



L'ESSENTIEL

- Les méthodes d'analyse classiques permettent difficilement de suivre le devenir de débris transportés par un écoulement irrégulier.
- L'approche des structures lagrangiennes cohérentes consiste à identifier des lignes attractives et répulsives au sein du fluide.
- Ces lignes invisibles constituent des « barrières de transport » qui permettent de mieux comprendre la dynamique de l'écoulement.
- Cette approche serait applicable au sauvetage en mer, à la cardiologie, au suivi des pollutions...

Andrew Bannister

En avril 2010, de fines particules de cendres émises par un volcan islandais en éruption ont perturbé le trafic aérien européen. Le même mois, l'explosion de la plate-forme pétrolière *Deepwater Horizon*, dans le golfe du Mexique, a provoqué la marée noire la plus importante de l'histoire des États-Unis. Un an plus tard, un tsunami a frappé la côte de la région de Tohoku, au Japon. En plus des nombreuses pertes humaines, il a provoqué le désastre de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi, accident qui a conduit au déversement de nombreux débris et éléments radioactifs dans l'océan Pacifique.

Ces trois événements d'importance partagent une même problématique : dans chaque cas, des matériaux sont libérés dans l'environnement à partir d'une source ponctuelle. Or, prévoir où les débris sont transportés par les courants atmosphériques ou marins est crucial pour rediriger le trafic aérien, les missions de nettoyage, etc.

Distinguer de l'ordre dans le chaos

Pour suivre des polluants ou des débris à la dérive et prévoir où ils vont s'accumuler, l'approche usuelle consiste à faire des simulations numériques des écoulements atmosphériques ou marins et à utiliser la carte des vitesses des courants. Cette approche permet en principe d'estimer le devenir des débris. La difficulté est que de telles prévisions sont très sensibles aux conditions initiales. En d'autres termes, deux simulations d'une même situation peuvent donner des résultats très différents si les positions ou les vitesses initiales diffèrent, même de façon infime. On peut remédier à ce problème de sensibilité aux conditions initiales en effectuant plusieurs simulations pour le même scénario. L'ensemble des résultats indique alors une tendance générale sur la trajectoire des débris, mais cela ne permet pas d'obtenir un résultat précis.

En outre, l'analyse classique consiste souvent à déterminer l'histoire complète d'une trajectoire. On obtient ainsi des figures complexes « en spaghettis » qu'il est difficile d'interpréter. Pour améliorer la compréhension et les prévisions du comportement d'un fluide, de nouveaux concepts et méthodes sont à développer.

Récemment, des idées se situant à l'interface de la dynamique non linéaire – domaine

Article reproduit avec l'autorisation de T. Peacock et G. Haller, *Physics Today*, vol. 66(2), pp. 41-47, 2013. ©2013, AIP Publishing LLC.