

| Job description                            |  |
|--|--|
| <b>Job title:</b>                          | Postdoc "Development of ultrasonic imaging velocimetry in fluid mechanics".  |
| <b>Job type, support</b>                   | Postdoctoral position  |
| <b>Laboratory / Department:</b>            | Laboratoire Ondes & Milieux Complexes (LOMC) – UMR 6294  |
| <b>Project:</b>                            | Ultra-fast ultrasound imaging for fluid mechanics (USIFIM)   |
| <b>Project description and objectives:</b> | <p>Since the early 1990's, tracer based optical methods have emerged as the standard non-invasive flow measurement techniques in research laboratories. While very successful they require an optical access and a transparent fluid, thus drastically limiting their applicability. Furthermore, the presence of a dispersed phase, even at low concentration, can render these techniques useless. To overcome this limitations, non-optical techniques like MRI or X rays were developed. One of the most promising is the <b>ultrasound imaging velocimetry (UIV)</b>, derived from medical ultrasound imaging.</p> <p>UIV derives from the B-mode imaging typically used in medical ultrasound applications. Once an image has been recorded, PIV-like correlation-based algorithms are used to compute the velocity field. With the revolution of ultrafast imaging in the 2010s, the achievable frame rate is now in the kHz range. Furthermore, ultrafast imaging was extended to 3 dimensions (4D-UIV) using matrix array of transducers. Unfortunately, the increased number of transducers, with the limited electronics available led to a reduced spatial resolution (32x32). To overcome this issue, a new technique, using a row-column addressed (RCA) array with only 128+128 transducers and based on the coherent compounding of orthogonal plane waves, was proposed. This allows for ultrafast, high resolution 3D ultrasound imaging.</p> <p>This project aims at optimizing the 4D-UIV technique using a row-column addressed array in a fluid dynamics context in order to achieve <b>time resolved 3D measurements of fluid flows</b>. Three case studies will be addressed: 3D super-resolution in static suspensions, super resolution in near-wall measurements and 3D time resolved measurements in concentrated suspensions.</p> |
| <b>Scientific coordinator:</b>             | Arnaud Prigent   |
| <b>Immediate supervisor:</b>               | François Marin (Laboratory director)   |

| Details of activities                   |  |
|---|--|
| <b>General mission of the position:</b> | The main mission will be to develop the ultrasonic imaging velocimetry for fluid mechanics and apply it to three test cases: microscopic characterization of static suspensions, spatially resolved near-wall velocity measurements and 3D time-resolved measurements in concentrated suspensions.   |
| <b>Main activities</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Handling of the ultrasound system</li> <li>- Bibliographical study of the techniques used in medical imaging</li> <li>- Development of the ultrasound imaging velocimetry</li> <li>- Microscopic characterization of static suspensions</li> <li>- Spatially resolved near-wall velocity measurements</li> <li>- Time-resolved 3D measurements in concentrated suspensions</li> </ul> |
| <b>Detailed activities</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Handling of the ultrasound system</li> </ul> <p>Time resolved ultrasound imaging velocimetry is based on the use of a programmable ultrasound system using a row-column addressed probe. The device will be delivered at the end of 2023. It will be necessary to handle it and develop the programs needed to</p>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>operate it.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bibliographical study of the techniques used in medical imaging<br/>Recent developments, which have led to spectacular achievements, have been carried out in the context of medical imaging. A bibliographical study of this work will be carried out to understand the technique and see how it can be transposed to the field of fluid mechanics. Exchanges with researchers specialized in ultrasound imaging will be possible and encouraged.</li> <li>- Development of the ultrasound imaging velocimetry<br/>Once the ultrasound system has been mastered and the technique understood, it will be necessary to determine the optimal parameters suitable for fluid mechanics experiments.</li> <li>- Microscopic characterization of static suspensions<br/>In the static regime, the aim is to characterize the suspension at a microscopic level. Super-resolved measurements will be used to test the validity of multiple scattering models developed in the laboratory by the team Acoustic of Materials and Structures (AMS).</li> <li>- Spatially resolved near-wall velocity measurements<br/>Using the LOMC Taylor-Couette experiment, we will develop a methodology for time-resolved 3D measurements (UIV-4D) of the velocity field in the near-wall region at high rotational speeds. The trade-off between time resolution and accuracy will be determined. To test this methodology, the data can be compared with optical time-resolved tomographic velocimetry measurements.</li> <li>- Time-resolved 3D measurements in concentrated suspensions<br/>The new UIV technique will then be used to measure particle velocity and local concentration for different flow regimes during the transition to turbulence of suspensions in Taylor-Couette flow. These measurements will be carried out for dilute or semi-dilute suspensions, then increasing the concentration as far as the UIV technique allows.</li> </ul> |
|--|---|

| <b>Job requirements</b>                         |   |
|---|---|
| <b>Skills and abilities required</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- The successful candidate will be a PhD in physics or mechanical engineering with a strong background in ultrasound imaging. The applicant should have experience using programmable ultra-sound imaging system.</li> <li>- The candidate should have in-depth knowledge in ultrasound imaging, metrology, fluid mechanics and programming (Python, Matlab).</li> <li>- He/she will master written and oral presentation techniques and have a good command of the English language: B1 to B2 (Common European Framework of Reference for Languages).</li> <li>- The candidate is expected to publish its results in top tier academic journals.</li> <li>- In addition, strong entrepreneurship is also expected.</li> </ul>   |
| <b>Benefits and constraints of the position</b> | <p>The candidate will be involved in the development of a new velocimetry technique for fluid mechanics with strong application potential. This will enable him/her to acquire original and unique know-how.</p> <p>The project involves two laboratory teams: one specialized in acoustics and the other in experimental fluid mechanics. The candidate will therefore benefit from a rich supervisory environment. He/she will also be able to train with contacts in the field of medical ultrasound imaging.</p> <p>The constraints of the position are those inherent to experimental fluid mechanics.</p> <p>Candidates should send their detailed CV and a motivation letter to <a href="mailto:prigenta@univ-lehavre.fr">prigenta@univ-lehavre.fr</a></p> <p>The position starts from January, 1<sup>st</sup> 2024.</p> <p>Gross salary 2300 -2800 euros depending on experience.</p> |

## Fiche de description de poste

| Présentation du poste               |   |
|-------------------------------------|---|
| Intitulé du poste :                 | Postdoc « développement de la vélocimétrie par imagerie ultrasonore en mécanique des fluides »  |
| emploi-type, support                | Postdoc   |
| Laboratoire / Service:              | Laboratoire Ondes & Milieux Complexes (LOMC) – UMR 6294   |
| Projet :                            | Imagerie ultrasonore ultra-rapide pour la mécanique des fluides (USIFIM)  |
| Description et objectif du projet : | <p>Depuis le début des années 1990, les méthodes optiques basées sur les traceurs se sont imposées comme les techniques standard de mesure non invasive du débit dans les laboratoires de recherche. Bien qu'elles soient très efficaces, elles nécessitent un accès optique et un fluide transparent, ce qui limite considérablement leur applicabilité. En outre, la présence d'une phase dispersée, même à faible concentration, peut rendre ces techniques inutiles. Pour surmonter ces limitations, des techniques non optiques comme l'IRM ou les rayons X ont été développées. L'une des plus prometteuses est la <b>vélocimétrie par imagerie ultrasonore (UIV)</b>, dérivée de l'imagerie médicale par ultrasons.</p> <p>L'UIV est dérivée de l'imagerie en mode B typiquement utilisée dans les applications d'échographie médicale. Une fois qu'une image a été enregistrée, des algorithmes basés sur la corrélation de type PIV sont utilisés pour calculer le champ de vitesse. Avec la révolution de l'imagerie ultrarapide dans les années 2010, la fréquence d'images réalisable est désormais de l'ordre du kHz. En outre, l'imagerie ultrarapide a été étendue à 3 dimensions (4D-UIV) en utilisant un réseau matriciel de transducteurs. Malheureusement, le nombre accru de transducteurs et l'électronique limitée disponible ont conduit à une résolution spatiale réduite (32x32). Pour résoudre ce problème, une nouvelle technique a été proposée, utilisant un réseau de lignes et de colonnes adressées (RCA) avec seulement 128+128 transducteurs et basée sur la composition cohérente d'ondes planes orthogonales. Cette technique permet une imagerie ultrasonore 3D ultrarapide et à haute résolution.</p> <p>Ce projet vise à optimiser la technique 4D-UIV en utilisant un réseau d'adresses ligne-colonne dans un contexte de dynamique des fluides afin d'obtenir des <b>mesures 3D résolues en temps</b> des écoulements de fluides. Trois études de cas seront abordées : Super-résolution 3D dans des suspensions statiques, super-résolution dans des mesures près des parois et mesures 3D résolues dans le temps dans des suspensions concentrées.</p> |
| Responsable scientifique :          | Arnaud Prigent  |
| Responsable hiérarchique immédiat : | François Marin (Directeur du laboratoire)   |

| Détail des activités        |   |
|-----------------------------|---|
| Mission générale du poste : | La mission principale consistera à développer la vélocimétrie par imagerie ultrasonore pour la mécanique des fluides et à l'appliquer à trois cas tests : la caractérisation microscopiques de suspensions statiques, des mesures de vitesse proche-paroi résolues spatialement et des mesures 3D résolues en temps dans des suspensions concentrées. |
| Principales activités       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prise en main de l'échographe</li> <li>- Etude bibliographique des techniques utilisées en imagerie médicale</li> <li>- Développement de la vélocimétrie par imagerie ultrasonore</li> <li>- Caractérisation microscopiques de suspensions statiques</li> </ul>  |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesures de vitesse proche-paroi résolues spatialement</li> <li>- Mesures 3D résolues en temps dans des suspensions concentrées</li> </ul>  |
| <b>Détail des activités</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prise en main de l'échographe<br/>La vélocimétrie par imagerie ultrasonore s'appuie sur l'utilisation d'un échographe programmable muni d'une sonde en croix. L'appareil sera livré à la fin de l'année 2023. Il faudra le prendre en main et développer les programmes nécessaires à son fonctionnement.</li> <li>- Etude bibliographique des techniques utilisées en imagerie médicale<br/>Les développements récents qui ont permis des réalisations spectaculaires ont été réalisés dans le contexte de l'imagerie médicale. Il faudra donc réaliser une étude bibliographique de ces travaux afin de comprendre la technique et voir comment la transposer dans le domaine de la mécanique des fluides. Des échanges avec des chercheurs spécialisés en imagerie ultrasonore seront possibles et encouragés.</li> <li>- Développement de la vélocimétrie par imagerie ultrasonore<br/>Lorsque l'échographe aura été pris en main et la technique comprise, il s'agira de déterminer les conditions pour l'appliquer aux expériences de mécanique des fluides et de définir paramètres requis à cette application.</li> <li>- Caractérisation microscopiques de suspensions statiques<br/>Dans le régime statique, il s'agira de caractériser la suspension à un niveau microscopique. Les mesures super-résolues seront utilisées pour tester la validité de modèles de diffusion multiples développés au laboratoire par l'équipe Acoustique des Matériaux et Structures (AMS).</li> <li>- Mesures de vitesse proche-paroi résolues spatialement<br/>En utilisant l'expérience de Taylor-Couette du LOMC, il s'agira de développer la méthodologie pour les mesures 3D résolues en temps (UIV-4D) du champ de vitesse dans la région proche de la paroi à haute vitesse de rotation. Le compromis entre la résolution temporelle et la précision sera déterminé. Pour tester cette méthodologie, les données pourront être comparées à des mesures optiques de vélocimétrie tomographique résolue en temps.</li> <li>- Mesures 3D résolues en temps dans des suspensions concentrées<br/>La nouvelle technique UIV sera ensuite utilisée pour mesurer la vitesse et la concentration locale des particules pour les différents régimes d'écoulement lors de la transition vers la turbulence de suspensions dans l'écoulement de Taylor-Couette. Ces mesures seront réalisées pour des suspensions diluées ou semi-diluées puis en augmentant la concentration autant que la technique UIV le permet.</li> </ul> |

| <b>Exigences du poste</b>                              |   |
|--|---|
| <b>Compétences souhaitées et aptitudes nécessaires</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le candidat retenu sera titulaire d'un doctorat en physique ou en mécanique et aura une solide expérience de l'imagerie ultrasonore. Il devra avoir une expérience de l'utilisation d'un système d'imagerie ultrasonore programmable.</li> <li>- Le candidat devra avoir une connaissance approfondie de l'imagerie ultrasonore, de la métrologie, de la mécanique des fluides et de la programmation (Python, Matlab).</li> <li>- Il maîtrisera les techniques de présentation écrite et orale et aura une bonne maîtrise de la langue anglaise : B1 à B2 (Cadre européen commun de référence pour les langues).</li> <li>- Il est attendu du candidat qu'il publie ses résultats dans des revues académiques de premier plan.</li> <li>- En outre, un fort esprit d'entreprise est également attendu.</li> </ul> |
| <b>Avantages et contraintes du poste</b>               | <p>Le candidat sera impliqué dans le développement d'une nouvelle technique de vélocimétrie pour la mécanique des fluides ayant un fort potentiel applicatif. Cela lui permettra d'acquérir un savoir-faire original et unique.</p> <p>Le projet met en jeu deux équipes du laboratoire : l'une spécialisée en acoustique et l'autre en mécanique des fluides expérimentale. Le candidat bénéficiera donc d'un encadrement riche. Il pourra en outre se former auprès de contacts du domaine de l'imagerie ultrasonore médicale.</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Les contraintes du poste sont les contraintes inhérentes à la mécanique des fluides expérimentales.</p> <p>La candidature doit être envoyée à <a href="mailto:prigenta@univ-lehavre.fr">prigenta@univ-lehavre.fr</a>.</p> <p>Le début de contrat sera au 1<sup>er</sup> janvier 2024.</p> <p>Salaire brut de 2300 à 2800€ selon l'expérience du candidat.</p> |
|--|--|