

## Simulation de systèmes complexes, Informatique et Développement

Alexis Drogoul, LIP6 / IRD, Paris, France

Dans le cadre de l'aide au développement, tout travail de recherche a vocation à être appliqué, à moyen ou long terme, à la compréhension de systèmes naturels, anthropisés ou non, dans une perspective de gestion, si possible raisonnée et durable. La recherche en informatique sur les méthodes de modélisation et de simulation des systèmes naturels complexes n'échappe pas à cette règle et, du fait de son sujet, doit de plus, à la différence d'autres secteurs de l'informatique, s'appuyer sur un véritable travail pluridisciplinaire (que ce soit avec les sciences sociales, les sciences physiques ou les sciences de la vie, car il est rarement question de se restreindre à une seule discipline pour comprendre et anticiper le comportement de ces systèmes) et construire des outils accessibles à des utilisateurs qui ne seront pas nécessairement, ni spécialistes du domaine, ni informaticiens.

La problématique de modélisation des systèmes complexes pour l'aide au développement va ainsi se décliner selon quatre axes, les deux premiers étant intrinsèques à tout système complexe, les deux suivants générés par l'usage de systèmes de simulation:

- **Complexité structurelle** : elle résulte de la structuration des systèmes complexes en une multitude de composants qui peuvent être hétérogènes, eux-mêmes composites, mobiles et distribués dans l'espace, et en nombre variable dans le temps.
- **Complexité comportementale** : tout système complexe va exhiber des comportements qui peuvent être *émergents* (pas être déduits analytiquement du comportement de ses composants), *cahotiques* (les comportements de bas niveau peuvent influencer le comportement global du système par effet d'amplification), ou même *évolutifs* (les composants, la structure et l'organisation même du système évoluent au cours du temps).
- **Complexité thématique** : c'est celle qui résulte de la multiplicité et de l'interpénétration des champs disciplinaires potentiellement impliqués dans l'étude et la compréhension des systèmes complexes, du fait de la fragmentation et de la spécialisation des savoirs ; de l'usage d'une terminologie commune pour désigner des concepts différents ou de terminologies différentes pour manipuler les mêmes concepts ; de l'utilisation, qui peut être abusive, de transpositions, d'analogies, de métaphores, d'une discipline à une autre.
- **Complexité opérationnelle** : la construction de modèles repose de plus en plus souvent sur des outils de simulation qui deviennent à leur tour, pour peu qu'ils soient modulaires et distribués, de véritables systèmes artificiels complexes. Les appréhender, les comprendre, savoir les contrôler et éventuellement les modifier, notamment à des fins de validation ou de réutilisation, représente une gageure à la fois pour les thématiciens, mais aussi pour les utilisateurs finaux : chercheurs, décideurs, acteurs sociaux.

L'enjeu des recherches en simulation informatique pour le développement est donc de concevoir (et d'utiliser) des outils et des méthodes de modélisation qui permettent d'appréhender simultanément ces quatre axes de complexité ou, à tout le moins, d'apporter des solutions partielles aux problèmes qu'ils posent. En partant d'exemples concrets, cet exposé présentera certaines des approches les plus prometteuses, en mettant l'accent sur les approches par agents, ainsi que les perspectives de recherches ouvertes, par exemple sur le couplage de modèles ou sur les méthodes participatives de modélisation.

## Complex Systems Simulation, Computer Science and Development

Alexis Drogoul, LIP6 / IRD, Paris, France

In Development Aid, researches are intended to be applied, in the mean or long term, to the understanding of natural systems, inhabited or not, in order to manage them in a sustainable way. Computer science researches on methods for modelling and simulating natural complex systems follow this rule. Moreover, and contrary to other sectors in computer science, they naturally belong to pluridisciplinary projects (with social sciences, physics or life sciences, since it seems difficult to use only one of these disciplines to understand and anticipate the behavior of these systems), and should provide tools that can be manipulated by users who will neither be domain experts nor computer scientists.

Therefore, modelling complex systems in Development Aid means being able to deal with four levels of complexity, the first two being inherent to all complex systems, the following two generated by the use of simulation tools :

- **Structural complexity** : it comes from the structuration of complex systems into a number of components that may be heterogeneous, mobile, distributed in space and variable in time.
- **Behavioral complexity** : every complex system exhibits behaviors that can be described as *emergent* (they cannot be analytically deduced from the behavior of its components), *cahotic* (low-level behaviors might influence the behavior of the whole systems by means of amplification) or *evolutive* (the components, the structure or the organisation itself of the system is evolving over time).
- **Thematic complexity** : the one that results from the multiplicity and interpenetration of the scientific fields potentially involved in the study of complex systems.
- **Operational complexity** : more and more, building models of complex systems implies the use of simulation tools that can be described themselves, if they are modular and distributed, as artificial complex systems. Controlling, modifying, understanding them is a challenge for domain experts as well as end users : researchers, stakeholders, etc.

The issue of computer simulation in development aid is then to be able to design (and to use) tools and methods that can address these four axes of complexity, or, at least, provide partial solutions to the problems they raise. Based on concrete examples, this talk will give an overview of the most promising approaches, especially agent-based ones, and the perspectives of research, for instance on model coupling or participatory modelling.