

# Etude de la sensibilité au rubbing rotor/stator d'un compresseur de turbine à combustion.

F. Meissonnier, C. Stoisser (EDF R&D AMA)

Le retour d'expérience sur les récentes acquisitions et constructions du Groupe EDF montre que l'introduction de nouvelles technologies et de nouveaux designs de turbines à combustion (TAC) a sensiblement augmenté les risques d'avaries en fonctionnement. Parmi ces risques, le problème de rubbing (contact rotor/stator) dans le compresseur représente un risque majeur du fait des dégradations importantes qu'il peut engendrer sur le matériel et de l'impact conséquent sur la disponibilité des TAC.

Les TAC Siemens-Westinghouse 501F-D2, entre autres, ont particulièrement été affectées par des problèmes de rubbing pendant les phases de redémarrages à chaud, notamment au niveau des interfaces d'étanchéité entre les cerclages des diaphragmes et les plates-formes des aubages du rotor. De fait, le constructeur a imposé aux exploitants de ces turbines une restriction appelée « Hot Restart Restriction » (HRR) très pénalisante vis-à-vis de la disponibilité de la TAC. Cette restriction consiste en effet à redémarrer la TAC dans les 20mn après un déclenchement, sinon après une attente de 5 heures, afin d'assurer un refroidissement suffisant des composants de la TAC.

## Objectifs

L'étude a pour objectif de développer une méthodologie permettant de prédire l'évolution des jeux rotor/stator au cours des transitoires et d'en déduire la criticité des redémarrages à chaud vis-à-vis du risque rubbing pour les TAC 501F-D2. Elle s'inscrit

dans le cadre du projet MARINCCA (2003-2005).

## Approche technique

L'analyse de risque rubbing compresseur est réalisée à partir de résultats de calculs 3D par éléments finis de l'assemblage rotor/carter du compresseur de la turbine à combustion W501F-D2 et à partir de résultats de calculs vibratoires de la ligne d'arbres de cette même TAC. Il s'agit d'évaluer les dilatations radiales différentielles entre le carter et le rotor dues aux effets thermiques (gradients thermiques induits par le réchauffement de l'air dans la veine compresseur et la ventilation de la salle des machines) et mécaniques (distorsions de l'assemblage, centrifugation des aubages mobiles, amplitude vibratoire de la ligne d'arbres).

### Evolution des jeux rotor/stator à partir d'un calcul thermoélastique 3D

Le calcul thermoélastique du compresseur est réalisé avec *Code\_Aster*. Il prend en compte le rotor aubagé du compresseur et le carter monobloc du compresseur avec ses soutirages, ses diaphragmes et le support carter (figure 1).

Les conditions aux limites du calcul thermique de la veine du compresseur (température des gaz et coefficients d'échange) sont estimées par une approche analytique spécifique basée sur un calcul de rendement isentropique et prennent en compte l'évolution du régime de rotation du rotor pendant les phases transitoires. Ces calculs permettent d'évaluer les dilatations radiales différentielles entre le carter et le rotor dues aux effets thermiques (gradients thermiques induits par le réchauffement de l'air dans la veine compresseur et la ventilation de la salle des machines – cf. figure2) et mécaniques (distorsions de l'assemblage, dévissage et dilatation par centrifugation des aubages mobiles).

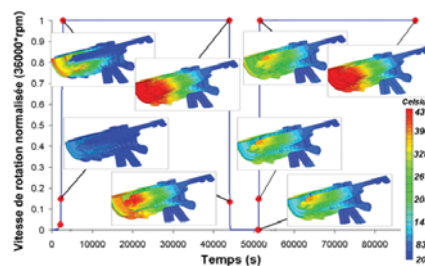


Figure 2 : Evolution de la température métal de l'assemblage carter/rotor au cours d'un redémarrage à chaud ( $\Delta t = 120$  mn)

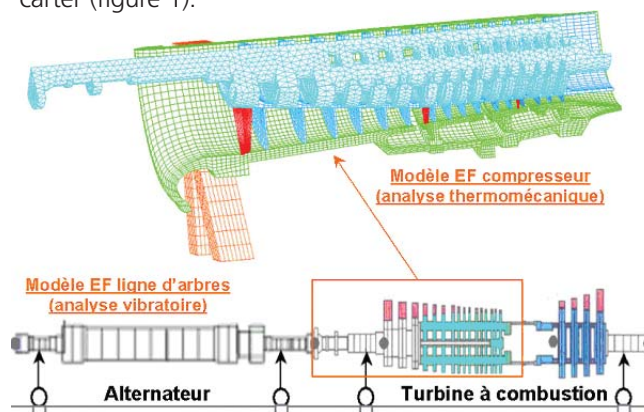


Figure 1 : Maillage 3D du compresseur (réalisé avec I-DEAS 10 NX Series m3 – 135 000 éléments) – Modèle dynamique de la ligne d'arbres (CADYAC)

# Etude de la sensibilité au rubbing rotor/stator d'un compresseur de turbine à combustion.

F. Meissonnier, C. Stoisser (EDF R&D AMA)

## Evolution des amplitudes vibratoires du rotor aubagé

L'analyse du comportement vibratoire repose sur une modélisation 1D du groupe TAC-alternateur dans le Code CADYAC et a nécessité l'identification des forces excitant la ligne d'arbres. Un recalage du système des forces équivalentes a été réalisé à partir des niveaux vibratoires mesurés sur une TAC et a permis d'évaluer l'excentricité vibratoire au droit des étages du compresseur.

## Validation

Les développements réalisés au cours de cette étude ont été validés en se référant au profil d'évolution des jeux radiaux consommés au niveau de l'étage 13 du compresseur au cours d'un cycle d'arrêt-démarrage type publié par le constructeur de la W501F-D2. Les excentricités vibratoires ont par ailleurs été validées à partir de relevés vibratoires sur une TAC en exploitation.

Les prédictions obtenues avec le modèle EDF R&D montrent une corrélation satisfaisante avec les résultats des mesures Siemens-Westinghouse et met en évidence le conservatisme du modèle EDF R&D (figure 3).

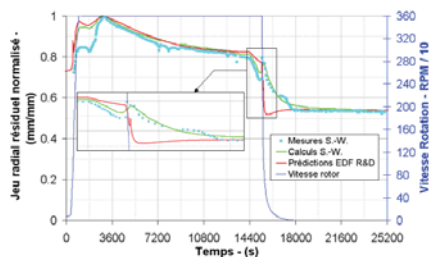


Figure 3 : Validation des jeux prédits à partir des modèles thermomécanique et vibratoire

## Analyse de risque rubbing compresseur

L'analyse de risque rubbing pour le compresseur de la TAC W501F-D2 a été réalisée sur des cycles d'arrêt-démarrage types contenant un redémarrage à chaud. Elle a été étudiée au niveau de deux interfaces critiques mises en évidence par le retour d'expérience sur les W501F-D2 (sommet d'aubes mobiles/carter et étanchéités du diaphragme/rotor).

On montre que la période d'indisponibilité de la TAC est imposée par les jeux au niveau des étanchéités entre le sommet des aubages du diaphragme de l'étage 7 et la plate-forme avale des aubages mobiles de l'étage 6 (figure 4).

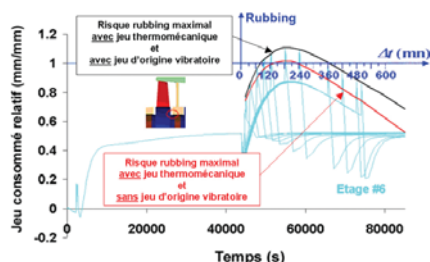


Figure 4 : Evolution du jeu radial consommé au niveau de l'interface Rot/Diaph (R7/D6) en fonction du temps de redémarrage à chaud

## Conclusions

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence la complexité des phénomènes de rubbing observables sur un compresseur de TAC. Le risque résulte en effet de la combinaison d'une série de facteurs défavorables tels que :

- Les transitoires thermiques pénalisant (ex. Hot Restart),

- L'influence locale des hétérogénéités de température induites par les soutirages d'air,
- L'influence du plan de joint (ovalisation du carter),
- Les vibrations de la ligne d'arbres.

L'influence relative de ces facteurs sur le risque de rubbing varie dans une large mesure en fonction de la localisation de l'étage dans la veine compresseur (pondérations différentes pour les étages froids proches de l'admission et pour les étages chauds proches de l'échappement), du type d'interface entre parties fixes et parties mobiles rotor/stator (aube mobile/carter ou rotor/diaphragme) et de la situation de fonctionnement considérée (régime permanent, transitoires). En tout état de cause, l'étude démontre qu'aucun de ces facteurs n'est prépondérant dans l'absolu et que tous doivent être pris en compte pour anticiper l'émergence d'un risque de rubbing.

Il est important de remarquer que la méthodologie mise en place a permis de confirmer la nécessité d'une limitation sur les Hot Restarts telle que celle imposée par Siemens-Westinghouse. Elle est particulièrement bien adaptée à évaluer la criticité des transitoires que peuvent subir les turbines à combustion. ■