

ÉTUDE DE NOCIVITÉ DE DÉFAUTS SUR LES ATTACHES DES AILETTES TERMINALES DES ROTORS BP100

E. Ricou (EDF / R&D / AMA)

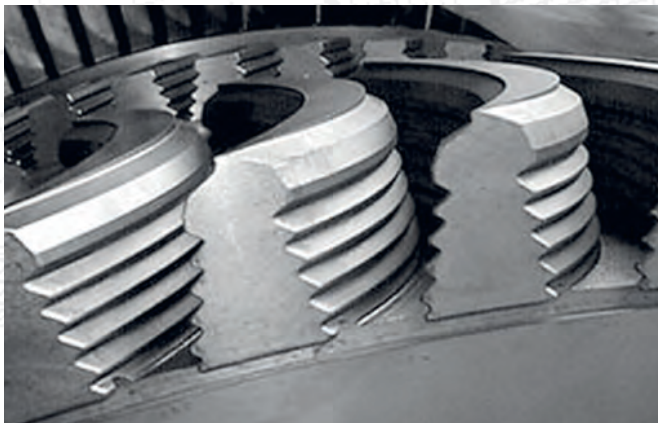


Figure 1 : Attaches curvilignes des ailettes terminales des rotors BP100.

CONTEXTE INDUSTRIEL ET OBJECTIFS

Les attaches des ailettes terminales des rotors BP100 des paliers CP2, P4 et P'4 (Figure 1), font l'objet d'une surveillance renforcée suite à la découverte de fissures en fond de cran. Afin de pouvoir statuer rapidement sur la stratégie de maintenance à adopter en cas de découverte de nouvelles fissures, l'ingénierie d'EDF doit disposer d'outils performants capables de diagnostiquer la nocivité de ces défauts.

Une méthode complète pour l'analyse de nocivité de défaut des attaches, basée sur un modèle générique simplifié (attache uniquement), a été développée par le SEPTEN, avec l'appui de la R&D. Les hypothèses utilisées pour parvenir à ce modèle simplifié nécessitaient d'être validées par un modèle complet (attache et ailette). La validation repose principalement sur l'évaluation du chargement appliqué sur les crans de l'attache dans le modèle simplifié, où l'ailette n'est pas représentée, ainsi que sur le calcul des facteurs d'intensité des contraintes.

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE COMPLET

Les modèles complets issus d'études précédentes sur les ailettes, ne respectaient pas toutes les conditions géométriques requises. En outre, les possibilités de modification sur les maillages étant très limitées, cette étude a nécessité l'élaboration d'un nouveau modèle complet, à partir d'une géométrie (CAO 3D) fournie par le constructeur. Ce modèle a été conçu de façon à être entièrement paramétrable. Le raffinement du maillage en différentes zones est contrôlé à l'aide d'un script paramétrique sous SALOME. Les maillages « sur mesure » ainsi obtenus permettent d'optimiser les performances du modèle (Figure 2), en fonction des zones d'intérêt.

Le modèle se doit également d'être générique pour toutes les analyses de nocivité des défauts qui pourraient être observés sur les attaches. Il est donc nécessaire de faciliter le positionnement d'une fissure et la définition de sa géométrie sur le modèle. Cette double contrainte a été résolue d'une part, par le choix de

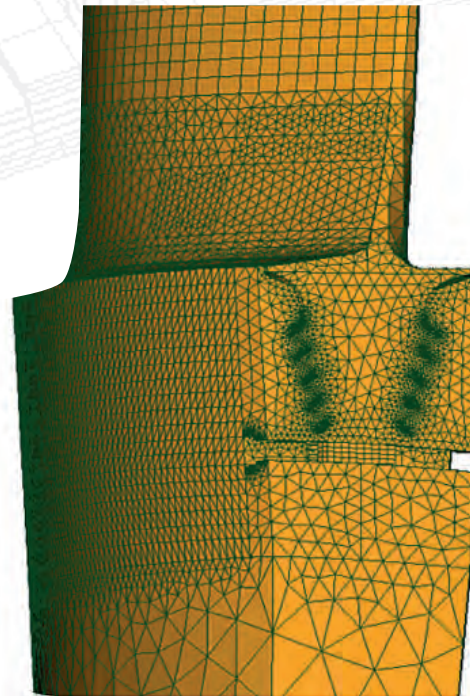


Figure 2 : Exemples de maillages paramétriques générés.

la méthode X-FEM (eXtended Finite Element Method) pour modéliser les fissures et, d'autre part, par l'élaboration de scripts de raffinement automatique du maillage. La méthode X-FEM présente l'avantage de permettre l'insertion d'une fissure dans un modèle sans qu'il soit nécessaire de la mailler explicitement, d'où un gain de temps important. Un maillage fin autour du fond de fissure reste néanmoins nécessaire afin de garantir la précision du calcul des facteurs d'intensité des contraintes.

Des scripts, faisant appel à l'outil HOMARD, permettent de raffiner automatiquement le maillage en fond de fissure, en fonction de la géométrie du défaut et du niveau de raffinement souhaité (Figure 3).

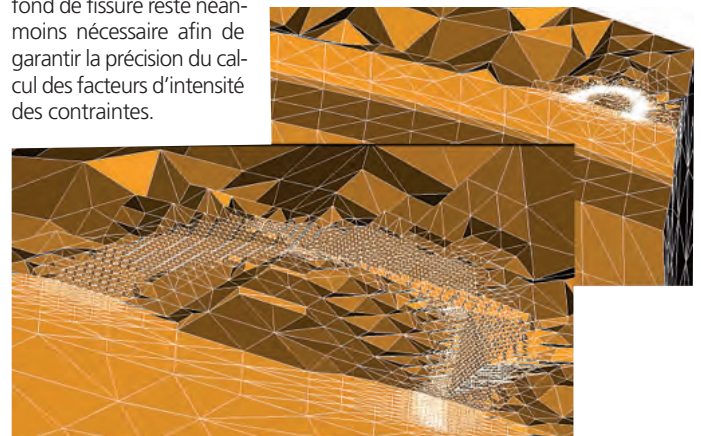


Figure 3 : Exemple de maillage raffiné autour du fond de fissure.

ÉTUDE DE NOCIVITÉ DE DÉFAUTS SUR LES ATTACHES DES AILETTES TERMINALES DES ROTORS BP100

E. Ricou (EDF / R&D / AMA)

VALIDATION DU MODÈLE SIMPLIFIÉ

Dans le modèle simplifié, l'ailette n'est pas modélisée. Il est donc nécessaire d'appliquer le chargement qu'elle exerce sur les crans de l'attache. Le modèle complet, où le contact est modélisé sur les dix crans que comportent l'attache et l'ailette (Figure 4), permet de déterminer ce chargement. Les calculs suivants ont été réalisés :

- un calcul de référence sur modèle sain (non fissuré), afin de déterminer les pressions de contact que subit chaque cran de l'attache,
- des calculs sur modèle sain avec prise en compte du frottement, afin de mesurer l'influence de ce phénomène sur la répartition du chargement sur les crans,
- des calculs sur modèles fissurés (douze cas de fissures testés), afin d'évaluer l'impact de la présence de fissures sur la répartition du chargement sur les crans, et de réaliser des études de nocivité, pour différents cas de fissuration.

MÉTHODE GÉNÉRIQUE POUR L'ÉTUDE DE NOCIVITÉ

Les étapes de réalisation d'une étude de nocivité selon la méthode générique développée, sont décrites ci-dessous. Initialement, l'ingénieur dispose d'un maillage de la structure « saine » et de la description géométrique de la fissure.

1. Positionnement et définition de la géométrie de la fissure dans le script de raffinement automatique du maillage en fond de fissure.
2. Lancement du script sur le maillage initial: raffinement autour du fond de fissure réalisé en faisant appel à l'outil HOMARD.
3. Positionnement et définition de la géométrie de la fissure dans le fichier de commandes du modèle mécanique: enrichissement du modèle éléments finis classiques avec des éléments enrichis de type X-FEM (DEFI_FISS_XFEM).
4. Lancement du calcul mécanique sur le maillage raffiné obtenu à l'étape 2: résolution du problème mécanique linéaire sur modèle simplifié (MECA_STATIQUE) ou non-linéaire sur modèle complet (STAT_NON_LINE) avec Code_Aster.
5. Lancement en POURSUITE du fichier de commandes de post-traitement des critères de mécanique de la rupture: calcul des facteurs d'intensité des contraintes (POST_K1_K2_K3) avec Code_Aster.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le modèle complet a permis de représenter certains phénomènes physiques qui nécessitent la résolution des problèmes numériques non-linéaires, non pris en compte dans le modèle simplifié. Les résultats obtenus ont permis de mesurer le degré de conservatisme du modèle simplifié, qui a ainsi pu être validé. Ils démontrent également la possibilité d'utiliser les modélisations numériques avancées (X-FEM, contact frottant) implantées dans Code_Aster, sur

des structures industrielles, tout en conservant les performances (CPU) requises pour répondre aux besoins du parc nucléaire. La précision de ce modèle pourra également être améliorée lorsque les éléments X-FEM quadratiques seront disponibles dans Code_Aster. Enfin, le modèle sera également ré-utilisé par le SEPTEN dans le cadre de la reprise des évaluations de propagation de fissures dans les ailettes sous chargement dynamique.

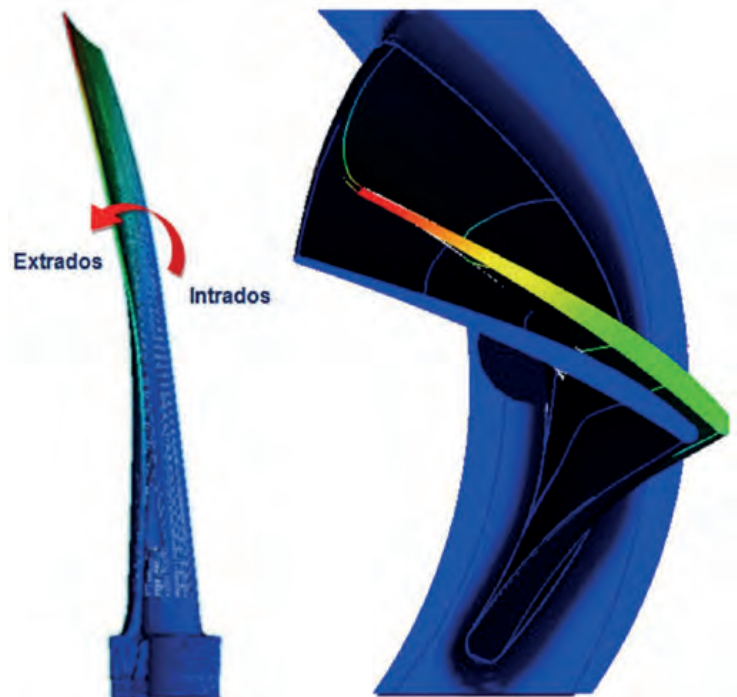


Figure 4: Déformation de l'ailette sous l'effet du chargement centrifuge.