

Interactions entre plancton et turbulence

Eric CLIMENT

Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse - UMR5502 CNRS/INPT/UPS

eric.climent@imft.fr

Le phytoplancton est à l'origine d'environ 50% de la production mondiale d'oxygène et constitue l'élément de base de la chaîne alimentaire en milieu marin. Une compréhension détaillée des mécanismes physiques conduisant les espèces gyrotactiques qui le composent à migrer verticalement vers la surface permet de mieux quantifier les flux biogéochimiques à travers l'océan. Les micro-organismes du plancton, cellules de taille micrométrique, ont la faculté de se déplacer de façon autonome, en nageant de quelques dizaines à plusieurs centaines de microns/seconde. Des observations en mer laissent penser que nager en chaîne pourrait conférer un avantage écologique pour certaines espèces alternativement en quête de lumière à la surface et de nutriments en profondeur.

Le modèle de simulation utilisé couple deux phénomènes : la résolution numérique directe des équations de Navier-Stokes qui gouvernent le mouvement du fluide en écoulement turbulent et le suivi Lagrangien des trajectoires (fig. 1) de plusieurs centaines de milliers de micro-organismes (individuels ou sous forme de chaîne de cellules). L'analyse statistique des données révèle que dans une turbulence d'intensité modérée, il est plus efficace de se déplacer en formant une chaîne de cellules plutôt que de rester isolé (le gain est d'un facteur 2 pour une chaîne de 8 à 16 individus). Outre le mécanisme intuitif de réduction de la traînée d'une chaîne alors que la propulsion cumulative est augmentée, les simulations ont révélé deux autres mécanismes beaucoup moins triviaux en lien avec la dynamique du fluide turbulent.



Figure 1 : Trajectoire d'un micro-organisme de phytoplancton passant à travers un tube tourbillonnaire dans un écoulement turbulent. Les flèches indiquent la direction instantanée de la vitesse de nage.

Références

Clustering of settling microswimmers in turbulence. Qiu, Z. Cui, E. Climent, and L. Zhao. (2023) *Nonlinear Processes in Geophysics*, doi.org/10.5194/egusphere-2023-911.

Fluid inertia is an effective gyrotactic mechanism for settling elongated micro-swimmers J. Qiu, Z. Cui, E. Climent, and L. Zhao. (2022) *Phys. Rev. Research* 4, 023094.

Chain formation can enhance the vertical migration of phytoplankton through turbulence. S. Lovecchio, E. Climent, R. Stocker and W. M. Durham. (2019) *Science Advances*. 5, eaaw7879.

F. De Lillo, M. Cencini, W.M. Durham, Barry, R. Stocker, E. Climent and G. Boffetta (2014). Turbulent fluid acceleration generates clusters of gyrotactic microorganisms. *Phys. Rev. Letters* – 112, 044502.

W. M. Durham, E. Climent, M. Barry, F. De Lillo, G. Boffetta, M. Cencini and R. Stocker, (2013) Turbulence drives microscale patches of motile phytoplankton, *Nature Communications*, 4: 2148.

W.M. Durham, E. Climent, R. Stocker (2011) Gyrotaxis in a steady vortical flow, *Phys. Rev. Letters*, 106: 238102.