*Mesures de vitesse, température et masse volumique*

*par diffusion Rayleigh et étude de l’effet de vol sur les*

*ondes guidées dans des jets subsoniques*

***Measurements of velocity, temperature and density***

***by Rayleigh scattering and study of the flight effect on***

***guided jet waves in subsonic jets***

*Résumé*

Ce manuscrit présente le développement de méthodes de mesures optiques non intrusives en un point d’un écoulement, et leur application à des jets subsoniques. Dans une première partie, on s’intéresse à une méthode de mesure simultanée de la vitesse et de la température. Le principe repose sur l’analyse spectrale de la lumière diffusée, selon un mécanisme de diffusion Rayleigh, par les molécules constituant l’air éclairé par un faisceau laser focalisé sur un volume de mesure. On s’appuie sur l’utilisation d’un interféromètre de Fabry-Pérot plan, qui produit des interférogrammes sous la forme de franges concentriques, capturés à l’aide d’une caméra. Pour une mesure, deux interférogrammes sont produits : un interférogramme de référence, issu de la source de lumière laser, et un interférogramme de Rayleigh, issu de la lumière diffusée, contenant la signature des propriétés de l’écoulement. Dans de précédentes études, ces deux interférogrammes sont acquis séquentiellement. La stabilité thermique de l’interféromètre entre les deux acquisitions est identifiée ici comme étant un facteur de premier ordre dans la précision des résultats. L’originalité de l’approche expérimentale de ce travail est une acquisition simultanée de ces deux interférogrammes. L’analyse des interférogrammes s’appuie sur des modèles analytiques, et sur une combinaison par sommation annulaire des informations contenues dans l’interférogramme. Cette modélisation permet de générer des interférogrammes de caractéristiques connues, utilisés pour l’évaluation de l’erreur commise. Il en résulte des erreurs relatives maximales de l’ordre du pourcent pour la vitesse et la température. L’application de cette méthode à la caractérisation de jets libres compressibles permet d’obtenir des profils expérimentaux des valeurs moyennes de vitesse et de température, qui sont comparés à des mesures par anémométrie. Par aillth-eurs, une approche est proposée pour obtenir la moyenne quadratique des fluctuations de vitesse à partir d’un interférogramme moyenné.

Dans une seconde partie, des mesures de masse volumique par diffusion Rayleigh sont réalisées.

On propose une nouvelle méthode de calibration du dispositif, qui s’appuie sur la direction de polarisation du faisceau laser incident. Elle permet d’être moins sensible à l’erreur commise à chaque point de mesure que les méthodes classiquement utilisées. On étudie également l’effet de vol sur les ondes guidées dans les jets subsoniques. À l’aide d’une antenne azimutale de microphones placée dans le champ proche acoustique, une analyse modale des ondes est effectuée. Les mesures acoustiques montrent que l’effet de vol diminue l’amplitude de ces ondes et induit décalage fréquentiel des composantes tonales sur le spectre de pression. Des mesures de masse volumique par diffusion Rayleigh sont réalisées afin d’identifier leur signature sur le spectre des fluctuations de masse volumique dans le cône potentiel. Cela permet de confirmer expérimentalement que la forme modale de ces ondes a un support à l’intérieur et à l’extérieur du jet.

*Abstract*

This manuscript presents the development of non-intrusive optical measurement methods at a

point in a flow, and their application to subsonic jets. The first part focuses on a method for simultaneously measuring velocity and temperature. The principle is based on the spectral analysis

of the light scattered, according to a Rayleigh scattering mechanism, by the molecules constituing

the air illuminated by a laser beam focused on a measurement volume. This is based on the

use of a plane Fabry-Pérot interferometer, which produces interferograms in the form of concentric

fringes, captured using a camera. For each measurement, two interferograms are produced :

a reference interferogram, from the laser light source, and a Rayleigh interferogram, from the

scattered light, containing the signature of the flow properties. In previous studies, these two

interferograms were acquired sequentially. The thermal stability of the interferometer between

the two acquisitions is identified here as a first-order factor in the accuracy of the results. The

originality of the experimental approach in this work lies in the simultaneous acquisition of these

two interferograms. The analysis of the interferograms is based on analytical models, and on

a combination by annular summation of the information contained in the interferogram. This

modelling is used to generate interferograms with known characteristics, which are used to assess

the error committed. The result is maximum relative errors of the order of a percent for

velocity and temperature. The application of this method to the characterisation of compressible

free jets makes it possible to obtain experimental profiles of mean velocity and temperature

values, which are compared with anemometric measurements. In addition, an approach is proposed

for obtaining the root mean square of velocity fluctuations from an averaged interferogram.

In the second part, density measurements by Rayleigh scattering are carried out. A new method

for calibrating the device is proposed, based on the direction of polarisation of the incident laser

beam. This method is less sensitive to error at each measurement point than conventional methods.

We are also studying the flight effect on guided waves in subsonic jets. Using an azimuthal

microphone antenna placed in the acoustic near-field, a modal analysis of the waves is carried out.

Acoustic measurements show that the flight effect reduces the amplitude of these waves and induces a frequency shift in the tonal components of the pressure spectrum. Density measurements

using Rayleigh scattering were carried out to identify their signature on the spectrum of density

fluctuations in the potential core. This provides experimental confirmation that the modal shape

of these waves is supported both inside and outside the jet.

***Mots clés: métrologie, interférométrie, diffusion Rayleigh, aéroacoustique, mesures non-intrusives***

***Key words: metrology, interferometry, Rayleigh scattering, aeroacoustics, non-intrusive measurments***