

Analyse numérique d'un décollement alterné dans un diffuseur radial transsonique

E. BENICHOU^a, I. TREBINJAC^b

a. SAFRAN - Turbomeca

emmanuel.benichou@ec-lyon.fr

b. Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique, UMR CNRS 5509

Ecole Centrale de Lyon, UCBLyon I, INSA

36 av. Guy de Collongue, 69134 Ecully Cedex, France

isabelle.trebinjac@ec-lyon.fr

L'écoulement dans le diffuseur radial d'un compresseur centrifuge est analysé à régime partiel à partir de calculs RANS. Des calculs mono-canal, stationnaires et instationnaires, sont menés dans un premier temps. En dessous d'un certain débit, les calculs instationnaires chorochroniques ne convergent plus et une basse fréquence apparaît au cours du calcul. Cette limitation n'a pas été obtenue numériquement à des vitesses de rotation plus élevées, pour lesquelles les calculs chorochroniques convergent normalement sur la même plage de débit que les calculs stationnaires [1] (bien que la physique prédite dans le diffuseur ne soit pas la même).

A la suite de ce constat, la méthodologie adoptée consiste à étendre le domaine de calcul sur un secteur angulaire correspondant à la périodicité de l'étage de compresseur (rouet centrifuge et diffuseur radial), incluant plusieurs canaux par roue. La structure observée dans le diffuseur est alors assez surprenante : à bas débit, l'écoulement s'organise sur un motif de deux canaux adjacents. Au sein d'une paire de canaux adjacents, la dissymétrie suivante est observée :

- un premier canal présente une vitesse débitante faible et un blocage aérodynamique important qui dévie l'écoulement vers le canal voisin. La pression statique est déjà élevée en entrée de diffuseur et augmente peu à l'aval.
- l'autre canal a au contraire une vitesse élevée au niveau du bord d'attaque, avec dans le cas présent une poche supersonique attachée. La pression en amont est faible et ce canal diffuse efficacement jusqu'à retrouver le même niveau de pression statique en sortie que le canal voisin.

Ce schéma à deux canaux alternés est stable et les décollements associés (sur la face en pression dans un canal, sur la face en dépression dans le voisin) sont stationnaires.

Le déphasage entre deux paires de canaux montre de plus que le compresseur retrouve dans cette plage de fonctionnement un comportement chorochronique. La période chorochronique associée est différente de celle des premiers calculs mono-canal. En effet, elle est directement liée au nombre d'aubes et tout se passe comme si le « nouveau » diffuseur radial comportait deux fois moins d'aubes. Un calcul chorochronique simulant cette fois un canal de rouet et deux canaux adjacents de diffuseur converge et arrive à reproduire la physique de l'écoulement.

Ce type de fonctionnement est particulier et très rare dans la littérature. Le seul autre exemple détaillé concerne le diffuseur radial d'une pompe hydraulique centrifuge, étudié expérimentalement par Sano et al. [2] en 2002. Une des conditions pour qu'une telle alternance puisse s'établir de manière stable

dans le diffuseur est que le nombre d'aubes soit pair. Les auteurs mettent alors en évidence que chaque canal travaille de manière différente, comme décrit ci-dessus et illustré ci-après (Figure 1).

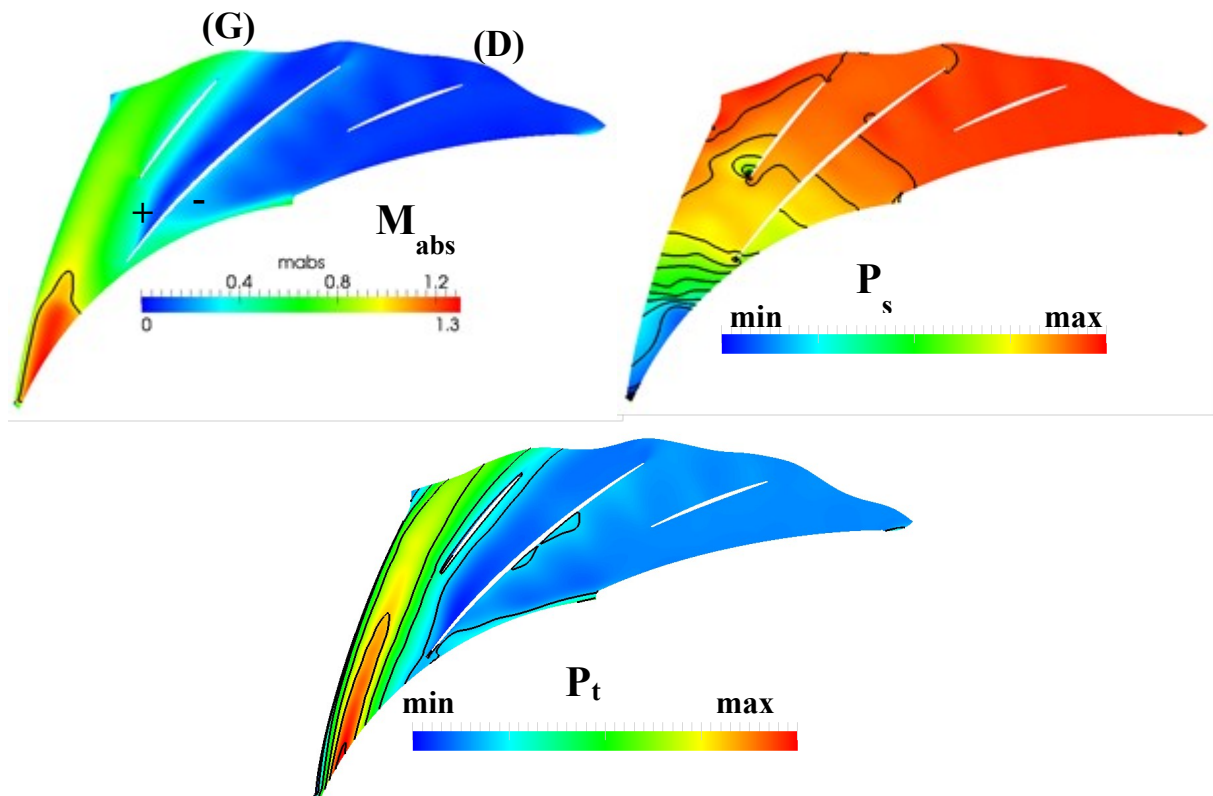


Figure 1 – Nombre de Mach absolu (M_{abs}), pression statique (P_s) et pression totale (P_t) à mi-hauteur de veine, champ instationnaire moyenné

Le canal de gauche (G) de la figure 1 est en sous-incidence, d'où un décollement dès le bord d'attaque sur la face en pression. Le contour noir sur le champ du nombre de Mach représente $M_{abs} = 1$ et délimite donc la zone supersonique présente sur la face en dépression. Le canal de droite (D) présente au contraire une vitesse faible et une incidence importante. La diffusion par les deux canaux est très inégale, comme le montre la répartition des isobares sur le champ de pression. Aucune mesure expérimentale n'est encore disponible sur le compresseur étudié pour confirmer ou contredire ce comportement à bas débit. Cependant, toutes ces observations sont conformes à la description fournie par Sano [2].

Références

- [1] E. Benichou, I. Trébinjac, Steady / Unsteady Diffuser Flow in a Transonic Centrifugal Compressor, Proceedings of 11th European Turbomachinery Conference (2015), Madrid, Spain
- [2] T. Sano, Y. Nakamura, Y. Yoshida, Y. Tsujimoto, Alternate Blade Stall and Rotating Stall in a Vaned Diffuser, JSME International Journal, Series B, Vol.45, No. 4 (2002), pp. 810-819