

APPLICATIONS

CALCUL DES MODES PROPRES D'UN ROTOR DE TURBINE PAR SOUS-STRUCTURATION DYNAMIQUE CYCLIQUE

Les turbines à vapeur sont des éléments essentiels des installations de production d'électricité et font l'objet d'une analyse approfondie de leur fonctionnement. Dans ce cadre, le Département Acoustique et Mécanique Vibratoire a été chargé de calculer la base modale d'un rotor de turbine autour de sa configuration d'équilibre en régime nominal à 1500 tr/mn. Dans le même temps, le Département Retour d'Expériences Mesures Essais a mené des essais qui ont permis de mesurer les premiers modes propres du rotor et ont mis en évidence un couplage entre la torsion de l'arbre et la flexion des aubages terminaux caractérisé par le dédoublement de la première fréquence propre sous diamètre nodal.

Compte tenu des dimensions de la turbine, le calcul direct de la base modale du rotor aileté conduirait à une taille de modèle irréaliste. Il est donc indispensable de faire appel à des méthodes numériques spécifiques qui utilisent au mieux les propriétés géométriques du rotor. Les méthodes de sous-structuration dynamique cyclique, implémentées dans le Code_Aster, permettent d'effectuer ces calculs. Complètement dédiées à l'étude des structures à répétitivité cyclique, elles permettent de calculer, à partir d'une seule sous-structure, les modes propres de la structure complète.

Dans notre cas, la sous-structure est définie par une section angulaire représentant 1/65^{ème} du rotor. Elle est composée de deux ailettes, des aubages terminaux et de la section de l'arbre modélisée en 3D. Les aubages intermédiaires sont représentés par des éléments ponctuels, ce qui revient à négliger leur flexibilité. Ce maillage est constitué d'environ 15000 degrés de liberté (cf. figure 1).

La modélisation du comportement dynamique du rotor à 1500 tr/mn nécessite de représenter le dévissage des ailettes sous l'effet de la force centrifuge, ainsi que le liaisonnement inter-ailette qui se produit dès 600 tr/mn. Ce calcul est réalisé en hypothèse de petits déplacements avec prise en compte de la force centrifuge et des rigidités centrifuge et géométrique. Le contact inter-ailette a été modélisé en maillant le jeu entre l'ailette étudiée et la suivante par des éléments finis classiques dont les caractéristiques du matériau sont recalées à l'aide des résultats expérimentaux.

Les résultats obtenus sont en bon accord avec les mesures. En ce qui concerne les modes couplés flexion/torsion, la différence entre les fréquences calculées et expérimentales est de l'ordre de 2 %. La visualisation de ces modes est présentée sur un maillage "squelette" du rotor (cf. figure 2), déduit du maillage mécanique et sur lequel la durée des traitements graphiques est réduite. La figure 3 représente un mode de couplage entre la torsion 0 de l'arbre (mode de corps solide) et la flexion 1 de l'aubage, alors que la figure 4 représente un mode de couplage entre la torsion 1 de l'arbre et la flexion 1 de l'aubage.

Ce calcul a demandé 1000 secondes cpu (Cray C98) et n'a pas posé de problème de taille mémoire.

La poursuite de ce travail consiste à calculer le couplage flexion des ailettes / torsion de la ligne d'arbres complète en modélisation grands déplacements.

Christophe VARE (EP - AMV)

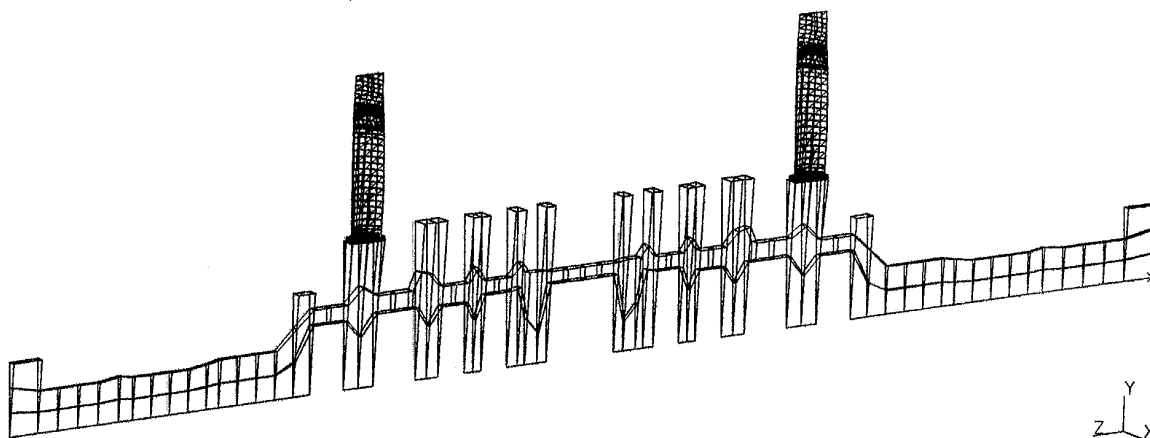


Figure 1 : Maillage d'une section angulaire représentant 1/65^{ème} du rotor BP

CALCUL DES MODES PROPRES D'UN ROTOR DE TURBINE PAR SOUS-STRUCTURATION DYNAMIQUE CYCLIQUE

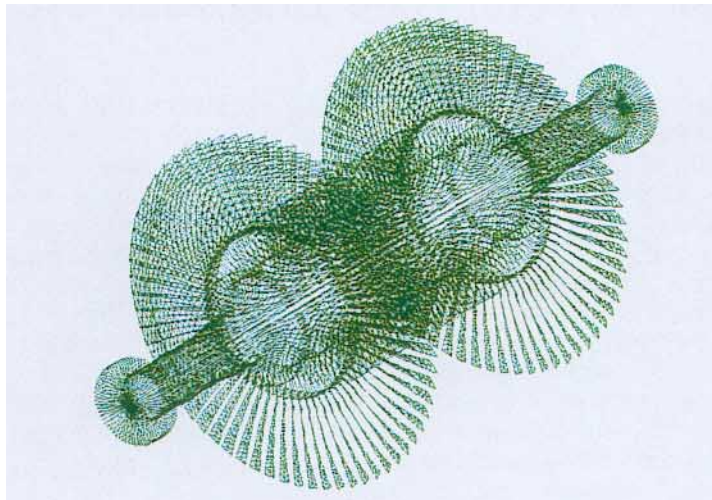


Figure 2 : Maillage de visualisation du rotor BP

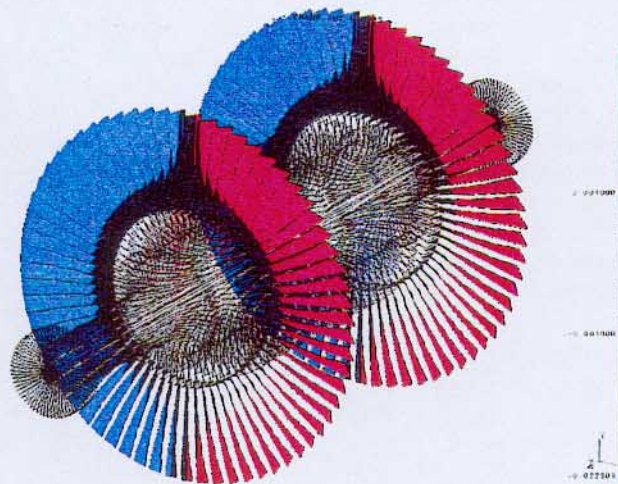


Figure 3 : Mode couplé : flexion 1 - torsion 0

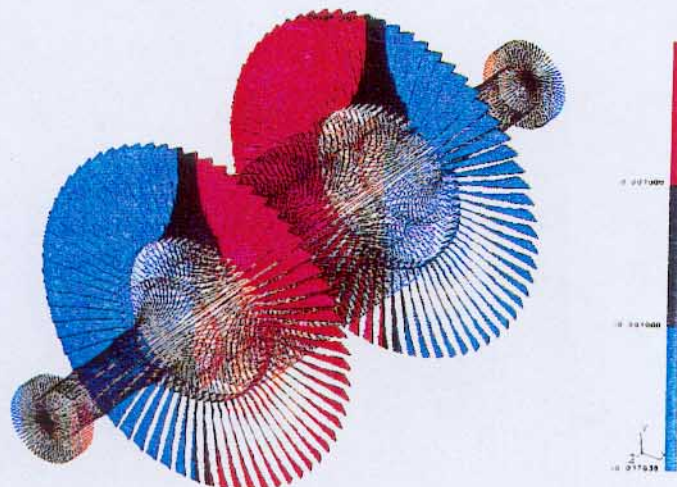


Figure 4 : Mode couplé : flexion 1 - torsion 1

Sur les visualisations des deux modes couplés calculés (figures 3 et 4), les déplacements positifs selon l'axe x sont représentés en rouge, les déplacements négatifs en bleu et les déplacements nuls en noir.