

19^{es} Journées Francophones des Systèmes Multi-Agents
17-19 octobre 2011, Valenciennes

Observation macroscopique et émergence dans les SMA de très grande taille

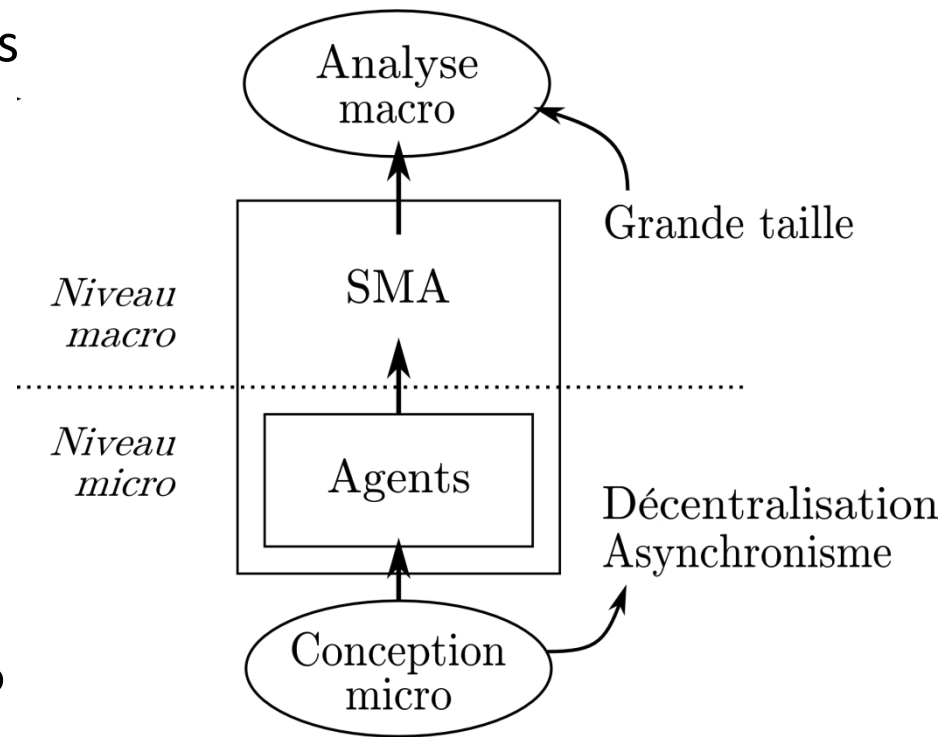
Robin Lamarche-Perrin, Yves Demazeau et Jean-Marc Vincent
Laboratoire d'Informatique de Grenoble
Équipes MAGMA & MESCAL

Systemes étudiés

- Les DALMAS
 - Decentralized, Asynchronous
 - Large-scale
 - Multi-Agent Systems

■ **Problématique :**
une image macroscopique
de processus microscopiques ?

■ **Solution :** le concept d'émergence !



Présentation

1. Un concept d'émergence pour les DALMAS ?
2. Exemple d'émergence :
Émergence de *descriptions causales macroscopiques*
3. Le calcul de l'émergence pour les DALMAS
Méthode d'*observation macroscopique*
4. Évaluation sur un modèle de colonie de fourmis
5. Démonstration à 17h

1. Un concept d'émergence pour les DALMAS ?

Conceptualisations de l'émergence

R. Lamarche-Perrin. Conceptualisations de l'émergence : dynamiques microscopiques et analyse macroscopique des SMA. *Plateforme AFIA'11 : atelier FUTURAMA*, mai 2011.

Conception

Analyse



Entité macroscopique

Niveau macro

Niveau micro



*Entités
microscopiques*

Conceptualisations de l'émergence

R. Lamarche-Perrin. Conceptualisations de l'émergence : dynamiques microscopiques et analyse macroscopique des SMA. *Plateforme AFIA'11 : atelier FUTURAMA*, mai 2011.

Conception



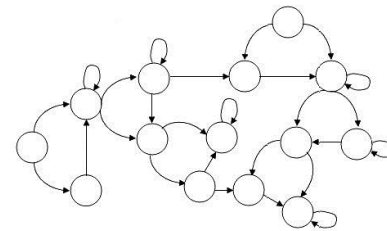
Niveau macro

Niveau micro



*Entités
microscopiques*

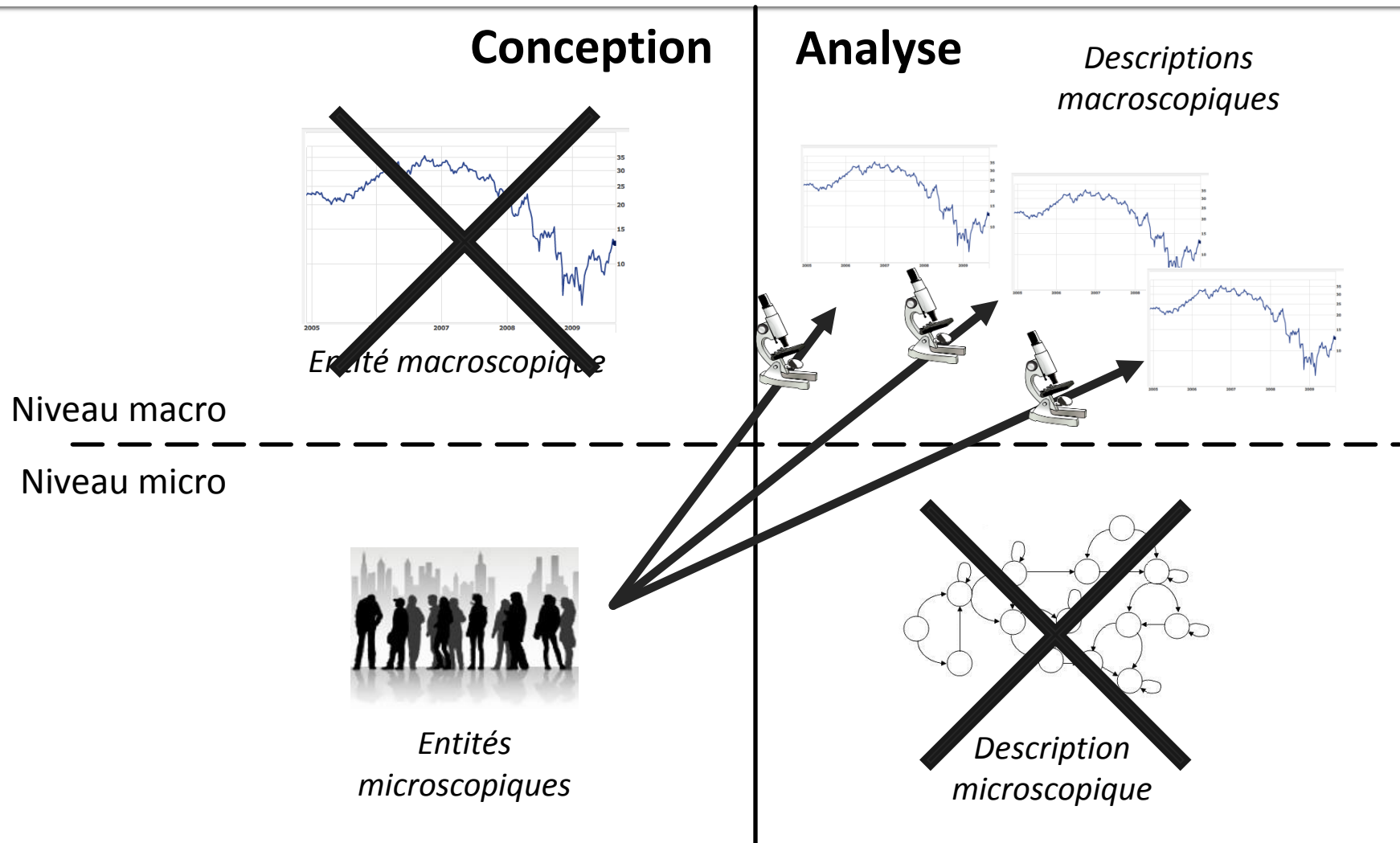
Analyse



*Description
microscopique*

Conceptualisations de l'émergence

R. Lamarche-Perrin. Conceptualisations de l'émergence : dynamiques microscopiques et analyse macroscopique des SMA. *Plateforme AFIA'11 : atelier FUTURAMA*, mai 2011.



État de l'art

Conception

- **Approches dualistes**

- [Sawyer, 2001]
- [Gil-Quijano *et al.*, 2010]

Analyse

- **Approches émergentistes**

- **[Bonabeau et Dessalles, 1997]**
- [Picard, 2004]

Niveau macro

Niveau micro



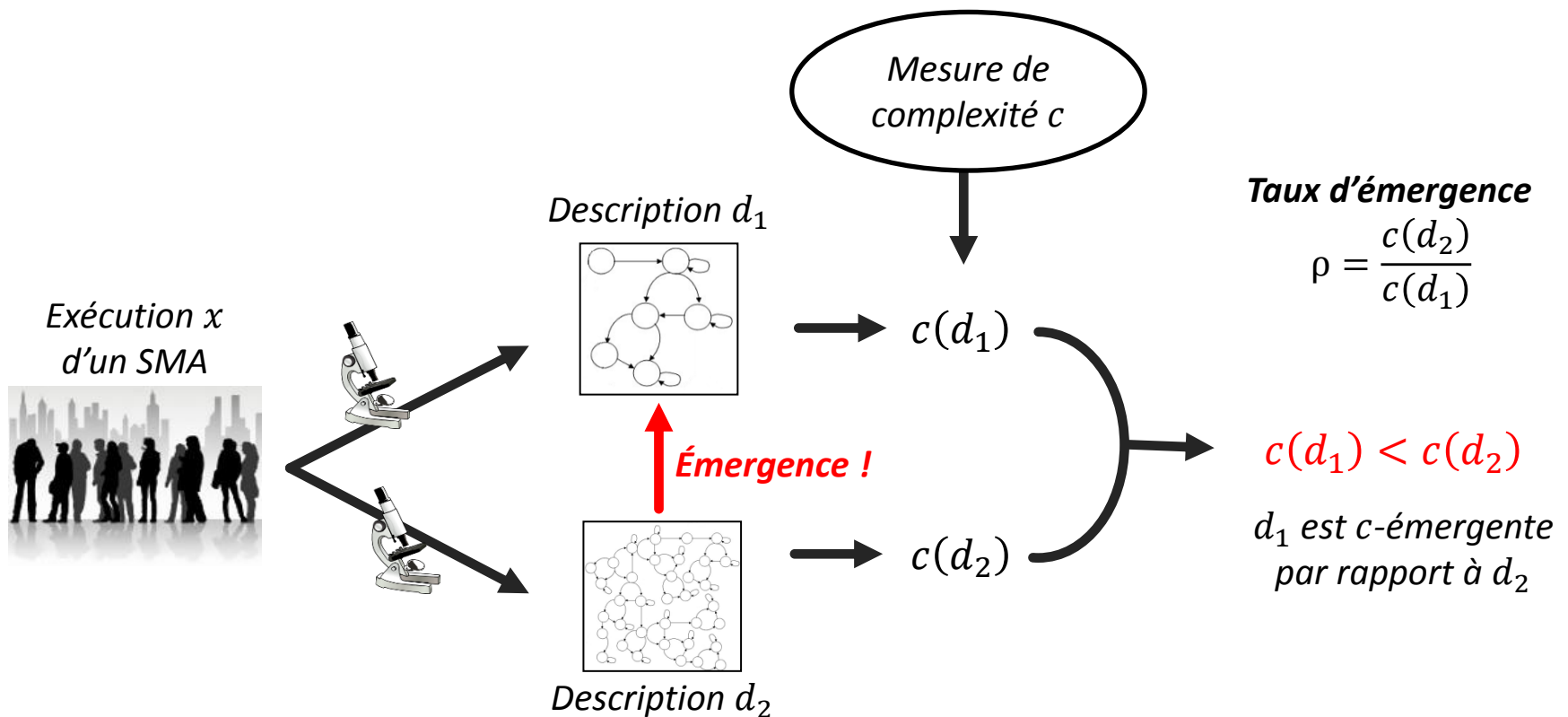
*Entités
microscopiques*

- **Approches éliminativistes**

- [Darley, 1994]
- [Bedau, 1997]

Émergence et complexité

- [Bonabeau et Dessalles, 1997]
 - « Emergence is associated with a decrease of the relative complexity. »



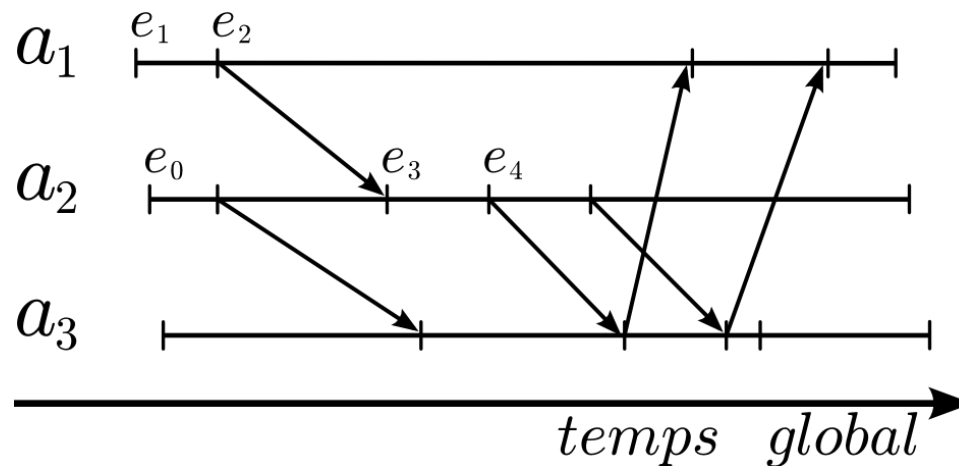
2. Descriptions causales, agrégations et émergence

Des descriptions génériques

- Généricité du modèle de description
 - S'extraire de la **sémantique** des interactions
 - Se fonder sur la **syntaxe** des interactions
 - Modéliser la **structure causale** de l'exécution
- Le *background* des systèmes distribués
 - Les SMA sont des *cas particuliers* de SD [Poutakidis *et al.*, 2002]
 - Modélisation de l'exécution des SD
 - Adaptation à la modélisation des SMA

Description causale

- *Diagrammes d'interactions* adaptés de [Mattern, 1989]



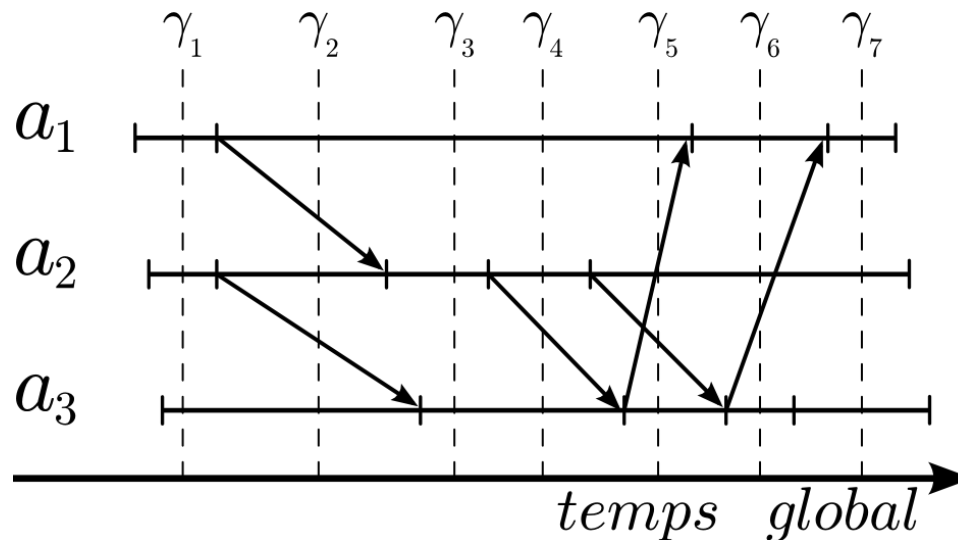
$$e_1 < e_2 < e_3 < e_4$$

$$e_0 \parallel e_1$$

Fonctions de complexité

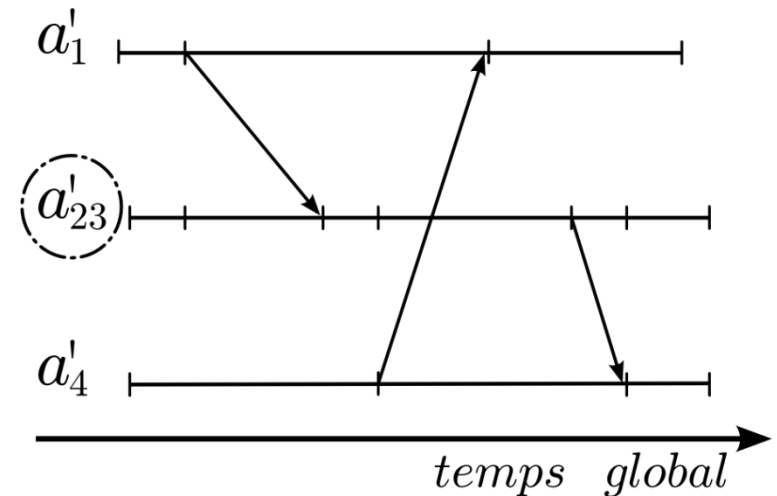
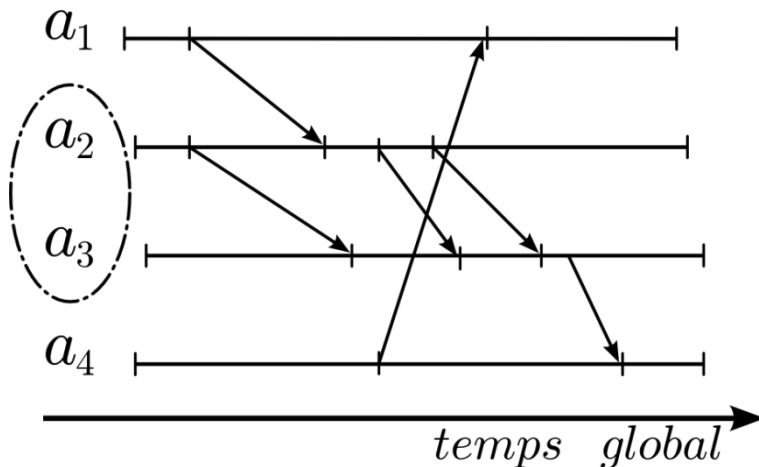
■ Fonctions simples

- Complexité spatiale $C_s = \mathcal{O}(|A_d|)$
- Complexité temporelle $C_t = \mathcal{O}(|\Gamma_d|)$
- Complexité spatio-temporelle $C_{st} = \mathcal{O}(|E_d|)$
- Complexité interactionnelle $C_i = \mathcal{O}(|I_d|)$



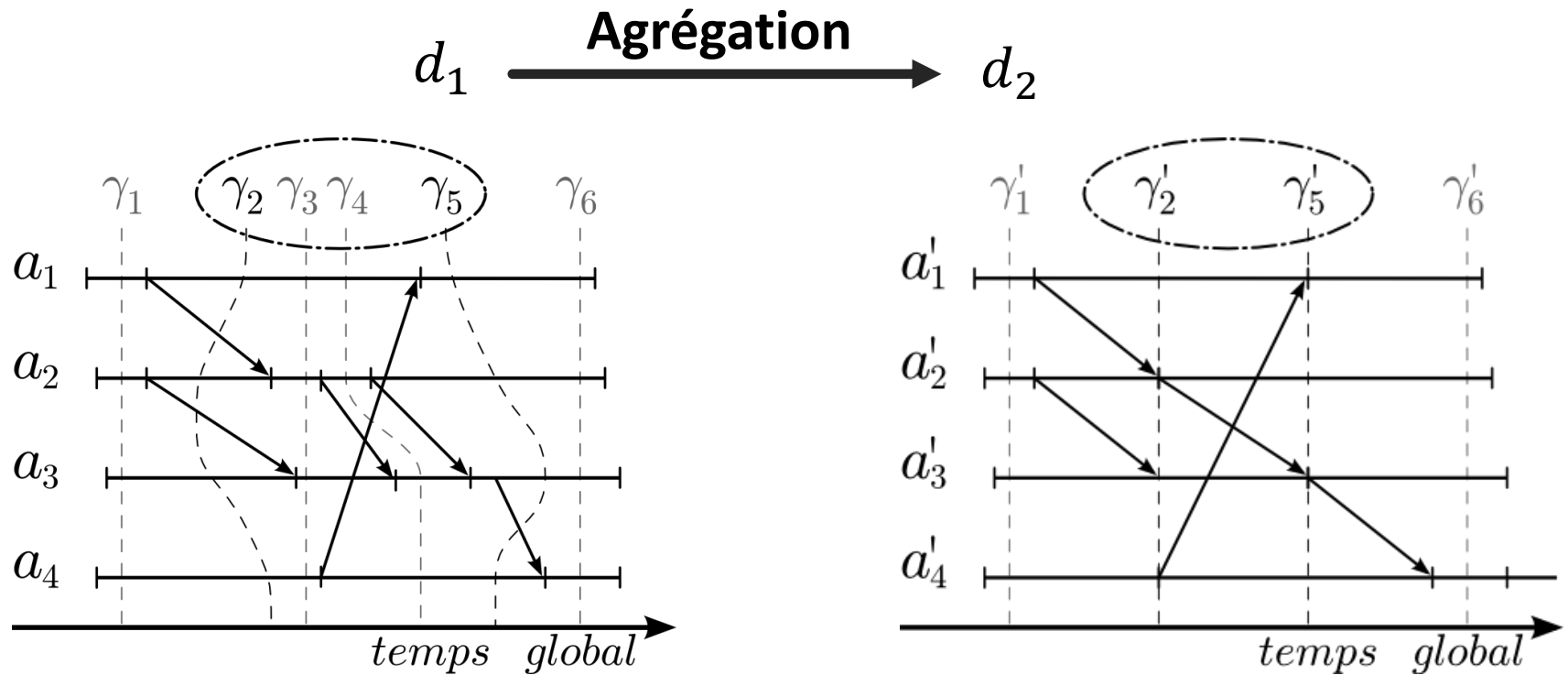
Agrégation spatiale

d_1 $\xrightarrow{\text{Agrégation}}$ d_2



- **Réduction** de la complexité spatiale
- **Réduction éventuelle** de la complexité interactionnelle
- **Conservation** de la complexité temporelle

Agrégation temporelle

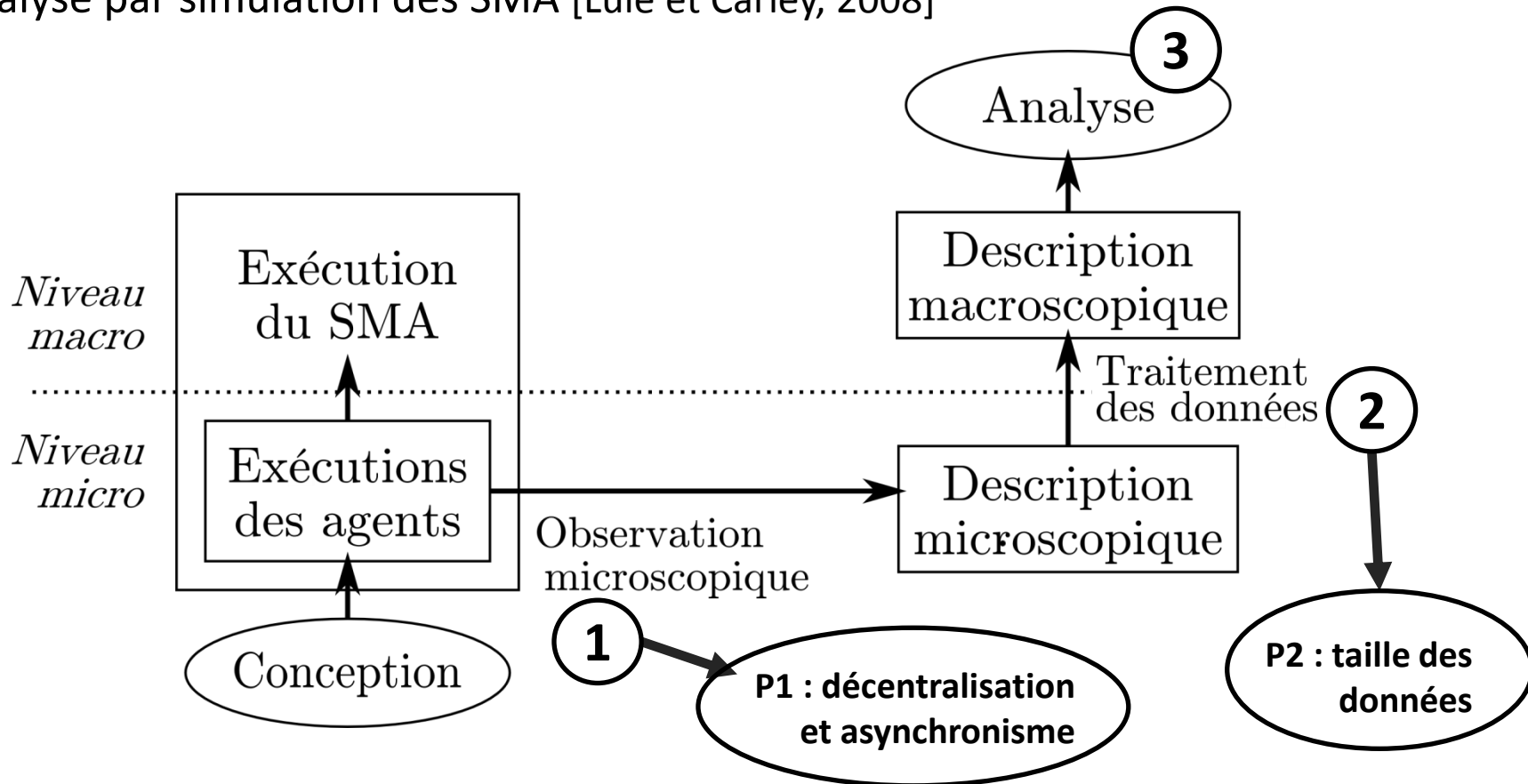


- Réduire la complexité d'une description
 - Engendrer des abstractions utiles
- **Produire une description manipulable en pratique**

3. Description macroscopique des DALMAS

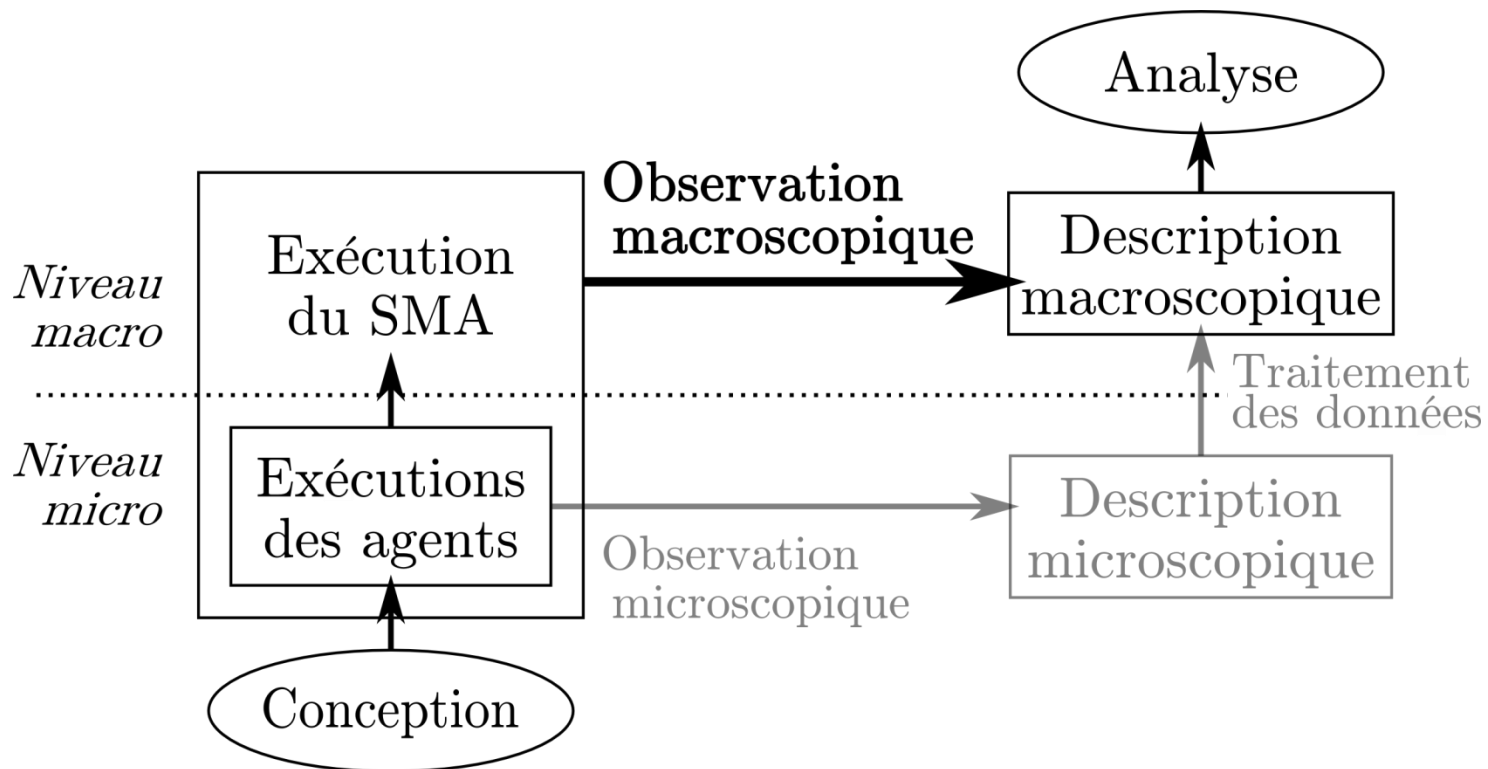
Approches microscopiques

- Analyse de traces d'exécutions [Joumaa, 2009]
- Analyse par simulation des SMA [Luie et Carley, 2008]



Approches macroscopiques

- Pas d'antériorité à notre connaissance.

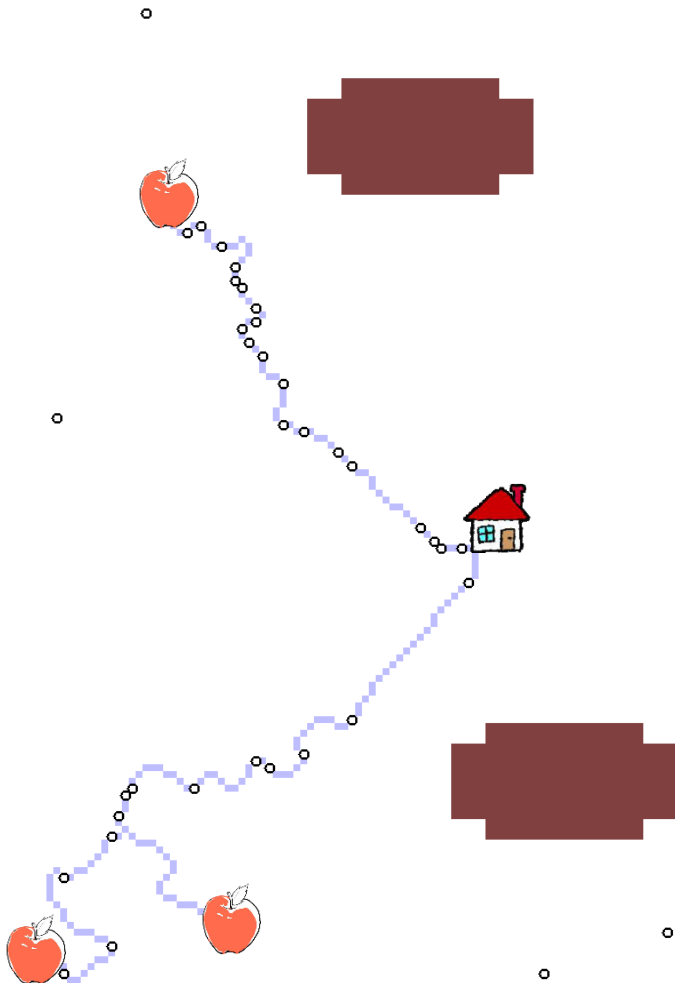


Observation macroscopique

- Principe
 - Incorporer le processus d'observation au sein de l'exécution
 - Distribuer le calcul des descriptions macroscopiques dans l'espace et dans le temps
 - Les agents participent à leur propre observation
 - Le processus d'observation est lui-même émergent

4. Observation macroscopique d'une colonie de fourmis

Observation d'une colonie de fourmis



- *AntsForage* sur MASON [Luke *et al.*, 2005]



Observation microscopique

Observation macroscopique

- Phénomènes émergents
 1. Création des pistes de phéromones
 2. Exploitation des sources de nourriture
- Choix de l'application
 - SMA classique et bien connu
 - Objectif pédagogique
 - Première évaluation

Observation microscopique

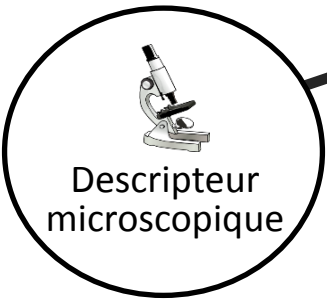
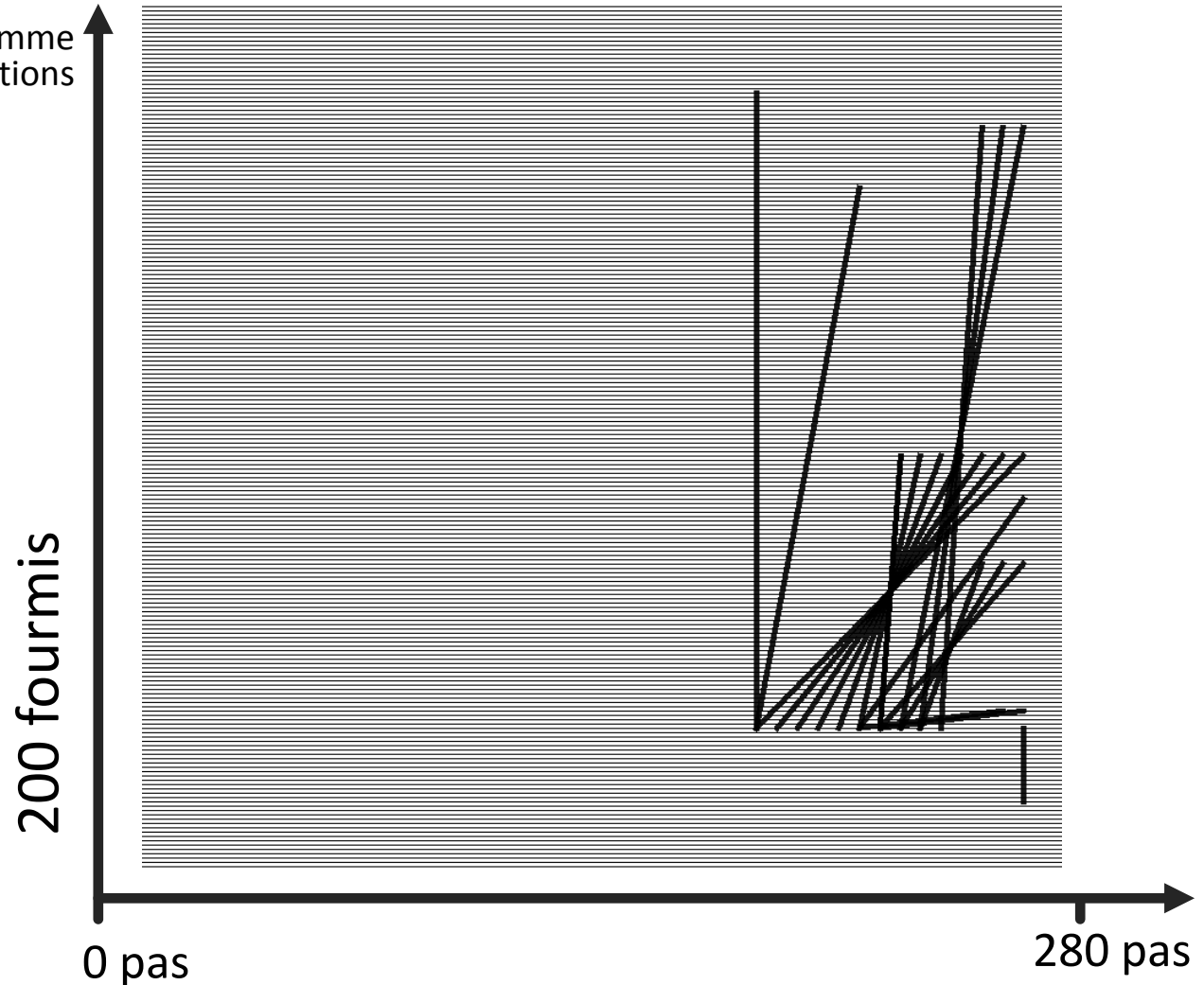


Diagramme d'interactions



Observation microscopique

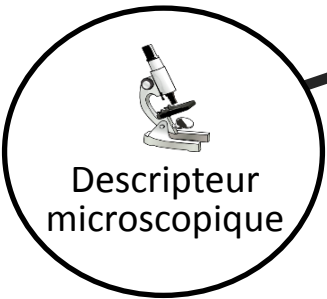
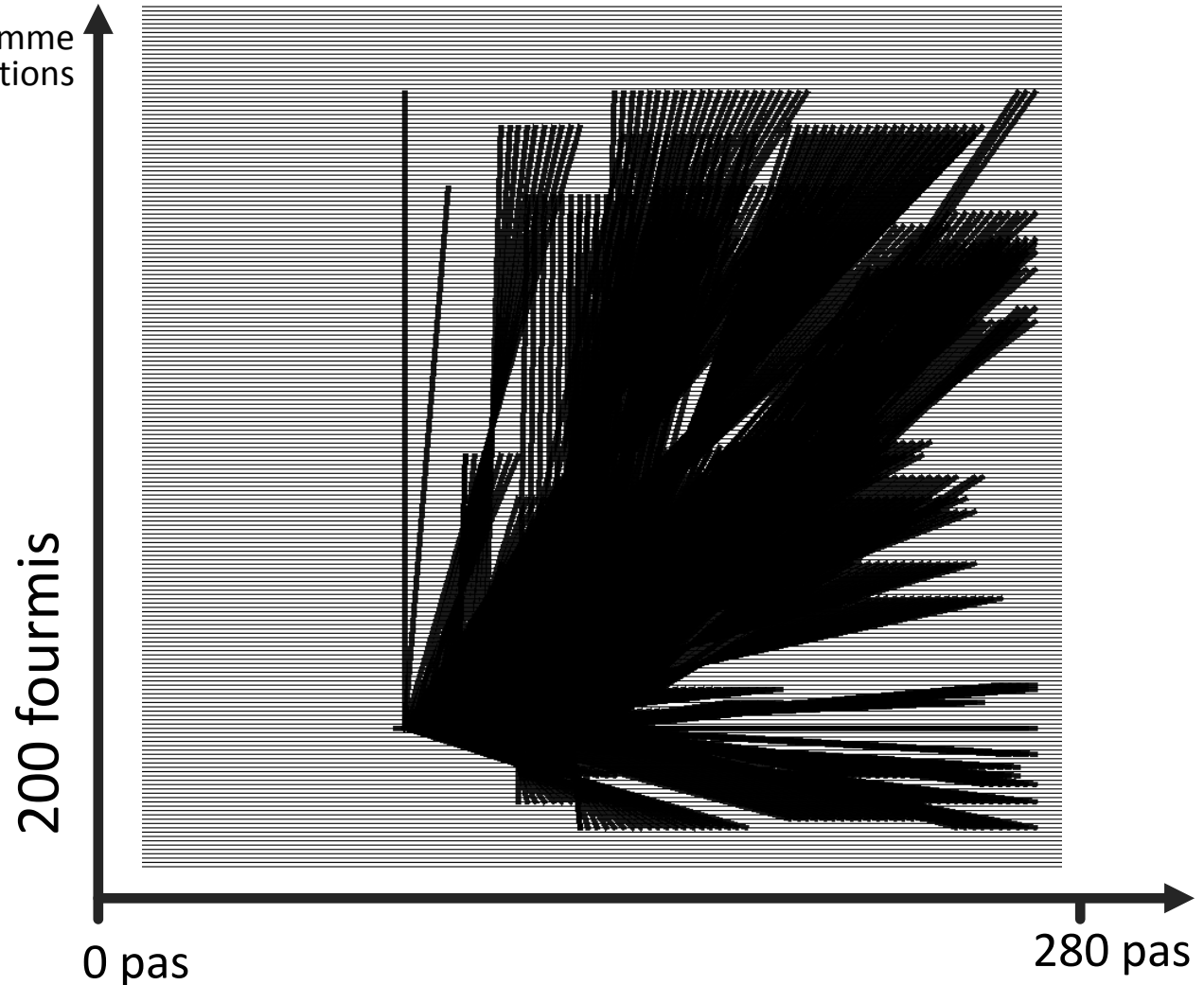


Diagramme d'interactions



Observation microscopique

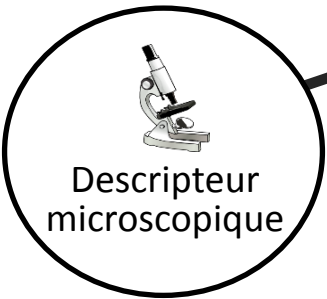
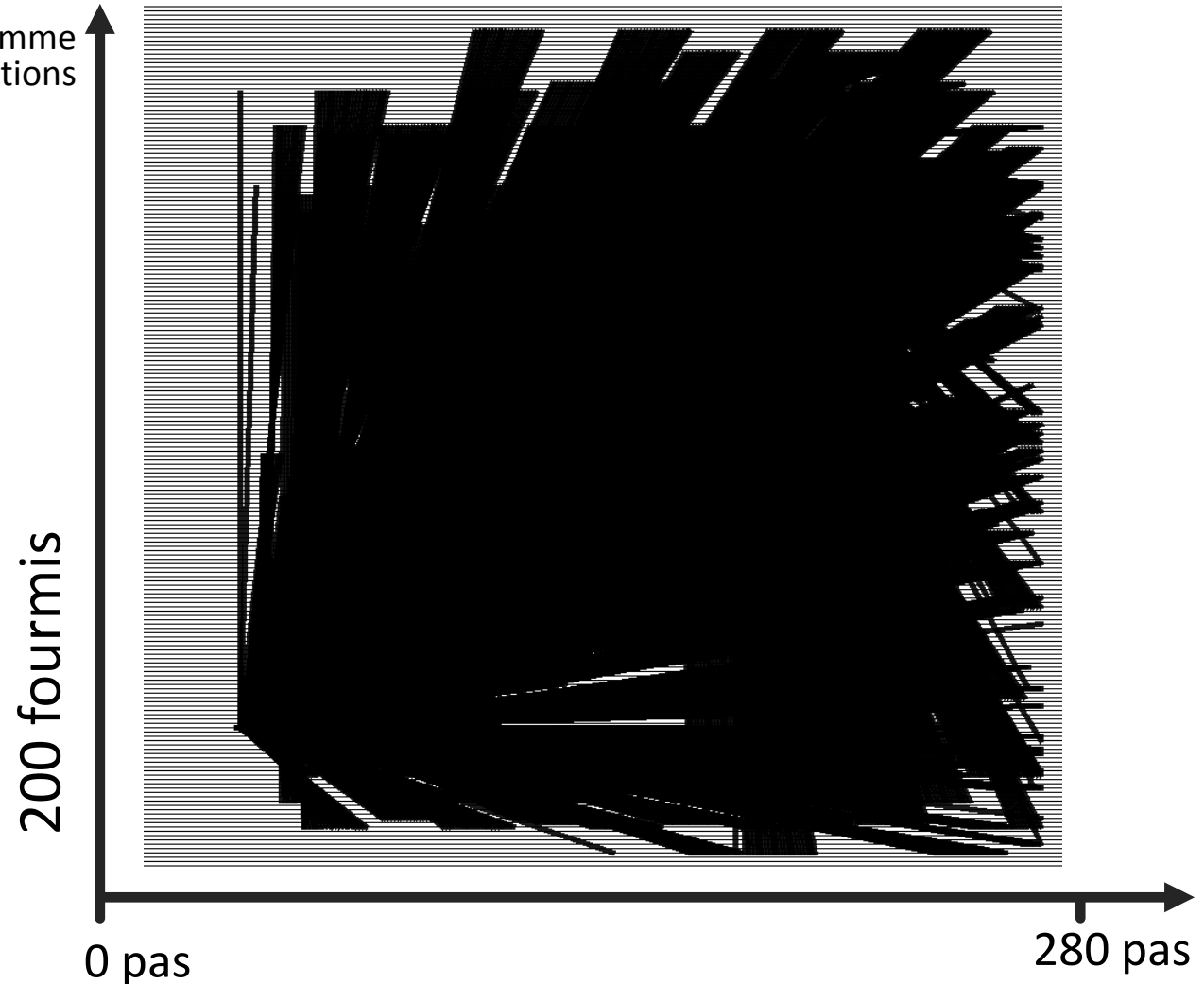
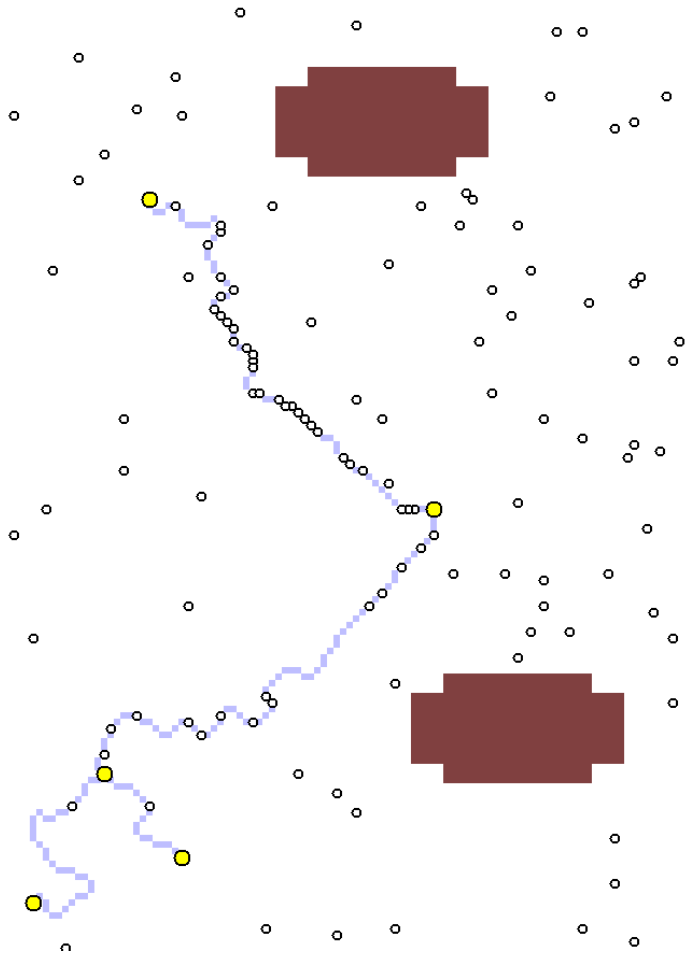


Diagramme d'interactions

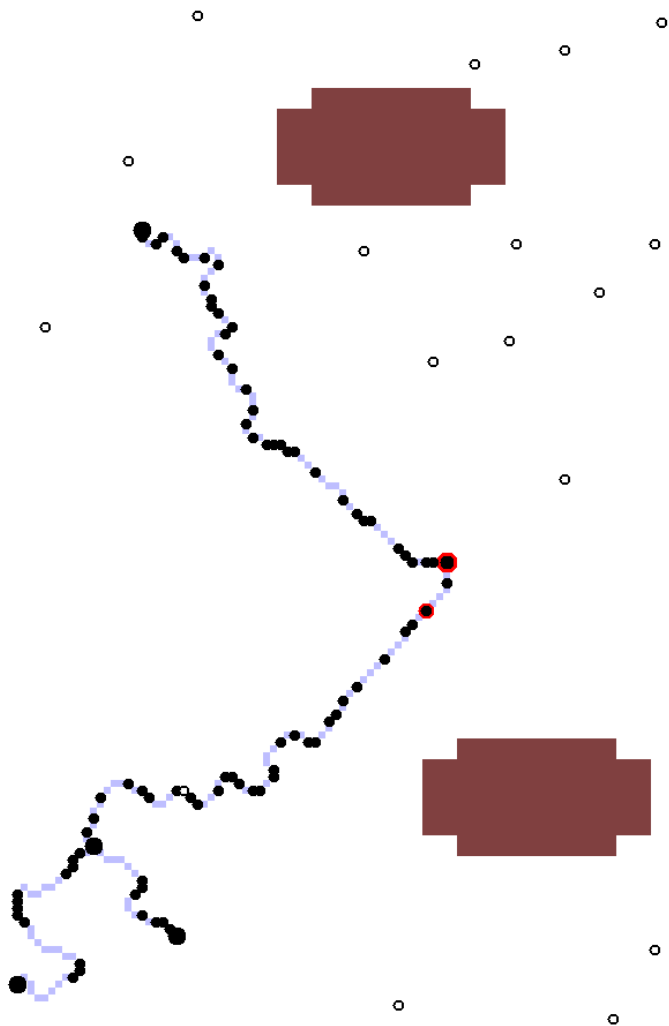


Sondes et agrégation spatiale



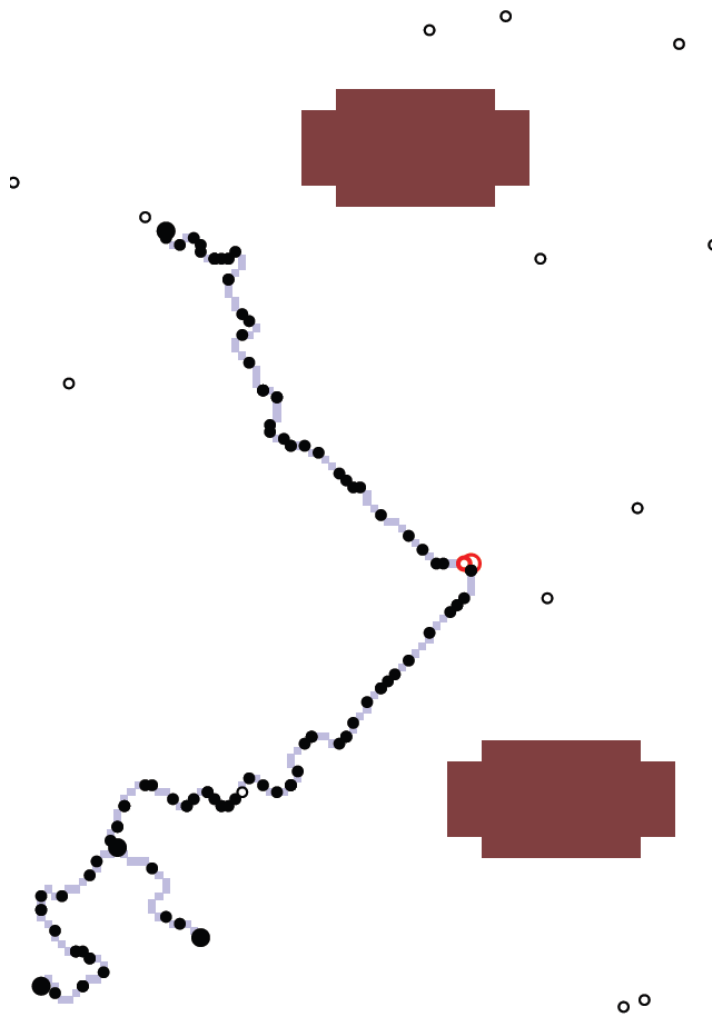
- Centralisation de l'information
- **Agents agrégés** : fourmis partant d'une sonde
- **Interactions entre sondes** : transfert d'une fourmi d'une piste à l'autre

Temps distribué et agrégation temporelle



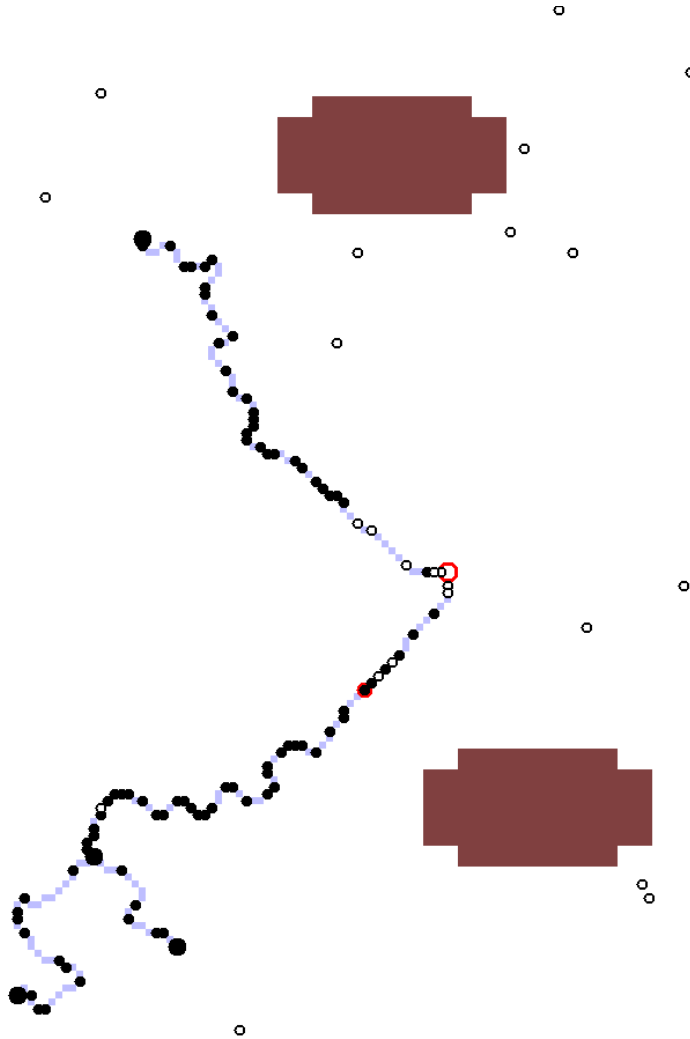
- Synchronisation de l'information
Adapté du *Snapshot algorithm*
[Chandy et Lamport, 1985]
- **Intervalles agrégés** : correspondant
à l'aller-retour d'une fourmi
- **Interaction entre sonde** : flux
d'activité pendant un aller-retour

Temps distribué et agrégation temporelle



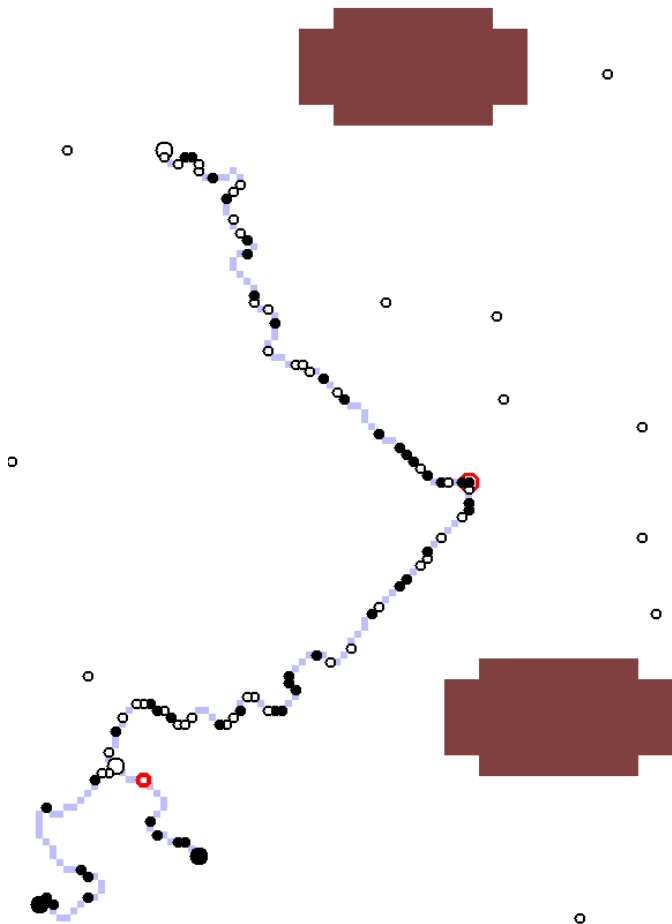
- Synchronisation de l'information
Adapté du *Snapshot algorithm*
[Chandy et Lamport, 1985]
- **Intervalles agrégés** : correspondant
à l'aller-retour d'une fourmi
- **Interaction entre sonde** : flux
d'activité pendant un aller-retour

Temps distribué et agrégation temporelle



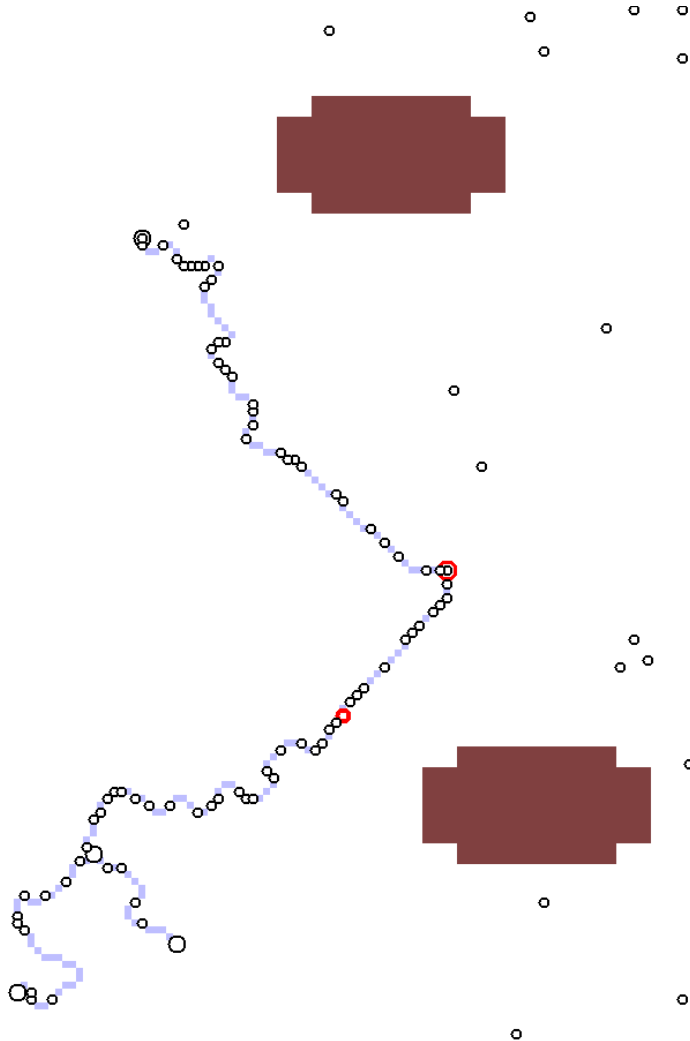
- Synchronisation de l'information
Adapté du *Snapshot algorithm*
[Chandy et Lamport, 1985]
- **Intervalles agrégés** : correspondant
à l'aller-retour d'une fourmi
- **Interaction entre sonde** : flux
d'activité pendant un aller-retour

Temps distribué et agrégation temporelle



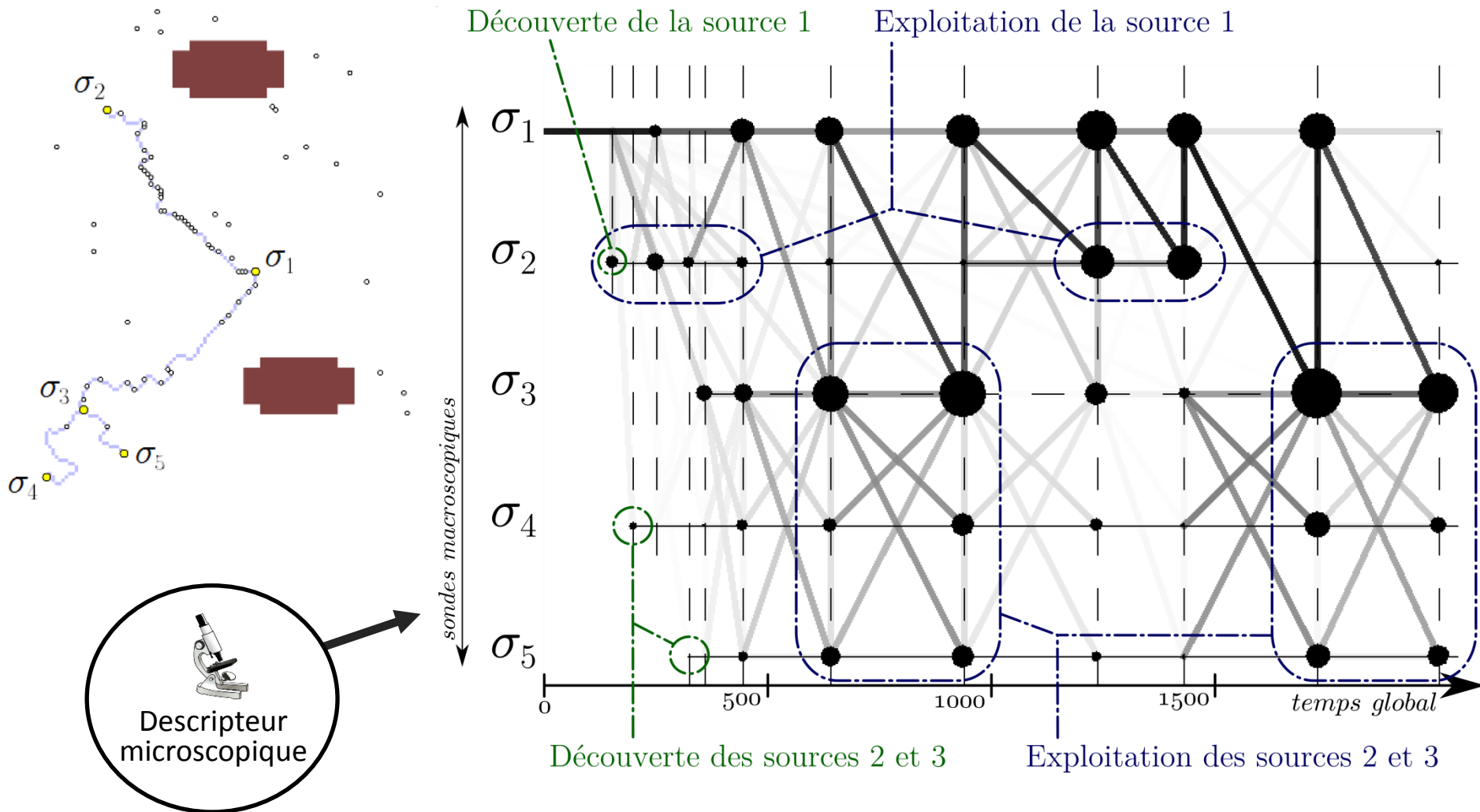
- Synchronisation de l'information
Adapté du *Snapshot algorithm*
[Chandy et Lamport, 1985]
- **Intervalles agrégés** : correspondant à l'aller-retour d'une fourmi
- **Interaction entre sonde** : flux d'activité pendant un aller-retour

Temps distribué et agrégation temporelle

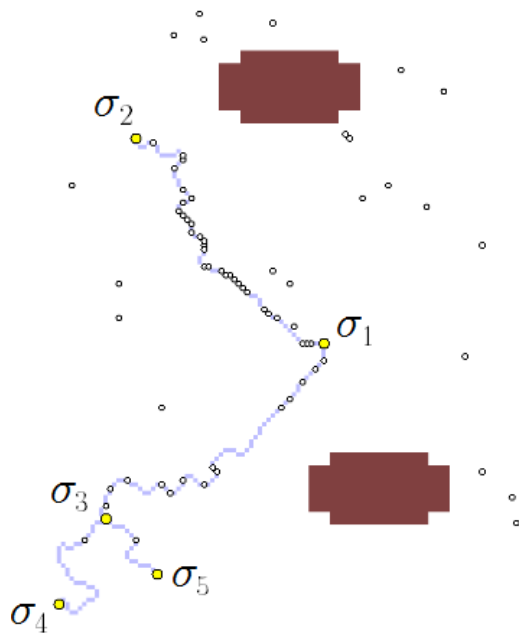


- Synchronisation de l'information
Adapté du *Snapshot algorithm*
[Chandy et Lamport, 1985]
- **Intervalles agrégés** : correspondant
à l'aller-retour d'une fourmi
- **Interaction entre sonde** : flux
d'activité pendant un aller-retour

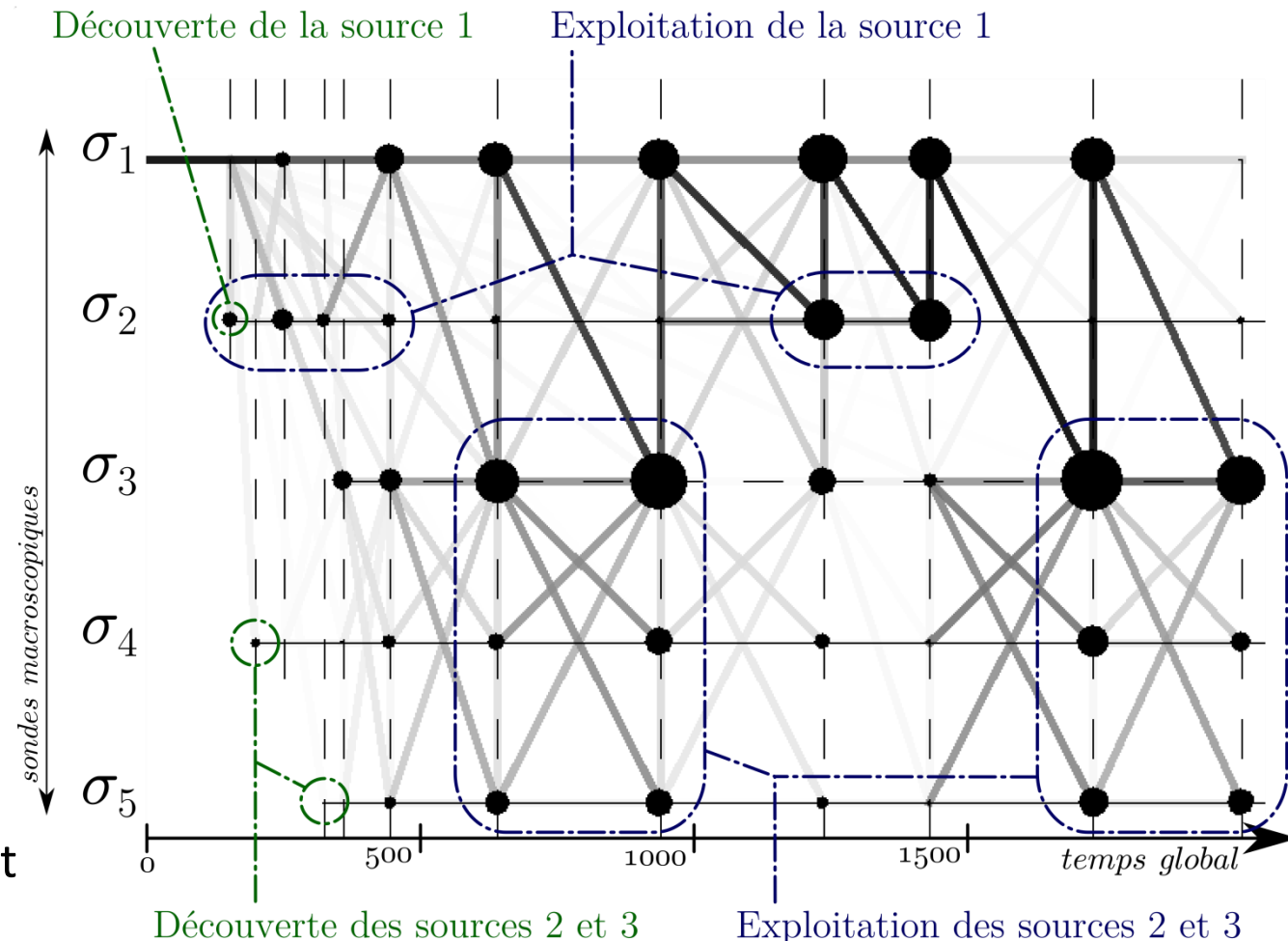
Description macroscopique finale



Description macroscopique finale



- Descriptions macroscopiques moins coûteuses
- Phénomènes émergent apparents malgré la perte d'information



Résultats

- $|X| = 100$ simulations
- 6400 fourmis, 6400 pas de temps
- 10 sources, 4 obstacles, grille 220×200

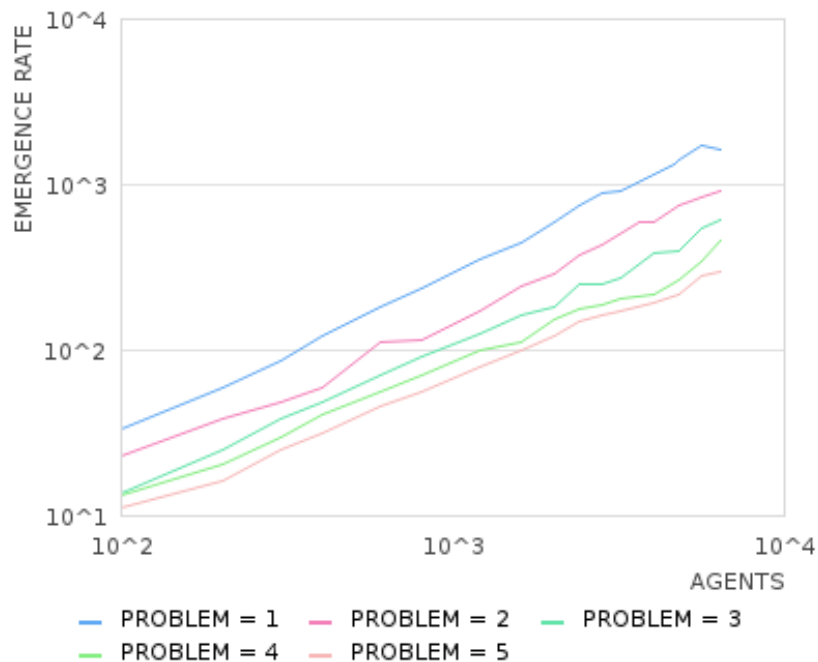
Complexité	Taux d'émergence moyen	Écart type
Spatiale	$\overline{\rho_X} = 300$	$\sigma_X = 1,4$
Temporelle	$\overline{\rho_X} = 180$	$\sigma_X = 1,2$
Interactionnelle	$\overline{\rho_X} = 14000$	$\sigma_X = 1,5$
Interactionnelle relative	$\overline{\rho_X} = 58$	$\sigma_X = 1,5$

Résultats

Complexité spatiale

En fonction du nombre d'agents

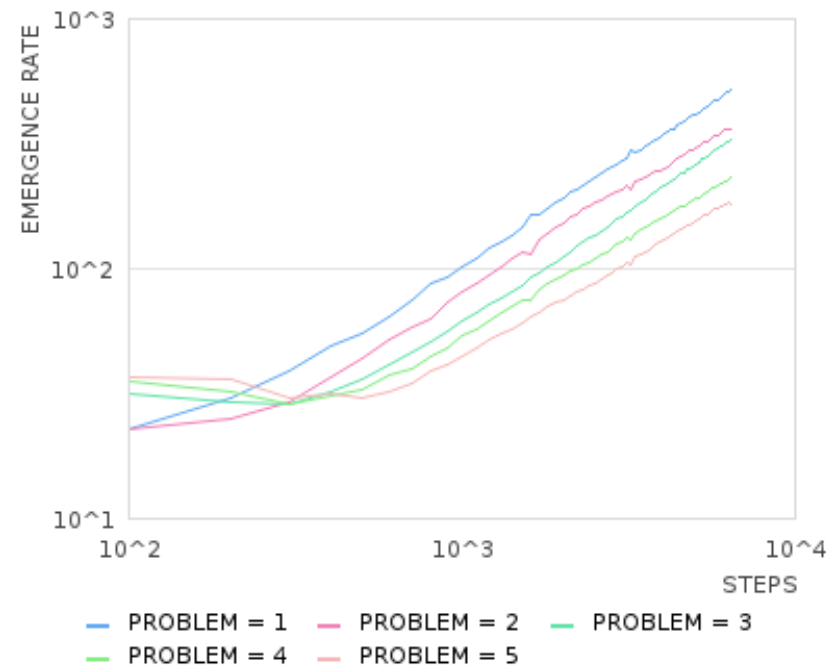
CONSTANT STEPS = 6400



Complexité temporelle

En fonction du temps d'exécution

CONSTANT AGENTS = 6400



Bilan et perspectives

■ Bilan

- Concept d'émergence pour les DALMAS
- Exemple d'émergence à partir de descriptions causales
- Calcul de l'émergence dans les DALMAS

■ Perspectives

- Application sur les Systèmes d'Information Géographique (plus grands, plus complexes, moins contrôlés)
- Analyse théorique et empirique des effets de sonde (à partir de travaux en systèmes distribués [Chassin de Kergommeaux, 2001])

Merci pour votre attention
Démonstration à 17h

Robin.Lamarche-Perrin@imag.fr