



**HAL**  
open science

## Modélisation multi-échelles pour la simulation d'activités marines sous contraintes d'environnement

Annalisa Minelli, Cyril Tissot, Mathias Rouan, Matthieu Le Tixerant

► **To cite this version:**

Annalisa Minelli, Cyril Tissot, Mathias Rouan, Matthieu Le Tixerant. Modélisation multi-échelles pour la simulation d'activités marines sous contraintes d'environnement. MERIGEO, Nov 2015, Plouzané, France. hal-01247503

**HAL Id: hal-01247503**

**<https://hal.science/hal-01247503>**

Submitted on 4 Jan 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Modélisation multi-échelle pour la simulation d'activités marines sous contraintes d'environnement

Annalisa Minelli<sup>1</sup>, Cyril Tissot<sup>1</sup>, Mathias Rouan<sup>1</sup>, Matthieu Le Tixerant<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UMR 6554 LETG/Brest Géomer, Institut Universitaire Européen de la Mer, Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France /

<sup>2</sup> Terra Maris, Technopôle Brest-Iroise/Hameau d'entreprises, 29280 Plouzané, France

---

## 1. Introduction

L'examen des différentes contributions scientifiques traitant de la modélisation des interactions homme/milieu démontre la difficulté d'intégration des dimensions spatiales et temporelles dans les approches proposées [Gould, 1987 ; Stonebraker, 1990 ; Allen, 1991 ; Muxart, 1992 ; Snodgrass, 1992 ; Cheylan, 1993 ; Claramunt, 1999 ; Parent, 1999 ; Pelekis, 2005 ; Tang 2008]. Définir la granularité spatiale nécessaire pour modéliser les processus anthropiques ou environnementaux est l'une des questions clés pour approcher dynamiquement les interactions nature/société. C'est une condition préalable essentielle pour construire des modèles spatio-temporels permettant de simuler ces interactions (Pereira et al., 2004 ; Schindler, 2003). Une pratique couramment utilisée, relativement intuitive, est de considérer le plus petit dénominateur commun des objets spatiaux comme unité d'étalonnage des processus modélisés. Une approche analogue peut être utilisée pour définir l'étalonnage temporel de la simulation. Bien que cette méthode donne de bons résultats dans de nombreuses applications, elle implique de considérer des objets avec une dynamique mal connue ou sans réalité tangible. Par exemple, dans le cas des activités marines, la connaissance d'une pratique quotidienne ne reflète pas nécessairement son déroulement à un pas de temps horaire.

Les travaux présentés ici visent à explorer les apports d'un modèle multi-niveaux à base d'agents pour simuler le déroulement d'activités marines et évaluer la variabilité des pressions anthropiques sur le milieu marin. Il s'agit notamment de déterminer les zones d'enjeux en terme d'usage (juxtaposition d'activités concurrentielles ou à fort impact environnemental sur un même espace) à partir de bilans produits à différents niveaux scalaires.

## 2. Présentation du modèle SIMARIS

Le modèle SIMARIS est basé sur un environnement de simulation permettant d'intégrer des données spatio-temporelles multi-sources et multi-échelles au sein d'un modèle à base d'agents contraints (Tissot *et al.*, 2013, Le Tixerant *et al.*, 2012, Minelli *et al.*, 2015). Cette

approche répond à l'exigence de formaliser explicitement les relations spatio-temporelles entre des entités spatiales, des processus environnementaux et des activités humaines. L'objectif est de mettre en place un cadre méthodologique qui peut fonctionner sans une spécification complète du système, en considérant l'environnement de modélisation comme le résultat d'un ensemble de contraintes multi-échelles.

Dans ce contexte, le modèle SIMARIS mobilise des procédures d'agrégation et de désagrégation visant à mettre en adéquation les données modélisées avec l'échelle de simulation choisie lors de la phase d'initialisation. Compte tenu de la diversité des données manipulées (données statistiques, données matricielles et vectorielles, données temporelles) et l'hétérogénéité des niveaux d'organisation spatiale impliqués, la méthodologie développée est basée sur un approche bottom-up. L'objectif est de relier plusieurs niveaux d'abstraction en se basant sur la résolution la plus élevée. L'ensemble des développements ont été réalisés au sein de la plateforme multi-agents GAMA (Grignard *et al.*, 2013) en raison de sa capacité à intégrer pleinement les données géographiques (continues, grilles, graphes). Cette spécificité permet d'associer chaque agent à une géométrie simple (un point, une ligne, un polygone) ou complexe (composée de plusieurs sous-géométries) et d'intégrer la topologie de la couche d'objets source. GAMA permet ainsi de définir plusieurs niveaux d'objets synchronisés à un environnement continu de référence (Taillandier *et al.*, 2014).

## **2.1 Granularité spatio-temporelle**

En ce qui concerne l'approche multi-échelles, il est possible de définir une résolution spatio-temporelle pour chaque niveau créé dans GAMA. En cas d'analyse multi-niveaux les agents peuvent être déclinés de manière imbriqués : une classe d'objet "species" peut ainsi être décomposée en plusieurs "sub-species". La classe "species" généralise les caractéristiques d'un groupe d'agents "sub-species" et, inversement, l'agent "sub-species" hérite des caractéristiques de l'agent "species". Le modèle SIMARIS utilise cette imbrication d'agents pour restituer le déroulement d'activités marines en fonction d'une typologie hiérarchique. Appliquée aux activités de pêche par exemple, cette méthode permet de produire des analyses emboîtées du métier (pêche à la drague à la coquille Saint-Jacques) à l'activité générique (pêche aux arts traînants) en passant par des niveaux intermédiaires (pêche à la drague). La granularité temporelle est spécifiée à l'échelle globale (l'ensemble du modèle est étalonné sur le même pas de temps) où à l'échelle des agents (species et/ou sub-species). Ce mode opératoire autorise la modélisation d'activités à différents pas de temps (seconde, heure, journée...). L'ensemble des agents est synchronisé par un ordonnanceur global qui contrôle le déroulement de la simulation en fonction de l'imbrication temporelle des agents.

Cette méthode permet de produire un code de calcul multi-niveaux en associant des agents à un niveau d'agrégation spatial donné. Afin d'optimiser la gestion des informations spatio-temporelles l'ensemble des données utilisés par SIMARIS est administré au sein d'un serveur postgresql/postgis couplé à GAMA.

## 2.2 Déroulement d'une simulation

Le modèle SIMARIS étant dynamique et multi-niveaux, la première chose à préciser lors de l'initialisation concerne l'emprise spatiale et la résolution temporelle de la simulation. En fonction de ces éléments, le modèle charge les couches d'information géographique (à partir d'une requête postgis) et initialise les agents aux niveaux d'agrégation correspondants.

Par exemple, si la simulation concerne une zone de pêche (ou une partie de celle-ci) pour une résolution temporelle quotidienne, la modélisation sera concentrée sur l'action de pêche proprement dite. Les agents seront donc instanciés à l'échelle de l'activité unitaire (la plus fine de la typologie) et les données spatio-temporelles intégrées au niveau le plus fin. A l'inverse, une simulation à l'échelle de la mer d'Iroise sur un pas de temps annuel mobilisera des données synthétiques permettant d'avoir une vision globale des zones d'enjeux pour les activités marines concernées. Dans le cas de la pêche à la drague à la coquille Saint-Jacques, le modèle utilise des données spatialisées relatives à la bathymétrie, à la position des ports, à la réglementation, à la nature des fonds, aux habitats benthiques, aux gisements ou aux zones de pêche (en fonction des données disponibles pour la période considérée). Des données générales concernant les conditions météorologiques (houle, marée, vent) et réglementaires (périodes de pêche autorisées ou interdites) sont également utilisées. L'ensemble de ces informations permet de calculer un territoire de pratique potentielle pour le pas de temps et l'échelle spatiale considérés. Il correspond généralement (des pondérations peuvent être introduite dans le calcul) à une zone optimale compte tenu de l'ensemble des contraintes qui pèsent sur le déroulement de l'activité. Lorsque des données relatives aux espèces cibles sont disponibles (carte des gisements ou modèle biologique simplifié), l'action de pêche est modélisée à l'échelle du bateau (modélisation de l'itinéraire, de l'action de dragage et du débarquement).

Les premiers résultats obtenus fournissent des informations sur la distribution spatiale des activités et le cas échéant sur l'exploitation des ressources marines. Des simulations intégrant plusieurs activités à différents niveaux d'échelles sont en cours d'expérimentation pour hiérarchiser les zones et les périodes de fortes interactions. Cette démarche est réalisée dans un cadre prospectif pour évaluer les conditions d'adaptation spatiale des agents (activités) à une modification de leur environnement (abandon de zones jugées trop convoitées, report d'activités sur des territoires de pratiques potentielles moins optimisés...)

## 3. Conclusion

L'approche présentée visait à explorer un nouveau cadre méthodologique pour la modélisation multi-échelles. Basé sur un modèle multi-agents développé dans l'environnement GAMA, le prototype SIMARIS permet de formaliser explicitement les relations spatio-temporelles entre des entités spatiales, des processus environnementaux et des activités humaines. Sur le plan thématique, les premiers développements réalisés, fournissent des résultats encourageants pour l'évaluation des interactions complexes entre les activités marines et les écosystèmes côtiers. Les changements d'intensité des activités

seraient particulièrement intéressants à étudier car ils illustrent la variabilité de ces interactions.

En s'intéressant à des activités humaines sous contraintes spatio-temporelles hétérogènes, le modèle SIMARIS intègre de nombreux processus stochastiques. La validation d'une approche combinant des méthodes déterministe et stochastique est donc un enjeu clé dans la mise en œuvre du modèle SIMARIS dans un contexte opérationnel. Enfin, l'approche décrite ici soulève de nombreuses questions comme, par exemple, la façon de structurer un modèle multi-échelle comme SIMARIS. Les applications mentionnées ci-dessus indiquent qu'il existe une relation entre la granularité des données spatiales et temporelles et le niveau du modèle d'abstraction. La formalisation de cette relation reste complexe et nécessite d'explorer des cas d'utilisation intégrant plusieurs activités en interaction et évoluant à différents niveaux d'échelles.

## 4. Bibliographie

- Allen J.F., 1991. Time and time again: the many ways to represent time. *International Journal of Intelligent Systems* 6, 341-355.
- Cheylan J-P., Lardon S., 1993. "Toward a conceptual model for the analysis of spatio-temporal processes". In FRANK A., CAMPARI I., eds, *Spatial Information Theory. COSIT'9 Conference*. Berlin: Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science n° 716, 478 p. ISBN: 3-5405-7207-4
- Claramunt C., Parent C., Spaccapietra S., Thériault M., 1999. Database Modelling for Environmental and Land Use Changes. In: Openshaw S. Geertman S., Stillwell J., ( coord) - *Geographical Information and Planning : European Perspectives*. Springer- Verlag, pp. 173-194.
- Gould S.J., 1987. *Time's Arrow, Time's Cycle: Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time*. Harvard University Press, Cambridge, 222 p.
- Grignard, A., Taillandier, P., Gaudou, B., Vo, D. A., Huynh, N. Q., & Drogoul, A. (2013). GAMA 1.6: Advancing the art of complex agent-based modeling and simulation. In *PRIMA 2013: Principles and Practice of Multi-Agent Systems* (pp. 117-131). Springer Berlin Heidelberg.
- Le Tixerant M., Gourmelon F., Tissot C., Brosset D., 2012, Modelling of human activity development in coastal sea areas. *Journal of Coastal Conservation* Volume 15, Number 4, pp. 407-416
- Muxart T., Blandin P., Friedberg C., 1992. Hétérogénéité du temps et de l'espace : niveaux d'organisation et échelles spatio-temporelles. In : Jollivet M. (coord) - *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières*. CNRS, Paris, pp. 243-258.
- Parent C., Spaccapietra S., Zimanyi E., 1999. Spatio-Temporal Conceptual Models : data structures + space + time. *Actes du Colloque Advance in GIS*, Kansas City, november 5-6, pp. 26-33.
- Pelekis N., Theodoulidis B, Kopanakis I., Theodoridis Y., 2005 - Literature Review of Spatio- Temporal Database Models, *The Knowledge Engineering Review Journal*, 19(3), 235-274.
- Pereira, A.; Duarte, P. & Norro, A., 2006. Different modelling tools of aquatic ecosystems: A proposal for a unified approach. *Ecological Informatics*, Elsevier, 1, 407-421.
- Minneli A., Tissot C., Rouan M., Le Tixerant M., 2015. Multi-scale modelling for simulating marine activities under heterogeneous environmental constraints. *SAGEO 2015*, Hammamet.
- Schindler, J. (2013). About the Uncertainties in Model Design and Their Effects: An Illustration with a Land-Use Model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16(4), 6.
- Snodgrass R.T., 1992. Temporal Databases. In : Campari I. Frank A., Fromentini O., (coord)- *Theories and methods of spatio-temporal reasoning in geographic space*. Springer- Verlag, pp. 22-64.
- Stonebraker M., Rowe L., Hirohama M., 1990. The implementation of POSTGRES. *IEEE Transaction of Knowledge and Data Engineering*. 2 : pp. 125-142.
- Taillandier P., Grignard A., Gaudou B., Drogoul A., « Des données géographiques à la simulation à base d'agents : application de la plateforme GAMA », *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 671, mis en ligne le 29 mars 2014, URL : <http://cybergeo.revues.org/26263> ; DOI : 10.4000/cybergeo.26263
- Tang, W., 2008, Simulating complex adaptive geographic systems: A geographically aware intelligent agent approach. *Cartography and Geographic Information Science*, 35(4): 239-263.
- Tissot C., Brosset D., Barillé L., Le Grel L., Tillier I., Rouan M. & Le Tixerant M., 2013. Modeling Oyster Farming Activities in Coastal Areas: A Generic Framework and Preliminary Application to a Case Study, *Coastal Management*, 40:5, 484-500.