Auteur : Ludovic ROJDA

Titre : Modélisation du fonctionnement des compresseurs pendant le déclenchement du pompage

Mots-clés : Simulation numérique, Couplage de logiciels, Aérodynamique turbomachine, Pompage compresseur

Les performances du compresseur ainsi que son opérabilité sont constamment améliorées afin d’obtenir un moteur aéronautique plus efficace. En effet, lors des phases transitoires selon la trajectoire de vol d'un avion, c’est-à-dire les accélérations brusques ou les distorsions d’alimentation, le compresseur est un élément critique. Il est donc crucial de prévoir avec précision la plage de fonctionnement du compresseur dans son environnement système. Afin d’avoir une compréhension plus approfondie de l'influence des composants du moteur sur le fonctionnement du compresseur, une modélisation numérique d'un banc d'essai d’un compresseur aéronautique est proposée.

Au moyen d'un couplage 3D/1D, les conditions aux limites de la simulation CFD 3D du compresseur sont actualisées par le comportement dynamique du banc d'essai modélisé en 1D. Cette simulation entièrement couplée et intégrée permet de prendre en compte les effets instationnaires (i) de la propagation des ondes de pression le long des conduits et (ii) de la capacité volumique de chacun d'entre eux. Dans un premier temps, les performances du compresseur multi-étagé sont analysées selon l'ensemble des caractéristiques afin de les comparer aux résultats expérimentaux. Dans un deuxième temps, l'opérabilité du compresseur à proximité du décrochage des aubes tournantes est étudiée. Des phénomènes instationnaires se produisent dans le rotor du troisième étage du compresseur, l'analyse vise à mieux comprendre le début du déclenchement du pompage. Dans la troisième et dernière étape, cette instabilité dans le compresseur est comparée avec et sans l'environnement du banc d'essai grâce à une simulation 3D d'une part et à une simulation couplée 3D/1D d'autre part. Enfin, l'analyse entre les signaux numériques et expérimentaux des capteurs de pression instationnaires confirme la pertinence de la prise en compte de tous les éléments du banc d'essai lors du déclenchement de l'instabilité du compresseur.

Title : Compressor operating modelling during surge inception

Keywords : Computational Fluid Dynamics, Software coupling (zooming approach), Aerodynamics, Compressor surge

Compressor performance and operability are continuously improving to obtain a more efficient aeronautical engine. Indeed, during transient phases of aircraft’s flight path, the compressor is a critical element. Therefore, accurate prediction of the compressor operating range within its system environment is crucial. In order to provide a better and deep understanding of the influence of engine components on the compressor operation, a numerical modelling of an aeronautical compressor test bench is proposed.

By means of a 3D/1D coupling, the boundary conditions of the 3D CFD simulation of the compressor are updated by the dynamic behaviour of the test bench modelled in 1D. This fully coupled and integrated simulation allows for taking into account the unsteady effects of (i) the pressure waves propagation along the ducts and (ii) the volume capacity of each of them. As a first step, performance of the multistage compressor throughout the characteristics is analysed in order to compare with the experimental results. In the second step, the operability of the compressor near stall is investigated. Unsteady phenomena onset into the rotor of the compressor third stage, analysis aims to better understand the surge inception. In the third and last step, this instability into the compressor is compared with and without test bench's environment thanks to 3D simulation on the one hand and 3D/1D coupling simulation on the other. Finally, analysis between numerical and experimental signals from pressure transducers confirms the relevance of taking into account all the elements of test bench during compressor instability onset.