



Sujet de thèse CEA / INSA Lyon – 2018-2021

Détection de la présence de bulles dans un fluide à partir de mesures vibratoires sur la conduite

Laboratoires d'accueil :

Laboratoire Vibrations-Acoustique (LVA), INSA Lyon, Univ Lyon
25 bis av. Jean Capelle, 69621 Villeurbanne cedex

Laboratoire d'Instrumentation et des Essais Technologiques, CEA Cadarache
DEN/DTN/STPA/LIET, 13115 Saint-Paul-lez-Durance

Encadrements et contacts :

Laurent Maxit et Jérôme Antoni, LVA, INSA Lyon
04 72 43 62 15, laurent.maxit@insa-lyon.fr
Frédéric Michel, LIET, CEA Cadarache
michel.frederic@cea.fr

Contexte de la thèse :

Le CEA développe le prototype d'un réacteur de 4^{ème} génération, réacteur rapide à caloporteur sodium : ASTRID. Ce type de réacteur permettrait une réutilisation des combustibles nucléaires et une élimination du plutonium du parc nucléaire français, et de générer de l'électricité avec un bon rendement énergétique.

Dans ce cadre, des instrumentations sont étudiées au LIET à Cadarache pour améliorer la sûreté de fonctionnement du réacteur. Nous voulons notamment développer une instrumentation acoustique non intrusive capable de détecter et mesurer rapidement la présence de bulles dans un écoulement de sodium opaque. La présence de bulles dans le circuit secondaire d'ASTRID pourrait être le signe d'une petite fuite au niveau d'un échangeur de chaleur sodium-gaz, qui est un élément important et original d'ASTRID. Une instrumentation fiable et continue de cet élément permettrait d'anticiper et éviter un incident notable sur celui-ci. Le développement d'une telle instrumentation pourrait cependant avoir d'autres applications.

Pour un fluide lourd (tel que l'eau ou le sodium), il existe une interaction importante entre les ondes acoustiques dans le fluide et les ondes mécaniques dans la conduite. Des modèles numériques, peuvent être utilisés pour établir le comportement de l'ensemble. Ceux-ci ont déjà été établis et partiellement validés au LVA de l'INSA Lyon [1-3]. Ils doivent permettre à partir des vibrations mesurables à l'extérieur de la conduite de remonter aux célérités des ondes vibro-acoustiques qui se propagent dans la conduite. Ces célérités permettent alors de caractériser la population de bulles dans le fluide comme cela a déjà été étudié au LIET du CEA [4]. Sur ces principes, il est ainsi possible de développer une instrumentation sensible et non intrusive permettant une caractérisation des bulles dans une conduite, instrumentation qui n'existe pas encore dans le commerce.

Sujet de la thèse :

Le but de la thèse est de développer et de valider cette instrumentation, c'est à dire définir l'antenne de capteurs et le traitement des données nécessaire pour retrouver les caractéristiques des bulles en fonction des mesures vibratoires.

Pour atteindre cet objectif, il faudra dans un premier temps adapter le modèle numérique déjà développé au LVA pour le rendre représentatif de la conduite d'essai qui sera considérée pour les expérimentations. Ce modèle pourra être utilisé pour établir la relation entre le taux de vide dans le fluide et la célérité des ondes vibro-acoustiques. Il permettra également de réaliser des expérimentations virtuelles pour mettre au point la méthode envisagée. Les effets sur les performances de la méthode des incertitudes sur les caractéristiques géométriques et mécaniques du système considéré pourront être étudiés, ainsi que l'influence du rapport signal à bruit.

Dans un second temps, on étudiera différentes techniques de traitement du signal (corrélation temporelle, matrice interspectrale, détection des fréquences de résonance, etc) [5-6] pour déterminer la célérité des ondes à partir de mesures vibratoires. La source des vibratoires pourra être impulsionnelle ou stationnaire et être externe à la conduite (pot vibrant, piézoélectrique, marteau de choc) ou liée au fonctionnement du système (la turbulence interne due à l'écoulement par exemple). Pour la validation de la ou les méthodes les plus prometteuses, des campagnes de mesures sont prévues sur plusieurs configurations de conduites et d'écoulement, en milieu sodium liquide ou eau, avec ou sans bulles. Le CEA possède à Cadarache les installations de taille industrielle nécessaires à ces essais [7].

Déroulement de la thèse :

La première année de la thèse s'effectuera au LVA de l'INSA de Lyon. Elle consistera à mettre au point le modèle vibroacoustique et à explorer numériquement différentes techniques permettant de faire le lien entre taux de vide dans le fluide et les vibrations sur la conduite.

Les deux années suivantes se dérouleront au LIET du CEA Cadarache. Les différentes techniques de traitement des données seront approfondies puis testées et validées expérimentalement sur les différentes conduites disponibles au LIET.

Profil du candidat recherché :

Le candidat (titulaire d'un Master Recherche ou d'un diplôme d'Ingénieur) devra à la fois présenter un fort intérêt pour la modélisation vibroacoustique et pour l'expérimentation. Il possèdera des **compétences en acoustique et/ou en mécanique des milieux continus** (mécanique des solides, dynamique des structures, vibrations) ainsi qu'en **traitement du signal**.

Références :

[1] Maxit, L., Ginoux, J.M., Sound radiated by a submerged irregularly ribbed shell: the circumferential admittance approach *Journal of the Acoustical Society of America*, 128 (2010) 137-151.

[2] Meyer, V., Maxit, L., Guyader, J.L., Leissing, T., Prediction of the vibroacoustic behaviour of a submerged shell with non-axisymmetric internal substructures by a condensed transfer function method, *Journal of Sound and Vibration*, 360 (2016) 260-276.

[3] Kassab, S., Maxit, L. Formation de voies vibro-acoustiques pour la détection d'une réaction sodium-eau: étude de l'impact des brides de fixation. *CFA/VISHNO, Le Mans, 2016*.

[4] D'Hondt, L., Payan, C., Mensah, S., Cavarro, M., Acoustic characterization of microbubble clouds by attenuation and celerity spectroscopy. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2017

[5] Fuch, H.V., Riehle, R., Ten years of experience with leak detection by acoustic signal analysis. *Applied Acoustics* 33 (1991) à 1-19.

[6] Bouvet, M., Traitements des signaux pour les systèmes sonar. *Ch. 6, pp.193-235, Ch. 7, pp.237-266. France : Masson, 1997, Collection technique et scientifique des télécommunications*, 484 p, ISBN 2225826153.

[7] <http://cadarache.cea.fr/cad/Documents/Presentation/FICHE-PAPIRUS-CADARACHE-FR%20VF.pdf>