

# Conception et développement d'un outil de modélisation et de simulation orienté agents dédié à l'étude de la gestion participative de ressources renouvelables

Ankh : plate-forme participative

**Alassane Bah\*, Jean-Max Estay\*\*, Christine Fourage\*\*\***

\* Ecole Supérieure Polytechnique, Département Génie Informatique, Université Cheikh Anta Diop, BP 5085, DAKAR Fann, SENEGAL, [bah@ucad.sn](mailto:bah@ucad.sn)

\*\* CREAM, Institut de Mathématiques Appliquées, Université Catholique de l'Ouest, BP 808, 49008 Angers cedex 01, France, [Jean-Max.Estay@ima.uco.fr](mailto:Jean-Max.Estay@ima.uco.fr)

\*\*\* CERIPSA, Institut de Psychologie et Sociologie Appliquées, Université Catholique de l'Ouest, BP 808, 49008 Angers cedex 01, France, [Christine.Fourage@uco.fr](mailto:Christine.Fourage@uco.fr)

=====  
**RÉSUMÉ.** Durant cette dernière décennie, nous avons constaté un foisonnement d'outils, de plates-formes ou plus généralement d'environnements de développement pour systèmes multi-agents. Ces environnements ont permis des avancées significatives dans les recherches en permettant à des utilisateurs d'horizons très divers de concevoir avec une certaine facilité leurs applications sans investissement pour comprendre les différents concepts.

L'étude des plates-formes multi-agents existantes et leur expérimentation sur le terrain reflètent le besoin d'intégrer des modules permettant une meilleure prise en compte de la dimension participative des acteurs sociaux dans la modélisation et une meilleure appropriation de l'outil par des non informaticiens.

Dans cet article, nous proposons une nouvelle plate-forme générique orientée agents. Elle offre aux modélisateurs la possibilité de décrire des dynamiques variées (ressources, agents), selon différents points de vue (pasteur, agriculteur). La simulation à des fins d'étude d'impact intègre des fonctionnalités participatives nouvelles (cartographie participative, jeu de rôles, interaction avec les connaissances des agents).

**MOTS-CLÉS.** Systèmes multi-agents, interface homme-machine, simulation, modélisation, ressources renouvelables, gestion participative  
=====

## 1. Introduction

Les systèmes multi-agents (SMA) sont considérés comme une branche de l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD). Les travaux de Hewitt sur la résolution de théorèmes et de Erman sur le tableau noir (blackboard) marquent le point de départ de cette discipline. Un système multi-agents est généralement défini comme étant un système distribué composé de plusieurs entités ou agents qui interagissent très souvent au sein d'un même environnement selon des modes de coopération, de concurrence ou de coexistence [1]. Les SMA sont à l'intersection de plusieurs disciplines : programmation distribuée et génie logiciel, robotique, vie artificielle et autres. Ils s'inspirent aussi de plusieurs autres domaines connexes comme la sociologie, la psychologie, les sciences cognitives.

Les systèmes multi-agents connaissent actuellement un essor très important dans le domaine de la modélisation et de la simulation de systèmes complexes. Ils sont de plus en plus utilisés non seulement pour le développement de logiciels et pour la résolution de problèmes mais aussi pour mieux comprendre, à travers la simulation, des phénomènes socio-écologiques qui combinent, à la fois, des dynamiques naturelles et des dynamiques sociales.

Le travail au niveau conceptuel (architectures d'agents cognitifs, réactifs, hybrides) et méthodologique (Agent Unified Modeling language AUML, Agent-Groupe-Rôle [2]) s'est accompagné d'un développement relativement important d'outils et de plates-formes de modélisation et de simulation orientées agents qui ont effectivement permis des avancées significatives dans la compréhension d'un certain nombre de problèmes notamment au niveau de la gestion des ressources naturelles renouvelables. Les différentes applications réalisés à l'aide de la plate-forme CORMAS [3] au niveau de l'équipe Green du Cirad en est une bonne illustration [4], [5], [6], [7].

Ce succès ne doit, cependant, pas cacher un réel défi qui reste posé aux concepteurs d'environnements de développement multi-agents. Nous pouvons citer entre autres difficultés et contraintes: - la complexité des phénomènes modélisés (différents niveaux d'organisation, points de vue différents des acteurs voire contradictoires, plusieurs échelles spatio-temporelles etc.) - la prise en compte de problèmes distribués, ouverts, concurrents et hétérogènes - la modélisation dans un contexte participatif - la restitution aux acteurs locaux des modèles développés.

Pour répondre à certaines de ces exigences nous présentons, dans cet article, une nouvelle plate-forme participative orientée agent (**Ankh**) dont l'objectif est de répondre à quelques demandes essentielles des praticiens (acteurs locaux, concepteurs): facilitation de la modélisation par ouverture à une cartographie participative, création dynamique de ressources, interaction avec les connaissances des acteurs durant la simulation.

---

## 2. Contexte et cadre de l'expérimentation

Dans la perspective d'actions de développement pratiquées au Mali et au Sénégal, principalement dans la vallée du fleuve Sénégal [8], le rôle de l'informaticien est d'outiller le praticien de terrain. Les besoins du praticien s'apparentent à une modélisation informatique des données sociologiques (pasteurs) et des événements (creusement d'un puits) à des fins de simulation.

L'objectif, normalement partagé par le praticien et l'informaticien est de contribuer à ce que les populations maîtrisent le changement au moindre coût, c'est à dire sans bouleverser les dynamiques sociales sur lesquelles elles ont fondé leur organisation. Pour ce faire, le praticien utilise parfois un jeu de rôle dont les acteurs sont les parties prenantes du processus de modélisation. Ce jeu de rôle se déroule successivement sur des représentations murales à l'aide de cartes sommaires ou finalisées et sur micro-ordinateur [8]. Il a donc besoin d'un instrument souple, ouvert, capable d'enregistrer un environnement, les acteurs de cet environnement et de simuler son évolution, avec des modifications en cours de simulation. La démarche que propose **Ankh** est de rendre le praticien le plus autonome possible. Cette autonomie est imposée par un besoin de maîtriser l'outil pour augmenter le niveau de confiance que le praticien en percevra et la pertinence de la modélisation.

La plate-forme Ankh se veut, donc, être un outil de simulation et de conception participatif ouvert et capable de prendre en compte l'hétérogénéité des phénomènes étudiés. La philosophie qui a guidé sa conception est à mi-chemin entre celle des environnements pour la simulation (Swarm [10], Cormas [3]) et celle des outils dédiés. Les environnements dédiés s'intéressent à un problème particulier c'est le cas par exemple de : - SHADOC, sur les périmètres irrigués au Sénégal [16]- SIMDELTA [17], sur la pêche au niveau du delta central du fleuve Niger au Mali - SEALAB [18] sur la reproduction des poissons. Ankh est, ainsi, un environnement :

- de simulation parce qu'elle fournit un ensemble de bibliothèques qui facilite le développement de simulation agents. Elle intègre également un noyau de simulation à événements discrets qui permet d'observer, de comprendre et de contrôler les différents agents. Elle permet, enfin, d'implémenter des architectures d'agents qui vont d'agents simples mais actifs aux agents dotés d'un langage de communication plus ou moins complexe : KQML, ACL.
- Dédié parce qu'elle s'intéresse en particulier à l'étude de problèmes environnementaux en zone sahélienne : gestion de ressources naturelles renouvelables, gestion de terres de parcours pour les pasteurs, dynamique d'occupation de l'espace entre agriculteur et pasteur etc.

### 3. Ankh, plate-forme participative

#### 3.1. Difficultés de l'approche

Deux démarches extrêmes se présentent : 1) un outillage permettant à un praticien autonome de créer environnement et acteurs, de modifier ces données et d'exécuter ses simulations 2) une démarche en deux temps : Après un premier recueil de données par le praticien et l'élaboration de scénarii issus de l'analyse de celui-ci et des ressources recensées, un informaticien -non-spécialiste des SMA mais capable d'utiliser un AGL dédié SMA et de l'enrichir d'un minimum de code- installe un environnement, crée acteurs et ressources et délivre un produit accepté par le praticien. Dans un deuxième temps, le praticien peut retourner sur le terrain muni d'un outil spécialisé qu'il testera et dont la maîtrise est simplifiée.

La première solution nous impose d'avoir un cahier des charges bien établi. La diversité des problématiques de terrain et la nouveauté de ces démarches nous conduisent à penser qu'il est beaucoup trop tôt pour en établir un qui soit réaliste.

Les nombreuses expérimentations de terrain font apparaître des constantes dans les besoins. De micro-modèles apparaissent tels les ressources (différentes flores sauvages de pacage et cultures) et des comportements (cartographie participative, évolution du comportement des acteurs). Les développements actuels se situent dans un intermédiaire entre ces deux positions extrêmes tout en privilégiant une approche participative au niveau de la conception.

#### 3.2. Architecture de la plate-forme Ankh

Pour permettre l'évolution incrémentale choisie, nous avons orienté les développements de Ankh sur une architecture de Modèle-Vue-Contrôleur. Cette plate-forme a été développée en Java sous JBuilder 9.

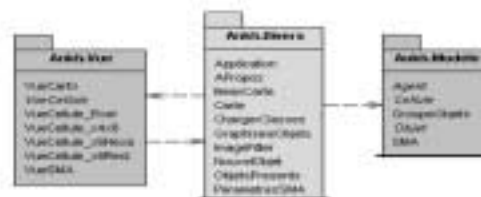


Figure 1 : Paquetages de Ankh



Le paquetage modèle regroupe des classes abstraites formant une ossature des ressources et agents. Ces classes ont pour but de libérer le développeur des contraintes essentielles d'une programmation de thread, de la liaison avec l'interface tout en le conduisant à des implémentations minimales pour mettre en œuvre les liaisons des agents avec l'environnement, les interactions entre agents, ...

Il assure, avec le panneau de contrôle, le déroulement de la simulation.



Figure 2 : Panneau de contrôle

Le programmeur implémente son système par spécialisation de ces classes.

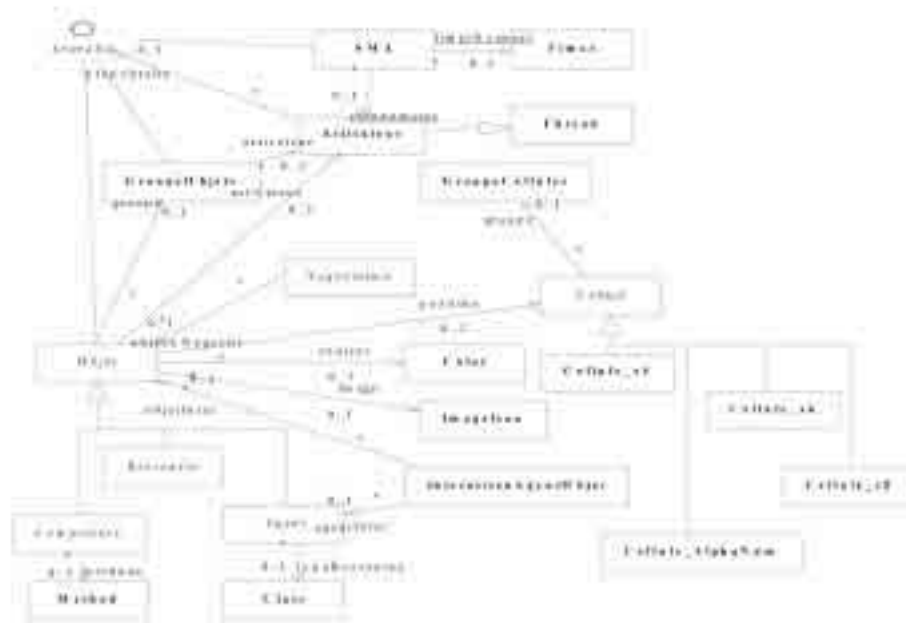


Figure 3 : Ankh : Diagramme de classes du modèle





### 3.3. Interface pour un environnement discrétisé

Contrairement au modèle, l'interface a été complètement implémentée et est liée aux classes du modèle. En dessous d'un panneau de contrôle type magnétophone, l'utilisateur dispose de différentes vues du SMA. Lors de la création du SMA, l'utilisateur choisit une des différentes représentations graphiques de l'environnement basé sur des cellules. Chaque cellule est une portion de l'espace contenant des objets du SMA. Les objets peuvent être des ressources, des agents, tout ce que manipule le SMA. La cellule peut être carrée, hexagonale ou limitée à un pixel (en réalité un ensemble minimal de pixels). Les cellules carrées peuvent avoir un voisinage de 4, 6 ou 8 cellules, les pixels sont limités à 4 voisins et les hexagones à 6 voisins.



Figure 4 : Voisinages définis pour les cellules

Pendant la simulation, l'utilisateur peut par menu ajouter des objets sur ces cellules, visualiser les objets présents sur une cellule ou choisir la priorité d'affichage entre les objets.

### 3.4. Interface cartographique

Pour permettre une cartographie participative, dépassant la discrétisation par cellules, nous avons développé une interface basée sur un fond de carte géoréférencé.



Figure 5 : Interface cartographique, carte avec 3 zones (en noir) et boîte à boutons pour les définir

Le praticien peut alors définir des zones rectangulaires, ellipsoïdales ou polygonales qu'il peut alors lier aux ressources existantes ou nouvelles. L'implémentation est basée sur le chargement dynamique de listener [19], suivant la fonction demandée :



fonctionnement normal ou création de chacune des formes. Un menu est dynamiquement associé à chacune de ces zones, calculé en fonction de la ressource liée et de son état.

### 3.5. Interface pour agents cognitifs

Cette interface est actuellement à l'étude et son implémentation est attendue pour fin 2004. Il est basé sur un module BDI dont les éléments seraient éditables par une interface permettant de traduire les scénarii exprimés sans utiliser un formalisme de type propositionnel.

---

## 4. Conclusion et perspectives

Nous venons de présenter dans cet article une plate-forme de développement multi-agents qui est le fruit de notre expérience sur le terrain notamment au niveau du Ferlo et de la vallée du fleuve Sénégal. Nous avons, en effet, expérimenté et développé plusieurs modèles agents [4][5][8] sous Cormas destinés principalement à étudier des interactions entre dynamiques sociales et environnementales.

La plate-forme Ankh a, ainsi, bénéficié de cette riche expérience. Nous envisageons, pour faciliter l'écriture et la conception de nos modèles de simulation, de créer un méta modèle [20] supporté par un AGL. AUML pour l'expression et ArgoUML pour l'implémentation sont actuellement évalués.

Les nombreux travaux sur le terrain que nous envisageons dans le cadre du Pôle Pastoral Zones Sèches (PPZS) devraient nous amener un retour d'expérience qui induira un enrichissement de cette plate-forme par validation et implémentation de nouveaux micro-modèles.

---

## 5. Bibliographie

- [1] Chaib-Draa B., Levesque P., "Hierarchical model and communication by signs signals and symbols in multi-agent environments, *Journal of Experimental and Theoretical AI (JETAI)*, 8, p. 7-20, 1996.
- [2] Ferber J., Gutknecht O., « Aladdin : a meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems », dans Y. Demazeau (dir.), *ICMAS'98*, p.128-135, Paris, 1998.
- [3] Bousquet F., Bakam L., Proton H., Le Page C., "Cormas: Common-Pool Resources and Multi-agent Systems", *Actes de la 11<sup>e</sup> Conférence Internationale sur les applications industrielles et d'ingénierie de l'Intelligence Artificielle et des Systèmes Experts*, Benicàssim, Castellon, Espagne, Springer-Verlag, Berlin, LNAI 1416, p. 826-37, 1998.

- [14] Bah, A., Canal, R., D'Aquino, P. and Bousquet, F., 1998. Application des systèmes multi-agents et des algorithmes génétiques à l'étude du milieu pastoral sahélien. Pages 207-220 in Ferrand, editor. *Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires*. Cemagref Editions.
- [15] Bah A., Touré L.L.e Page Ch. 2003 An Agent-Based Model tool for multi-agent simulation for Understanding the Multiple Uses of space Land and Resources Around a Drilling Sites in the Sahel. Modsim 2003 International Congress on Modelling and Simulation, July 2003 in Townsville, Queensland, Australia.
- [16] Bakam, I. and Bousquet, F., 1998. Modèles multi-agents pour la gestion de ressources renouvelables : Vers un couplage simulations et approches locales de modélisation. Pages 417-431 in Ferrand, editor. *Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires*. Cemagref Editions.
- [17] Rouchier, J. and Requier-Desjardins, M., 1998. La modélisation comme soutien à l'interdisciplinarité dans la recherche-développement. p. 221-238 in: N. Ferrand (ed.), *Modèles et systèmes multi-agents pour la gestion de l'environnement et des territoires*. Cemagref Editions. "MAGGÉ", Clermont-Ferrand (France), October 5-8, 1998.
- [18] Patrick D'Aquino, Christophe Le Page, François Bousquet and Alastair Bah, Using Self-Designed Role-Playing Games and a Multi-Agent System to Empower a Local Decision-Making Process for Land Use Management: The SelfCormas Experiment in Senegal. <http://jassoc.soc.surrey.ac.uk/6/3/5.html>
- [19] Guessoum Z., Ouello M., Environnements de développement. In *principes et architecture des systèmes multi-agents*, Jean Pierre Briot, Yves Demazau (dir.), Editions Hermes, Lavoisier, 2001.)
- [10] Minae N., Burkhardt R., Langun C., Askenazi M., *The Swarm simulation system : a toolkit for building multi-agent simulations*, <http://www.sarnaf.edu/project/swarm>, 1996
- [11] Briot J.P., « Actalk : a testbed for classifying and designing actor languages in the smalltalk-80 environment », dans *Proc of ECOOP '89*, Springer-Verlag, LNAI n°1069, p. 109-129, Nottingham, 1989.
- [12] Ferber J., Guiknecht O., « Aladdin : a meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems », dans Y. Demazau (dir.), *ICMAS'98*, p.128-135, Paris, 1998.
- [13] Lhuillier M., Une approche à base de composants logiciels pour la conception d'agents. Principes et mise en œuvre à travers la plate-forme MALLEVA, Thèse de doctorat, Université Paris VI, 1998.
- [14] Guessoum Z., " DIMA: Une plate-forme multi-agent en Smalltalk", *Revue Objet*, vol. 3, n° 4, décembre 1998.
- [15] Brazier F., Dujin-Keplice B., Jennings N., Treur L., « Formal specification of multi-agent systems : a real world-case », dans *Proc. Of 1<sup>st</sup> Int. Conf. On Multi-agent Systems- ICMAS 1995*, p. 25-32, San Francisco, Californie, juin 1995.
- [16] Barrecau, O., 1998. Un système Multi-Agent pour explorer la viabilité des systèmes irrigués: dynamique des interactions et modes d'organisation. Montpellier, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 260p.
- [17] Bousquet, F., Cambier, C. and Morand, P., 1994. Distributed artificial intelligence and object-oriented modelling of a fishery. *Mathematical Computer Modelling*, 2018-97-107.
- [18] Le Page C. et Cury P. (1996). How spatial heterogeneity influences population dynamics: Simulations in SEALAB. *Adaptive Behavior*, 4(3/4): 249-274.
- [19] Sui, Writing Event Listeners, <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/inswing/events/index.html>
- [20] OMG, MOF 1.4 specification; supersedes formal/01-11-02, <http://www.omg.org/docs/formal/02-04-03.pdf>.