

## Un processus de Ornstein Uhlenbeck à changements de régime pour modéliser la vitesse des navires de pêche. Application aux thoniers senneurs de l'océan Indien.

### Résumé :

Reconnaître l'activité d'un navire de pêche à partir de l'observation de sa trajectoire permet de mieux normaliser les déclarations de captures qui servent à ajuster les modèles de dynamique de population permettant l'élaboration de conseils de gestion pour certaines espèces surveillées (les thons tropicaux pour cette application). Le but de ce stage est d'adapter l'algorithme SAEM pour un modèle de Ornstein Uhlenbeck à changements de régimes qui permettra de reconstruire l'activité d'un navire de pêche.

### Descriptif détaillé :

Les positions des bateaux de pêche durant leurs opérations en mer sont connues et mesurées grâce à un système de positionnement GPS (Vessel Monitoring System, VMS) disponible de manière réglementaire sur la plupart des navires aujourd'hui.

La modélisation de la dynamique de ces navires doit permettre d'évaluer l'effort de pêche<sup>1</sup>, qui est ensuite utilisé pour normaliser les captures commerciales. Il est important de pouvoir faire la différence entre un navire qui fait route sur une zone de pêche, un navire qui recherche de façon active du poisson et un navire en train de conduire une opération de pêche. Ces différentes activités ne doivent pas être prises en compte de la même manière dans la normalisation des captures.

L'étude des déplacements est un champs très actifs en écologie (McClintock et al 2014) et les méthodes proposées pour l'étude des comportements des animaux à partir de leur déplacement étudient les mêmes aspects que ceux de l'étude des navires de pêche. Plus spécifiquement en halieutique, des travaux ont déjà été menés dans l'optique de reconstruire l'activité des navires. Dans (Vermard et al 2010), les auteurs proposent un modèle à temps discret, dans lequel les observations des vitesses sont supposées indépendantes. Les travaux de (Gloaguen et al 2014) ont étendu ce modèle pour rendre compte de la dépendance entre les vitesses. Dans ces deux publications, les auteurs mentionnent la limite de cette approche à pas de temps discrets qui impose que les changements de régime soient synchrones avec les observations. De plus, ce type de modèle à temps continu n'est pas adapté lorsque le pas de temps d'acquisition de la vitesse est irrégulier.

Pour lever ces deux limites, nous proposons donc ici un modèle à temps continu, qui permet de prendre en compte la non indépendance des vitesses (grâce au processus de Ornstein Uhlenbeck, version continue d'un modèle auto-régressif) et qui autorise des changements de régime de manière non synchrone aux observations (processus Markovien à temps continu caché). Plus précisément, les paramètres du processus d'Ornstein Uhlenbeck sont régis par un processus de Markov caché à temps continu, dont les états représentent les différents comportements en mer. L'intérêt de ce type de modèles est très bien décrit dans (Harris and Blackwell 2013) mais ces

---

<sup>1</sup><http://www.culture.gouv.fr/culture/dglf/cogether/30.11.01-agric-peche.htm>

travaux ne présentent pas de méthode d'estimation.

En effet, l'estimation de ce type de modèle est difficile dans le cadre général mais peut être menée au moyen d'un algorithme SAEM ((Delyon et al 1999), (Kuhn and Lavielle 2004) )sous la condition que le paramètre du processus Ornstein Uhlenbeck qui régit l'autocorrélation est supposé commun pour tous les régimes. L'algorithme SAEM demande de pouvoir simuler les états cachés du modèles sous leur loi conditionnelle aux observations. Dans ce modèle les distributions conditionnelles ne sont pas explicites, mais leur simulation est rendue possible grâce à un algorithme d'importance sampling. Pour atteindre l'objectif final de reconstruction des activités des navires, une fois l'estimation achevée, il faut reconstruire les états cachés. Cette étape peut être menée grâce à des algorithmes particuliers (Doucet and Johansen 2011).

La méthodologie développée dépasse le champs de l'halieutique et viendra enrichir les modèles disponibles pour l'étude du mouvement en Ecologie.

**Les objectifs du stage sont les suivants :**

- adapter l'algorithme SAEM pour l'inférence de ces modèles
- implémenter la méthodologie
- étudier par simulations les propriétés de l'algorithme proposé
- appliquer la méthode aux thoniers seineurs de l'océan Indien.

**Production attendue**

- Scripts R, idéalement sous la forme d'un package, déposés sur le site du GDR Statistique et Ecologie,
- Un rapport d'une page pour le GDR Statistique et Ecologie,
- Un rapport de stage complet.

**Mots clé :** statistiques des processus, algorithme EM, méthodes particulières, modèles à variables latentes, écologie du mouvement, halieutique.

**Compétences requises :** connaissances de base en processus stochastiques (chaînes de Markov, processus auto-régressif,...), développement en langage R.

**Durée du stage :** 6 mois

**Lieu :** AgroParisTech, 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris

**Gratification :** 436 € /mois

**Encadrants :** Maud Delattre, Marie-Pierre Etienne

**Personnes à contacter :** Maud Delattre (maud.delattre@agroparistech.fr), Marie-Pierre Etienne (marie.etienne@agroparistech.fr)

**Bibliographie :**

Delyon B, Lavielle M, Moulines E (1999) Convergence of a stochastic approximation version of the EM algorithm. Ann Statist 94–128. doi: 10.1214/aos/1018031103

Doucet A, Johansen AM (2011) A tutorial on particle filtering and smoothing: fifteen years later. OXFORD HANDBOOK OF NONLINEAR FILTERING

Gloaguen P, Mahevas S, Rivot E, et al (2014) An autoregressive model to describe fishing vessel movement and activity. Environmetrics In Press:

- Harris KJ, Blackwell PG (2013) Flexible continuous-time modelling for heterogeneous animal movement. *Ecological Modelling* 255:29–37. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2013.01.020
- Kuhn E, Lavielle M (2004) Coupling a stochastic approximation version of EM with an MCMC procedure. *ESAIM: Probability and Statistics* 8:115–131. doi: 10.1051/ps:2004007
- McClintock B, Johnson D, Hooten M, et al (2014) When to be discrete: the importance of time formulation in understanding animal movement. *Movement Ecology* 2:21.
- Vermard Y, Rivot E, Mahévas S, et al (2010) Identifying fishing trip behaviour and estimating fishing effort from VMS data using Bayesian Hidden Markov Models. *Ecological Modelling* 221:1757–1769. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2010.04.005