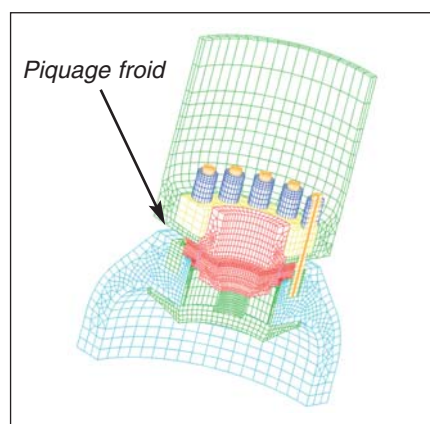
- **Un modèle 2D axisymétrique** comprenant notamment la volute (déformée ou saine), les écrous et les goujons, le support moteur, la bride et le joint d'étanchéité au plan de volute.

L'ensemble de ces composants est maillé librement avec des éléments triangulaires à 6 nœuds, conduisant à un maillage d'environ 11500 nœuds. Les maillages intègrent, selon les cas, la déformation radiale au niveau du plan de volute relevée par mesure sur des pompes primaires.



- **Un modèle 3D**, représentant un quart de la pompe, réalisé à partir d'éléments cubiques quadratiques et comprenant les mêmes composants que le modèle 2D et comptant au total plus de 26000 nœuds.

Dans ce modèle, les piquages froids sont pris en compte. Les déformations radiales et circonférentielles au niveau du plan de volute ne sont pas intégrées au maillage mais sont définies par une



fonction "jeu" (e) analytique obtenue à partir des relevés effectués sur site :

$$e = C [(1 - \cos(2\theta)) \times (R_0 - r)]$$

où R_0 est une caractéristique de la pompe, C un coefficient représentant l'amplitude des déformations et le couple (r, θ), les coordonnées d'espace.

Étanchéité au plan de volute

L'étanchéité entre la bride et la volute est étudiée via l'analyse des efforts s'appliquant sur le joint.

Dans un premier temps, une analyse élastoplastique est réalisée sur le modèle 2D axisymétrique comprenant une bride et une volute saine afin de comprendre le mécanisme de déformation permanente observé sur site. Pour ce faire, plusieurs chauffages / refroidissements ont été simulés afin de reproduire les mécanismes aboutissant aux déformations permanentes. L'utilisation d'une loi de comportement de type

Étanchéité au joint de volute des GMPP 900 MW : influence des déformations permanentes et des piquages froids (suite)

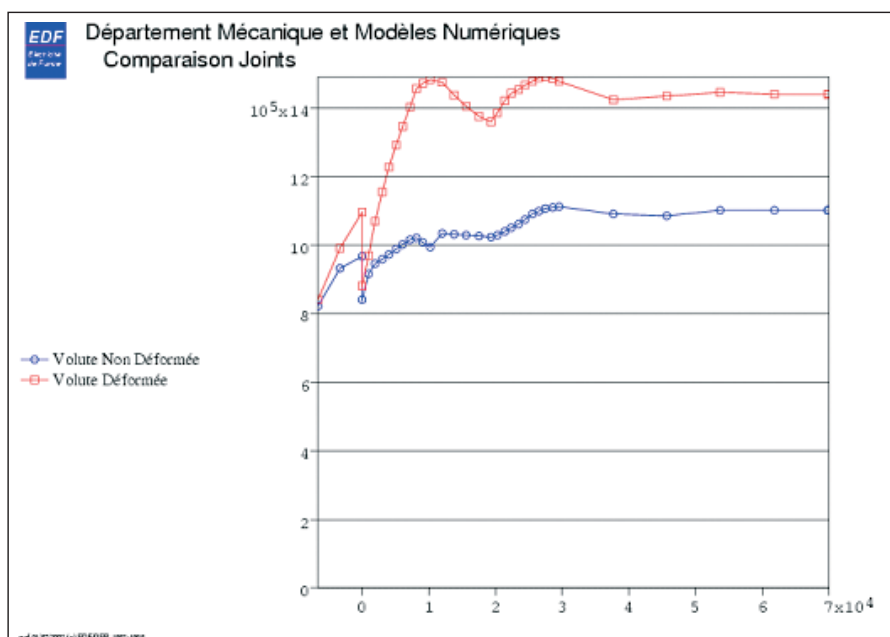
Chaboche à deux variables d'écroutissage a mis en évidence la forte influence du premier transitoire de chauffe qui fait apparaître un affaissement permanent sur le rayon intérieur du plan de volute lié à un phénomène de transfert d'appui de la bride, de l'extérieur vers l'intérieur du plan de volute.

Cette déformation permanente de la volute, est par ailleurs en accord avec les mesures effectuées sur les hydrauliques déposées.

Dans un deuxième temps, une analyse en élasticité linéaire est réalisée sur un modèle constitué d'une bride neuve et d'une volute déformée, afin d'étudier l'influence des déformations permanentes (relevées sur site et constatées sur le calcul élastoplastique) sur les efforts subis par le joint en régime nominal. Dans cette partie, ont donc été comparés les résultats des efforts subis par le joint dans le cas d'une bride saine sur une volute saine et d'une bride saine sur une volute déformée.

Les calculs mettent en évidence une meilleure compression du joint lorsque celui-ci est logé dans la gorge d'une volute déformée sur laquelle une bride neuve a été déposée. On constate ainsi que les efforts appliqués sur le joint dans le cas d'une bride saine sur une volute déformée sont environ 30 % supérieurs à ceux observés dans les cas où bride et volute sont saines (voir graphe ci-dessus sur lequel sont représentés les efforts relevés sur le joint en fonction du temps lors d'une montée progressive en température).

Enfin, dans un troisième temps, une étude en thermo-élasticité linéaire a été réalisée sur un modèle 3D prenant en compte les transitoires thermiques dus aux piquages froids présents dans cette structure ainsi que les déformations radiales et circonférentielles.



Au regard des résultats issus de ces calculs 3D, on constate que le piquage froid modifie l'effort appliqué sur le joint ($\theta = 90^\circ$ sur le graphe ci-dessous). Ainsi, au droit du piquage froid, on constate un relâchement du serrage au niveau du joint.

Néanmoins la prise en compte simultanée du jeu et du piquage froid tend au final à augmenter l'effort subi par le joint dans cette zone. ■

