



HAL
open science

MAGéo, une plateforme de simulation multi-agents pour tous

Patrice Langlois, Baptiste Blanpain, Eric Daudé

► **To cite this version:**

Patrice Langlois, Baptiste Blanpain, Eric Daudé. MAGéo, une plateforme de simulation multi-agents pour tous. SimTools 2013, Mar 2013, Paris, France. hal-00804984

HAL Id: hal-00804984

<https://hal.science/hal-00804984v1>

Submitted on 26 Mar 2013

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.

MAGéo, une plateforme de simulation multi-agents pour tous

Patrice Langlois¹, Baptiste Blanpain¹ et Eric Daudé¹,

¹ UMR CNRS 6228 "IDEES", équipe MTG, Université de Rouen
1 rue Thomas Becket, bât. IRED, 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex
{Patrice.Langlois, Baptiste.Blanpain, Eric.Daude} @univ-rouen.fr

Résumé. Cet article présente MAGéo (Modélisation Agent Géographique)¹, une nouvelle plateforme de simulation multi-agents dédiée aux problématiques spatialisées et multi-niveaux, suffisamment visuelle et intuitive pour être accessible aux utilisateurs non-informaticiens. La modélisation consiste en la construction d'un diagramme conceptuel constitué de boîtes et de relations à organiser et à paramétrer, à partir duquel est directement généré un modèle instancié simulable. Le diagramme conceptuel intègre les Agents, les Organisations, les Comportements et les relations du méta-modèle AOC, qui permet de créer facilement des modèles complexes et multi-niveaux.

Mots-clés : Système complexe, système multi-agents, méta-modèle, diagramme conceptuel, dynamique spatiale, plateforme de modélisation.

1 Introduction

Les sciences humaines et sociales s'intéressent depuis plus d'une décennie à la modélisation et la simulation de systèmes complexes [1] spatialisés [2] et multi-niveaux [3]. De nombreuses plateformes multi-agents, c'est-à-dire de logiciels de description et de simulation de systèmes complexes, sont à la disposition des chercheurs. Elles proposent une grande variété dans les approches de modélisation, leur utilisation demande donc plus ou moins de compétences en informatique.

Parmi les plateformes existantes, on peut distinguer d'un côté celles dans lesquelles la description du modèle se fait via un langage de programmation comme C++ ou Java : c'est par exemple le cas de Mason [4], Swarm [5] ou de Repast [6]. D'autres plateformes proposent un langage de programmation adapté à la simulation multi-agents, et s'ouvrent donc à des utilisateurs n'ayant pas une formation d'informaticien : c'est notamment le cas de Netlogo [7] et de GAMA [8]².

Cependant, ces plateformes reposent principalement sur la création de modèles par la programmation informatique, ce qui rend les modèles moins explicites, moins adaptés à la communication, et surtout moins accessibles aux utilisateurs issus des sciences sociales, souvent peu enclins à apprendre un formalisme qui leur semble peu

¹ <http://mag.hypotheses.org/mageo>

² Pour une revue et une comparaison des plateformes, voir [9], [10].

intuitif au premier abord. C'est pourquoi d'autres plateformes ont été développées, dans lesquelles le développement ne se fait plus uniquement sous forme de code informatique, mais sous une forme graphique plus conviviale et simple d'accès. StarLogo [11] et Repast Symphony [12] se situent dans cette catégorie.

La plateforme MAGéo, présentée dans cet article, fait partie de ce mouvement de création de plateformes dites *user-friendly* et propose d'aller plus loin, en permettant la construction d'un modèle conceptuel exclusivement graphique, constitué d'entités (Agents, Organisations et Comportements), liées entre elles par des relations d'inclusion et de localisation. La modélisation sous MAGéo revient donc essentiellement à construire un diagramme conceptuel puis à renseigner les paramètres des différents éléments, via les boîtes de dialogue qui y sont associées. Ce paramétrage concerne le fonctionnement interne des entités, en particulier leurs données d'initialisation et de dynamique. On y trouve aussi les paramètres topologiques des organisations spatiales, les fonctions d'importation de données géographiques ou encore les attributs des différents agents.

Un agent MAGéo exécute son programme d'action à chaque itération, qui indique l'ordre et les conditions dans lesquels sont réalisés les comportements élémentaires décrits par l'utilisateur. Deux types de comportements sont proposés : les comportements simples, constitués d'une action ne pouvant être exécutée que si elle est pertinente, et les diagrammes de transitions (ou d'états-transitions) qui définissent graphiquement les conditions dans lesquelles un attribut énuméré d'un agent évolue au cours du temps.

Une fois le diagramme du modèle conceptuel construit, et les informations renseignées dans chaque dialogue, MAGéo instancie automatiquement un modèle qui peut être visualisé avec des cartes et des graphiques, puis simulé.

Dans cet article, nous présentons la plateforme MAGéo à travers l'exemple du modèle SIR (Susceptible-Infected-Removed) [13] spatialisé [14], qui décrit la diffusion d'une maladie. Ce modèle sera présenté dans la partie 2, avant que la partie 3 ne détaille sa conceptualisation dans MAGéo, puis que la partie 4 précise comment la dynamique des agents est intégrée au modèle. La partie 5 présente succinctement la fenêtre de simulation de MAGéo, avant de finir dans la partie 6 par une conclusion et des perspectives.

2 Le modèle SIR

La spatialisation du modèle SIR consiste à créer des agents mobiles qui se déplacent sur une grille (carroyage torique), de cellule en cellule, et qui peuvent passer successivement par les trois états suivants :

- Susceptible (S) : l'agent n'est pas infecté par la maladie.
- Infecté (I) : l'agent est infecté par la maladie, et peut la transmettre à ceux de la catégorie S.
- Remis (R) : après avoir été infecté, l'agent s'est remis de la maladie au bout d'un temps tIR . Il ne peut donc plus transmettre la maladie à d'autres agents. Au bout d'un temps tRS , un individu dans l'état R retournera dans l'état S.

Les cellules de la grille seront soit vides soit construites. Cette grille sera chargée à partir d'un fichier grid au format texte, décrivant l'occupation du sol.

3 Modélisation : le diagramme conceptuel

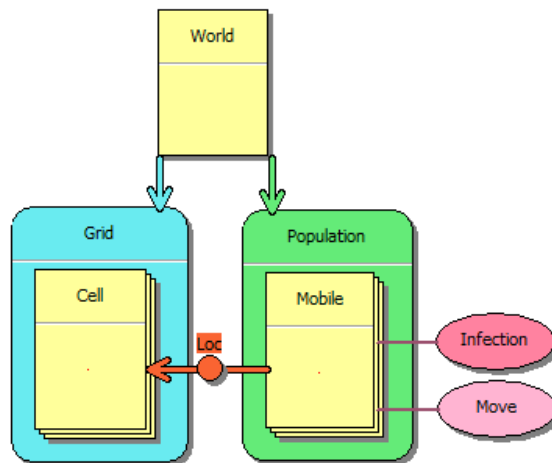


Fig. 1. Un diagramme conceptuel MAGéo du modèle SIR.

La Fig. 1 représente une proposition de modèle conceptuel SIR, construit dans MAGéo. Comme tout modèle MAGéo, celui-ci est une réalisation du méta-modèle AOC développé par Patrice Langlois [3], [15].

On voit sur cette première figure qu'un modèle conceptuel MAGéo est une arborescence dont la racine est l'agent modèle (ou *Monde*). Comme tout agent, l'agent *Monde* peut contenir d'autres agents par l'intermédiaire d'une *Organisation*. Une organisation a pour rôle de structurer les relations et interactions, topologiques et/ou spatiales, entre ses agents composants. On remarque immédiatement que l'emboîtement des agents peut être répété, permettant ainsi de décrire des modèles multi-niveaux.

Les organisations sont donc des conteneurs dans lesquels s'insèrent les agents, et qui permettent de gérer leurs relations. Ici l'organisation *Grid* désigne un maillage régulier (carroyage ou hexagonage), qui structure spatialement ses composants internes, les cellules (*Cell*). La *Population* d'agents *Mobile* est de son côté l'organisation la plus simple, puisqu'elle ne consiste qu'en une collection d'agents, non-situés spatialement, et sans topologie.

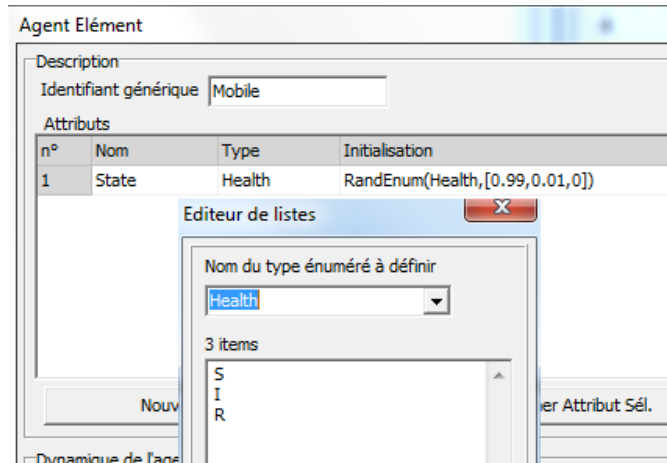


Fig. 2. Dans le dialogue des agents *Mobile*, l'attribut *State*, du type énuméré *Health* contient les trois valeurs *S*, *I* et *R*. Chaque *Mobile* choisira aléatoirement la valeur initiale de son attribut *State*, en fonction des probabilités indiquées.

Les autres entités de ce diagramme sont les comportements (*Infection* et *Move*), qui seront abordés dans la partie suivante, ainsi que la relation de localisation (*Loc*), qui autorise la localisation des agents *Mobile* sur les agents *Cell*.

Pour paramétrer une entité du diagramme conceptuel, on accède, par double-clic ou par un menu contextuel, au dialogue associé à l'entité. Pour des questions de place, nous ne présenterons ici que certains de ces dialogues. La Fig. 2 présente par exemple une partie du dialogue associé à la classe agent *Mobile*.

On présente également, dans la Fig. 3, le dialogue du maillage régulier *Grid*, qui permet notamment de définir ses dimensions, son géoréférencement, sa topologie et sa morphologie. L'option choisie dans ce modèle SIR est d'importer un fichier grid d'occupation du sol, au format texte. On peut voir que ce fichier est importé pour renseigner l'attribut *Sol* des agents *Cell*, et que ses dimensions contraignent les dimensions de la grille (100x100), et spécifie le géoréférencement.

La *Population* et la relation de localisation *Loc* ont également leur dialogue de paramétrage. Pour la *Population*, on peut notamment y définir le nombre initial d'agents *Mobile*. De son côté, le dialogue de la relation permet de renseigner ses cardinalités, par exemple le nombre maximum d'agents *Mobile* qui peuvent être accueillis sur une cellule : ici, un agent au maximum par cellule.

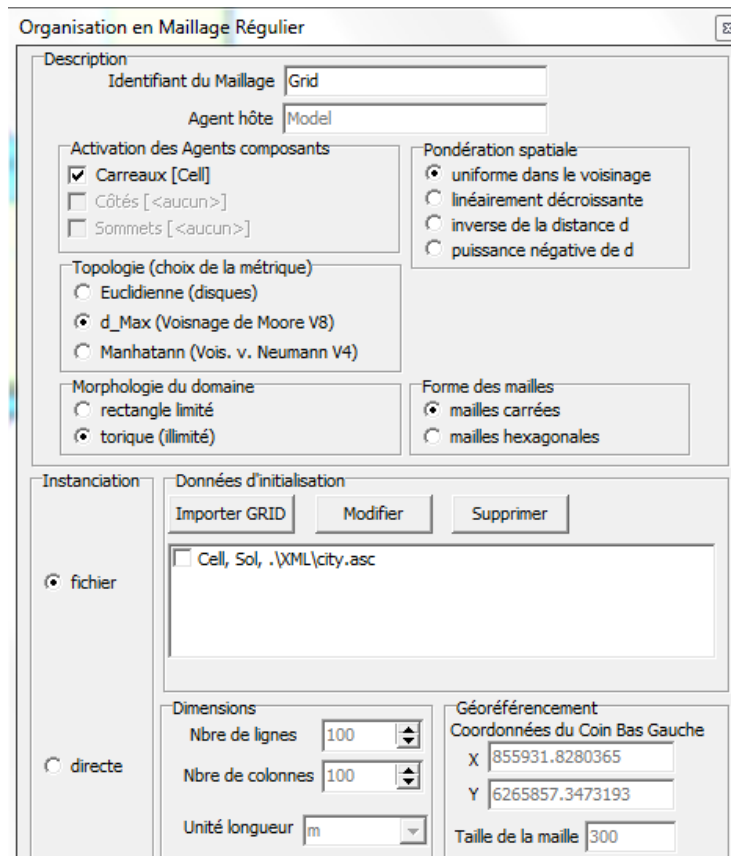


Fig. 3. Le dialogue associé au maillage régulier *Grid*. On voit entre autres que celui-ci aura des mailles carrées, sera torique, et qu'il comptera 100 lignes et 100 colonnes.

En conclusion de cette partie, notons que les diagrammes conceptuels MAGéo ont quelques ressemblances avec les diagrammes de classes UML, puisqu'ils décrivent des classes d'agents s'imbriquant les unes dans les autres. Un autre point commun avec les diagrammes UML, non montré ici, se trouve dans la spécialisation d'agents par héritage, qui permet de dériver une classe agent en des classes plus spécifiques.

4 Dynamique des agents : les comportements

La dynamique des agents s'exprime à l'aide de deux types de comportements : les comportements simples (*Move*) et les diagrammes de transitions (*Infection*).

On voit sur la Fig. 4 que les comportements simples comportent deux clauses : la *pertinence* et l'*action*. La *pertinence* est une expression logique (exprimée en logique

floue), et l'action est une séquence d'instructions. Lors de la simulation, un agent ne pourra exécuter l'action d'un comportement que si sa pertinence n'est pas nulle.

| |
|------------------|
| Pertinence |
| True |
| Action |
| Grid:Wander(1,1) |

Fig. 4. Dans notre modèle exemple, le comportement *Move* sera toujours pertinent.

La Fig. 5 présente un diagramme de transition, type de comportement inspiré du logiciel Spacelle [16]. Un tel comportement intervient sur un attribut de type énuméré d'un agent, ici $Health=\{S, I, R\}$. Dans l'exemple, un *Mobile* dans l'état *S* passe dans l'état *I* si, à un instant donné, la pertinence de la transition (ici *R1*) n'est pas nulle.

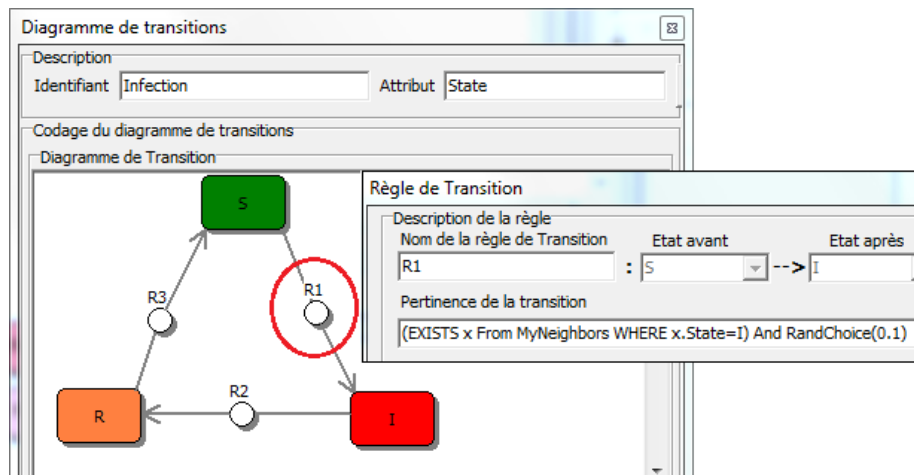


Fig. 5. Le comportement *Infection*. Un agent dans l'état *S* a une probabilité de 0.1 de passer dans l'état *I*, s'il existe dans son voisinage de rayon 1 au moins un *Mobile* dans l'état *I*.

Le diagramme conceptuel du modèle, que l'on voit Fig. 1, ne fait qu'autoriser les comportements *Move* et *Infection* à être utilisé par les agents *Mobile*. Le dialogue de ces agents contient un *Programme d'action* (Fig. 6), qui permet d'indiquer comment ces agents vont utiliser leurs comportements au cours d'une itération. Un agent peut par exemple exécuter ses comportements en séquence (opération ;), ou exécuter le comportement le plus pertinent (opération |). Lors de la simulation du modèle, la réalisation effective du programme d'action dépendra, à chaque pas de temps, des pertinences des différents comportements, et donc de l'état de l'agent et du système.



Fig. 6. Le programme d'action des agents *Mobile* est une séquence : les agents exécutent d'abord *Move*, puis *Infection* (en vérifiant à chaque fois s'ils sont pertinents).

5 Interface de simulation

Une fois le modèle conceptuel construit, et les comportements correctement décrits, nous pouvons initialiser puis simuler le modèle, en observant son état dans la fenêtre simulation de MAGéo (Fig. 7), préalablement préparée à l'aide de cartes, de graphiques, et de curseurs pour les paramètres du modèle.

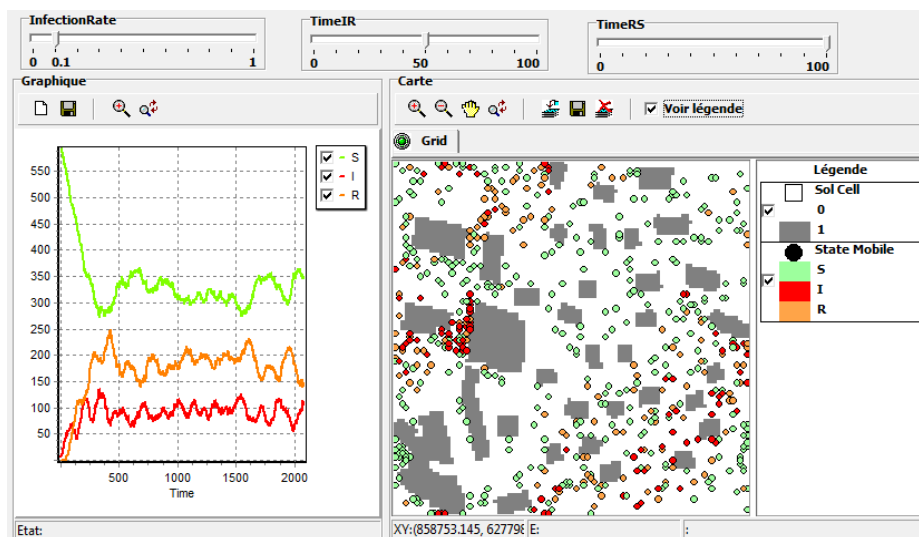


Fig. 7. L'interface de simulation, où l'on remarque par exemple le curseur *TimeIR*, qui indique le nombre d'itérations où un *Mobile* reste dans l'état *I* avant de passer dans l'état *R*.

6 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons choisi de survoler la plateforme MAGéo afin de montrer sa convivialité et sa simplicité. Nous avons vu qu'elle permet, en quelques clics, et avec très peu de lignes de codes, de créer une version simple du modèle SIR. On peut à ce propos remarquer que MAGéo fournit d'excellents schémas pour communiquer

sur un modèle : les Fig. 1 et 5 de cet article pourraient notamment servir de support pour présenter le modèle SIR.

Bien que MAGéo soit en cours de développement, on peut déjà y réaliser une gamme assez étendue de modèles. L'ajout des organisations réseau, zonage quelconque, et d'organisations à caractère plus social, ainsi que de la spécialisation des agents par héritage, permettront bientôt de réaliser simplement des modèles d'une grande complexité, notamment multi-échelles.

Références

1. Phan D., Amblard F.: Agent-based modelling and simulation in the social and human sciences (2007)
2. Benenson I., Torrens P. : Geosimulation : Automata-based modeling of urban phenomena, Wiley, 287p, (2004)
3. Langlois P. : Simulation des systèmes complexes en géographie, fondements théoriques et applications. Hermès-Lavoisier, Paris (2010)
4. Luke, S., Cioffi-Revilla, C., Panait, L., Sullivan, K., & Balan, G.: MASON: A multiagent simulation environment. *Simulation*, 81(7), 517-527 (2005)
5. Minar, N., Burkhart, R., Langton, C., & Askenazi, M.: The swarm simulation system: A toolkit for building multi-agent simulations. Santa Fe, NM, USA: Santa Fe Institute (1996)
6. Collier, N.: Repast: An extensible framework for agent simulation. *The University of Chicago's Social Science Research*, 36 (2003)
7. Tisue, S., & Wilensky, U.: Netlogo: A simple environment for modeling complexity. In *International Conference on Complex Systems*, 16-21 (2004)
8. Taillandier, P., Drogoul, A., Vo, D.A. and Amouroux, E.: GAMA: a simulation platform that integrates geographical information data, agent-based modeling and multi-scale control. In 'The 13th International Conference on Principles and Practices in Multi-Agent Systems (PRIMA)', India, Volume 7057/2012, 242-258 (2012)
9. Marietto, M. et al.. Requirements analysis of agent-based simulation platforms: state of the art and new prospects. *Multi-Agent-Based Simulation...*, (00), pp.125–141. Available at: <http://www.springerlink.com/index/c22cux8vq0uydkyy.pdf> (2003)
10. Railsback, S.F., Lytinen, S.L. & Jackson, S.K.: Agent-based Simulation Platforms: Review and Development Recommendations. *Simulation*, 82(9), pp.609–623. Available at: <http://sim.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0037549706073695> (2006)
11. Colella, V. S., Klopfer, E., & Resnick, M.: *Adventures in Modeling: Exploring Complex, Dynamic Systems with StarLogo*. Teachers College Press, PO Box 20, Williston, VT 05495-0020 (2001)
12. North, M. J., Tatara, E., Collier, N. T., & Ozik, J.: *Visual agent-based model development with repast symphony* (No. ANL/DIS/CP-60520). Argonne National Laboratory (2007)
13. McKendrick, A. G.: Applications of mathematics to medical problems. *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society*, vol. 14, 98 – 130 (1926)
14. Langlois P., Daude E.: Concepts et modélisations de la diffusion géographique, *Cybergeo : Revue européenne de géographie*, n° 364, <http://193.55.107.45/articles/364res.htm>, 23p (2007)
15. Daudé, E., Langlois, P., Blanpain, B., & Sapin, E.: AOC, une ontologie formelle pour la modélisation de systèmes complexes en géographie. *SAGEO'2010*, Conférence internationale de Géomatique et Analyse Spatiale, Toulouse, 17-19 nov (2010)
16. Dubos-Paillard E., Guermond Y., Langlois P.: Analyse de l'évolution urbaine par automate cellulaire : le modèle SpaCelle. *L'espace géographique*, vol 4, p. 357-378 (2003)