

Défrettage des roues de GMPP 1300 MWe

R. Pérony (EDF / R&D / AMA)

Contexte et objectifs

Les Groupes MotoPompes Primaires (figure 1) assurent la circulation de l'eau dans le Circuit Primaire Principal, entre les Générateurs de Vapeur et la Cuve. Ce sont des composants indispensables au fonctionnement et à la sûreté des centrales nucléaires REP (refroidissement du cœur). Le parc EDF compte 198 de ces pompes en exploitation.

En 2007, une crise vibratoire

a été observée sur une pompe de Flamanville 2, et dans une moindre mesure en 2008, sur une autre pompe de la même tranche. L'expertise des deux hydrauliques a mis en évidence un risque potentiellement générique de défrettage (le frettage étant l'assemblage de deux pièces grâce à un ajustement serré) de la roue sur la portée conique de l'arbre.

Par conception, le couple hydraulique doit être transmis par l'effort de frettage. En cas de défrettage, la transmission du couple est reprise

par le dispositif de sécurité que constitue la clavette.

La relaxation du serrage de la roue sur l'arbre modifie le comportement vibratoire de la pompe et remet en cause son opérabilité. À partir d'un certain stade, des endommagements peuvent également se produire, par répercussion : touches au niveau des labyrinthes d'étanchéité dynamique, desserrage des vis de fixation du palier.

Enfin, des dégradations évolutives se manifestent ou sont susceptibles d'apparaître au niveau de la liaison roue-

arbre : dégradations par fretting (figure 2), matage de la rainure de clavette, fissuration par fatigue.

Dans le cadre des opérations de maintenance des hydrauliques qui pourraient débuter en 2012, la Division Production Nucléaire d'EDF a demandé aux constructeurs d'améliorer la conception de la liaison roue-arbre pour remédier à ces effets du vieillissement.

L'étude réalisée par EDF R&D vise à comprendre l'origine du comportement vibratoire anormal en identifiant les mécanismes de défrettage et à analyser les modifications proposées par les constructeurs.

Modèle de l'assemblage roue-arbre

Deux modèles mécaniques 2D axisymétriques de l'assemblage roue-arbre sont mis en place : la version d'origine "arbre plein" et une version modifiée "arbre creux" pour laquelle le fluide primaire circule à l'intérieur du cône de l'arbre et réchauffe celui-ci.

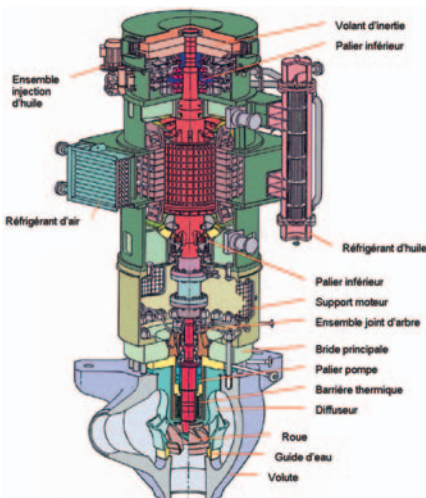


Figure 1 : GMPP modèle 100.



Figure 2 : Fretting sur le cône de l'arbre et sur la roue.

Défrettage des roues de GMPP 1300 MWe

R. Pérony (EDF / R&D / AMA)

Le modèle comporte :

- la partie inférieure de l'arbre de pompe ;
- le moyeu de roue (les aubes sont modélisées par des éléments de coque filaires équivalents en masse et raideur) ;
- l'écrou de roue ;
- la vis de blocage ;
- la bague thermique.

Les coefficients d'échange thermique sont calculés selon des formulations analytiques extraites du KREITH. La rotation ou l'arrêt de la roue modifie la nature de l'échange : convection forcée ou naturelle.

Le contact est pris en compte entre la roue et l'arbre.

Les courbes de traction des matériaux d'arbre et de roue (aciers austénitiques inoxydables) sont considérées avec un écrouissage isotrope.

Les calculs thermo-mécaniques simulent l'opération initiale de frettage, puis le comportement mécanique de l'assemblage lors du cycle de transitoires réputé le plus pénalisant :

- Chauffage (55°C/h) du fluide primaire de 10°C à 300°C ;
- Arrêt à chaud de la rotation en 120 s et passage de la température de 300°C à 35°C (eau d'injection) au-dessus de la roue ;
- Démarrage à chaud en 20 s et retour à 300°C après mélange des fluides primaire et d'injection au-dessus de la roue ;
- Refroidissement (55°C/h) du fluide primaire jusqu'à 10°C.

Suite à ces simulations, la résultante des efforts de frettage calculée est alors comparée au couple hydraulique à transmettre au fluide primaire.

Résultats

Lors du transitoire de chauffage, la version d'origine "arbre plein" présente un défrettage partiel dû à une importante dilatation thermique différentielle entre l'arbre et la roue. Celle-ci est réduite par l'utilisation d'un "arbre creux" réchauffé (figure 3). Cet apport est significatif puisque l'effort de frettage permet alors la transmission des efforts hydrauliques.

Pour la suite du calcul, des hypothèses doivent être introduites sur certaines données d'entrée mal connues, comme la température au-dessus de la roue en arrêt à chaud. À l'occasion d'un tel transitoire, un surfrettage dû au refroidissement rapide au-dessus de la roue apparaît. La plastification du moyeu relâche le frettage initial.

Avec des hypothèses conservatrices sur la température au-dessus de la roue, le défrettage calculé est alors relativement important pendant le redémarrage à chaud ainsi que pour les transitoires de fonctionnement ultérieurs, que ce soit pour l'arbre d'origine ou l'arbre creux.

Avec une hypothèse plus réaliste, on montre que la solution "arbre creux" génère des longueurs frettées résiduelles plus importantes : le risque de pivotement de la roue et de création d'un balourd de vibration peut alors se trouver amoindri.

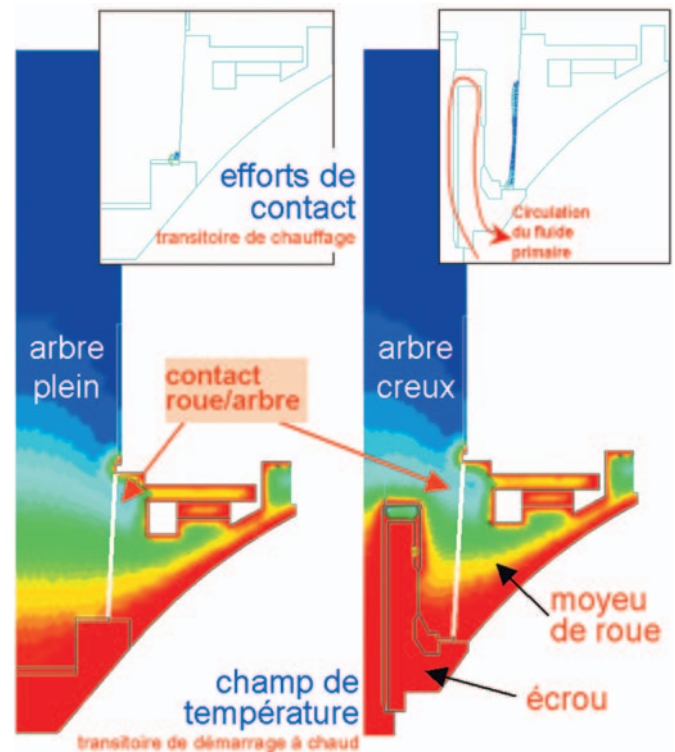


Figure 3 : Champ de température et efforts de contact.

Pour aller plus loin, il serait nécessaire de caractériser, par simulations numériques ou par des essais, la nature des écoulements présents au-dessus de la roue, afin de rendre compte au mieux des températures et débits existant en arrêt à chaud.

L'étude réalisée avec Code_Aster a permis d'évaluer qualitativement les solutions proposées par les constructeurs, enjeu capital pour la stratégie de maintenance de la DPN. Actuellement, l'appui de la R&D est attendu lors des revues de conception.