

SOUTENANCE DE MASTER

Robin Lamarche-Perrin

**Observation macroscopique  
pour l'analyse de systèmes multi-agents  
à grande échelle**

Jean-Marc Vincent  
Équipe MESCAL

Yves Demazeau  
Équipe MAGMA

Laboratoire d'Informatique de Grenoble

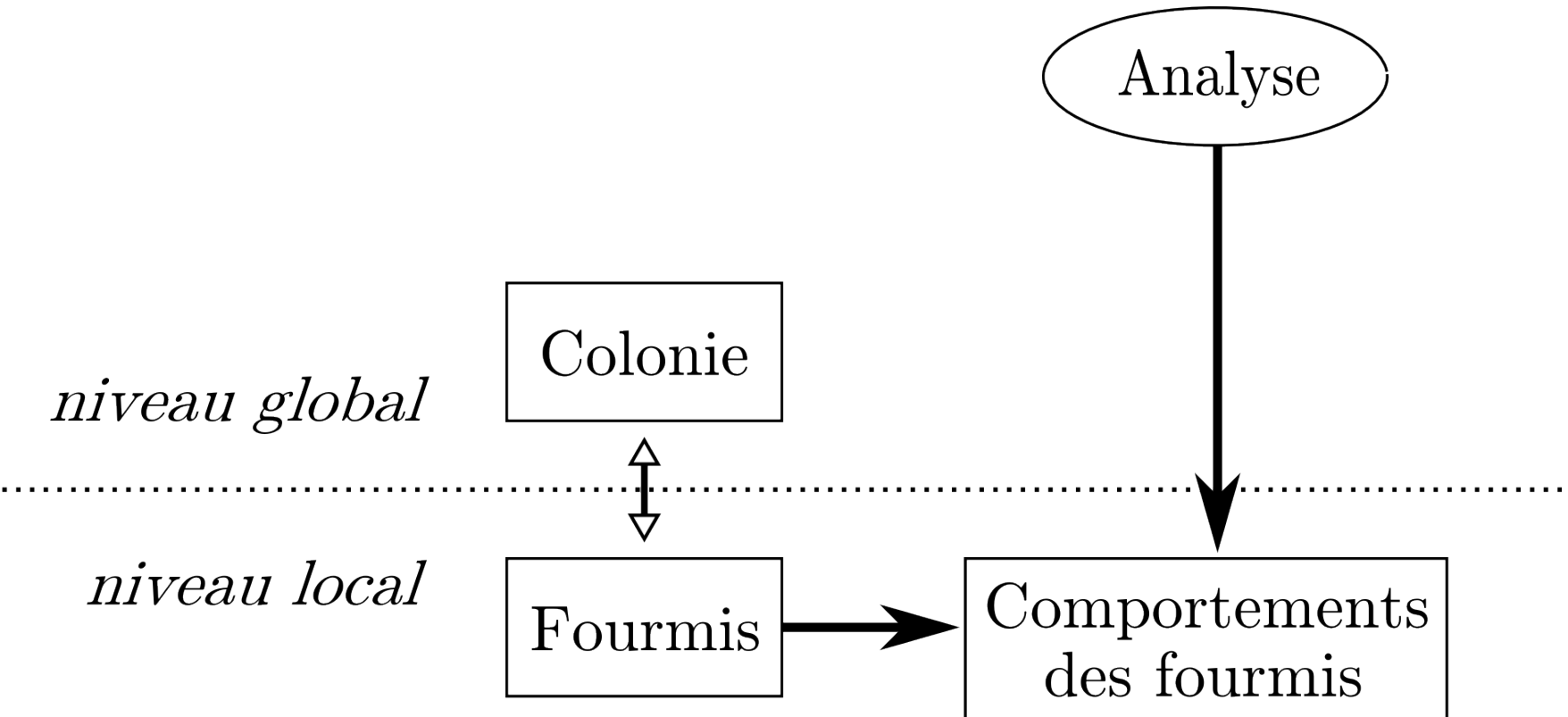
# 1. Problématique

Analyser le comportement des SMA

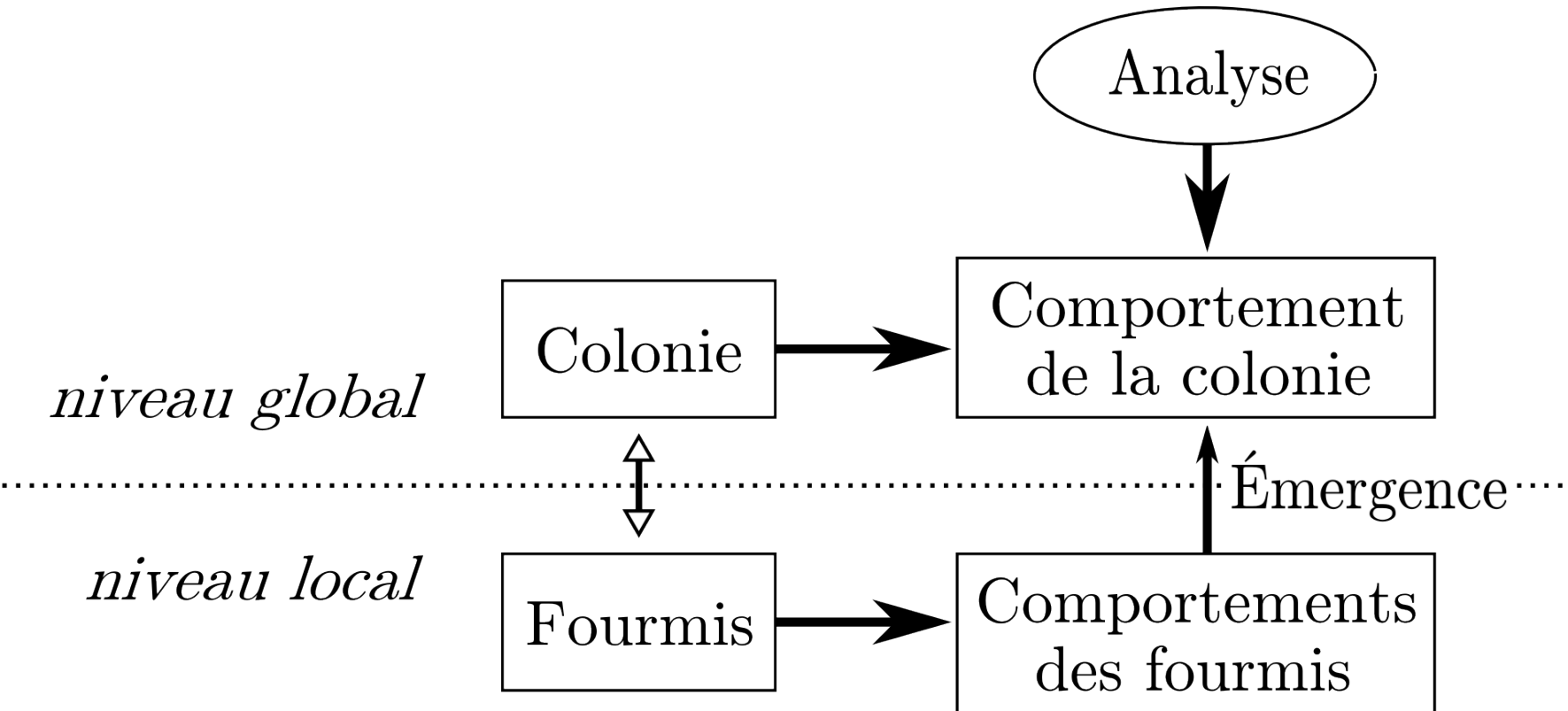
# Exemple introductif : la fourmi

- Qu'est-ce que « **analyser le comportement d'une fourmi** » ?
- Définitions [Robert et al., 2002]
  - **Comportement** Ensemble des réactions objectivement observables
  - **Analyser** Décomposer un objet d'étude en ses éléments essentiels, afin d'en saisir les rapports et de donner un schéma de l'ensemble

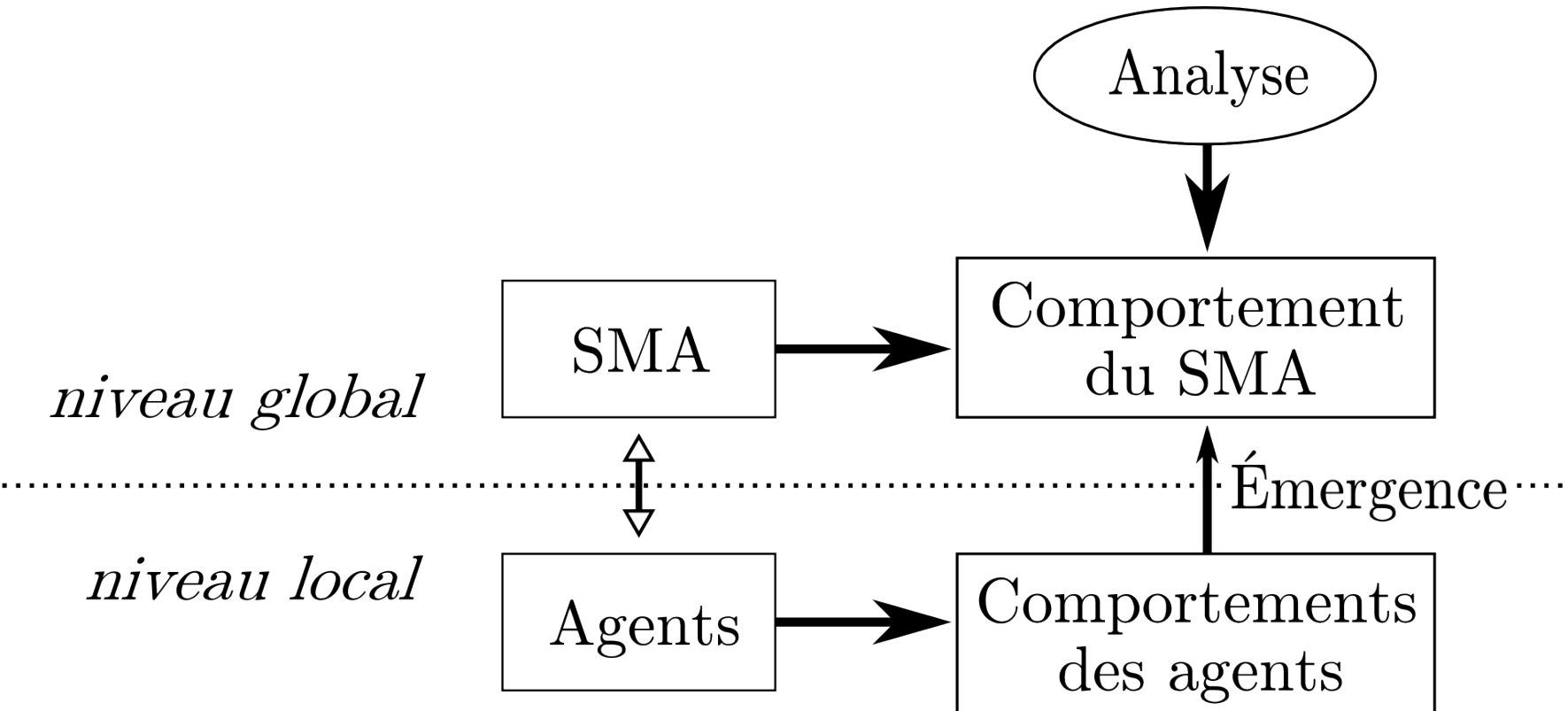
# Comportement local



# Comportement global

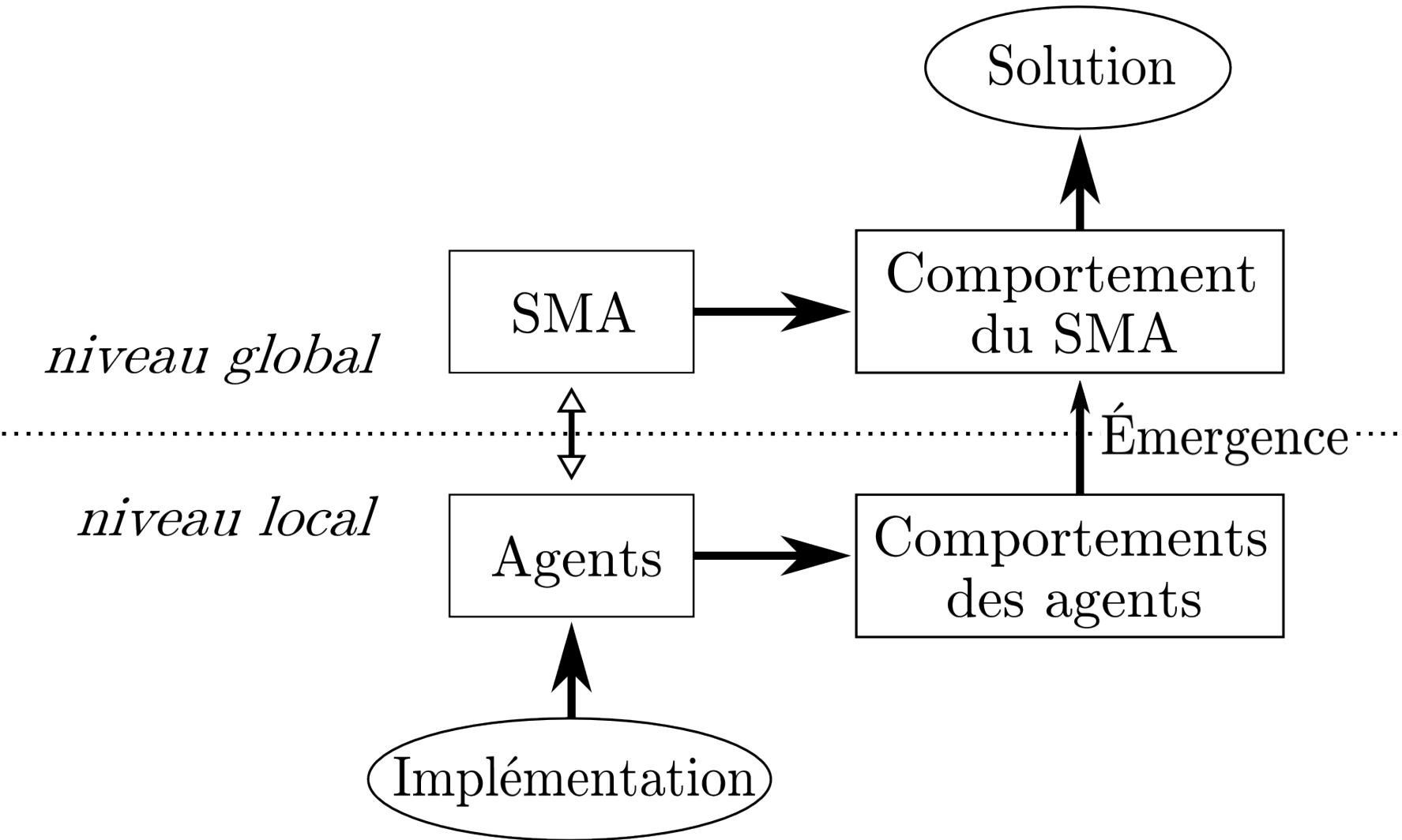


# Comportement global



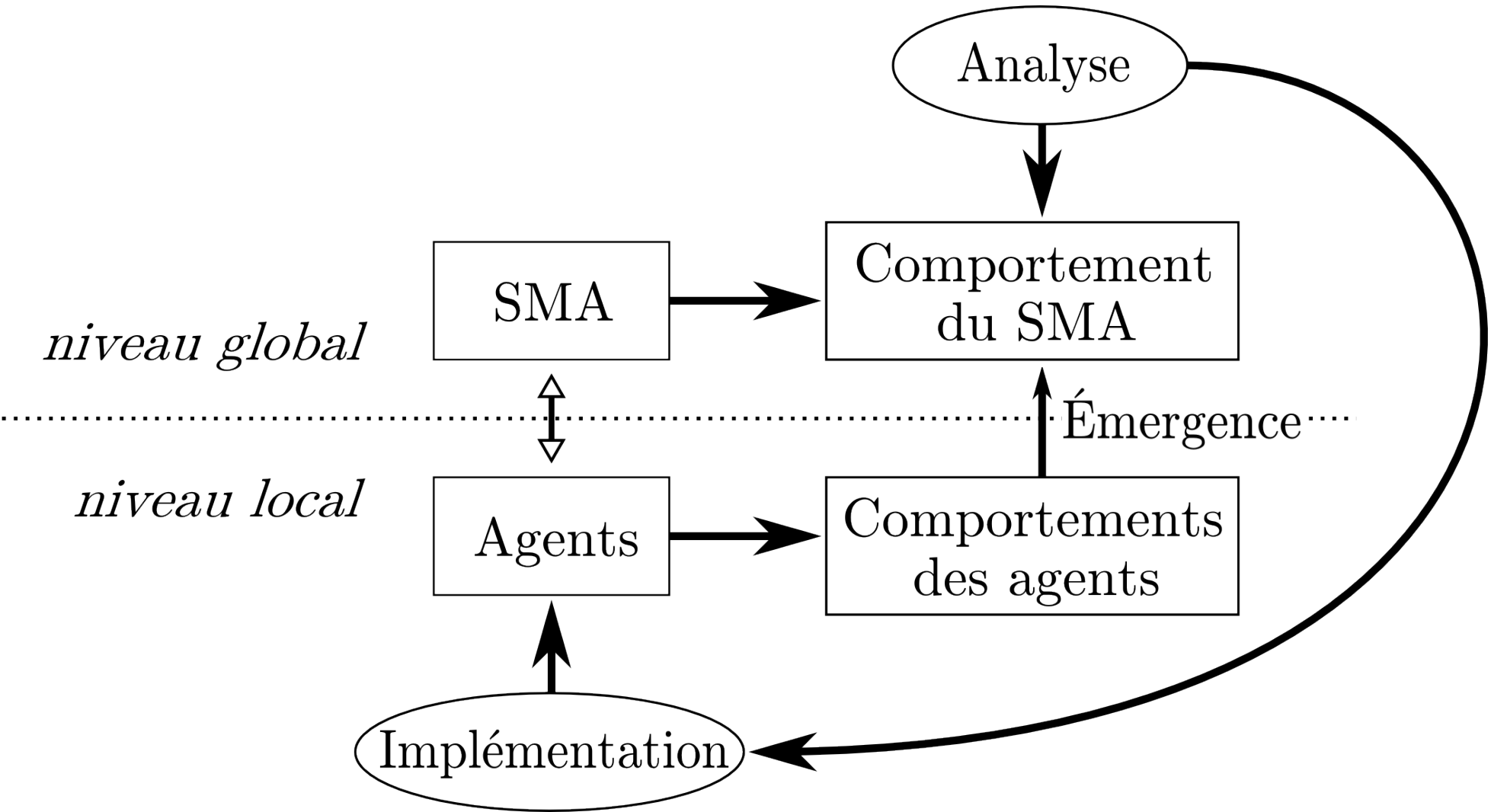
- Problème : **changement de niveau**

# Conception des SMA



- Problème : **changement de niveau**

# Conception des SMA





# Contexte de l'analyse

- SMA **décentralisés** et **asynchrones**
- SMA à **grande échelle**
  - Espace : ensemble des agents ( $N = 10^6$  agents)
  - Temps : temps de l'exécution ( $T = 10^6$  unités de temps)
  - Interactions =  $O(N^2T^2) = 10^{24}$  interactions !

Problème : **passage à l'échelle** de l'analyse

# Contributions

- **Limites** des travaux antérieurs pour le passage à l'échelle de l'analyse
- **Dépassement** par l'observation macroscopique
- **Modélisation** et **cohérence** de l'observation
- **Évaluation** de notre approche

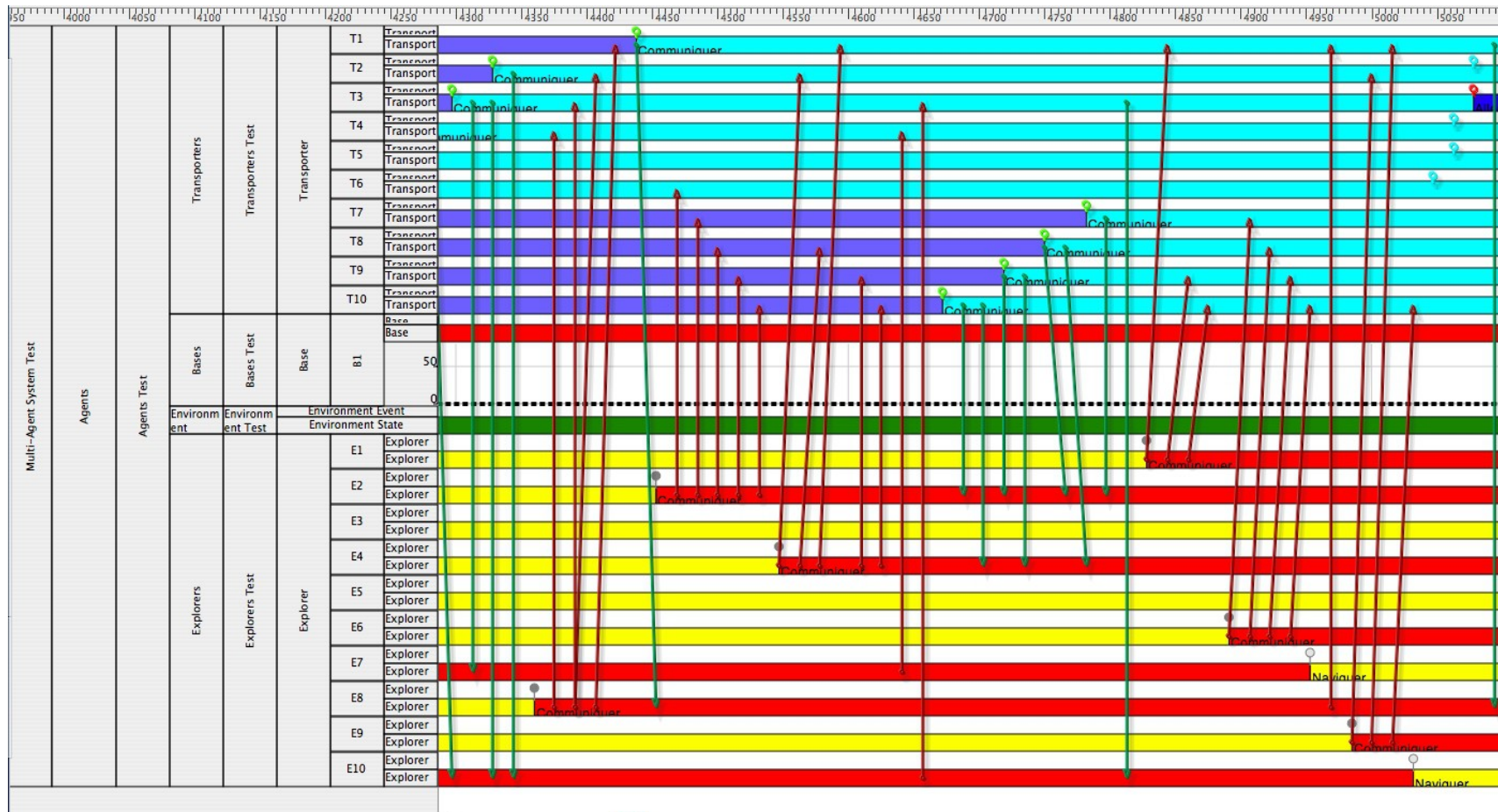
## 2. Positionnement

Le rôle de l'observation

# Travaux antérieurs

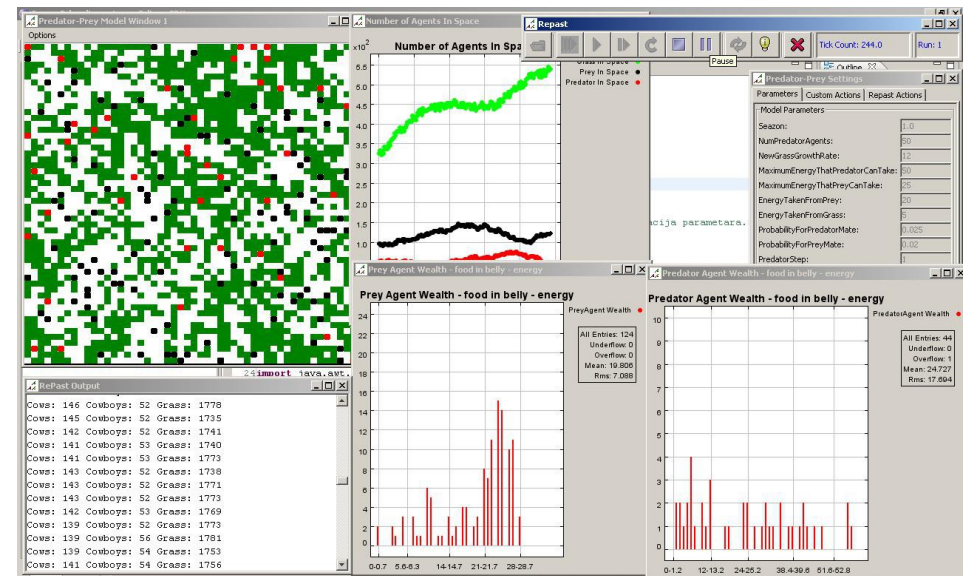
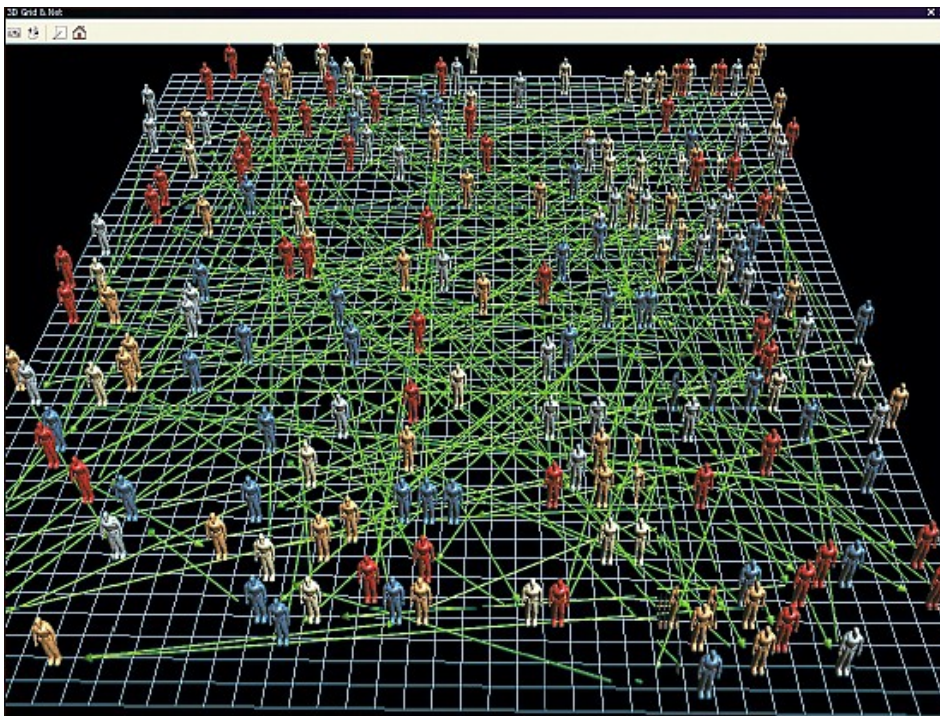
- Prototype et analyse de traces

*MAS-Pajé* [Joumaa et al., 2009]

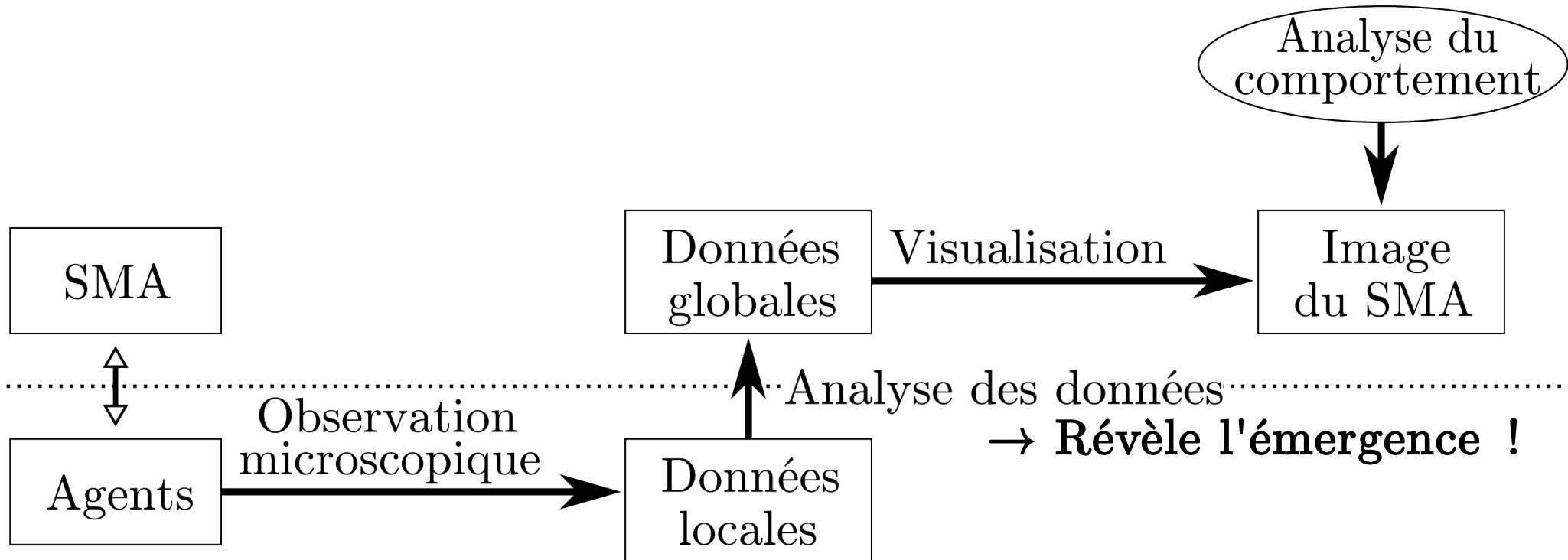


# Travaux antérieurs

- Simulation instrumentée
  - Swarm [Minar et al., 1996] – MASON [Luke et al., 2005]
  - Repast [North et al., 2007]



# Les 3 étapes de l'analyse

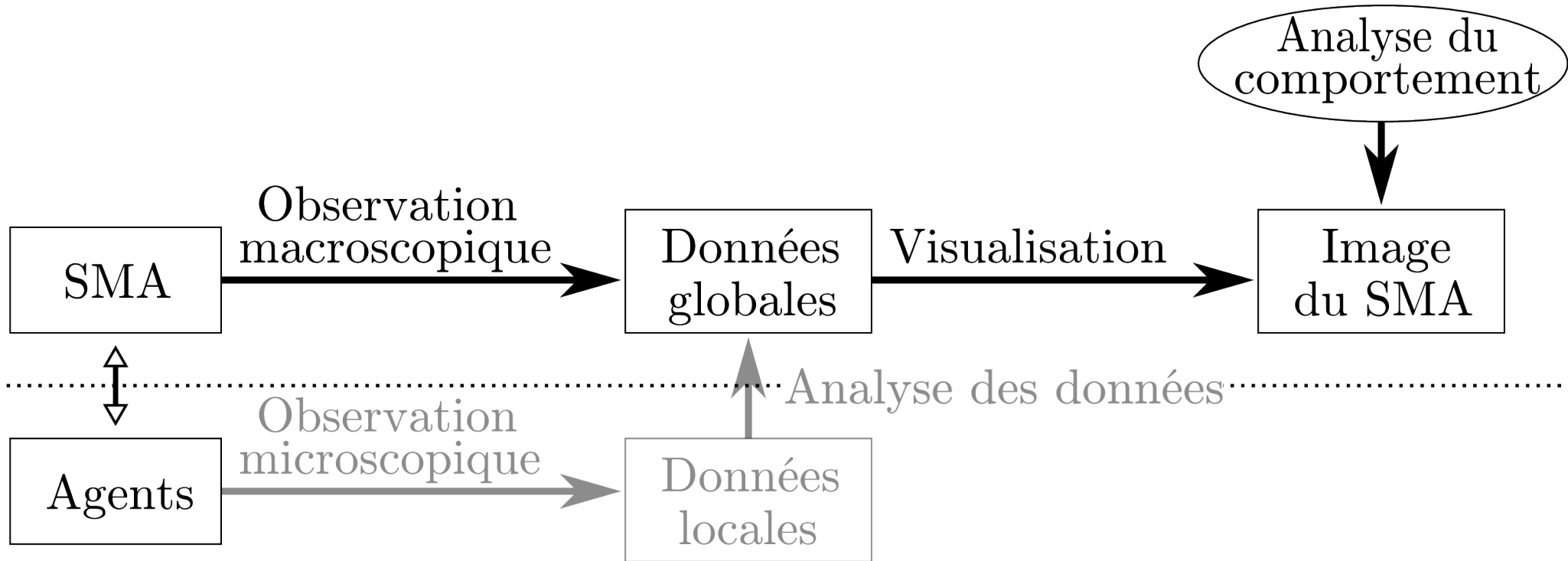


# Difficultés de l'observation microscopique

- **Contrôle de l'intrusion**
- **Asynchronie** des observations locales
- **Coûts élevés** (en pratique)
  - Déploiement de l'infrastructure d'observation :  
 $O(N) = O(10^6)$  sondes
  - Traitement des données :  
 $O(N^2T^2) = O(10^{24})$  interactions à traiter !

→ **Problème : le passage à l'échelle  
de l'observation**

# Notre approche



Remarque : **modèle de l'observateur**



# Avantages de l'observation macroscopique

- Traitement « naturel » de l'asynchronisme
- Traitement immédiat de l'émergence
- Coût moindre (déploiement et temps de calcul)

→ **Solution au problème du passage à l'échelle de l'observation**

Remarque : **intrusion** toujours présente

# Critères d'évaluation

- L'observation macroscopique doit
  - Donner une **image cohérente** de l'exécution
  - Détecter directement les **comportements émergents**
  - Rendre compte des **rapports entre ces comportements** (en terme de causalité)
  - Avoir une **taille inférieure** à l'observation microscopique (en terme d'interactions observées)

# 3. Modélisation

Formaliser la notion  
d'observation macroscopique

# Objectif de la modélisation

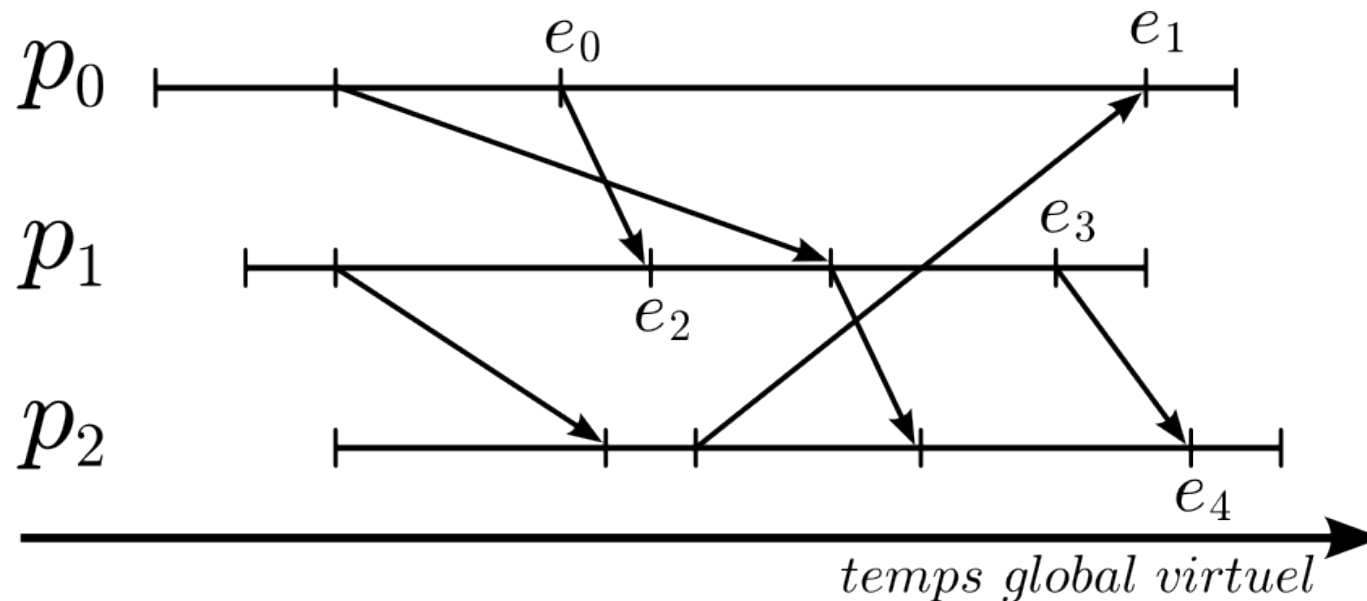
- Observation macroscopique
  - **Générique** (qui s'applique à tous les SMA)
  - **Cohérente** (qui engendre des données cohérentes)
  - **Expressive** (qui décrit les relation de causalités entre les comportements)

# Origine du méta-modèle de SMA

- Calcul de processus [Hoare, 1978]
- Modèle de système distribué [Mattern, 1989]
  - Processus
    - Séquence ordonnée d'événements (**comportement**)
    - Induit un **temps logique local**
  - Message
    - Relation entre deux événements (processus distincts)
    - Permet de reconstruire un **temps logique global**

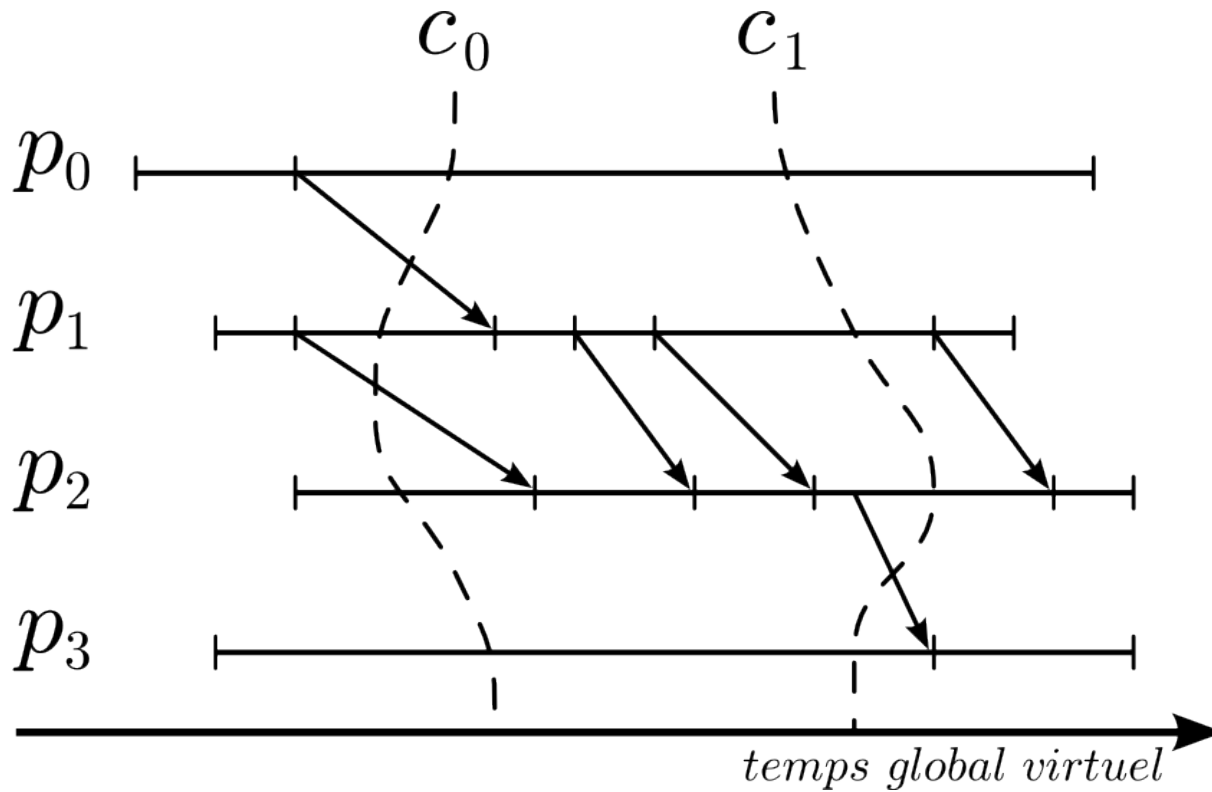
# Temps logique global

- Diagramme d'exécution d'un système distribué

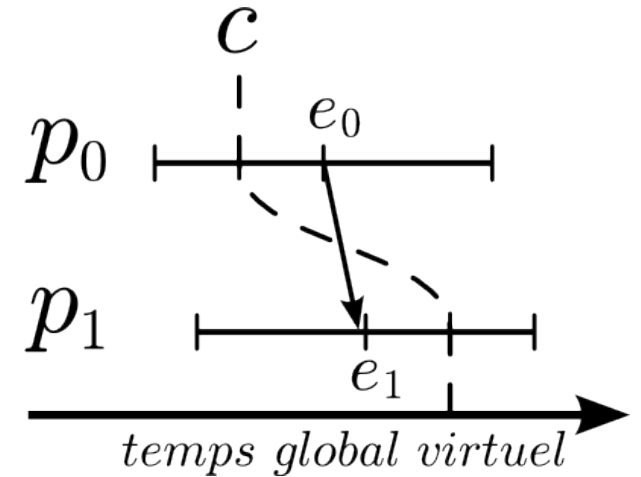


- $e_2$  précède **localement**  $e_3$  (processus)
- $e_3$  précède **localement**  $e_4$  (message)
- $e_0$  précède **globalement**  $e_4$  (système)

# Coupes cohérentes [Mattern, 1989]



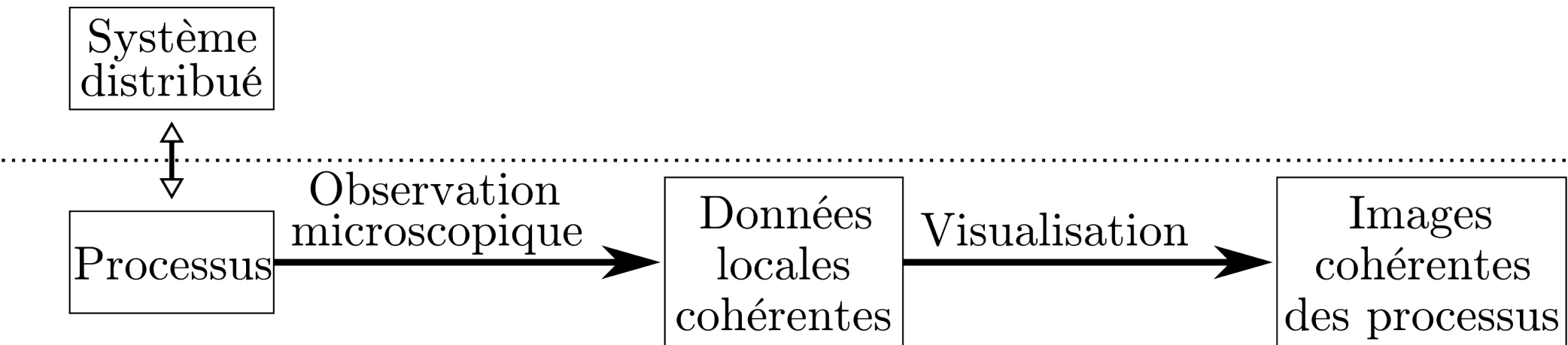
Coupes cohérentes



Coupe incohérente

# Du microscopique... [Mattern, 1989] [Fidge, 1991]

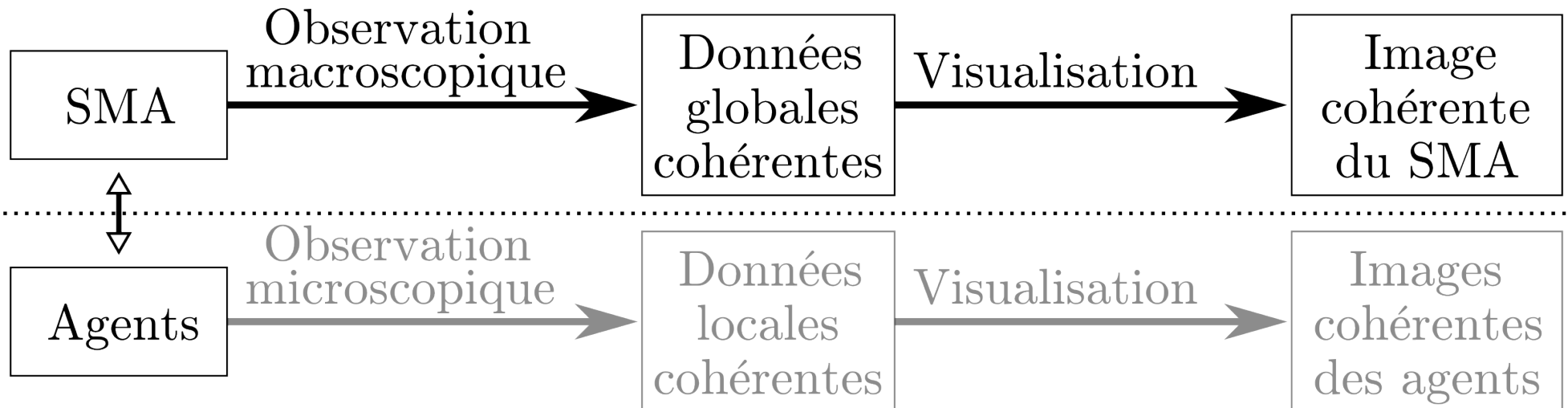
- Cohérence de l'observation microscopique





## ... au macroscopique [Lamarche-Perrin]

- Adaptation aux SMA
- Cohérence de l'**observation macroscopique**



# Méta-modèle de SMA

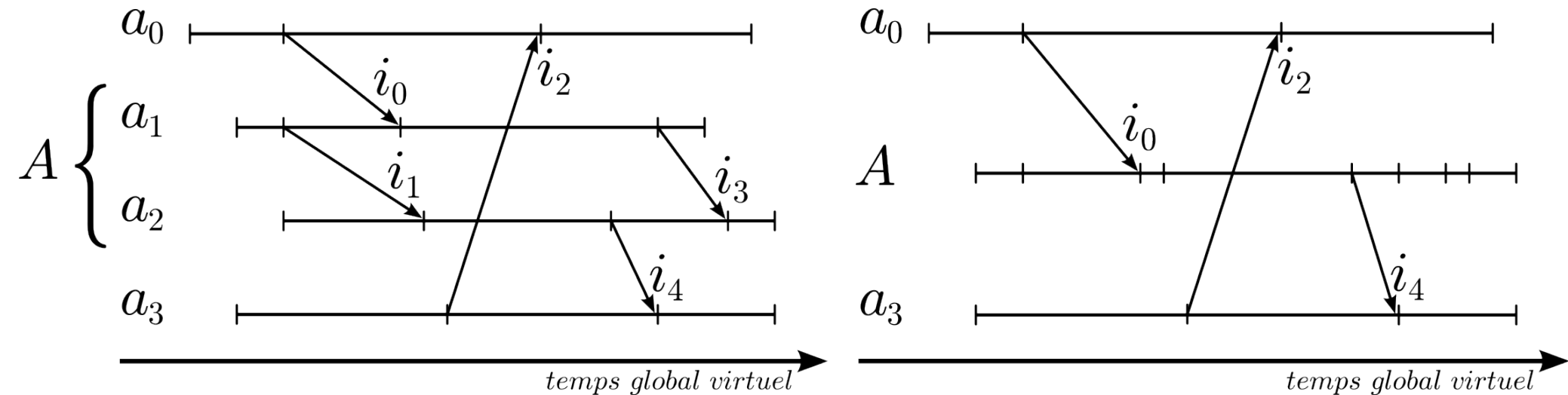
- Généralisation du modèle de système distribué
  - Un **agent** peut être modélisé comme un **processus**
  - Une **interaction** comme un **message**
  - Un **SMA** comme un **système distribué**
- Problème de l'environnement
  - Modélisé par des artefacts [Omicini et al., 2008]

# Observation macroscopique

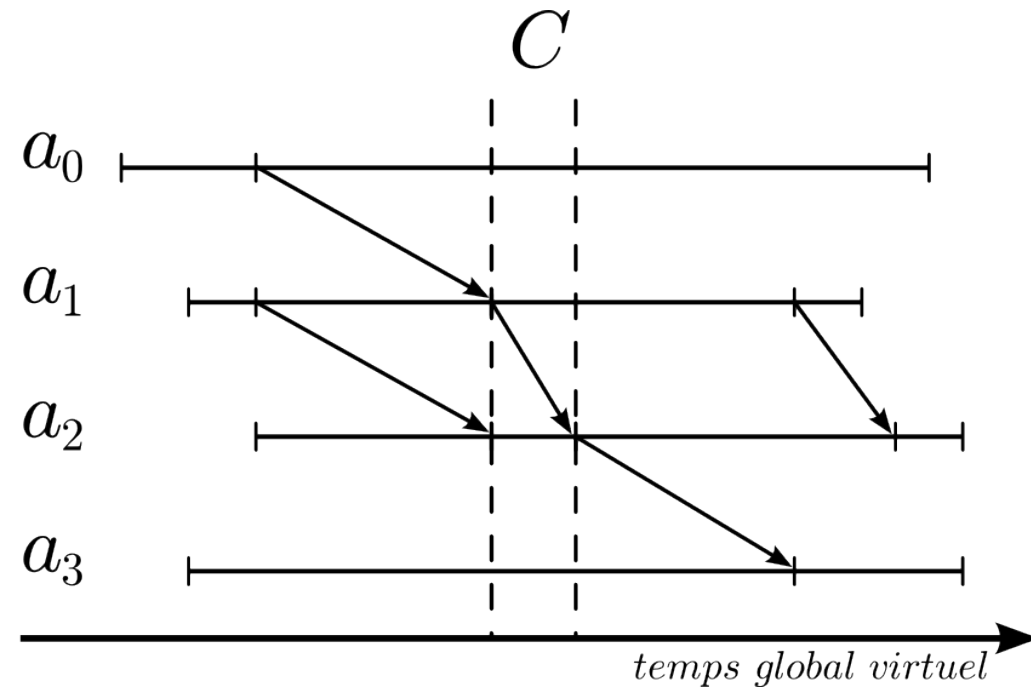
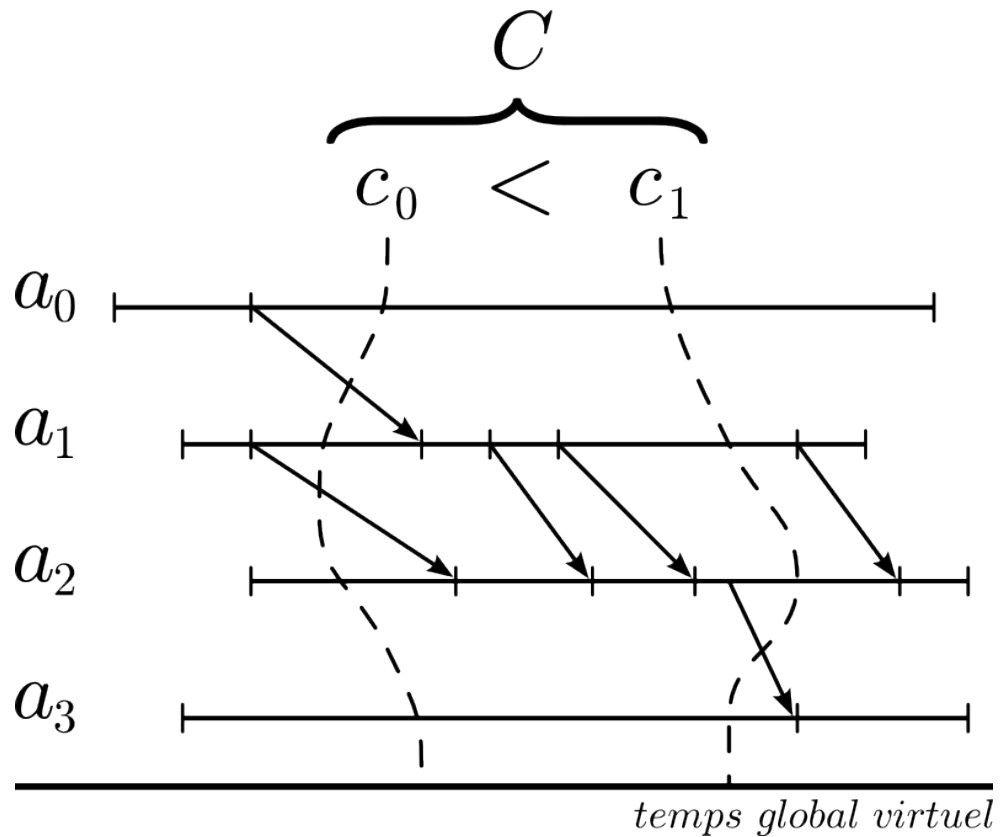
- **Transformation** de l'exécution des SMA
  - **Simplification** de la structure causale de l'exécution
  - **Conservation** de la temporalité globale (cohérence)
- **Agrégation** de parties du système  
(espace et temps)

# Deux types d'observations macroscopiques

- **Observation spatiale** (agrégation d'agents)
- **Observation temporelle** (agrégation de coupes)
- Exemple d'observation spatiale



# Observation temporelle



# Sondes macroscopiques

- Réalisent des observations macroscopiques
- Problème : **existence** et **équivalence** ?
- Exemples
  - Thermomètre (agrégation spatiale)
  - 10 000 mètres (agrégation temporelle)

# 4. Évaluation

Simuler l'observation macroscopique

# Protocole d'évaluation

(1) Choix d'une **plate-forme de simulation** :

*MASON* [Luke et al., 2005]

- Méta-modèle de SMA minimal
- Orientée systèmes en essaim (grande échelle)
- Architecture modulaire, bien documentée

(2) Choix de **modèles de SMA**

(3) **Observation microscopique** et  
**macroscopique** de l'exécution des modèles

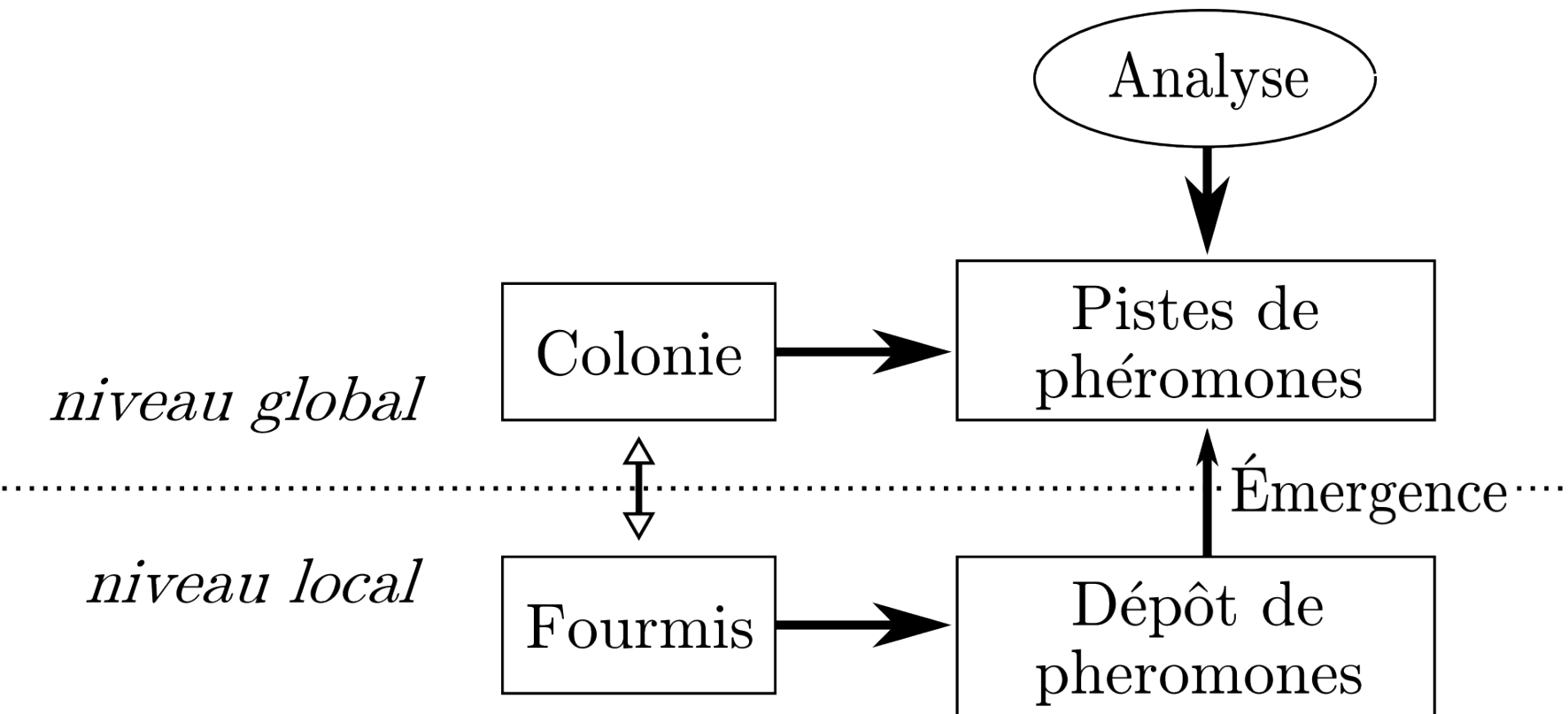
(4) Comparaison des résultats et **évaluation**



# Expériences

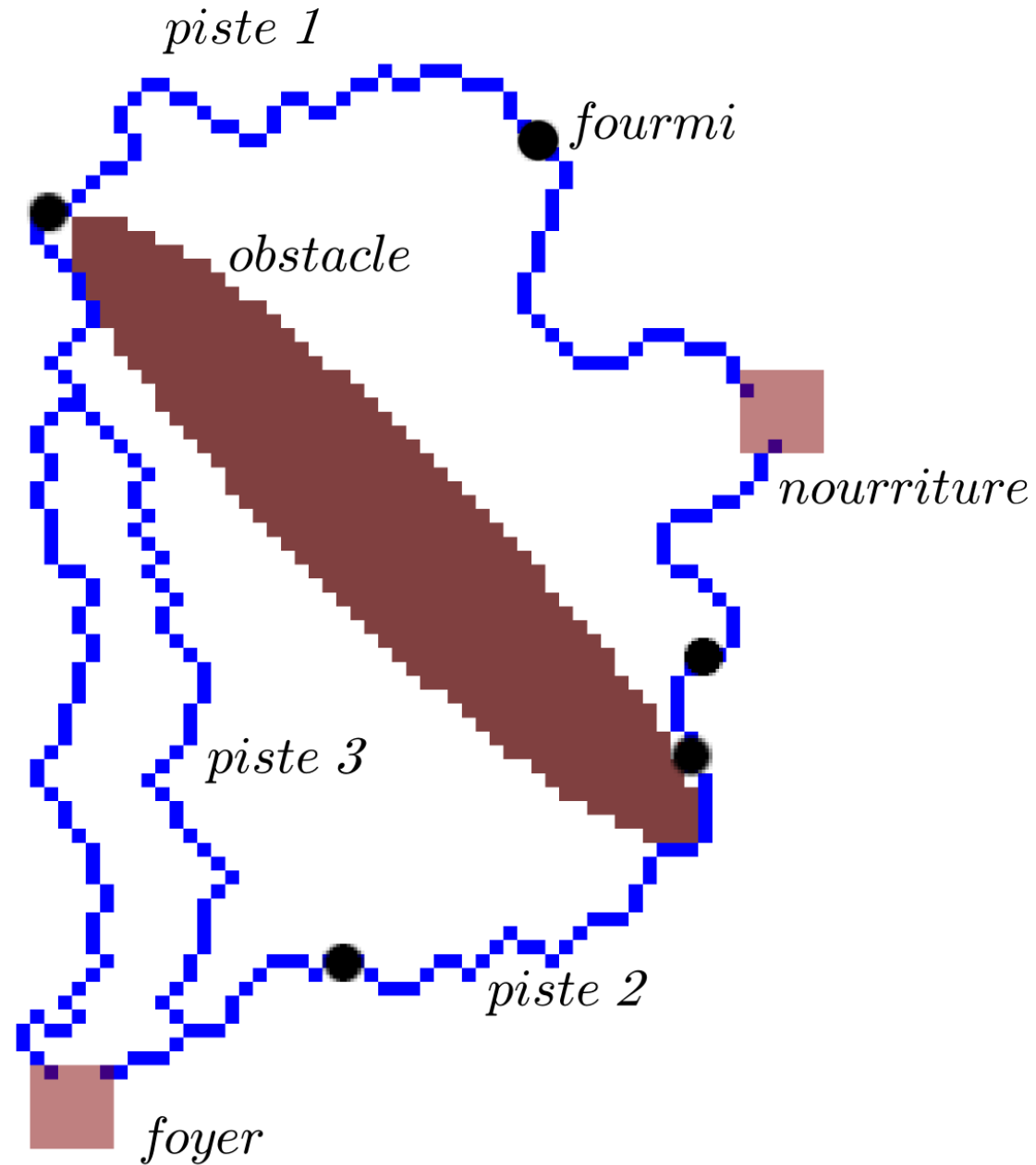
- Modèle de **grille informatique**  
(observations macroscopiques **spatiales**)
  - 150 processus, 15 machines, 3 *clusters* (40 pas)
  - 10 000 processus, 100 machines, 5 *clusters* (*tests*)
- Modèle de **colonie de fourmis**  
(observations macroscopiques **temporelles**)
  - 5 fourmis (1780 pas) → **présentation**
  - 20 fourmis (1300 pas), 100 fourmis (*tests*)

# Colonie de fourmis [Drogoul et al., 1995]



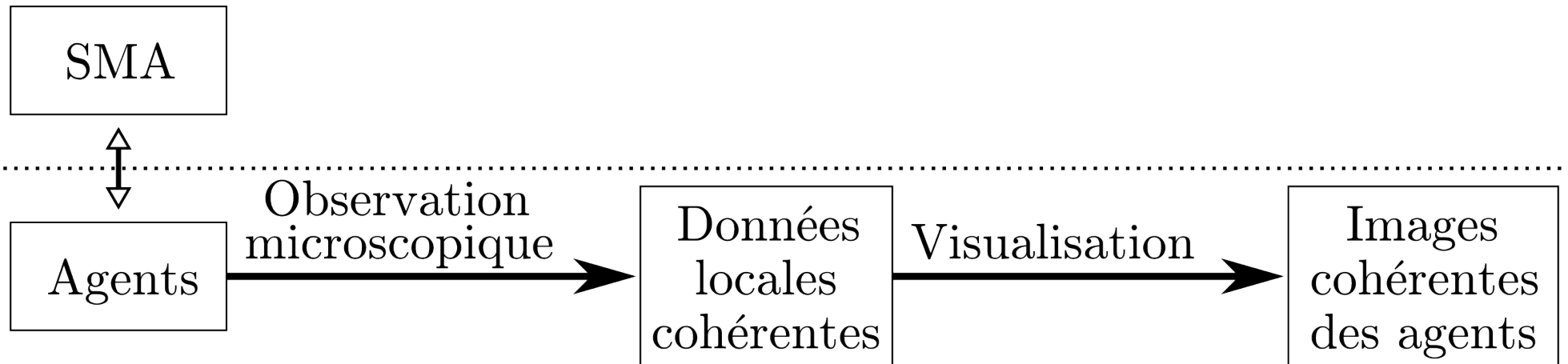
Interaction : dépôt de phéromones  $\rightarrow$  attraction

# Exemple de colonie



# Observation microscopique

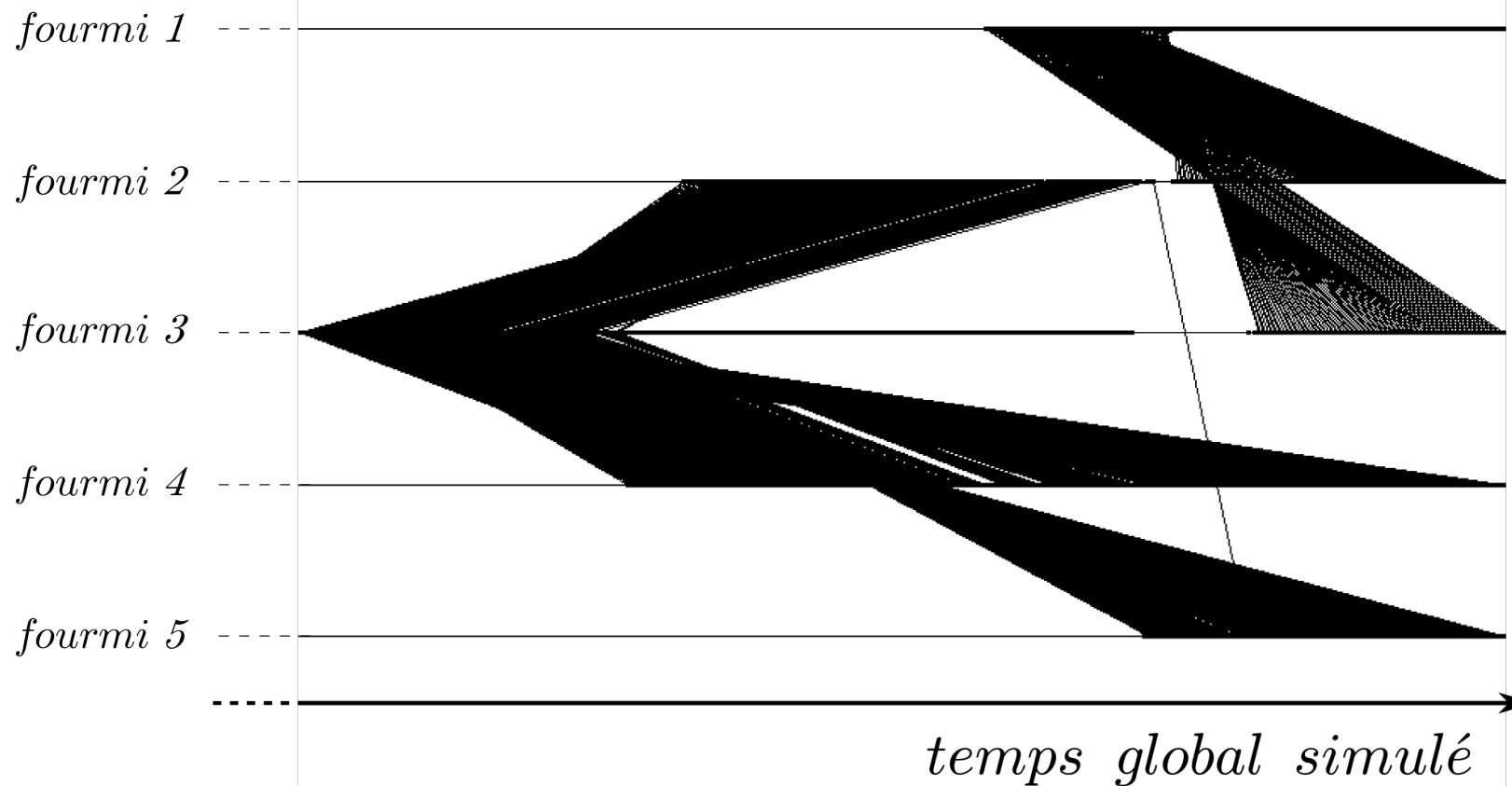
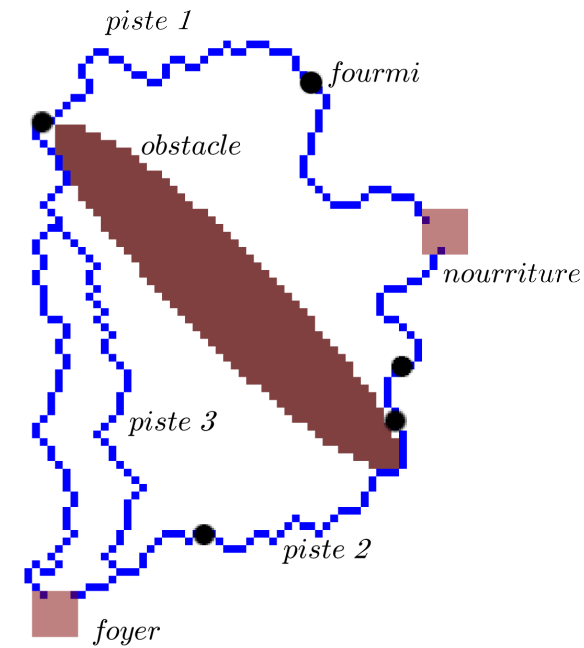
[Mattern, 1989]



# Observation microscopique

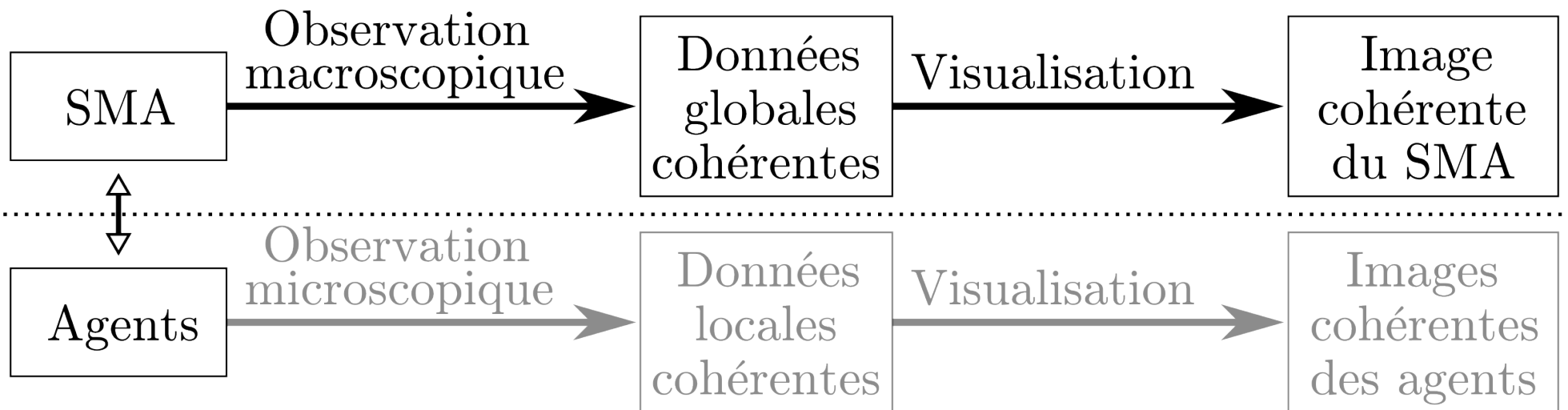
[Mattern, 1989]

Taille : **1309** interactions observées



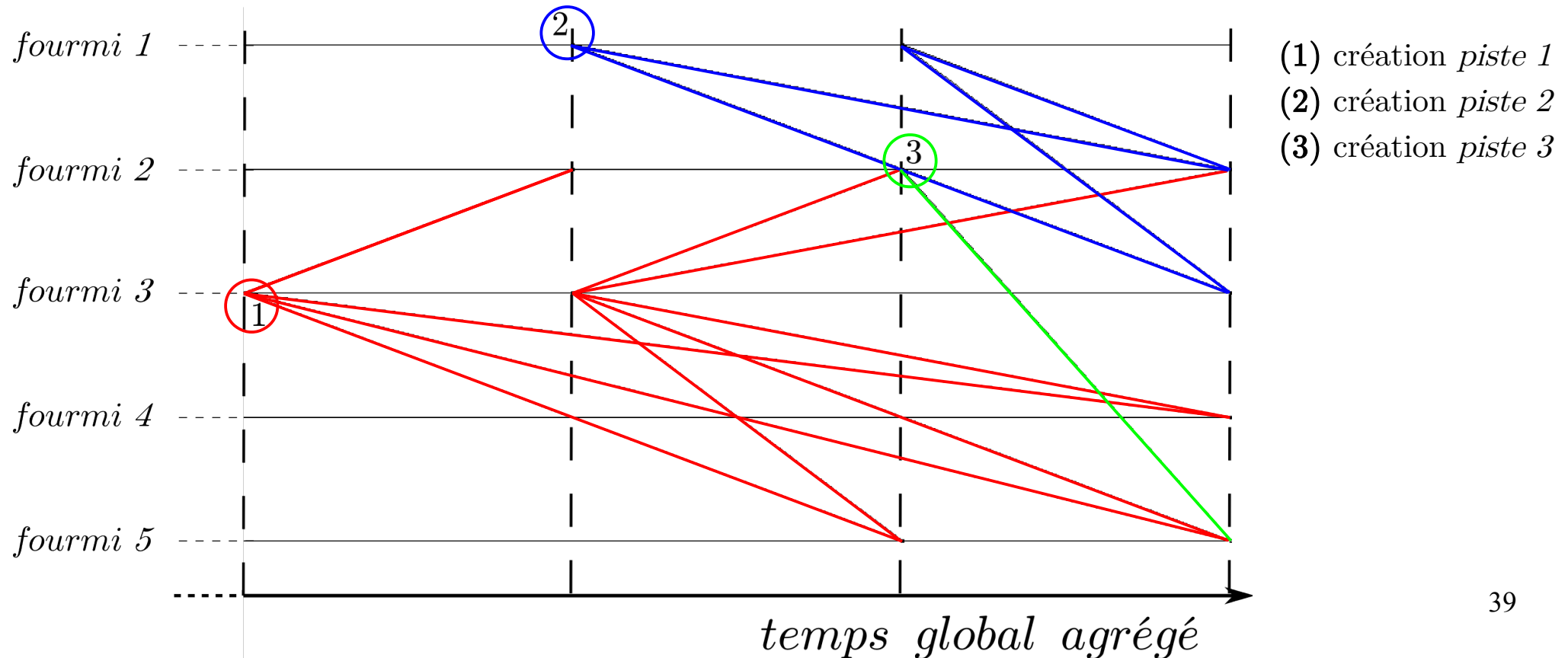
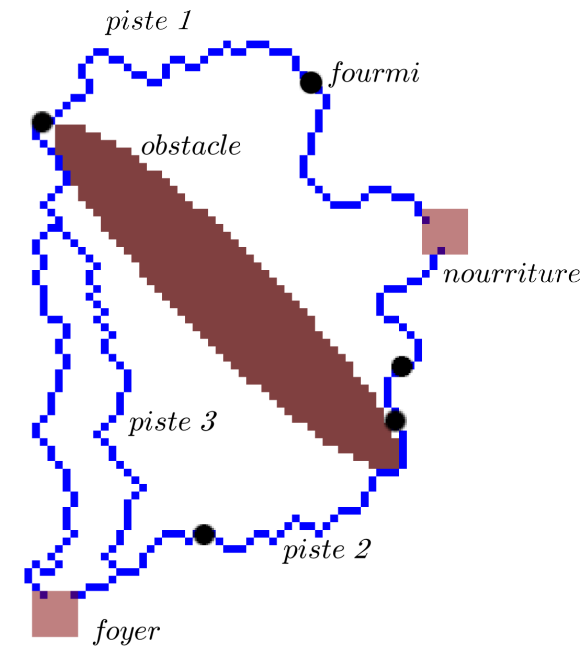
# Observation macroscopique

[Lamarche-Perrin]



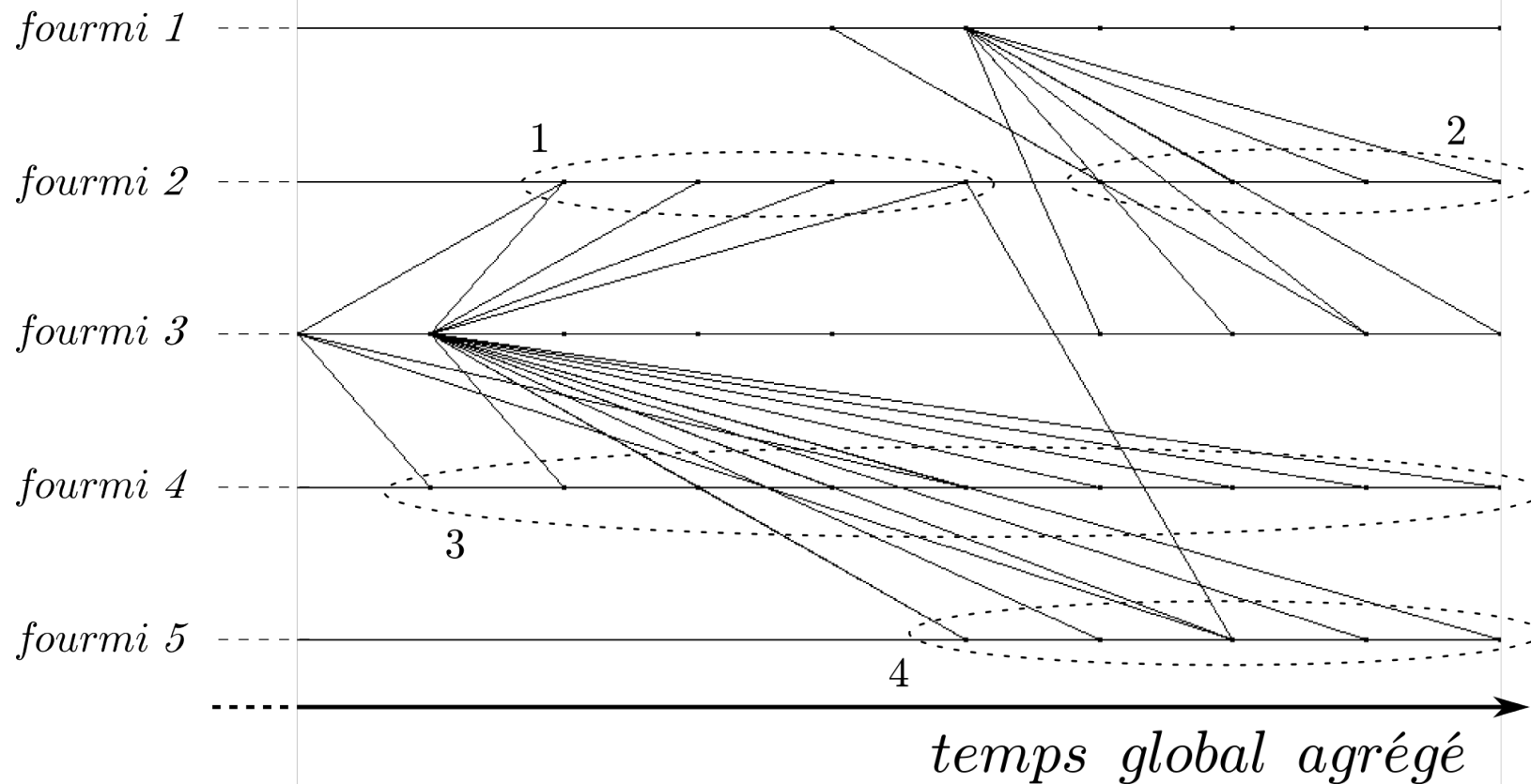
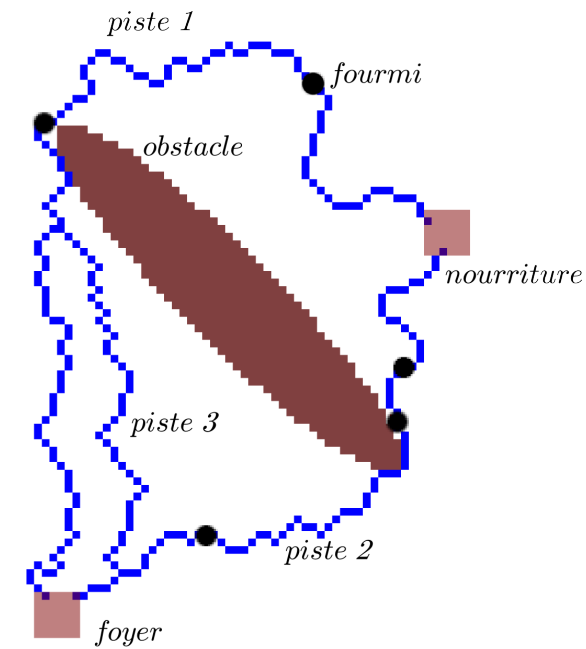
# Observation à l'échelle de la **création des pistes** [Lamarche-Perrin]

Taille : **15** interactions observées



# Observation à l'échelle de la **collecte de nourriture** [Lamarche-Perrin]

Taille : **31** interactions observées



- (1) parcours *piste 1*
- (2) parcours *piste 2*
- (3) parcours *piste 1*
- (4) parcours *piste 1*



# Bilan de l'expérience

- L'observation temporelle macroscopique
  - Permet de **détecter les comportements émergents**
  - Permet de visualiser leurs **liens de causalité**
  - Permet de définir une **unité de temps cohérente**
  - Est **beaucoup moins grande** que l'observation microscopique

	Création des pistes	Collecte de nourriture
Obs. Micro.	1309 interactions	1309 interactions
Obs. Macro .	15 interactions	31 interactions
Gain	98,9 %	97,6 %

# 5. Bilan et perspectives

# Bilan des contributions

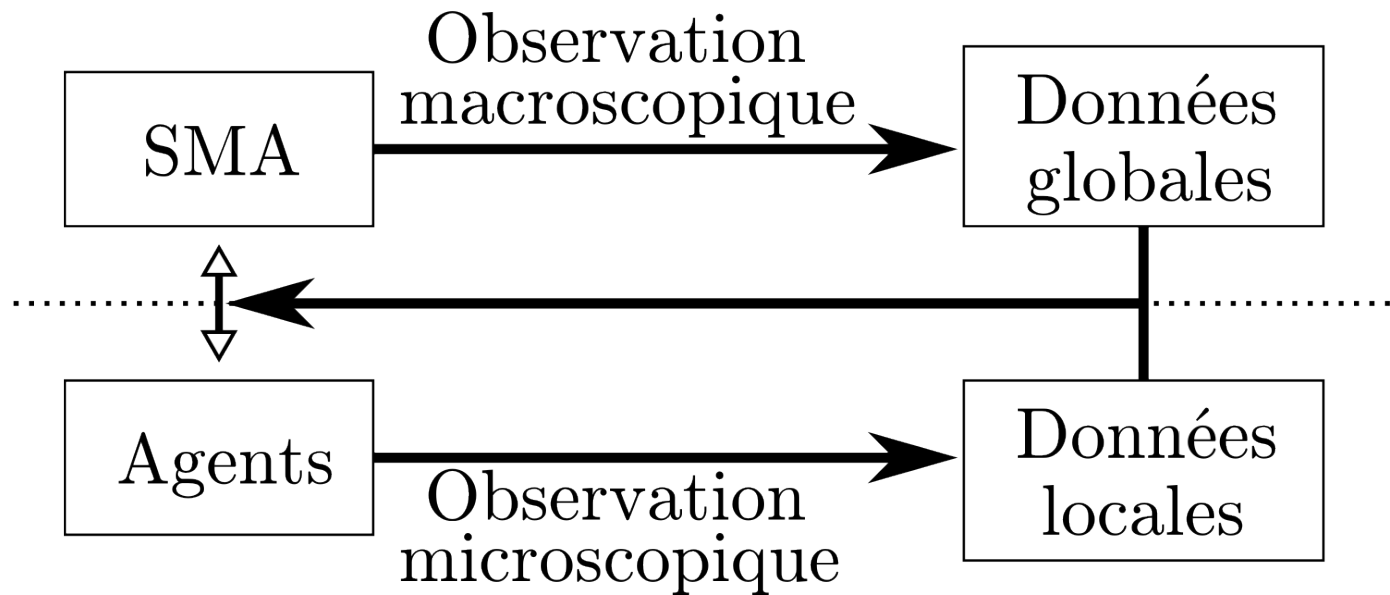
- **Limites** de l'observation microscopique
  - Analyse des données locales en  $O(N^2T^2)$
- **Dépassement** par l'observation macroscopique
  - Engendre directement des données globales
- **Modélisation** et **cohérence** de l'observation
  - Adaptation du modèle de Mattern et agrégations cohérentes de l'exécution
- **Évaluation** de l'observation macroscopique

# Perspectives

- A propos du modèle (*court terme*)
  - **Transformations sémantiques** de l'exécution
- A propos des sondes (*moyen terme*)
  - Conception de **sondes macroscopiques**
  - Qualification, étude et contrôle de l'**intrusion**
- A propos de l'évaluation (*moyen terme*)
  - Expérience en **conditions réelles**
- Environnement de visualisation (*long terme*) 44

Merci de votre attention...

# Causalités hiérarchiques



# Réduction

