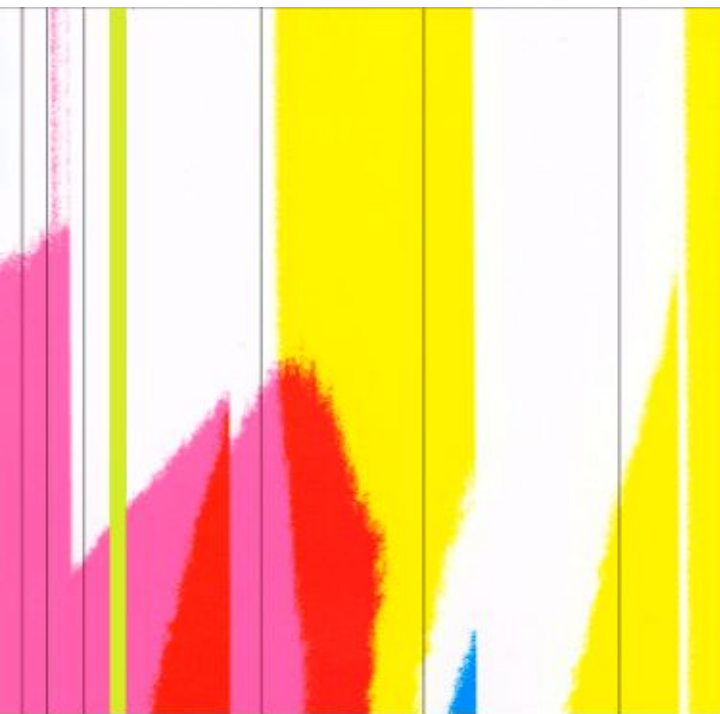




ARC Amybia: Aggregating Myriads of Bio-inspired Agents



Hugues Berry, Alchemy
INRIA Saclay, France

**Nazim Fatès &
Nikolaos Vlassopoulos**, Maia
INRIA Nancy Grand-Est

Bernard Girau, Cortex
Univ. Nancy 1

Guy Theraulaz, CRCT
Univ. Toulouse 3



Calcul (massivement) parallèle

- L'histoire de l'informatique jusqu'à nos jours a été l'histoire du calcul séquentiel.
- Pourtant, dès le début, les « pionniers » s'intéressent à un **parallélisme inspiré de la nature** :
 - Turing, *The chemical basis of morphogenesis*, 1952
 - von Neumann, inventeur des automates cellulaires, problème de l'auto-reproduction d'une machine

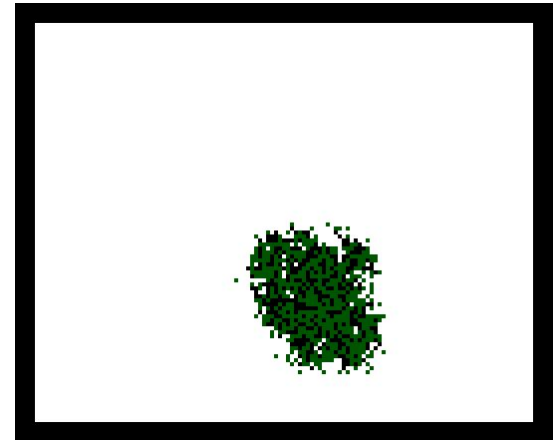
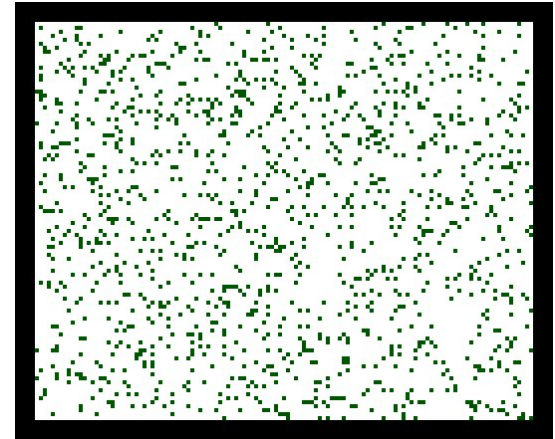
objectif:

explorer ce chemin en repartant d'un problème original,
l'agrégation décentralisée



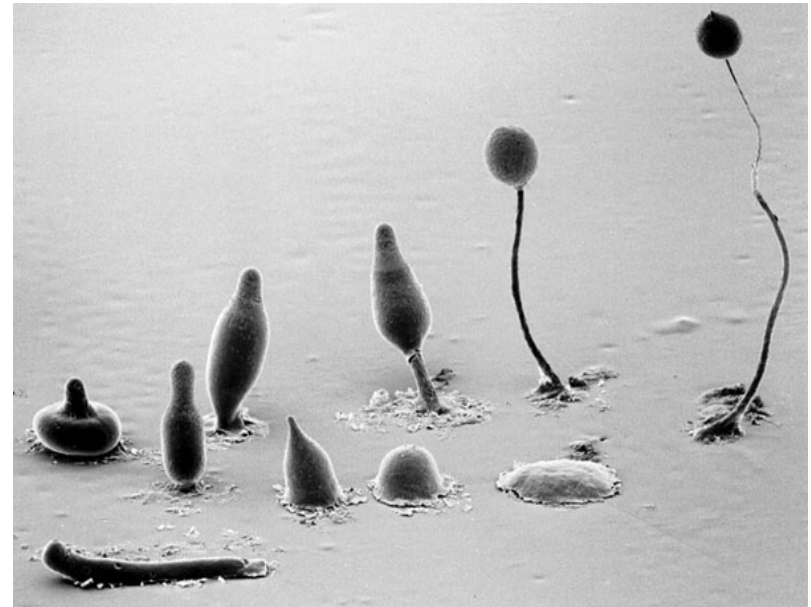
Aggrégation décentralisée

- Objet mobiles sur une grille:
 - Tâches de calcul
 - Robots
- Distribution initiale aléatoire
- **Comment les regrouper sans chef !?**
 - Auto-organisation du système
 - Importance du non-déterminisme
- Objectif robustesse ...
 - Présence d'obstacles
 - Topologie irrégulière
 - Bruit sur le mouvement des agents



Inspiration: les *amibes sociales*

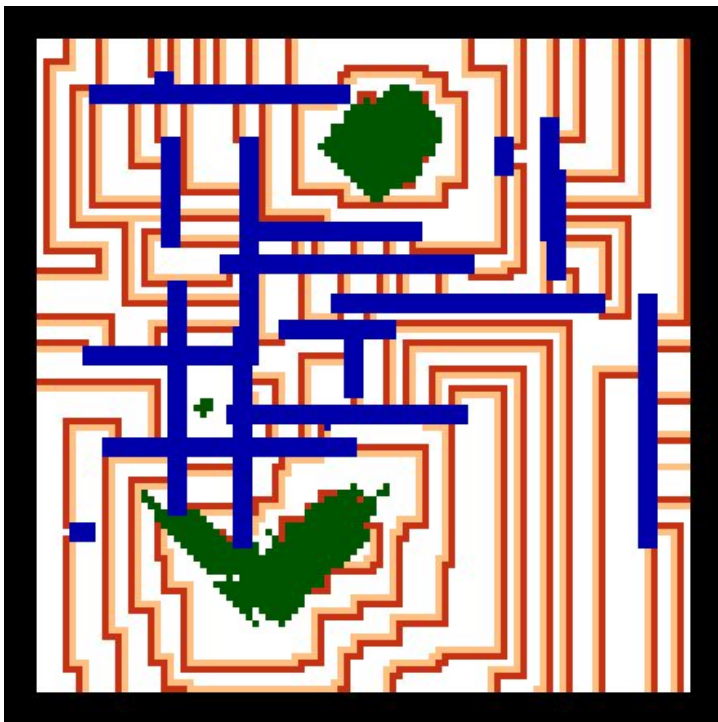
- Dictyostelium d. : organisme unicellulaire qui devient multicellulaire en période de disette
- Notre intérêt : phase initiale du cycle
 - absence de communication directe
 - décision collective
 - perception locale
- Éléments biologiques :
 - cAMP
 - réaction-diffusion
 - chémotaxie



Modélisation informatique

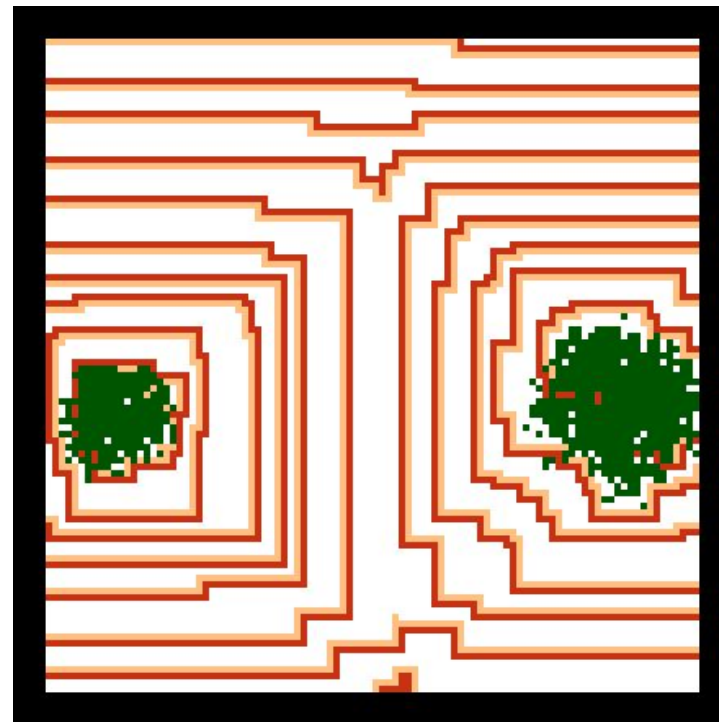
- Environnement = AC, transmission des ondes
- Amibes = agents, émissions d'ondes aléatoires

Tolérance aux obstacles



+

Tolérance au bruit



Des algorithmes à une pratique de calcul distribué

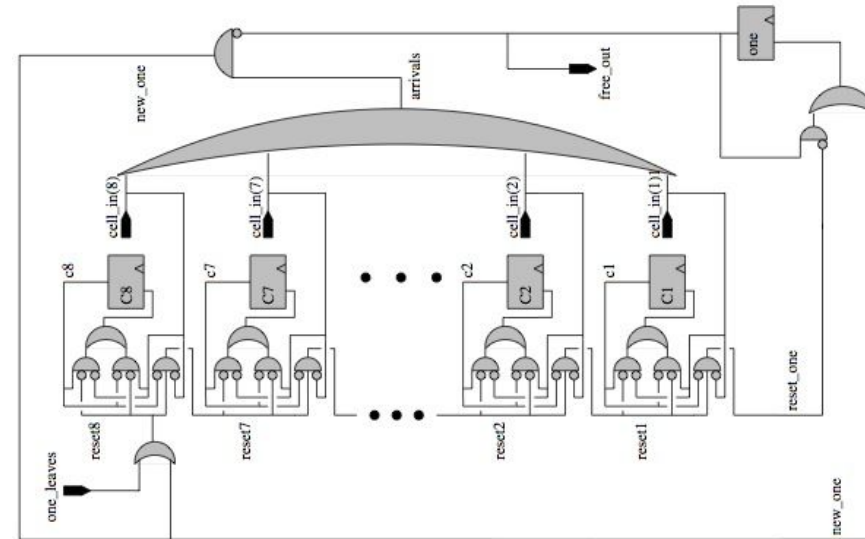
- Implementation sur les FPGAs (B. Girau)

B. Girau & C. Torres-Huitzil (2008)
Proc. ReConFig'08, 229-234

Int. J. of Reconfigurable Computing

- Regroupement d'essaims de robots (G. Theraulaz)

cf. démos



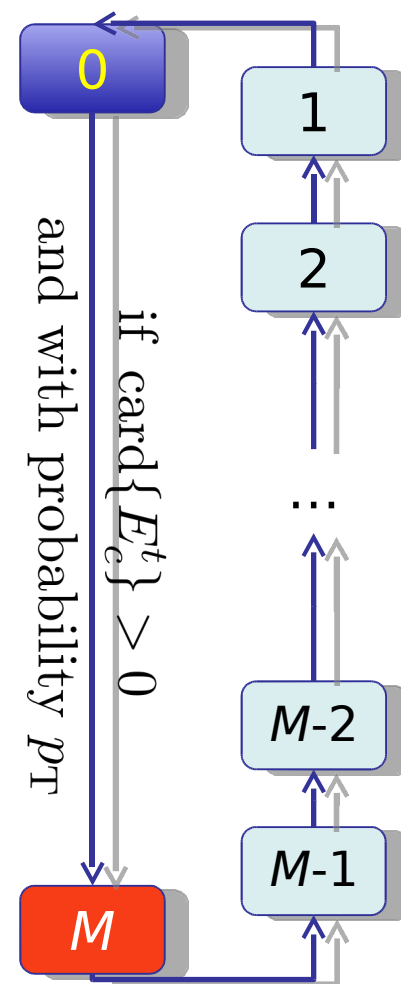
Un environnement actif

- grille $\mathcal{L} = \{1, \dots, L\} \times \{1, \dots, L\}$
- cellules $c = (c_x, c_y) \in \mathcal{L}$
- états $\sigma_c^t \in \{0, \dots, M\}$
- règle locale:

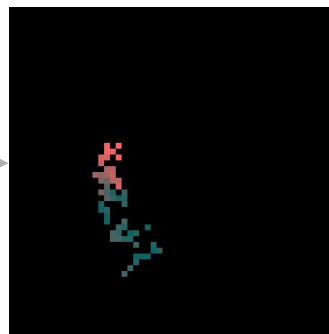
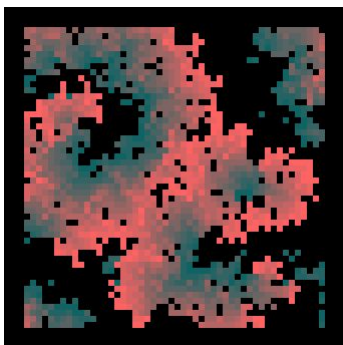
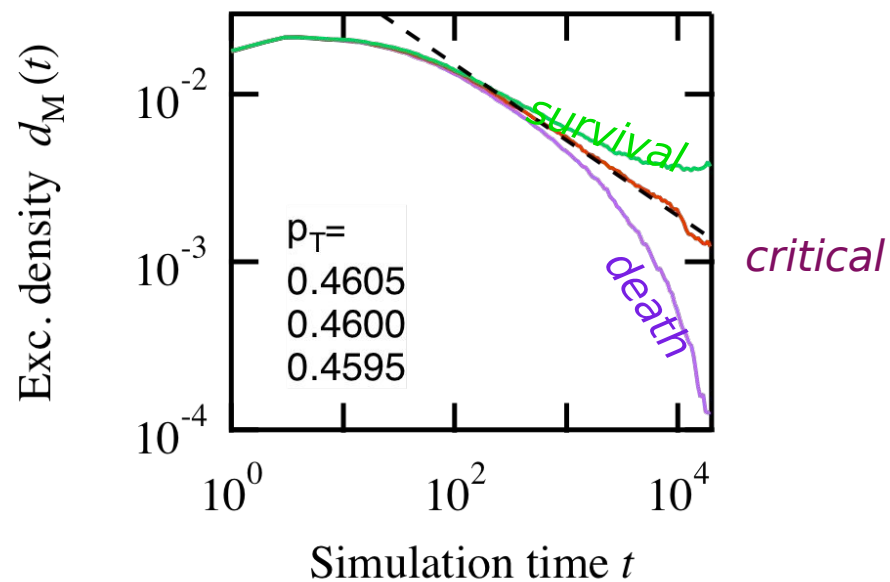
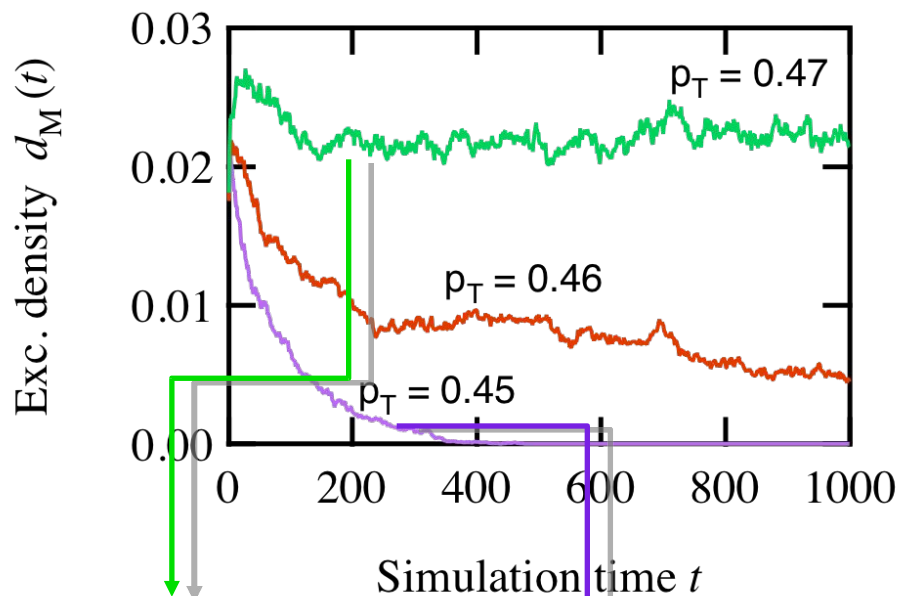
neutre (0) > excité (M) > quiescent (1..M-1)

- 1) une cellule neutre qui “voit” un voisin excité devient excitée, avec proba p_T
- 2) une cellule excitée devient réfractaire
- 3) une cellule réfractaire devient neutre

- 3 états au minimum
- démonstration

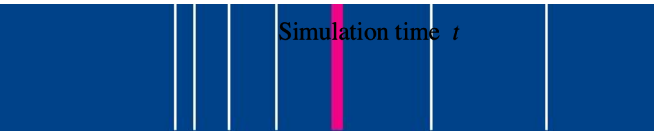
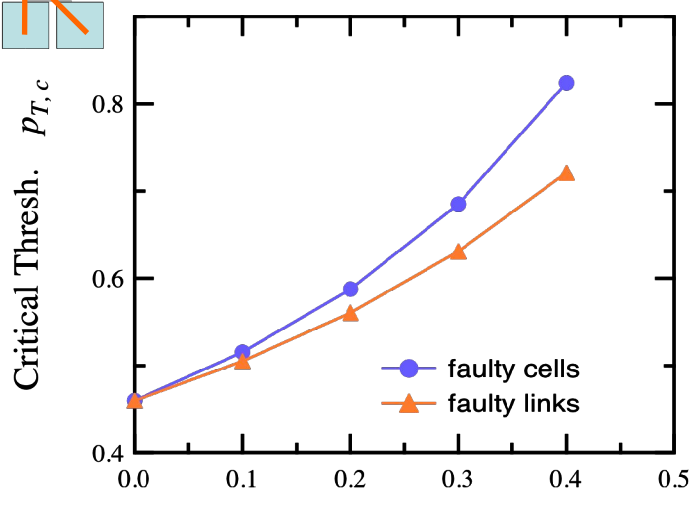
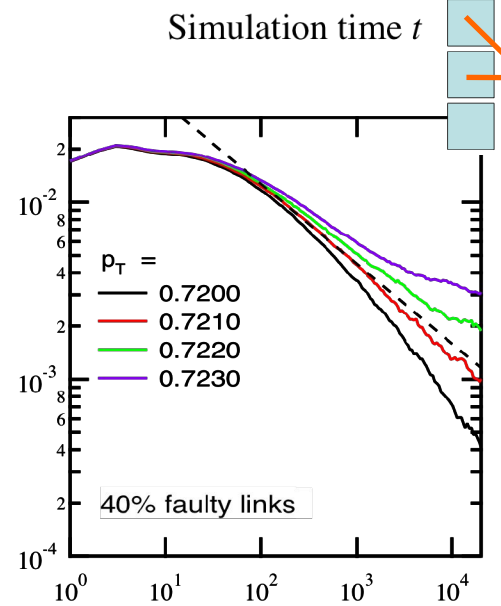
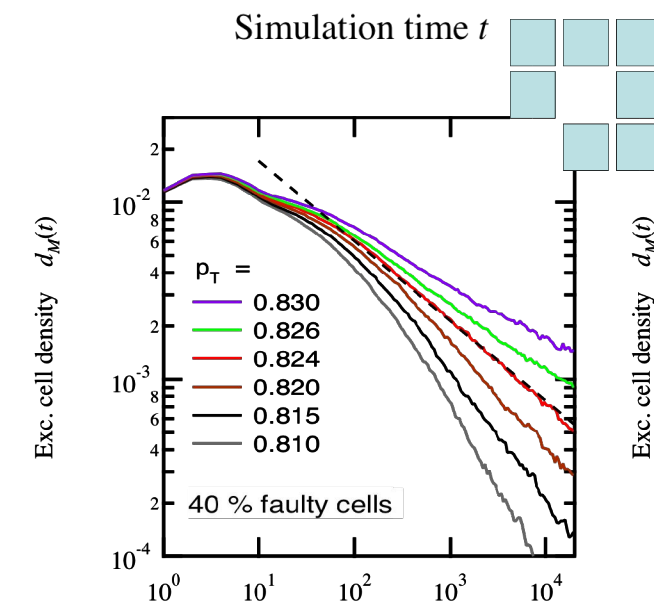
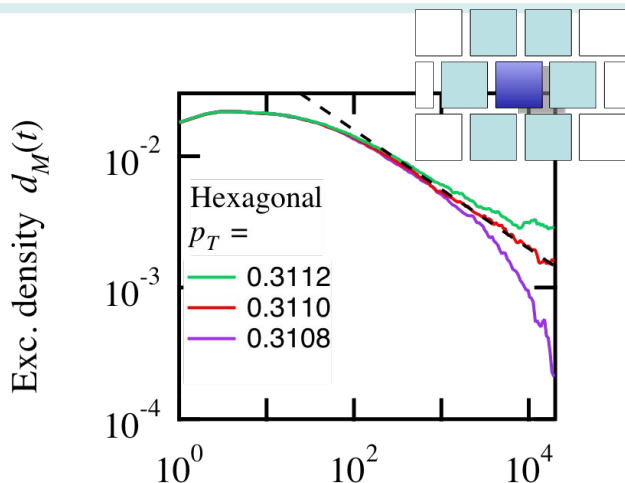
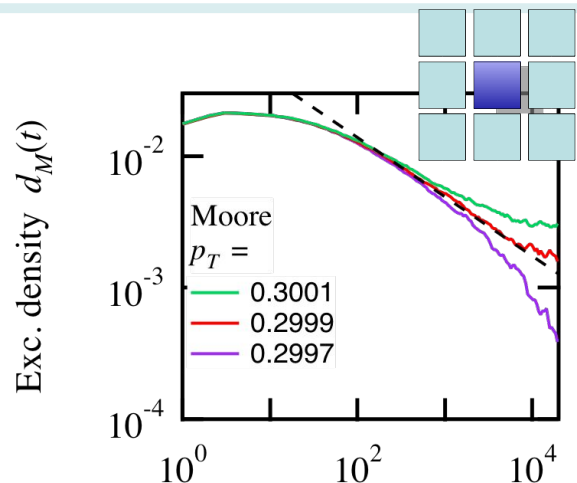
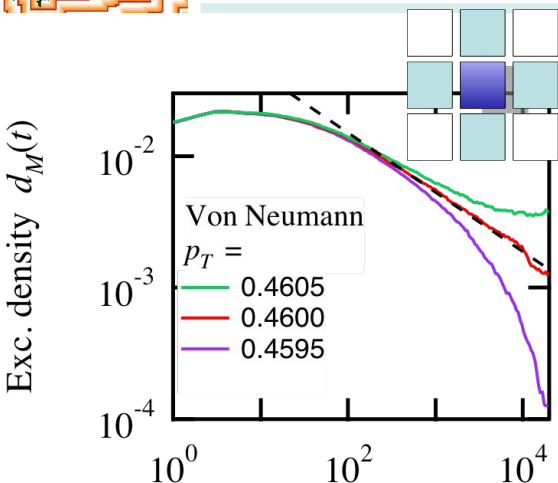


Phénomènes critiques



- **Transitions de phase, classes d'universalité**

Robustesse aux perturbations



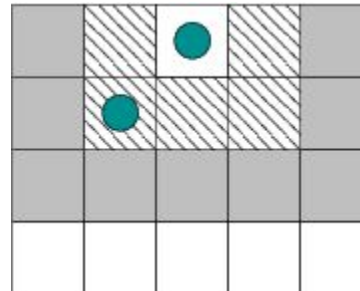
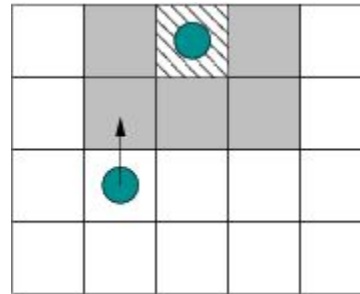
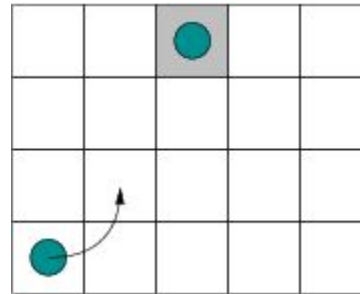
Simulation time t

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE

INRIA

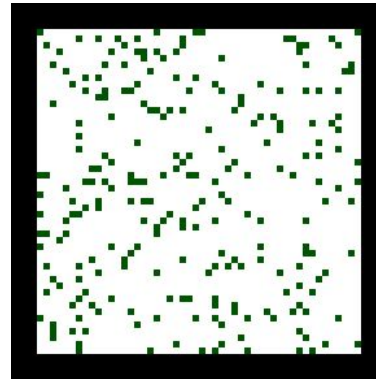
Règles locales des agents

- Émission d'onde
- Agitation
- Chémotaxie
- Attente

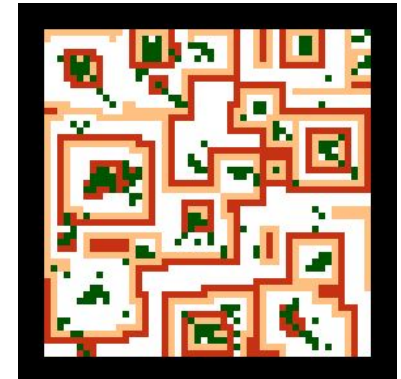


Comportement global émergent

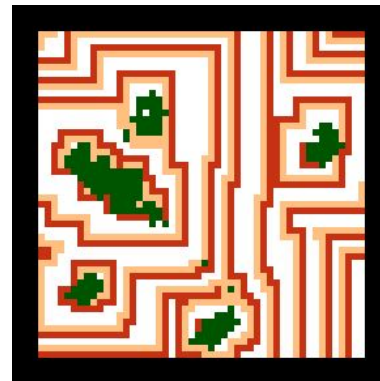
- initialisation aléatoire
- émissions aléatoires d'ondes
- petits "clusters" & pacemakers
- collision des fronts d'onde & régions d'influence
- marche aléatoires des frontières de collision
- capture et fusion des clusters



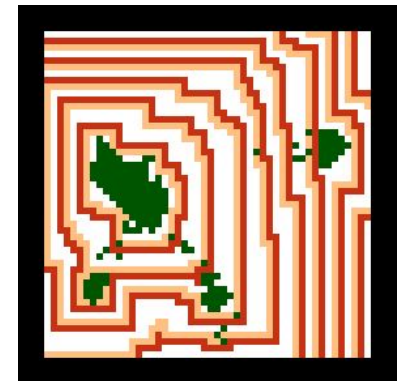
t=0



t=34



t=249

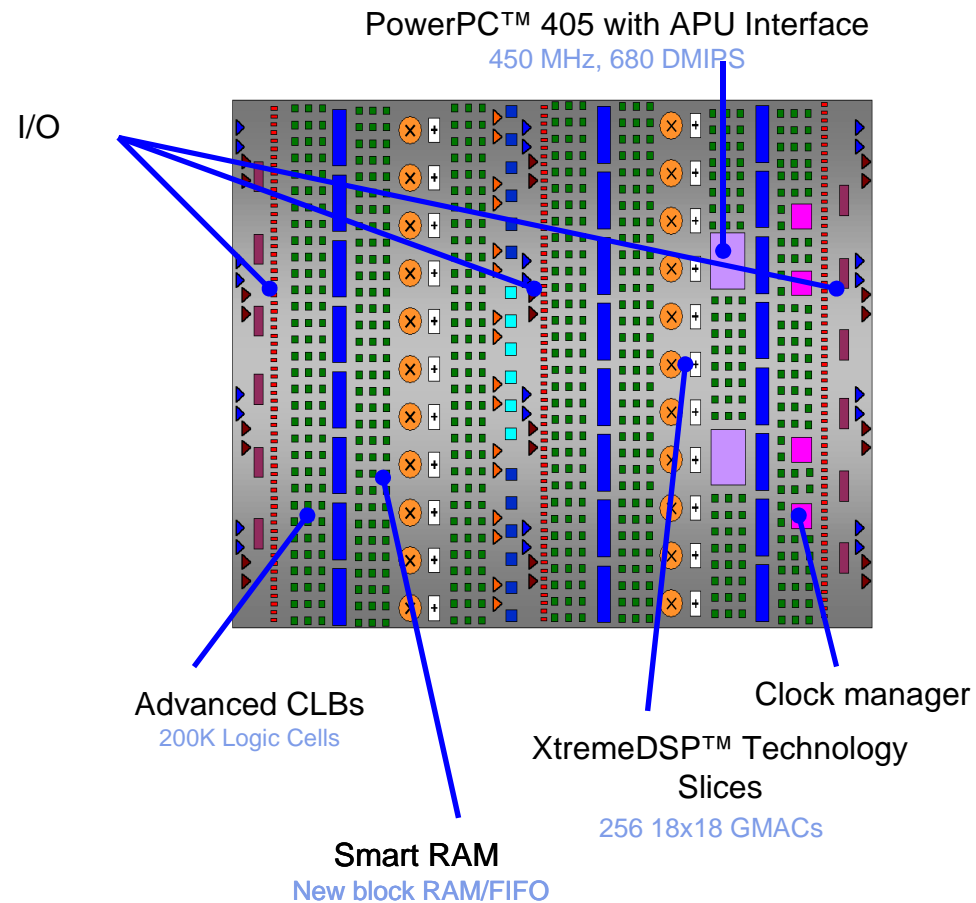


t=448

Programmation sur FPGA

- Implantation environnement+agents
 - 30x30 sur Virtex LX160
 - speedup > 10000
- Implantation bloc-synchrone (envt seul)
 - 512x1024 sur Virtex4 LX160
 - speedup >> 1000
- Principaux obstacles à une pratique distribuée :
 - non-déterminisme distribué
 - voisinages asymétriques
- Retour sur le modèle...

The FPGA is the system





Aggrégation décentralisée de robots

● Principes:

- robot Alice dispose de deux capteurs : droite et gauche
- Trois états : att., TD, TG.
- Prise des moyennes au départ
- Tourne gauche / droite si différence positive (négative) entre capteur gauche et droite

cf. démonstration

● Défis techniques:

- Possibilité de converger même en ayant une grande différence entre roues droite et gauche.
- Convergence lente mais robuste au bruit et au changement d'effectifs
- Simulation de l'environnement : détection de la position des robots et projection des ondes de réaction-diffusion
- Passage à une situation réelle d'autonomie



bilan

2 articles actes de conférences (publiés):

- RECONFIG'08
- IWNC'09

2 articles de journaux (à paraître):

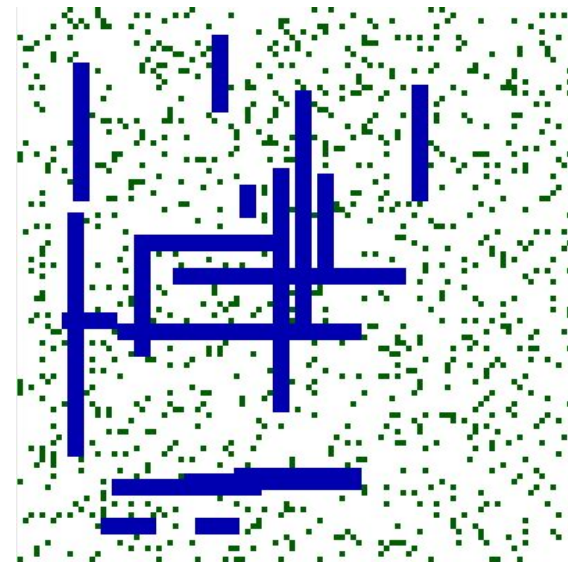
- Modèle, *Swarm Intelligence*
- FPGA, *I.J. Reconfigurable computing*

2 conférences invitées

- SSC'09
- ECCS'09

1 article d'état de l'art (soumis)

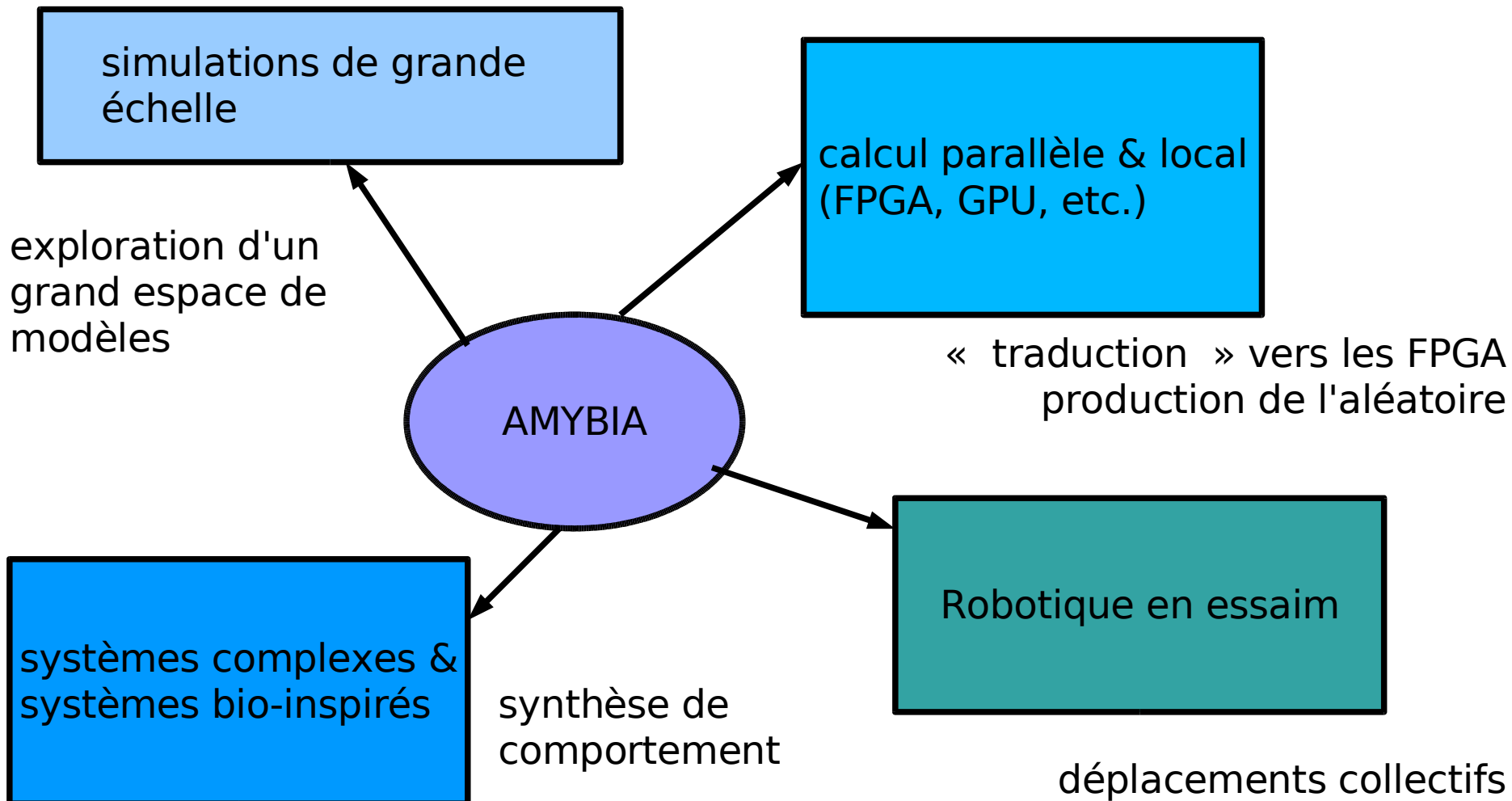
+ accueil d'une conférence sur les systèmes complexes (prochainement)



- deux stages
- accueil d'un post-doctorant



Perspectives





Remerciements

- Collaborateurs:

- H. Berry, INRIA Saclay, Alchemy
- N. Fatès, INRIA Nancy, MaIA
- B. Girau, INRIA, Nancy
- N. Vlassopolous, post-doc INRIA, MaIA
- G. Theraulaz, CRCT - CNRS, Toulouse
- C. Torres-Huitzil, Univ. Polytech. Victoria, Mexique

rendez-vous à Nancy
le 21 juin ?

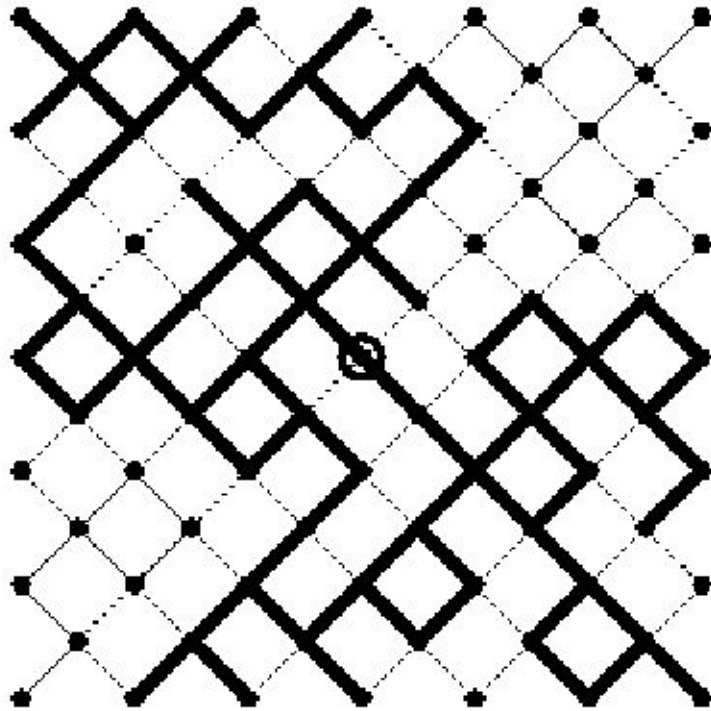
- Aide:

- M. Combe, Univ. Toulouse, CRCT
- I. Valença Brasileiro, Internship INRIA, Univ. Recife, Brésil
- H. Barron-Zambrano, INAOE Puebla, Mexique



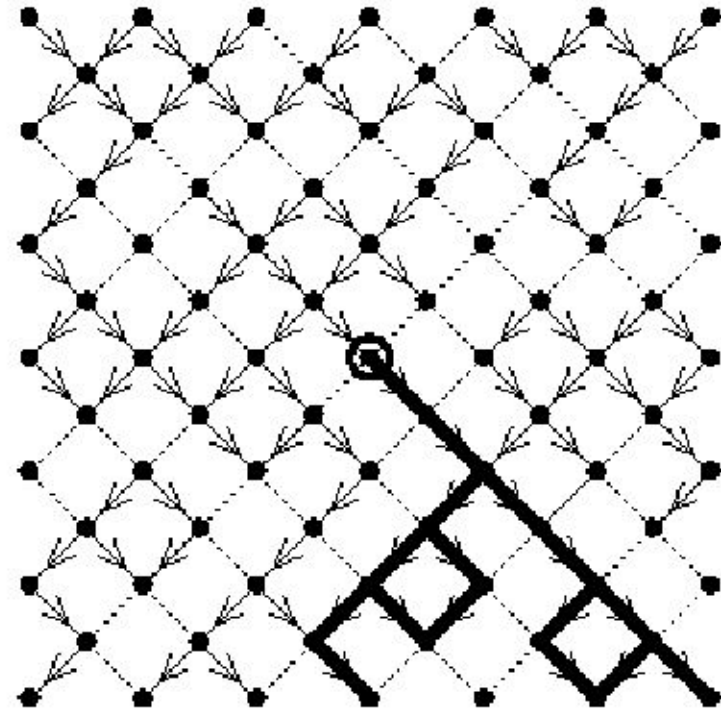
Percolation isotrope vs. percolation dirigée

courtesy of (Hinrichsen, 2000)



isotropic bond percolation

Isotropic p. threshold $P_c = \frac{1}{2}$



directed bond percolation

directed p. threshold $P_c > \frac{1}{2}$

equivalence space / time

