



**HAL**  
open science

## Calculer en parallèle avec des systèmes spatialement distribués : automates cellulaires et systèmes multi-agents comme modèle ?

Nazim Fatès

### ► To cite this version:

Nazim Fatès. Calculer en parallèle avec des systèmes spatialement distribués : automates cellulaires et systèmes multi-agents comme modèle ?. 1ère Conférence Internationale sur les Systèmes d'Information et Technologies - ICIST 2011, Apr 2011, Tebessa, Algérie. hal-00644119

**HAL Id: hal-00644119**

**<https://inria.hal.science/hal-00644119>**

Submitted on 23 Nov 2011

**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.

# Calculer en parallèle avec des systèmes spatialement distribués : automates cellulaires et systèmes multi-agents comme modèle ?

Nazim Fatès

INRIA Nancy — Grand Est, LORIA, Nancy, France  
nazim.fates@loria.fr

Résumé de l'exposé invité à ICIST, Avril 2011, Tébessa, Algérie

## Résumé

Dans cet exposé, nous proposons de nous intéresser à la question du calcul spatialement distribué. Le développement des réseaux et des systèmes communicants distribués nous invite en effet à un effort pour revoir nos modèles fondamentaux. Peut-on effectuer des tâches complexes à l'aide de composants simples interconnectés? Comment modéliser ces systèmes complexes? Dans quelle mesure est-il possible de les analyser et de prédire leur comportement? Notre exposé vise à examiner ces questions dans un cadre mathématique et informatique simple, celui des automates cellulaires et des systèmes multi-agents. Nous proposons ainsi de reprendre l'examen des questions fondamentales, depuis les travaux de Turing et von Neumann jusqu'aux défis qui se posent actuellement dans ce domaine.

## 1 Trois approches des automates cellulaires

Les automates cellulaires sont avant tout un objet mathématique dont les définitions mathématiques sont généralement bien posées, même s'il en existe de nombreuses variantes. Les études qui se rapportent aux automates cellulaires sont vastes, nous les classons selon les trois domaines suivants.

### 1.1 Modèles de calcul massivement parallèle

La question qui se pose ici est de savoir comment calculer avec un ensemble d'unités de calcul dont la mémoire est restreinte à quelques états et qui ne communiquent que par des relations de voisinage locales. Nous donnerons quelques points de repères sans trop entrer dans les détails.

## 1.2 Systèmes dynamiques discrets

Les automates cellulaires sont ici vus comme des exemples de systèmes dynamiques où le temps, l'espace des cellules et l'espace des états est discret. Une des questions importantes est celle de la classification : étant donné un automate cellulaire et un ensemble de conditions initiales, quelle est la "forme" des trajectoires suivies par le système à partir de cette condition initiale (régulière, chaotique, complexe, etc.) ? Comment passer d'une classification visuelle informelle (Wolfram) à une classification plus formelle ?

## 1.3 Modèles de systèmes naturels ou artificiels

Dès l'origine, les automates cellulaires ont été utilisés comme modèles de processus biologiques, notamment pour étudier la question de l'auto-reproduction des êtres vivants (von Neumann 1950), ou celle de la morphogenèse (Turing, 1952).

# 2 Les systèmes multi-agents

## 2.1 Définitions

Qu'est-ce qu'un système multi-agent ? Quelles sont les différentes catégories de systèmes multi-agents ? Quels sont les systèmes qui s'en approchent en terme de structure (gaz sur réseau, systèmes de particules en interaction, etc.) ?

Nous nous intéressons ici plus particulièrement aux systèmes multi-agents *réactifs* et montrons que leurs capacités de calcul ne sont pas intrinsèquement limitées.

## 2.2 Quelques exemples

Les turmites, ou fourmis de Langton, sont prises comme exemple pour montrer les surprenantes propriétés des systèmes multi-agents réactifs. Comment prédire l'évolution de ces systèmes ? Quels sont les obstacles à la prédiction (Turing-universalité, etc.) ?

Nous passerons en revue quelques exemple pour montrer quelles sont les potentialités ouvertes par l'idée de calcul spatialement distribué et par les difficultés à mettre en oeuvre une telle approche.

## 2.3 Quelles descriptions ?

Les systèmes multi-agents sont souvent vus comme une collection de *programmes* en interaction et non comme des systèmes dynamiques dont chaque composant obéit à une loi propre. Une telle approche rend difficile la reproduction des expériences : peut-on par exemple décrire un système multi-agent indépendamment de la plate-forme de simulation sur laquelle il a été programmé ?

Un défi est d'arriver à proposer une description non ambiguë de ces systèmes, laquelle permettrait (au moins) de reproduire les expériences sans risque de méprise.

## 3 Les questions fondamentales

### 3.1 La question de l'émergence

Qu'est-ce qu'un phénomène émergent ? S'il n'existe pas de réponse universelle à cette question, il peut être bon d'examiner quelques exemples emblématiques afin de saisir ce qu'on nomme émergence. Pour cela, le Jeu de la Vie de Conway fournira un bon point de départ.

### 3.2 La question de la robustesse

Les systèmes informatiques sont en général peu robustes aux erreurs de fonctionnement : un composant défectueux ou une petite erreur dans un programme peut entraîner l'effondrement de tout le système. La situation est tout autre lorsque l'on considère les organismes vivants : ceux-ci savent résister à de nombreuses formes de "perturbations". Nos recherches montrent que l'utilisation des automates cellulaires et des systèmes multi-agents réactifs peuvent permettre d'exhiber des systèmes robustes à différentes formes de perturbations (asynchronisme, irrégularité de la grille, etc.).

### 3.3 La résolution de problèmes inverses

Quels sont les automates cellulaires ou les systèmes multi-agents qui ont un comportement donné ? Par exemple comment regrouper des agents dans un même lieu à l'aide d'un système totalement décentralisé ? Ou comment décider si la configuration initiale d'un automate cellulaire binaire possède plus de 0 ou de 1 en atteignant un consensus sur les états des cellules ? La résolution de telles questions, très simples à formuler, fournit une source de beaux problèmes où l'analyse mathématique et la simulation numérique se rejoignent.

Nous concluons en présentant un panorama des problèmes ouverts qui nous paraissent les plus importants et en discutant des enjeux ces problèmes, et notamment de leurs liens aux domaines de la cybernétique ou de l'intelligence artificielle.

## Quelques références bibliographiques

- [1] Vincent Chevrier and Nazim Fatès. How important are updating schemes in multi-agent systems? an illustration on a multi-turmite model. In *Proceedings of AAMAS 2010- 9th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems - Toronto, Canada*, pages 533–540, 2010.

- [2] Nazim Fatès. *Robustesse de la dynamique des systèmes discrets : le cas de l'asynchronisme dans les automates cellulaires*. PhD thesis, École normale supérieure de Lyon, 2004.
- [3] Nazim Fatès. Critical phenomena in cellular automata : perturbing the update, the transitions, the topology. *Acta Physica Polonica B - Proceedings Supplement*, 3(2) :315–325, 2010.
- [4] Nazim Fatès. Solving the decentralised gathering problem with a reaction-diffusion-chemotaxis scheme - social amoebae as a source of inspiration. *Swarm Intelligence*, 4(2) :91–115, 2010.
- [5] Antoine Spicher, Nazim Fatès, and Olivier Simonin. Translating discrete multi-agents systems into cellular automata : Application to diffusion-limited aggregation. In Joaquim Filipe, Ana Fred, and Bernadette Sharp, editors, *Proceedings of ICAART'09*, CCIS 67, pages 270–282, Berlin Heidelberg, 2010. Springer-Verlag.