

Méthodes d'apprentissage par renforcement : applications aux nageurs articulés multi-sphères

Luca Berti & Laetitia Giraldi & Christophe Prud'homme

5 Octobre 2021

Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{\text{Inertie}}{\text{Viscosité}} \propto \frac{\rho L^3 U}{\mu L^2}$$

ρ : Densité L : Longueur

μ : Viscosité U : Vitesse

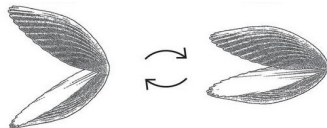
La nage à bas nombre de Reynolds

Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{\rho L U}{\mu} \approx 10^{-4} \text{ (pour un spermatozoïde)}$$

ρ : Densité L : Longueur

μ : Viscosité U : Vitesse



Source : Nat Commun 5, 5119 (2014)

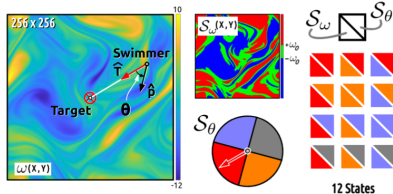
Équations du fluide : équations de Stokes

$$-\nabla p + \mu \Delta u = 0$$

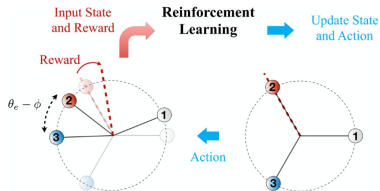
$$\nabla \cdot u = 0$$

FIGURE – Théorème de la coquille de St. Jacques

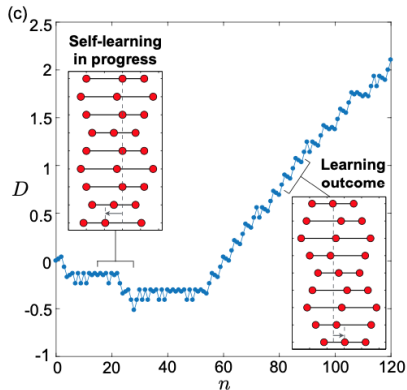
Micro-nage et apprentissage par renforcement : une rencontre récente



Alageshan (2019)

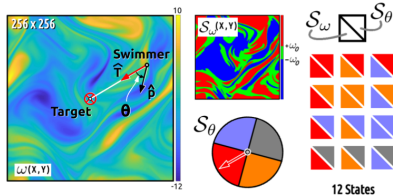


Liu (2021)

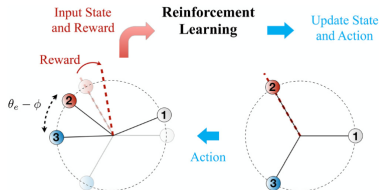


Tsang (2020)

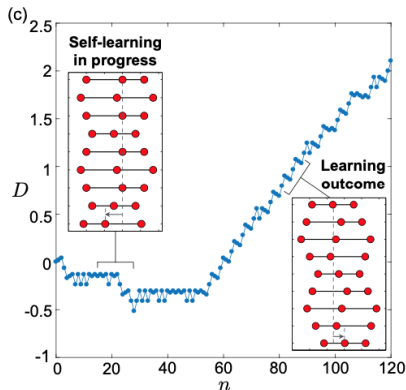
Micro-nage et apprentissage par renforcement : une rencontre récente



Alageshan (2019)



Liu (2021)



Tsang (2020)

Pendant un stage de M2 cet été, nous avons pu reproduire les résultats de Tsang.

- 1 Compréhension de la méthode du Q-learning et prise en main du code existant

Roadmap du projet

- ① Compréhension de la méthode du Q-learning et prise en main du code existant
- ② Restructuration du code pour le rendre plus générique (calcul automatique des états, actions et différents types de récompense)

Roadmap du projet

- ① Compréhension de la méthode du Q-learning et prise en main du code existant
- ② Restructuration du code pour le rendre plus générique (calcul automatique des états, actions et différents types de récompense)
- ③ Étudier la stratégie de nage d'un nageur à sphères avec plus de degrés de liberté

Roadmap du projet

- ① Compréhension de la méthode du Q-learning et prise en main du code existant
- ② Restructuration du code pour le rendre plus générique (calcul automatique des états, actions et différents types de récompense)
- ③ Étudier la stratégie de nage d'un nageur à sphères avec plus de degrés de liberté
- ④ Faire un état de l'art sur les méthodes d'apprentissage où l'espace des états est grand, voire continu

Roadmap du projet

- ➊ Compréhension de la méthode du Q-learning et prise en main du code existant
- ➋ Restructuration du code pour le rendre plus générique (calcul automatique des états, actions et différents types de récompense)
- ➌ Étudier la stratégie de nage d'un nageur à sphères avec plus de degrés de liberté
- ➍ Faire un état de l'art sur les méthodes d'apprentissage où l'espace des états est grand, voire continu
- ➎ (Optionnel) Étudier la stratégie de nage d'un nageur à boules proche d'un bord rigide

Ce que vous allez apprendre :

- Méthodes d'apprentissage par renforcement
- Caractéristiques principales de la nage à bas nombre de Reynolds

Ce que vous allez utiliser :

- Github, VScode, Paraview, GMSH, Slack
- Python pour interagir avec Feel++ et l'apprentissage

- Apprentissage par renforcement de la nage de nageurs élastiques
- *Possibilité d'une thèse* autour de la micro-natation
à partir de Septembre/Octobre 2022
(sujet vers début année prochaine et inscriptions jusqu'en Mai 2022)



Alageshan Jaya Kumar, Akhilesh Kumar Verma, Jérémie Bec, and Rahul Pandit. (2019) *Path-Planning Microswimmers Can Swim Efficiently in Turbulent Flows* <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.101.043110>.



Liu Yuexin, Zonghao Zou, Alan Cheng Hou Tsang, On Shun Pak, and Y.-N. Young (2021) *Mechanical Rotation at Low Reynolds Number via Reinforcement Learning*, <https://doi.org/10.1063/5.0053563>.



Tsang Alan Cheng Hou, Pun Wai Tong, Shreyes Nallan, and On Shun Pak (2020) *Self-Learning How to Swim at Low Reynolds Number* <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.5.074101>.



Watkins, C.J.C.H., Dayan, P. (1992) *Q-learning*. <https://doi.org/10.1007/BF00992698>.