

Efficacité de la propulsion intermittente

Tristan Aurégan¹, Sylvain Courrech du Pont², Benjamin Thiria¹

¹ Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, PMMH UMR 7636 CNRS ESPCI PSL
Research University Univ. Paris-Diderot Sorbonne Université, Paris, France.

² Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, UMR CNRS 7057, Université de Paris, France.

tristan.auregan@espci.fr

De nombreuses espèces de poissons utilisent un mode de locomotion intermittent lors de la nage au lieu de se propulser continuellement. Ce type de nage, appelé *Burst and Coast* est supposé être plus énergétiquement avantageux pour les poissons ([1], [2]). Nous étudions un système nouveau : un bateau à hélice qui utilise cette stratégie bioinspirée pour réduire sa consommation. L'expérience consiste en un bateau libre de se déplacer dans un écoulement à surface libre (Fig. 1). L'hélice est actionnée durant un temps $\Delta \times T$ puis le bateau utilise l'inertie accumulée pour glisser vers l'avant pendant le reste de la période $(1 - \Delta) \times T$. Nous mesurons directement la consommation énergétique du système à l'aide d'un dynamomètre et d'un capteur de vitesse angulaire. En comparant la consommation énergétique à celle du bateau propulsé continuellement à la même vitesse moyenne, nous mettons évidence un paramètre crucial de la locomotion intermittente : le contraste de traînée entre les phases actives et passives. Dans le cas des poissons, la traînée dans la phase active est environ 4 fois plus importante que dans la phase passive. Pour reproduire ce phénomène nous utilisons une hélice pliable capable de s'ouvrir et de se fermer passivement au rythme des activations du moteur.

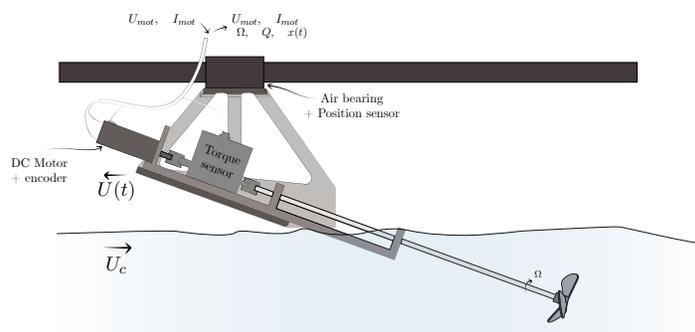


Figure 1. Schema du setup expérimental

En utilisant ce type d'hélice nous montrons que la propulsion intermittente par hélice peut être plus efficace que la propulsion continue. Dans le cas optimal, à vitesse égale, la consommation est réduite de 27% en utilisant la propulsion intermittente. Nous détaillons un modèle avec une approche quasi-statique qui permet de prédire la consommation en fonction des paramètres de la propulsion (période, rapport cyclique, vitesse, etc.). Ce modèle permet en particulier de montrer qu'il existe une réduction de traînée minimale pour que la propulsion intermittente soit favorable. Si la traînée dans la phase passive est plus grande que 0.4 fois la traînée dans la phase active, la propulsion continue est la plus efficace.

Références

1. D. WEIHS, Energetic advantages of burst swimming of fish, *J. Theor. Biol.*, **48**, 215–229 (1974).
2. G. LI *et al.*, Burst-and-coast swimmers optimize gait by adapting unique intrinsic cycle, *Commun. Biol.*, **4**, 1–7 (2021).