

Particules solides et instabilités élasto-inertielles en écoulement de Taylor-Couette

Charles Carré¹, Tom Lacassagne¹, Masoud Moazzen¹, Vincent Thomy², S. Amir Bahrani¹

¹ IMT Nord Europe, Institut Mines Télécom, Univ. Lille, Center for Energy and Environment, F-59000 Lille

² IMEN, Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie, F-59650 Villeneuve d'Ascq
charles.carre@imt-nord-europe.fr

Les fluides chargés en particules solides (suspensions) sont fréquemment rencontrés dans les systèmes naturels et industriels (coulées de laves, avalanches, sang, ciment...). Ces particules ont un impact sur l'écoulement, notamment sur le déclenchement des instabilités hydrodynamiques, ce qui constitue un enjeu majeur dans le contrôle ou l'intensification des processus de transferts et de mélange (Ramesh2019, Moazzen2022). Par ailleurs, les fluides viscoélastiques, rencontrés dans ces mêmes systèmes, sont connus pour admettre le déclenchement d'instabilités élastiques ou élasto-inertielles à des nombres de Reynolds nuls ou faibles par rapport aux instabilités inertielles dans les fluides Newtoniens (Groisman1996, Moazzen2023). Ce mécanisme repose sur une non linéarité rhéologique du fluide (éventuellement couplée aux non linéarités inertielles).

Ainsi, ces deux constats amènent à se questionner sur le comportement de fluides où sont présents à la fois des particules et une propriété viscoélastique (rencontrés par exemple dans les procédés pharmaceutiques, cosmétiques, ou d'impression 3D), en termes de stabilité et d'apparition d'écoulements secondaires. La question est ici abordée en utilisant l'écoulement modèle de Taylor-Couette qui consiste en un cylindre intérieur en rotation dans un cylindre extérieur fixe, et pour lequel on caractérise le nombre de Reynolds critique conduisant au déclenchement de l'instabilité élasto-inertielle primaire. En employant des fluides fortement viscoélastiques, une transition directe d'un régime laminaire *Circular Couette Flow* (CCF) à la turbulence Elasto-Inertielle (EIT - *Elasto inertial turbulence*) est observée (Moazzen2023). Des particules solides iso-denses et non colloïdales sont introduites à des fractions volumiques allant de 0 à 14%. L'influence de l'ajout des particules sur la rhéologie viscoélastique du fluide est caractérisée. L'impact de cette rhéologie sur le déclenchement des instabilités élasto-inertielle est ensuite décrite, en utilisant une approche combinée de visualisation d'écoulement et de mesure du couple exercé sur le cylindre intérieur en rotation.

Il apparaît que l'ajout d'une faible fraction volumique de particules ($\leq 2\%$, régime dilué) ne modifie ni le seuil de déclenchement des instabilités au sens du Reynolds, ni la nature de la transition (CCF-EIT), alors même que l'élasticité apparente des fluides est diminuée. En revanche, à partir de 6% de particules (régime semi-dilué), le régime EIT n'est plus du tout observé dans la gamme de nombre de Reynolds explorée, suggérant *a minima* un retard significatif de la transition causé par les particules, voire une suppression pure et simple de l'instabilité, sans pour autant que l'élasticité apparente des fluides n'ait significativement diminué par rapport aux suspensions diluées. La mesure du couple exercé sur le cylindre intérieur permet de mettre en évidence qu'en régime semi-dilué, à partir d'un nombre de Weissenberg pour lequel une transition vers l'EIT serait attendue, une modification de la dynamique de frottements est bien observée mais ne conduisant à aucun régime d'écoulement secondaire observable avec la méthode de visualisation employée.

Références

1. A. GROISMAN & V. STEINBERG *Physical Review Letters*, **8**, 1480-1483 (1996)
2. P. RAMESH, S. BHARADWAJ & M. ALAM *J. Fluid Mech.*, **870**, 901-940 (2019)
3. M. MOAZZEN, T. LACASSAGNE, V. THOMY S. & S. A. BAHRANI. *J. Fluid Mech.*, (2022)
4. M. MOAZZEN, T. LACASSAGNE, V. THOMY S. & S. A. BAHRANI. *Philosophical Transactions of the Royal Society A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, (2023)