

## **Titre du projet : Vélométrie par *splitting* de modes acoustiques**

*Volet : Recherche*

*Porteur du projet : Henri-Claude Nataf*

*Laboratoires impliqués : ISTerre (équipes « Géodynamo » et « Ondes et Structure »)*

## **Bilan du projet pour 2013-2014**

### **Bilan d'activité (1 page max)**

Le projet « Vélométrie par *splitting* de modes acoustiques » avait pour objectif de développer une méthode de mesure novatrice pour mesurer l'écoulement dans une sphère (ou autres récipients axisymétriques). Cette méthode, inspirée de l'héliosismologie, repose sur l'étude des modes acoustiques globaux de la cavité contenant le fluide en mouvement. Contrairement aux autres techniques vélocimétriques, cette technique ne nécessite pas d'ensemencer le fluide avec des particules. Cela la rend particulièrement intéressante pour des expériences qui verraient ces particules sédimenter (sphère en rotation rapide) et/ou utilisant des liquides inhospitaliers (sodium liquide).

Grâce au soutien du LabEx OSUG@2020, nous avons posé les bases de cette nouvelle technique, en collaboration avec nos partenaires de l'Université du Maryland (S.A. Triana, D.S. Zimmerman, D.P. Lathrop). Nous avons accueilli deux stagiaires de M2 (Aurélien Thorette de l'ENS de Lyon en 2013 ; Ali Sydykov de l'Université du Kazakhstan en 2014), qui ont effectué des expériences dans la salle « kiloHertz » de l'équipe « Ondes et Structures ». Nous avons en particulier réalisé les avancées suivantes :

- 1) Exposé et validation de la méthode sur un écoulement de cisaillement de Couette sphérique en air (Triana et al, 2014). Nous avons en particulier réalisé l'inversion des données obtenues par nos collègues du Maryland, obtenant ainsi une carte méridienne de l'écoulement azimuthal.
- 2) Comparaison des spectres acoustiques mesurés par des microphones au contact de l'air dans la cavité avec ceux obtenus par des accéléromètres collés sur la paroi externe de cette cavité. Comparaison avec les prédictions d'un code prenant en compte l'élasticité de la paroi.
- 3) Calcul des modes acoustiques dans une géométrie plus réaliste par éléments finis (FreeFem+ et ComSol par David Cébron). On obtient un excellent accord avec les observations. L'utilisation d'accéléromètres est essentielle pour une application aux expériences utilisant du sodium liquide (DTS, BigSister).
- 4) Observation du *splitting* des modes acoustiques globaux causé par la force de Coriolis (rotation globale). Nous avons installé des microphones sur notre expérience DTS remplie d'air et mesuré les spectres en fréquence pour des fréquences de rotation de la sphère jusqu'à 15 Hz.

Le premier point fait l'objet d'un article publié au New Journal of Physics. Les trois points suivants sont encore en développements et feront prochainement l'objet d'une publication.

## Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)

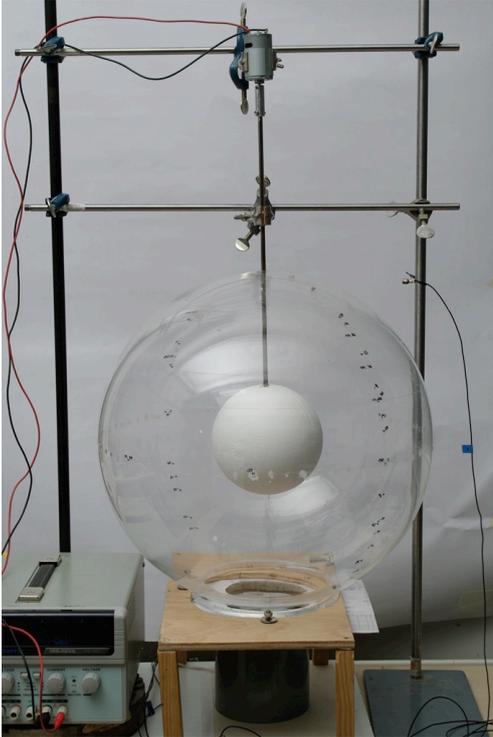
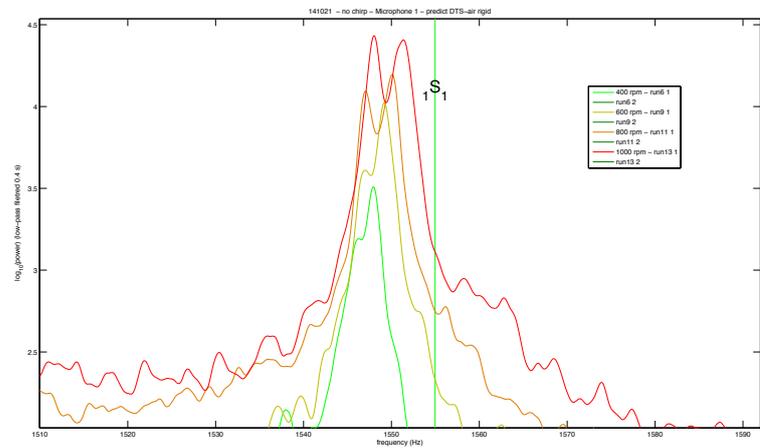


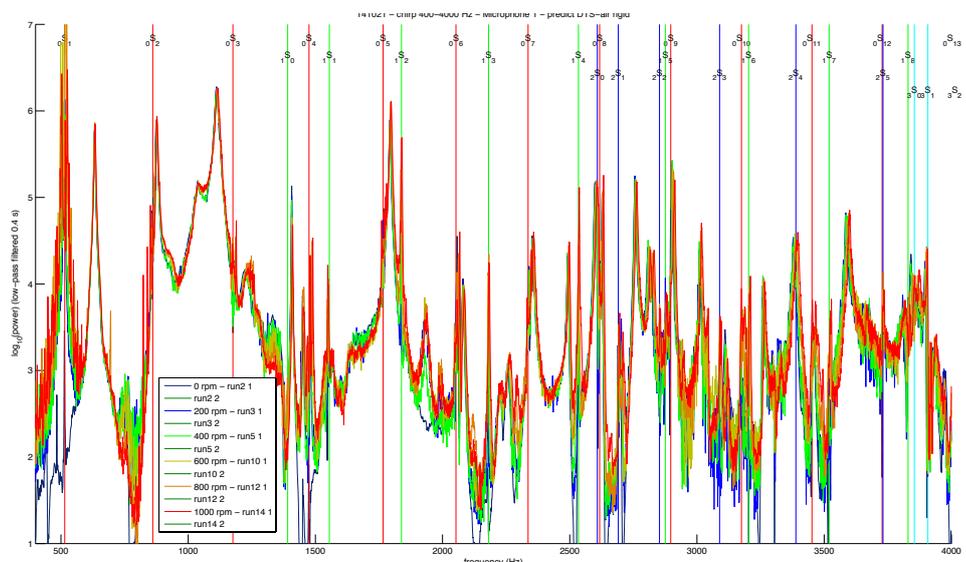
Photo du dispositif utilisé pour la mise au point de la méthode de Vélocimétrie Acoustique Globale. Des microphones et des accéléromètres sont disposés à la paroi externe de la sphère en plexiglass. La petite sphère interne en polystyrène expansé peut tourner autour de l'axe vertical. Un haut-parleur à la base de la sphère externe excite les modes acoustiques.

© Adeline Richard (ISTerre)



Dédoulement croissant du mode acoustique  $1S_1$  quand la fréquence de rotation de la sphère DTS (en air) augmente de 0 à 1000 tpm (tours par minute).

© Henri-Claude Nataf (ISTerre)



Spectres acoustiques mesurés dans le dispositif DTS rempli d'air, pour différentes fréquences de rotation de l'ensemble jusqu'à 1000 tpm (tours par minute). Les pics correspondent parfaitement aux différents modes acoustiques calculés (lignes verticales).

© Henri-Claude Nataf (ISTerre)

### Production scientifique (articles scientifiques, actes de congrès...)

- Triana S.A., D.S. Zimmerman, H-C. Nataf, A. Thorette, V. Lekic and D.P. Lathrop, Helioseismology in a bottle: Modal acoustic velocimetry, *New Journal of Physics*, **16**, 113005, 2014.
- Triana S.A., V. Lekic and D.P. Lathrop, D.S. Zimmerman, H-C. Nataf, A. Thorette, S. Cabanes, Ph. Roux, Helioseismology in a bottle: an experimental technique, American Geophysical Union Fall meeting, 2013.

### Bilan financier succinct (avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...)

Coller ici le bilan financier

fourniture	fournisseur	montant (€HT)
8 Accéléromètres et accessoires	Bruël & Kjaer	5 600
Carte d'acquisition	National Instruments	1 920
Carte audio TASCAM USII	Bax-Shop	75
Sphères en plexiglass	Abaqueplast	190
Petit matériel	Roth	150

Gratifications de stage M2 Aurélien Thorette (2013)	ENS de Lyon	1 730
Gratifications de stage M2 Ali Sydykov (2014)	Université du Kazakstan	2 616
Reliquat pour l'achat à réaliser de 8 accéléromètres haute fréquence à utiliser sur l'expérience DTS	Bruël & Kjaer	7 069
<b>TOTAL</b>		<b>19 350</b>

**Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)**