

NOCIVITÉ DE FISSURES AFFECTANT LES TROUS DE BROCHES DES DISQUES DES TURBINES CP0/CP1

Igor Boutemy (EDF R&D, Département AMA)

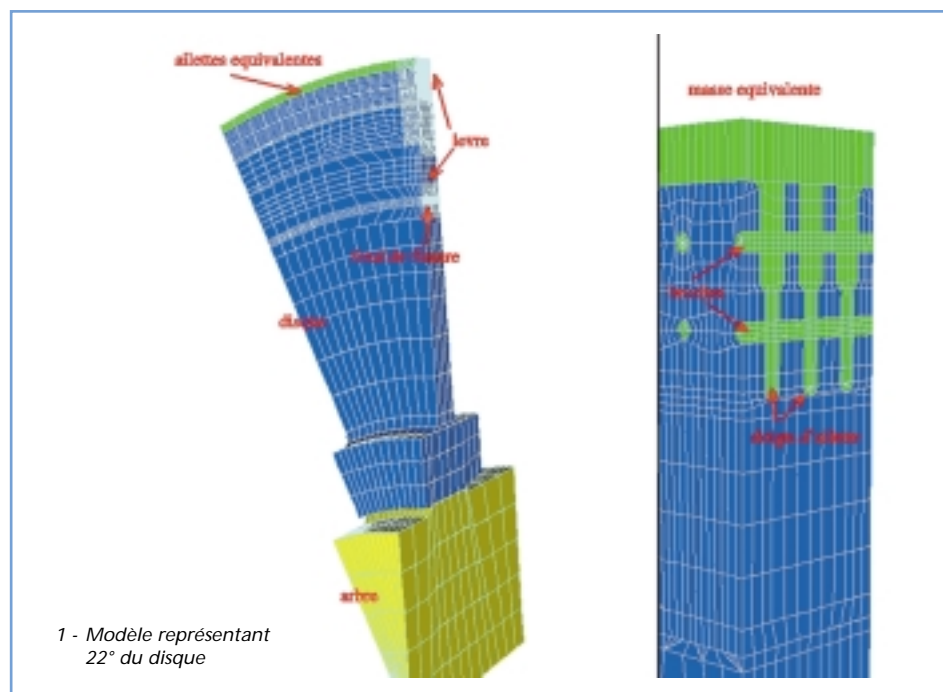
Un matériel génériquement affecté par de la corrosion sous contraintes

Les turbines Basse Pression des tranches CP0/CP1 sont soumises depuis leur mise en service à un phénomène de corrosion sous contraintes générique qui affecte principalement les étages 3, 4, 5 et 10, 11, 12. En effet, c'est au niveau de ceux-ci que la vapeur, auparavant sèche, devient humide et se condense sur l'arbre, les disques et les ailettes, au fur et à mesure que pression et température décroissent. Comme les disques sont frettés (c'est-à-dire serrés) sur l'arbre, ils sont soumis à des contraintes circonférentielles de traction importantes. Ils sont donc affectés par de nombreuses fissures de corrosion sous contraintes en plusieurs endroits, dont les trous de broches. Ceux-ci sont les points de fixation des ailettes sur le disque ; il y en a 2 par ailette, à raison de 302 ailettes par disque pour les étages 3 et 11 étudiés ici. Les fissures se développent radialement (perpendiculairement à la direction de la contrainte principale maximale), et se propagent régulièrement vers l'intérieur du disque à une vitesse de l'ordre du mm par an. La question qui se pose est : à quelle profondeur de fissure se produira la rupture brutale du disque ?

Les études 3D sont lourdes

Les études de nocivité sont faites pour plusieurs vitesses de rotation (à 100%, 110%, 120%, 130%, 140% et 150% de la vitesse nominale de 1500tr/mn), et pour 2 profondeurs de fissure : 144 mm (fissure affectant 15% du rayon du disque) et 288 mm (fissure affectant 30% du disque). Le seul chargement est la vitesse de rotation de l'arbre. Le contact entre le disque et l'arbre est pris en compte pour les vitesses inférieures à 122% (au-delà le disque se désolidarise de l'arbre). Une seule fissure à la fois est explicitement représentée dans les maillages (graphe 1) et des conditions de symétrie sont appliquées sur les bords des modèles.

Malgré les simplifications de géométrie adoptées (ailettes représentées par des masses équivalentes transmettant le même effort centrifuge au disque ; absence des trous, car nous en sommes suffisamment loin), les maillages 3D sont trop volumineux pour que nous puissions utiliser un modèle de demi-disque (qui, complété par des conditions de symétrie sur ses bords, est représentatif d'un disque entier affecté d'une seule fissure).



Recherche
& Développement



Nous avons donc effectué, pour la fissure de 288 mm à une vitesse de 2250 tr/mn, des calculs avec le *Code_Aster*, sur des modèles représentant des portions de disque comprises entre 12° et 90°, et relevé à chaque fois dans le graphe (2) le coefficient d'intensité des contraintes (représentatif de la nocivité de la fissure). On constate qu'il est loin d'être constant : l'explication est que plus le secteur représenté est faible, plus le nombre de fissures dans le disque entier est élevé (la fissure étant située sur un des bords du modèle, par symétrie, pour un quart de disque représenté, il y a 2 fissures par disque, pour un huitième, il y en a 4, etc...). On espérait qu'au-delà d'une certaine valeur de secteur angulaire, il y aurait eu stabilisation (fissures suffisamment éloignées l'une de l'autre pour ne pas s'influencer), ce qui n'est pas le cas au moins jusqu'à 90° ! Nous sommes donc passés sur des modèles 2D.

Les modèles 2D restent précis

Les représentations 2D contraintes planes sont réalisées avec Gibi et sont beaucoup moins volumineuses. Cependant elles ne peuvent pas rendre compte des variations d'épaisseur importantes des disques réels. Pour les valider, nous

effectuons la même étude paramétrique que précédemment, fonction du secteur angulaire représenté. Au préalable, nous recalons les masses volumiques du modèle 2D afin d'obtenir le même coefficient d'intensité des contraintes que le 3D pour un secteur de 11,92°.

Dans le graphe 2, nous constatons que d'une part, les résultats obtenus en 2D sont les mêmes que ceux du 3D à 1 ou 2% près, et qu'au-delà de 90°, il y a stabilisation du coefficient d'intensité des contraintes, ce que nous n'avions pas pu voir en 3D. La procédure de calcul mise au point est donc la suivante :

- calcul 3D sur secteur de 11.92°
- calcul 2D sur secteur de 11.92° et recalage des masses volumiques à partir du 3D
- calcul 2D sur un secteur de 180° pour avoir la nocivité d'une fissure isolée affectant un disque

Finalement, cette procédure nous a permis d'évaluer la nocivité d'une fissure isolée et radiale dans un disque et d'accepter les défauts existant aujourd'hui. Les études doivent se prolonger en évaluant plus précisément les marges dont on dispose en prenant en compte les interactions de fissures, sachant que pratiquement tous les trous de broche sont affectés.

