

# Tumbling dynamics of inertial chains in extensional flow

Henry C.<sup>1</sup>, Krstulovic G.<sup>1</sup> & Bec J.<sup>1</sup>

Laboratoire Lagrange, Université Côte d'Azur, CNRS, OCA, Bd. de l'Observatoire, Nice, France  
christophe.henry@oca.eu

L'objectif de ces travaux de recherche est d'améliorer la compréhension de la dynamique de particules non-sphériques dans des écoulements turbulents. De nombreux travaux sur le transport de particules ont été développés jusqu'à présent en considérant des particules sphériques bien que nombre de cas réels impliquent des particules ayant une forme quelconque. Le cas de particules non-sphériques introduit une composante supplémentaire : l'orientation de ces particules vis-à-vis du fluide. Plusieurs études récentes ont ainsi montré que cette orientation donne lieu à une dynamique riche et complexe dans le cas de particules rigides et ellipsoïdales [1]. En particulier, les particules anisotropes peuvent avoir des mouvements de renversement (tumbling) durant lesquels leur orientation vis-à-vis de l'axe principal de l'écoulement se renverse de façon brutale.

Un autre aspect souvent négligé dans les modèles simples de particules concerne leur non-sphéricité résultant de leur déformabilité : les fibres utilisées dans l'industrie du papier ont une forme de tube allongé et déformable d'une taille de quelques millimètres pour un diamètre de quelques micromètres [2]. De la même façon, certains planctons comme les diatomées s'agrègent entre eux dans l'océan : ils forment alors des chaînes de particules qui peuvent se caractériser comme une particule allongée et déformable [3]. Ce type de particules allongées et déformables a été étudié dans des écoulements simples comme des écoulements extensionnels. Néanmoins, leur dynamique dans des écoulements turbulents avec des parois doit encore être caractérisée à la fois numériquement et expérimentalement.

C'est dans ce contexte que nous cherchons à explorer la dynamique de chaînes de particules dans des écoulements turbulents. Pour ce faire, nous avons opté pour une approche de simulation fine : les fibres sont décrites comme une chaîne de particules connectées entre elles par des liens rigides. Cette approche nous a permis d'obtenir des données statistiques sur un grand nombre de paramètres et de dégager les paramètres pertinents : nous avons ainsi retenu deux observables que sont l'extension de la fibre et son orientation vis-à-vis de la direction d'extension de l'écoulement. Des premières simulations ont été réalisées dans le cas d'un écoulement extensionnel simple et nous avons ainsi pu caractériser l'orientation de telles fibres en fonction de trois paramètres : le nombre de Stokes  $St$  (qui mesure l'inertie des particules), le nombre de Péclet  $Pe$  (rapport entre la diffusion et la convection) et la longueur des fibres  $N$ . En particulier, les résultats numériques montrent que, dans la limite de chaînes infinies, les fibres sont piégées soit dans un état déplié soit dans un état replié. La transition entre ces deux états évolue non-linéairement en fonction du nombre de Stokes et de Péclet. Les simulations révèlent également que le renversement a lieu pour des paramètres ( $Pe$ ,  $St$ ) proches de cette transition et que le temps de persistance est également une fonction non-linéaire du nombre de Stokes et Péclet.

## Références

1. VOTH, GREG A AND SOLDATI, ALFREDO, Anisotropic particles in turbulence, *Annual Review of Fluid Mechanics*, **49**, 249–276 (2017).
2. LUNDELL, FREDRIK AND SÖDERBERG, L DANIEL AND ALFREDSSON, P HENRIK, Fluid mechanics of paper-making, *Annual Review of Fluid Mechanics*, **43**, 195–217 (2011).
3. YOUNG, ASHLEY M AND KARP-BOSS, L AND JUMARS, PA AND LANDIS, EN, Quantifying diatom aspirations : Mechanical properties of chain-forming species, *Limnology and Oceanography*, **57**, 1789–1801 (2012).