

Gulliver chez les nageurs

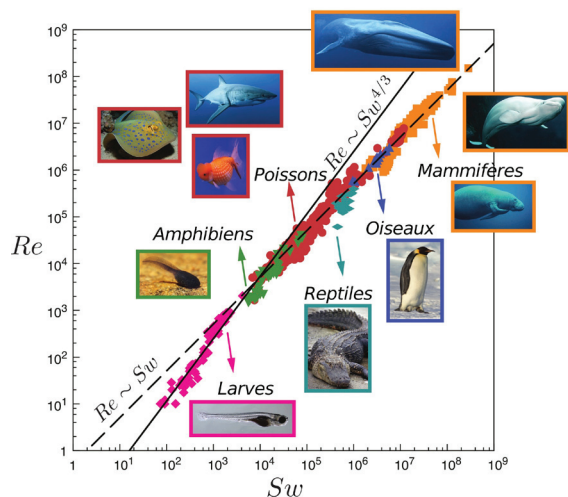
Décembre 2014

La vitesse de tous les animaux nageurs, de la larve d'insecte à la baleine, est directement reliée aux caractéristiques de leurs ondulations par une même loi que des physiciens viennent de mettre à jour.

Malgré leurs différences de taille et la grande variété de leurs morphologies, les animaux sont tous faits des mêmes cellules. Les lois physiques qui régissent leur physiologie, leur force ou leur vitesse de locomotion sont les mêmes pour tous. Il en résulte des « lois d'échelles », indépendantes des spécificités de chaque espèce et reliant les caractéristiques d'animaux de tailles différentes, de la puce à l'éléphant. En ce qui concerne la locomotion aquatique, une loi empirique permet depuis 50 ans de relier la vitesse des différents poissons aux caractéristiques de leurs ondulations (taille, amplitude, fréquence). Toutefois, cette loi laissait de côté les autres nageurs, notamment les plus petits, et son origine restait inconnue. En analysant les caractéristiques de plus de 1000 animaux nageurs et grâce à une modélisation physique des principes de la nage, des physiciens de l'Institut non linéaire de Nice - INLN (CNRS/Université de Nice Sophia Antipolis) et du *Department of Organismic and Evolutionary Biology* de l'Université de Harvard, viennent de mettre à jour une loi universelle reliant la vitesse des nageurs aux caractéristiques de leurs ondulations. Selon que l'écoulement est laminaire ou turbulent, cette loi prend la forme d'une loi de puissance dont ils ont interprété l'exposant avec leur modélisation. Ce travail est publié dans la revue *Nature Physics*.

La locomotion aquatique implique une interaction complexe entre le corps du nageur et l'écoulement induit dans son environnement. Elle est générée par

l'activité motrice d'organismes allant des alevins aux baleines bleues. Dans un premier temps, l'analyse empirique des données mesurées sur plus d'un milliard d'animaux nageurs a permis aux chercheurs de mettre à jour deux régimes de nage. Lorsque l'écoulement hydrodynamique est turbulent, ce qui est le cas pour les grands organismes, la vitesse de nage est proportionnelle à la vitesse transverse de la nageoire propulsive, tandis que lorsque l'écoulement n'est pas turbulent, la vitesse de nage est proportionnelle au produit de la vitesse transverse de la nageoire à l'exposant 4/3 par la racine cubique de la taille de l'animal. Pour comprendre ces lois, il est possible de s'abstraire des détails morphologiques des diverses espèces considérées : lorsque l'on compare des animaux de tailles très différentes, les effets de taille écrasent toutes les autres différences et sont bien plus importants que les différences de morphologie. La différence de poids entre un chien et un poulet de même taille dépend essentiellement de leurs différences morphologiques. En revanche, pour dire qu'un éléphant, mille fois plus grand qu'un moustique, est un milliard de fois plus lourd, il n'y a pas à se préoccuper de leur forme, qui a alors un effet marginal comparé à ce milliard. Il suffit de dire que la masse est proportionnelle au volume, lui-même proportionnel au cube de la taille. C'est le même type de démarche qu'ont suivi les chercheurs en cherchant de quels paramètres dépendent la force motrice produite par l'animal et la force de traînée qui s'oppose au mouvement. Pour se propulser, l'animal s'appuie sur l'eau et met en mouvement un volume d'eau du même ordre de grandeur que son propre volume, et cela avec une vitesse égale à celle de sa nageoire. En exprimant la force qui en résulte et écrivant que cette dernière doit compenser la force de traînée, les chercheurs ont retrouvé les mêmes proportionnalités que celles qu'ils avaient déterminées empiriquement.



Loi d'échelle de la nage. Mille points expérimentaux sont représentés sur ce diagramme $Re=UL/v$, $Sw=Aw/v$, avec U vitesse de nage, L taille de l'organisme et w fréquence de battement de l'organe propulsif et v viscosité du fluide.

En savoir plus

Scaling macroscopic aquatic locomotion, M. Gazzola², M. Argentina¹, L. Mahadevan², *Nature Physics* – 2014

Contact chercheur

Médéric Argentina, professeur à l'Université de Nice Sophia-Antipolis

Informations complémentaires

¹ Institut non-linéaire de Nice (INLN)

² School of Engineering and Applied Sciences, Department of Organismic and Evolutionary Biology, Harvard University