



## Définitions et études de cas sur l'émergence

Henri Merciol  
Henri.Merciol@unicaen.fr

GREYC - Université de Caen

30 juin 2014

- 1 Émergence
- 2 Modélisation GDT4MAS
- 3 Cas d'études simples
- 4 Conclusion et perspectives

- 1 Émergence
  - Définition(s) générale
  - Émergences forte et faible
  - Types d'émergence
- 2 Modélisation GDT4MAS
- 3 Cas d'études simples
- 4 Conclusion et perspectives

Présent naturellement dans la plupart des systèmes complexes.

Exemples :

- Vol en nuée d'oiseaux
- Files de fourmis
- Effet de mode
- Molécules
- Conscience
- ...

Plusieurs définitions de l'émergence ont été formulées.

- G. H. Lewes (1875) : Quelque chose de plus que la somme des parties.
- J. Goldstein (1999) : Apparition de structures, schémas et propriétés nouveaux et cohérents dans un système complexe.
- P. A. Corning (2002) : Quelque chose de plus que les règles ou les lois (prédictions impossibles en se basant simplement dessus).
- J. Odell (1998) pour les SMA : Existence d'un schéma cohérent qui apparaît des interactions entre des objets plus élémentaires.

Notre définition dans le cas des SMA :

*Nous appelons propriété émergente dans un système multi-agents toute propriété (état, structure) du système **apparaissant au cours de son exécution**, qu'elle ait été recherchée ou non par le concepteur du système, et qui n'est **pas le fait d'un agent isolé**.*

## Débat émergence forte vs. émergence faible.

- Émergence forte.
  - Définition : phénomènes émergents non reproductibles par simulation informatique.
  - P. W. Anderson : Tout réduire à des lois fondamentales simples ne permet pas toujours de tout reconstruire à partir de ces lois.
  - "L'émergence faible est moins intéressante, pas vraiment de l'émergence."
- Émergence faible.
  - Définition : phénomènes émergents reproductibles par simulation informatique.
  - M. A. Bedau : L'émergence forte va à l'encontre des principes scientifiques car si on ne peut reconstruire un phénomène avec ses lois alors quelque chose de plus est produit à partir de rien.
  - "L'émergence forte n'existe pas."

Nous ne nous intéressons qu'à des cas informatisés, donc simulables.

## Les conventions sociales.

- Définition : contrainte sur le comportement (ou l'état) de tous les agents du système.
- Intérêt : résoudre les problèmes de coordination.
- Conventions hors-ligne : inscrites durablement dans le comportement des agents.
- Conventions en ligne : émergeant des interactions entre les agents du système.



## Stabilité et auto-réparation.

- Définition : certains systèmes sont spontanément attirés par un état d'équilibre stable.
- Intérêt : cet état leur permettra de s'auto-entretenir et s'auto-réparer sans intervention humaine.
- Exemples : le vol en nuée d'oiseaux, les files de fourmis...

## 1 Émergence

## 2 Modélisation GDT4MAS

- Le Modèle
- Exemples d'utilisation
- Le Système de preuve
- Preuve formelle vs. vérification d'états

## 3 Cas d'études simples

## 4 Conclusion et perspectives

La modélisation formelle par GDT (Goal Decomposition Tree).

- Le but de chaque agent est exprimé formellement.
- Ce même but est ensuite décomposé récursivement en sous-buts jusqu'à être exprimé en buts élémentaires (non décomposables).
- Cette décomposition est représentée sous forme d'un arbre, le but principal à la racine et les buts élémentaires aux feuilles.
- Le système de preuve associé s'assure de la justesse de la décomposition.

## La modélisation GDT4MAS.

- Un environnement avec :
  - Des variables.
  - Un invariant.
- Des agents.
  - Les agents sont des instances de types d'agents.
  - Les types d'agents sont spécifiés par un GDT.
- Un système de preuve produisant des obligations de preuve en logique du premier ordre.
- Intérêts :
  - Représentation très visuelle, facile à appréhender.
  - Modélisation très modulaire (objectif des travaux).
  - Système automatisable (aussi bien la partie preuve que codage).

Exemple de GDT simple :

Modifier  $x$  en lui associant la valeur  $2x + 1$ .

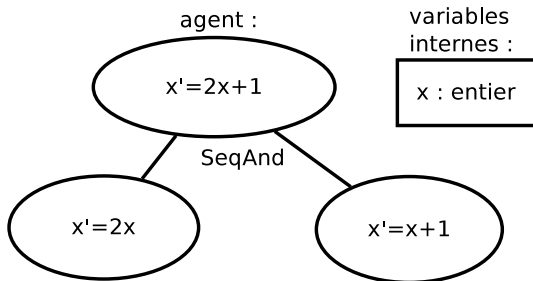
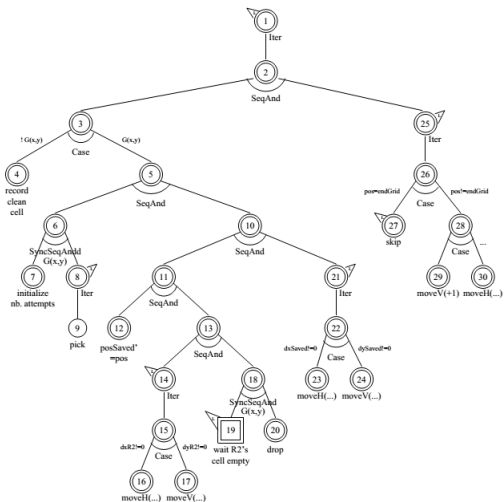


Figure: exemple GDT

En Notant  $x'$  la valeur de la variable  $x$  après l'exécution du but/sous-but, et  $x$  sa valeur avant.

# Exemple de GDT : le robot nettoyeur.



Situation actuelle du système de preuve formelle :

- Chaque opérateur de décomposition est associé à des schémas de preuve.
- Ces schémas de preuve permettent de produire des obligations de preuve exprimées en logique du premier ordre.
- Ces obligations de preuve doivent ensuite être vérifiées par un prouveur (avec éventuellement l'aide d'un humain).
- Le prouveur choisi est le logiciel PVS.
- Le système de preuve permet actuellement de s'assurer manuellement de la décomposition du GDT, du comportement des agents et du respect de l'invariant.

D'autres outils existent (Spin, Romeo,...).

Utilisent le *model checking* :

- Méthode exhaustive (vérification des états).
- Nombre d'états exponentiel au nombre d'agents.
- Très sensible à la taille du système.

Vérification par preuve de théorème :

- Démonstration formelle (calculs en logique des prédicats).
- Quelques calculs par types agents.
- Moins sensible à la taille du système.



- 1 Émergence
- 2 Modélisation GDT4MAS
- 3 **Cas d'études simples**
  - Le pompier et le pyromane
  - Le pompier et le pyromane avec affluent
  - Le portique
  - Les 3 cinéphiles
- 4 Conclusion et perspectives

## Le pompier et le pyromane

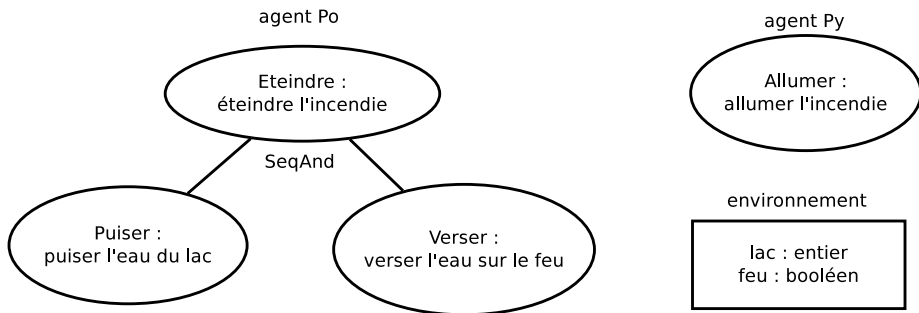


Figure: GDT le pompier et le pyromane

Le pyromane agit quand il n'y a pas de feu, le pompier quand il y a un feu

Propriété émergente : le lac se vide

## Le pompier et le pyromane avec affluent



Figure: GDT pompier, pyromane et affluent

L'affluent agit tout le temps

Propriété émergente sous certaines conditions : le lac se vide

## Le portique

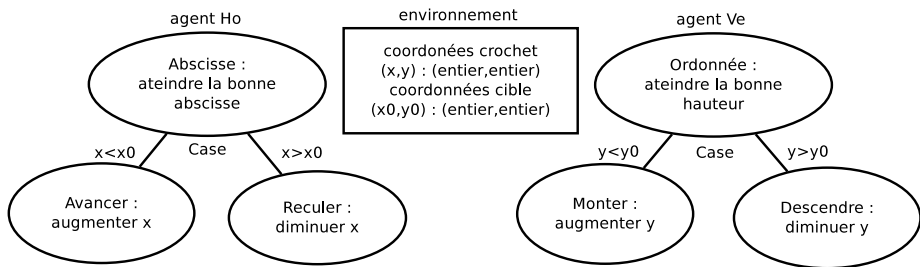


Figure: GDT le portique

Propriété émergente : le crochet arrive au bon endroit

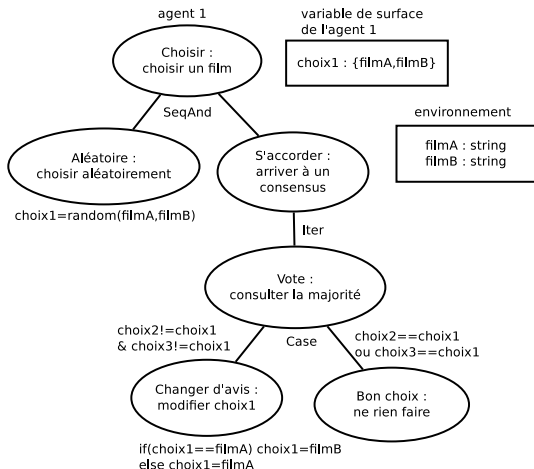


Figure: GDT 3 cinéphiles

Propriété émergente : un consensus se met en place

Comparatif des cas d'étude :

<b>Cas</b>	<b>Propriété</b>	<b>Acteurs</b>
Pompier et pyromane	le lac se vide	le pompier
Avec affluent	le lac se vide (sous-conditions)	le pompier
Portique	positionnement du crochet	les deux moteurs
Trois cinéphiles	consensus	la minorité

- 1 Émergence
- 2 Modélisation GDT4MAS
- 3 Cas d'études simples
- 4 Conclusion et perspectives

Conclusion :

- Débats sur l'émergence.
- Sélection d'une définition.
- GDT4MAS pour modéliser les SMA.
- Cas d'études simplistes.

Perspectives : prouver des propriétés émergentes dans un SMA.



Merci de votre attention.

Des Questions?

## Références :

- Rao, M. P. Georgeff. (1995). "BDI-agents : From Theory to Practice". Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems (ICMAS'95).
- H. Barringer, M. Fisher, D. Gabbay, G. Gough, and R. Owens. METATEM : An Introduction. Formal Aspects of Computing, 7 :533549, 1995.
- Gerard J. Holzmann. The Model Checker SPIN. IEEE Transactions on Software Engineering, 23(5) :279295, May 1997.
- Radu Iosif. The PROMELA Language.  
<http://www.dai-arc.polito.it/dai-arc/manual/tools/jcat/main/node168.html>.
- IRCCyN. Roméo - A tool for Time Petri Nets analysis. <http://romeo.rts-software.org/>.
- Sylvain Peyronnet. Model checking et vérification probabiliste.
- B. Mermet and G. Simon. GDT4MAS : a formal model and language to specify and verify agent-based complex systems. Studia Informatica Universalis, 10(3), 2012.
- James Odell. Agents and Emergence. Distributed Computing, October 1998.
- A. S. Rao. AgentSpeak(L) : BDI Agents speak out in a logical computable language.
- Ferber. J. Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective. InterEditions, Paris, 1995.
- SRI International. PVS. <http://pvs.csl.sri.com>.