

University of Groningen

## Experimental analysis and modelling of the behavioural interactions underlying the coordination of collective motion and the propagation of information in fish schools

Lecheval, Valentin Jacques Dominique

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2017

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Lecheval, V. J. D. (2017). *Experimental analysis and modelling of the behavioural interactions underlying the coordination of collective motion and the propagation of information in fish schools*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

# Résumé

Les déplacements collectifs sont omniprésents chez les poissons et peuvent comprendre des groupes de plusieurs milliers ou millions d'individus. Cependant, les interactions locales et les règles comportementales individuelles à l'origine de ces comportements collectifs posent encore question.

Dans cette thèse, nous étudions les mécanismes sous-jacents à la coordination du déplacement et à la propagation de l'information dans les bancs d'un petit poisson grégaire, le nez rouge (*Hemigrammus rhodostomus*). L'approche de cette thèse repose sur une étroite combinaison entre les méthodes expérimentales et de modélisation dans l'objectif de découvrir les liens entre les comportements individuels et les motifs observés à l'échelle collective.

La première partie du manuscrit est dédiée aux mécanismes comportementaux qui sous-tendent la coordination de la nage en banc chez *H. rhodostomus*. Nous y analysons le déplacement d'un individu solitaire ou d'une paire de poissons nageant librement dans une arène circulaire. *H. rhodostomus* a un comportement de nage intermittente. Ce mode de nage est constitué de changements de direction soudains combinés à de brèves saccades natatoires suivies d'une phase d'accostage durant laquelle le corps du poisson reste rigide. L'analyse des données expérimentales ainsi que le travail de modélisation reposent sur la segmentation des trajectoires des poissons sur la base du comportement de nage intermittente. Nous avons développé une nouvelle méthode pour mesurer et isoler les interactions d'un poisson avec un mur ou entre deux poissons. Ces mesures sont testées à l'aide d'un modèle inspiré par des considérations de physique et de symétrie. Nos résultats soutiennent la présence d'interactions reposant sur la coexistence d'attraction et d'alignement.

Nous étudions aussi comment les individus intègrent l'information issue de plusieurs congénères et d'obstacles dans leur voisinage. Nous formulons un modèle computationnel qui repose sur des cartes d'actions comportementales extraites des données expérimentales. Nous testons l'hypothèse selon laquelle les poissons réagissent uniquement au stimulus le plus impor-

tant qu'ils perçoivent, en vérifiant que l'hypothèse permet de reproduire les propriétés du banc à l'échelle collective. Nous concluons que cette hypothèse n'est pas suffisante pour reproduire les caractéristiques de bancs formés dans des expériences réunissant 5 poissons dans un dispositif annulaire. La seconde partie du manuscrit est dédiée à l'analyse de la propagation d'information dans les bancs de *H. rhodostomus*, en réaction à des perturbations internes ou externes.

Nous analysons la propagation de l'information en réponse à des perturbations internes se produisant lors de demi-tours collectifs spontanés observés dans un dispositif annulaire, avec des groupes allant de 1 à 20 poissons. Les propriétés à l'échelle globale de la propagation sont déduites depuis des données expérimentales pour des tailles de groupes de 1 à 20 poissons. Nous formulons un modèle d'Ising qui intègre les interactions asymétriques entre les poissons ainsi que leur tendance à suivre la majorité de leurs voisins. Le modèle montre que la conformité sociale, appliquée localement, est un mécanisme possible pour expliquer à la fois les dynamiques observées durant les demi-tours collectifs ainsi que la diminution de la fréquence des ces événements quand la taille de groupe augmente.

Enfin, nous proposons une méthode expérimentale pour induire des perturbations externes contrôlées dans le but d'étudier la propagation de l'information au sein du banc dans ce contexte. Nous réalisons une étude préliminaire montrant que le conditionnement aversif peut être (i) réalisé avec cette espèce, (ii) qu'il peut déclencher des réactions de fuite collective et (iii) que l'apprentissage peut être transféré dans un autre dispositif. Ces résultats sont discutés dans le contexte de la propagation de l'information en réaction à un stimulus externe (ici, une lumière verte impliquant une réaction de fuite chez les individus conditionnés). Nos travaux suggèrent que la proportion d'individus conditionnés est un paramètre critique au sein du banc pour qu'une fuite collective se produise en réponse à des stimuli externes.