

Critères de retrait d'exploitation pour les fissures affectant les disques frettés BP CP0-CP1

M. Pache (EDF / DIN / SEPTEN)



La fissuration des disques frettés, étudiée à plusieurs reprises

Les disques frettés des rotors BP CP0-CP1 sont affectés de fissures connues depuis les années 80 et attribuées à la corrosion sous contraintes. Les défauts se développent dans cinq zones caractéristiques : l'alésage des disques, le dessus et le dessous des logements des pions anti-rotation, les flancs des disques et le fond des logements de pions.

Plusieurs études avaient déjà été réalisées pour déterminer la taille maximale de fissure acceptable avant retrait d'exploitation du rotor. La première étude Alsthom-CETIM (1987) a fixé cette taille à 30 mm en se

basant sur l'étude des fissures d'alésage. A la fin des années 90, EDF R&D a complété cette étude par des analyses plus poussées des fissures situées en fond de logement de pions, menant à un critère de 32,5 mm pour celles-ci.

Les études de stratégie de gestion de la durée de vie à 60 ans des turbines à vapeur principales menées en 2007 par le SEPTEN ont montré qu'en l'état, ces critères donneraient lieu à un nombre important de retraits d'exploitation dans un scénario d'augmentation de la durée de vie des tranches nucléaires.

Cette étude a ainsi été engagée pour reprendre le calcul de ces critères pour l'ensemble des types de fissures existants. L'idée est de suivre les méthodes de calcul développées par la R&D dans les années 2000 : calculs thermo-mécaniques et mise à profit des possibilités de la mécanique de la rupture ductile.

La mécanique de la rupture fragile puis ductile en élasticité linéaire, dans une modélisation thermo-mécanique en intégrant des éléments X-FEM

Des maillages en tétraèdres de 120° du disque, pré-raffinés dans les zones d'intérêt (Figures 1 et 2), sont utilisés pour l'étude, les fissures y étant intégrées par l'intermédiaire d'éléments X-FEM. L'opérateur MACR_ADAP_MAIL est également mis à profit pour améliorer le raffinement autour du fond de fissure.

Le champ de température régnant dans le disque au cours d'un transitoire de démarrage à froid est déterminé (calcul transitoire THER_LINEAIRE) et pris en compte après extraction de l'instant le plus pénalisant en termes de contraintes thermiques.

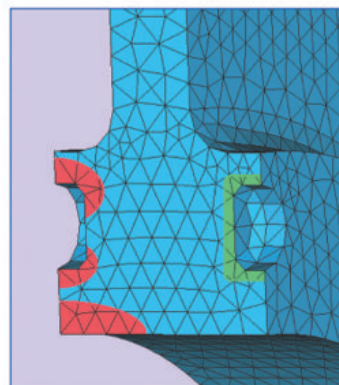


Figure 1 : Modèle et emplacements fissures.

Critères de retrait d'exploitation pour les fissures affectant les disques frettés BP CP0-CP1

M. Pache (EDF / DIN / SEPTEN)

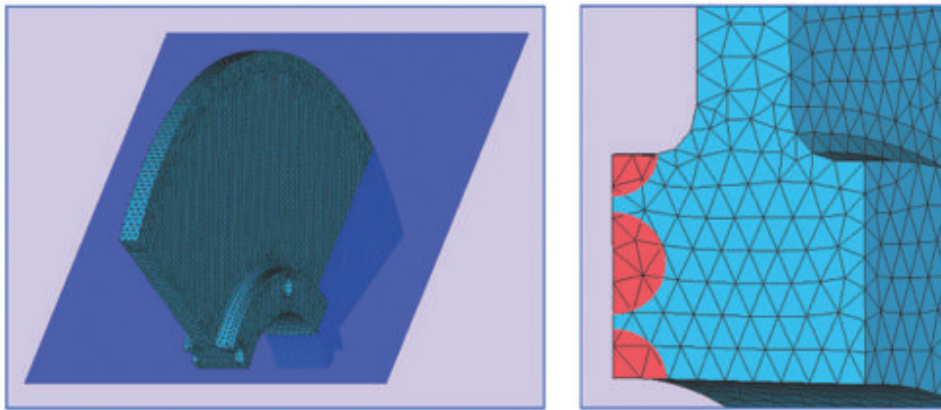


Figure 2 : Modèle et emplacements fissures.

La modélisation du frettage du disque sur l'arbre est évitée en considérant une vitesse de rotation du rotor égale à 2250 tr/min, soit 150 % de sa vitesse nominale, vitesse à laquelle les disques sont défrettés. Ces deux hypothèses rendent le calcul **très conservatif**.

Le postraitement en mécanique de la rupture est réalisé en poursuite par les opérateurs POST_K1_K2_K3 et CALC_G. Après mise au point des paramètres de postraitement (abscisse curviligne maximale pour POST_K1_K2_K3, couronnes d'intégration et méthode de lissage pour CALC_G), la concordance des résultats donnés par les deux opérateurs permet leur validation.

Dans une **première approche en rupture fragile**, le facteur d'intensité de contraintes K_I lié au premier mode d'ouverture de la fissure est comparé à la ténacité du matériau pour statuer sur le risque de rupture brutale du disque. Les calculs sont ensuite repris dans le cadre de la **rupture ductile**, prenant en compte des phénomènes de plastification en fond de fissure. Cette approche moins sévère permet de statuer sur le caractère stable ou non d'une petite propagation de la fissure. Elle est plus réaliste et moins conservatrice, mais beaucoup plus coûteuse puisqu'elle nécessite la réalisation de plusieurs calculs en élasticité non-linéaire par fissure. La loi de comportement ELAS_VMIS_LINE est en effet utilisée plutôt qu'une loi élasto-plastique, sous l'hypothèse de chargements proportionnels et monotones.

Une relaxation des critères et un pronostic amélioré du nombre de retraits d'exploitation de rotors

Les résultats se sont révélés tributaires des **géométries de fissures** modélisées, les critères ne pouvant porter que sur le côté mesuré de la fissure.

Là encore, l'étude s'est placée du côté du conservatisme en prenant en compte des géométries pénalisantes.

Suite aux premières études en rupture fragile, les critères ont pu être relaxés pour tous les types de fissures à l'exception de celui concernant les fissures de dessus de logement qui semblent pouvoir se propager de manière instable vers le voile du disque en cas d'augmentation des tailles limites. La reprise des critères sur les fissures d'alésage et de dessous de logement en rupture ductile a permis une relaxation supplémentaire de plus de 10 % de ces critères.

Après reprise des pronostics de retraits d'exploitation des rotors BP CP0-CP1 selon les niveaux critères, le nombre de rotors concerné a pu être **divisé par deux**. Suite aux conclusions de l'étude, la décision a été prise au directeur matériel turbines à vapeur de 2012 de relaxer la taille limite faisant passer la périodicité de 6 à 4 ans : auparavant de 15 mm, cette taille a été portée à 20 mm.

Zone	Rupture fragile	Rupture ductile
Alésage	37,5 mm	43 mm (+ 15 %)
Dessous	32,5 mm	36 mm (+ 11 %)
Dessus	30 mm	/
Flancs	40 mm	/

Figure 4: Tableau des critères fragile puis ductiles.