

Soutenance de thèse

Samuel DELEU soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA EDyF et intitulée «*Propagation et interaction de chocs acoustiques : effets non-linéaires*»

Le 06 avril 2023 à 14h00, AMPHI 1 - ISAE-SUPAERO

devant le jury composé de

M. Jérémie GRESSIER	Professeur Associé ISAE-SUPAERO	Directeur de thèse
M. François COULOUVRAT	Directeur de recherche Institut Jean Le Rond d'Alembert	Rapporteur
Mme Isabelle SOCHET	Professeure INSA Centre Val de Loire	Rapporteuse
Mme Estelle PIOT	Directrice de recherche ONERA	Examinatrice
M. Romain GOJON	Professeur Associé ISAE-SUPAERO	Co-directeur de thèse
M. Didier DRAGNA	Maître de Conférences Centrale Lyon	Examineur

Résumé : La capacité à déterminer avec précision la localisation de sources acoustiques a un grand intérêt pour les applications défenses. Toutefois, la plupart des méthodes de localisation actuelles reposent sur les hypothèses de linéarité (approximation au premier ordre des équations d'Euler) du signal acoustique et restent ainsi limitées à l'hypothèse de fluctuations de pression faibles autour de la pression ambiante. Ces méthodes sont malgré tout utilisées sur la base de signaux impulsionnels (explosions, bang supersonique ou tirs de sniper) fortement non-linéaires. Les amplitudes de ces signaux sont suffisamment importantes pour que les termes quadratiques des équations de propagation ne soient plus négligeables. Il en résulte une distorsion du signal : à mesure que l'onde se propage, elle se raidit, engendrant la formation d'un front discontinu. Il est alors question d'ondes de choc acoustiques discontinues dont la forme caractéristique en « N » tient de la présence d'une détente graduelle à la suite de la phase de compression discontinue. On caractérise ces ondes par leur nombre de Mach acoustique qui représente le ratio entre la vitesse locale acoustique maximum et la célérité du son dans le milieu considéré. Aux effets non-linéaires de la propagation, s'ajoutent les effets des interactions de ces ondes avec les structures, donnant lieu à des schémas de réflexions plus complexes. Ce travail de thèse réalise l'étude numérique de ces interactions pour une multitude de cas d'application (angle de coin, amplitude de l'onde) donnés. Ces simulations reposent sur la résolution des équations d'Euler compressible en 2D à l'aide d'un schéma numérique aux différences spectrales d'ordre élevé. Le but est d'établir une base de données sur laquelle l'analyse des signaux pourra être réalisée. Les informations ainsi déduites sur les effets des non-linéarités identifiées pourront être utilisées pour la localisation effective de la source acoustique. On montre qu'il est tout d'abord possible d'identifier différents types de réflexion par une analyse basée sur le signal acoustique enregistré par un microphone sur la base de différents critères physiques. Les signaux non-linéaires donnant lieu à des erreurs de localisation nous ont également conduit à mener différentes analyses quantitatives quant à l'influence des paramètres de contrôle, à la fois sur le schéma de réflexion et sur la précision de la localisation. L'objectif principal de ce travail de thèse est donc d'identifier et de quantifier les non-linéarités de propagation et d'interactions à partir de signaux acoustiques enregistrés pour être en mesure d'identifier les configurations dans lesquelles ces non-linéarités sont significatives sur la précision de la localisation de la source et in fine d'en proposer des corrections.

Mots-clés : Acoustique non-linéaire, Choc acoustique, Méthodes spectrales, Localisation de source, Propagation

Summary: The ability to accurately determine the localization of acoustic sources is of interest regarding defence applications. However, most of the current localization methods are based on the assumptions of linearity (first-order approximation of the Euler equations) of the acoustic signal and are thus limited to the assumption of small pressure fluctuations around the ambient pressure. Nevertheless, these methods are used on highly non-linear impulse signals (explosions, supersonic bangs or sniper shots). The amplitudes of these signals are so large that the quadratic terms of the propagation equations are no longer negligible. It results in a distortion of the signal: as the wave propagates, it becomes steeper, resulting in the formation of a discontinuous front. These are acoustical shock waves whose characteristic "N" shape is due to a gradual relaxation following the compression phase. These waves are identified by their acoustic Mach number, representing the ratio between the maximum local acoustic velocity and the sound speed in the medium under consideration. In addition to the non-linear effects of propagation, there are also the effects of the interactions of these waves with structures, giving rise to more complex reflection patterns that are important to consider. This thesis work performs the numerical study of these interactions for several application cases (corner angle, wave amplitude). The aim is to establish a database on which the analysis of the signals can be performed. The information thus deduced on the effects of the identified non-linearities can be used for the acoustic source localization. These simulations solve the compressible Euler equations in 2D based on a high-order spectral difference numerical scheme. It is shown that the identification of different reflection types from the acoustic signal, is based on different physical criteria. The non-linear signals giving rise to localization errors have also led us to perform multiple quantitative analyses on the influence of control parameters on both the reflection pattern and the localization accuracy. Therefore, this thesis work main objectives consist of both the identification and the quantification of the propagation and the interaction non-linearities. In doing so, the configurations for which these non-linearities are predominant in the accuracy of the source localization can be identified and corrections can eventually be suggested.

Keywords: Non-linear acoustics, Acoustical shocks, Spectral methods, Source localization, Propagation

