

Modélisation et simulation de SMA gestion du temps

Problèmes / solutions

MASTER RECHERCHE

Fabien MICHEL

fmichel@lirmm.fr

8 / 3 / 2010

Plan

- *I Simulation multi-agents (rappels)*
- *II Exemple de problèmes liés à la gestion du temps*
- *III Le problème de la simultanéité*
- *IV Le modèle IRM4S*
- *V modélisation des interactions*
- *VI Interactions faibles et interactions fortes*
- *VII Conclusion*

Simulations classiques

- exemple:

[Lokta 25]

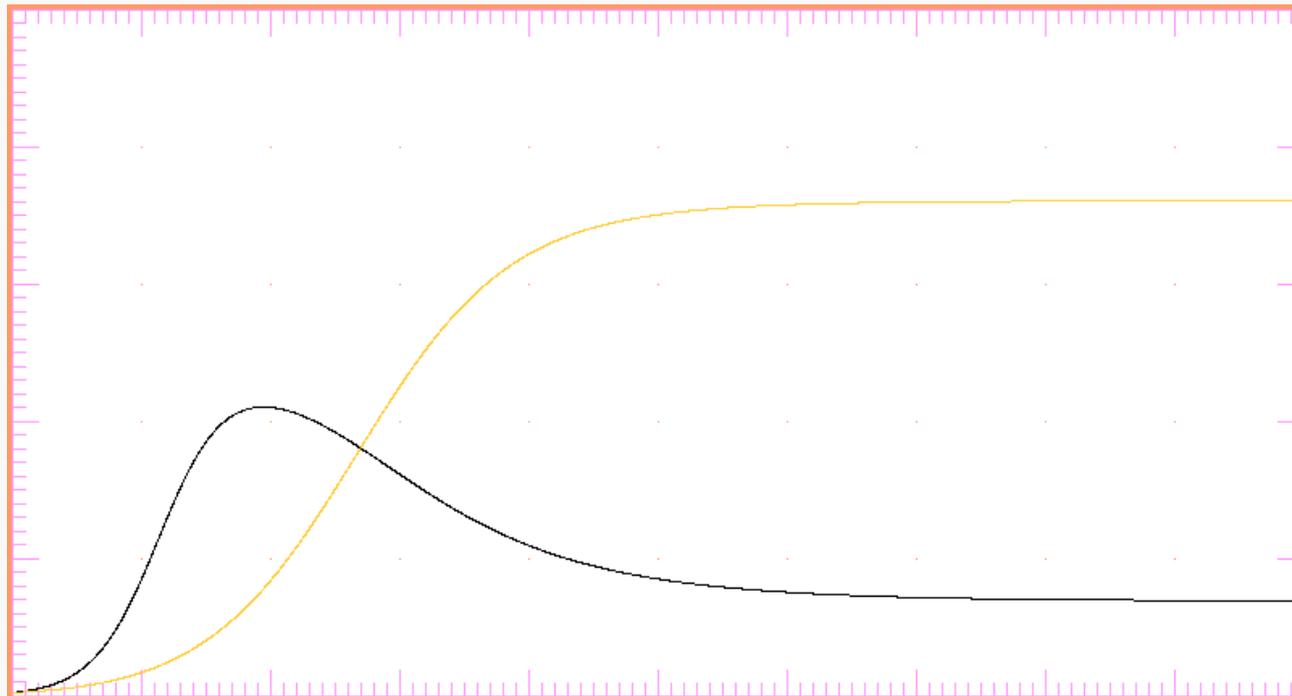
[Volterra 26]

proies/prédateurs

$$\frac{dx}{dt} = gx - kxy$$

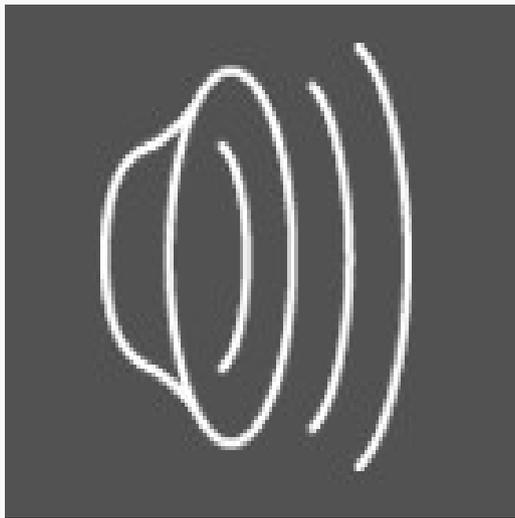
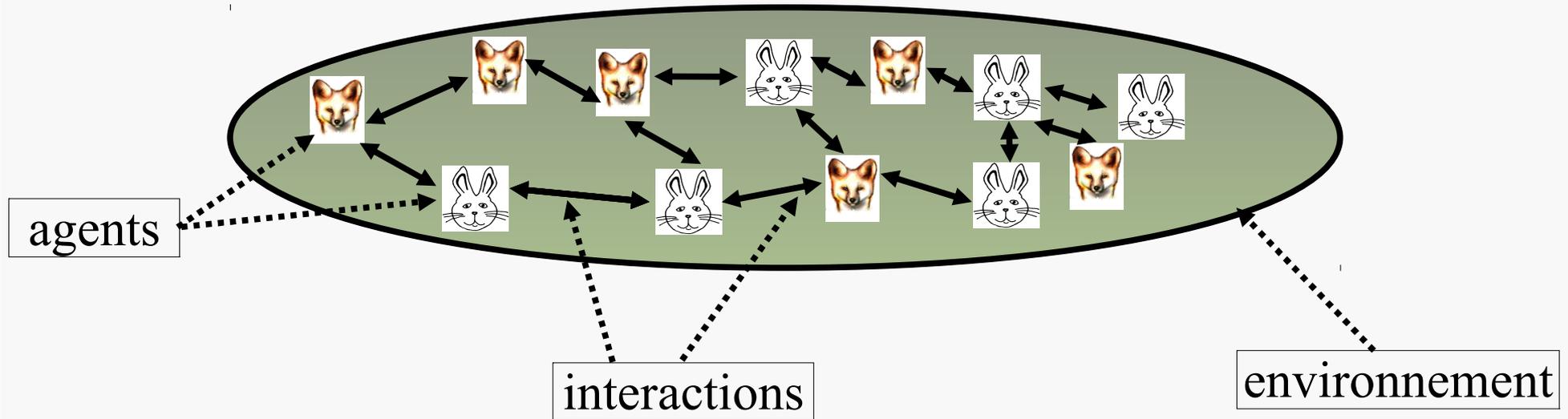
$$\frac{dy}{dt} = ckxy - dy,$$

- x = nombre de proies
- y = nombre de prédateurs
- k = taux de prédation
- ...

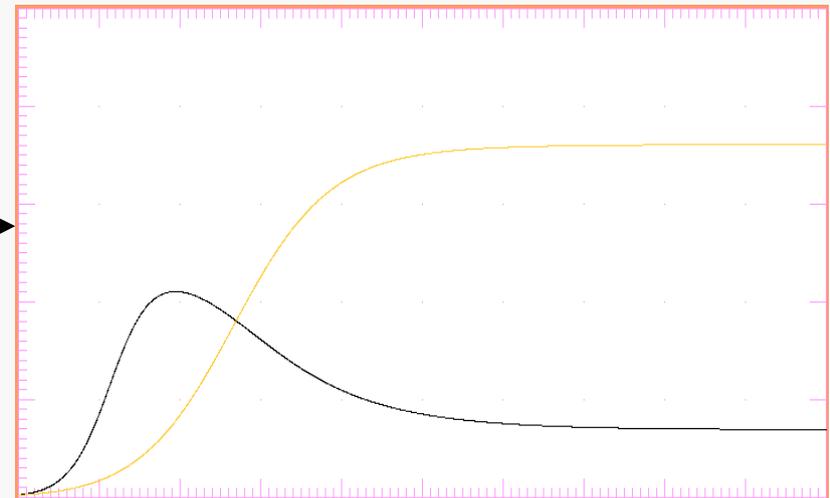


niveau macroscopique

Simulations de Systèmes Multi-Agents (SMAs)

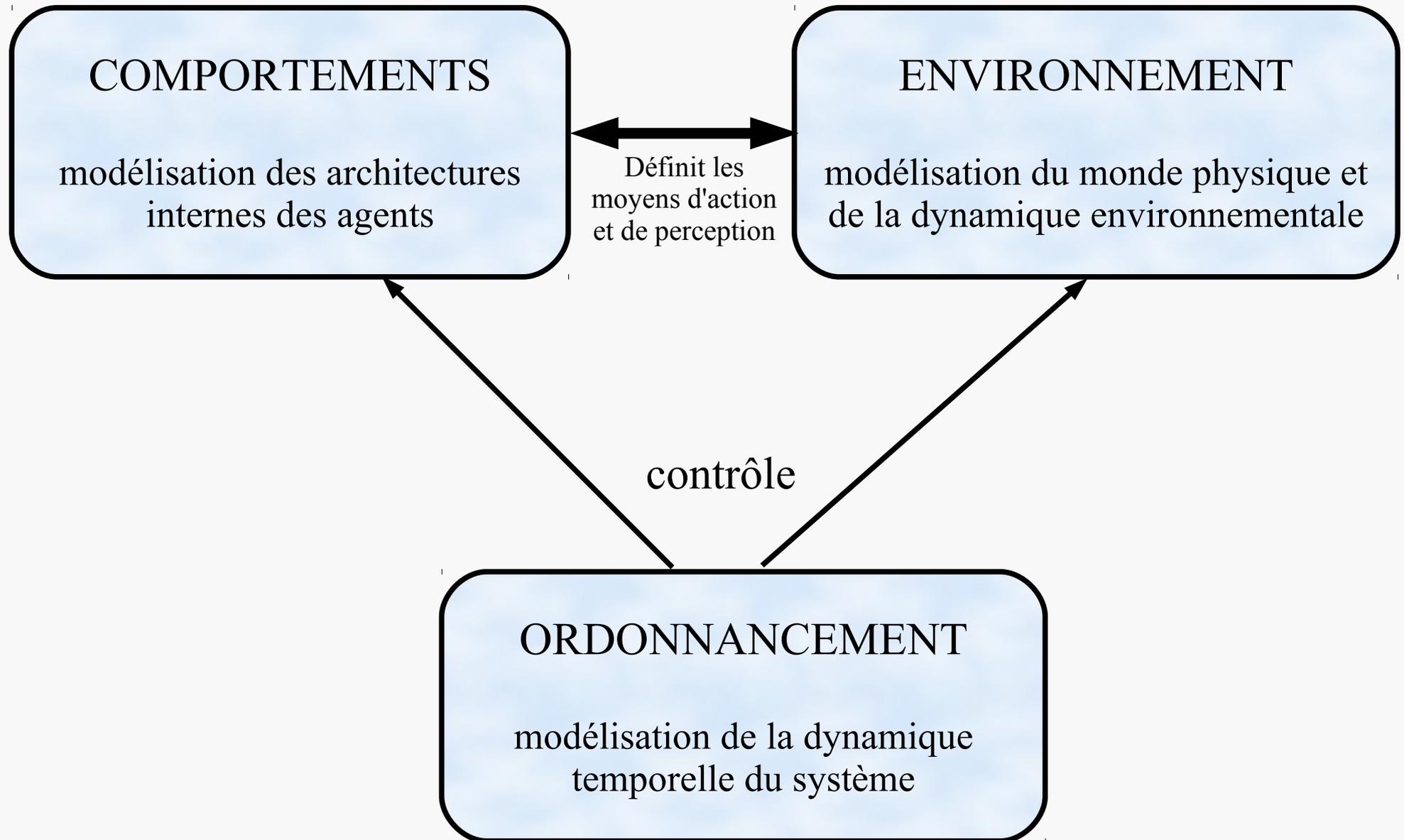


niveau microscopique

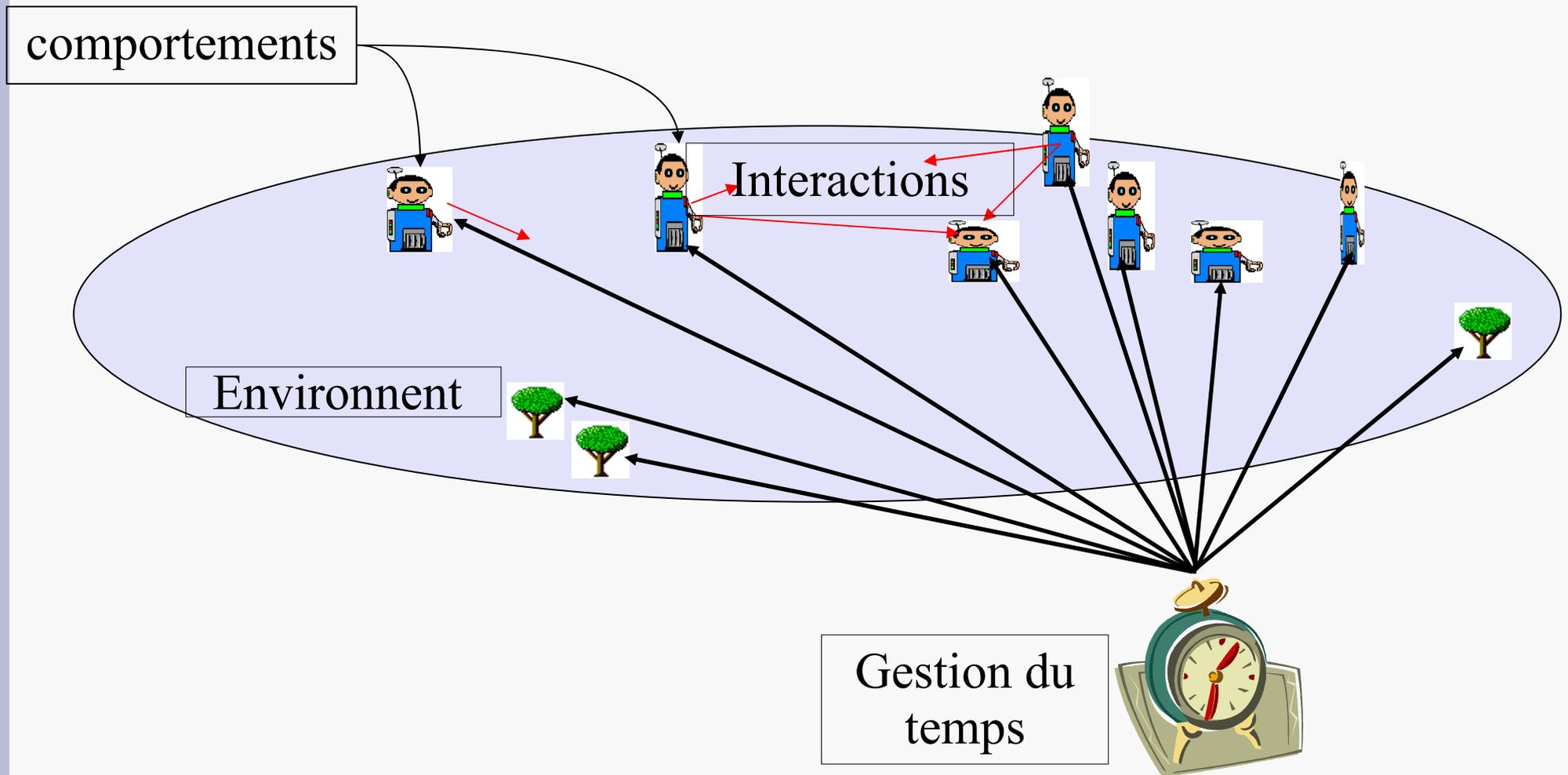


niveau macroscopique

Modèle de simulation multi-agents



Modèle de simulation multi-agents



II

Exemples de problèmes liés à la gestion du temps dans les simulations de SMA

Modélisation et simulation multi-agents (rappels)

- Soit Σ définit l'ensemble des états possibles d'un système.

fonction de transition d'état

Dynamique $D : \Sigma \mapsto \Sigma$

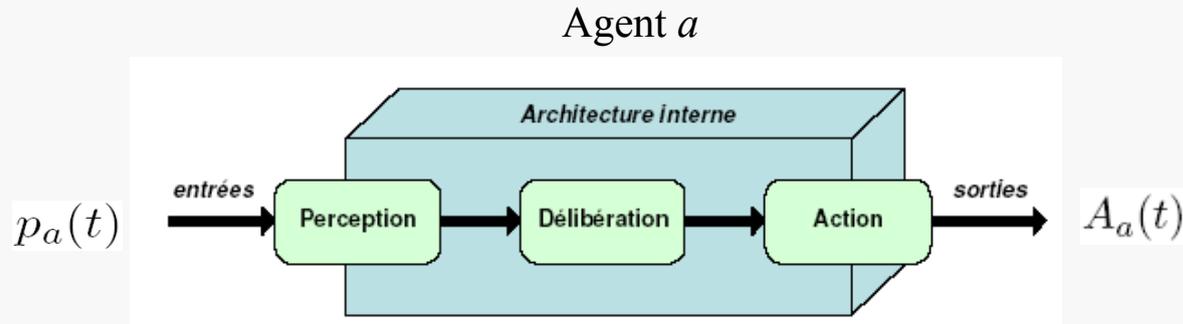
$$\sigma(t + dt) = D(\sigma(t))$$

- Dans un **SMA**, soient $A_1(t), A_2(t) \dots A_n(t)$ les actions des agents à t :

$$\sigma(t + dt) = D(\sigma(t), A_1, A_2, \dots, A_n)$$

```
for (Agent a : agentList)
    a.doIt();
```

Modélisation du comportement d'un agent



[Genesereth & Nilsson 87, Ferber 95]

$$Behavior_a : \Sigma \mapsto \Sigma$$

1

$$Percept_a : \Sigma \mapsto P_a$$

état du monde perception

2

$$Mem_a : P_a \times S_a \mapsto S_a$$

perception état interne

3

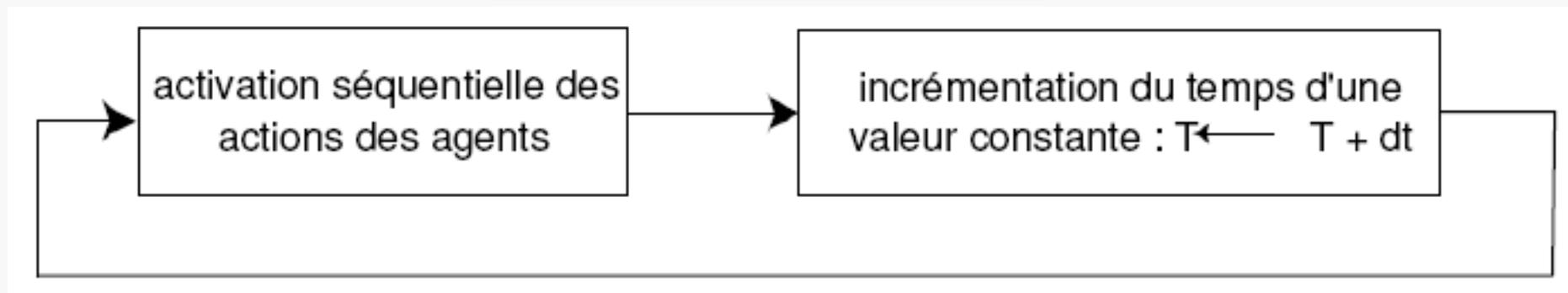
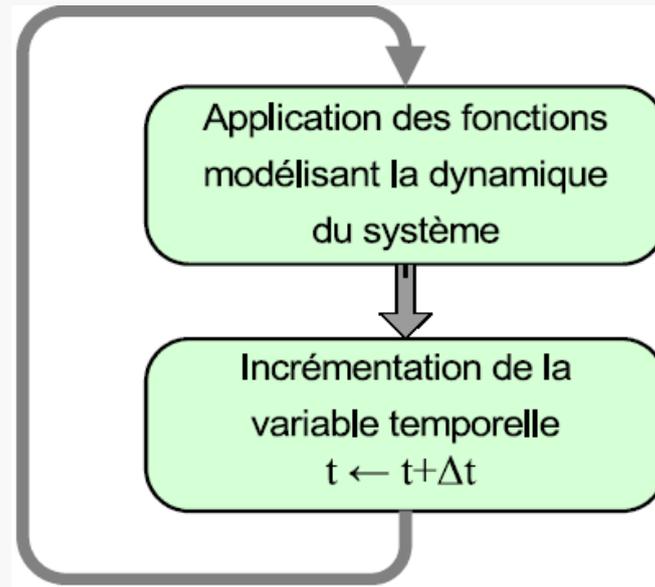
$$Decision_a : P_a \times S_a \mapsto \Sigma$$

nouvel état du monde



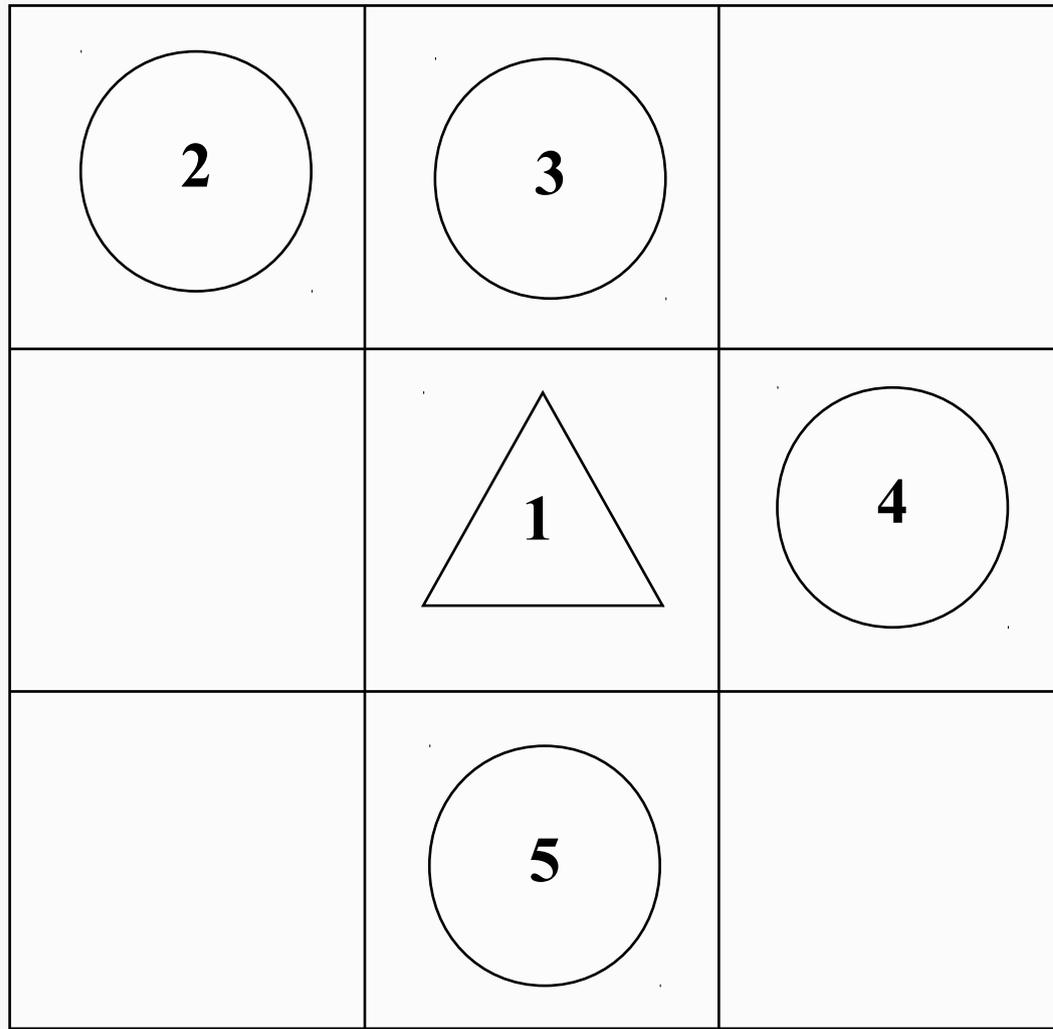
Modélisation du temps

- Approche synchrone : « à pas de temps constant »

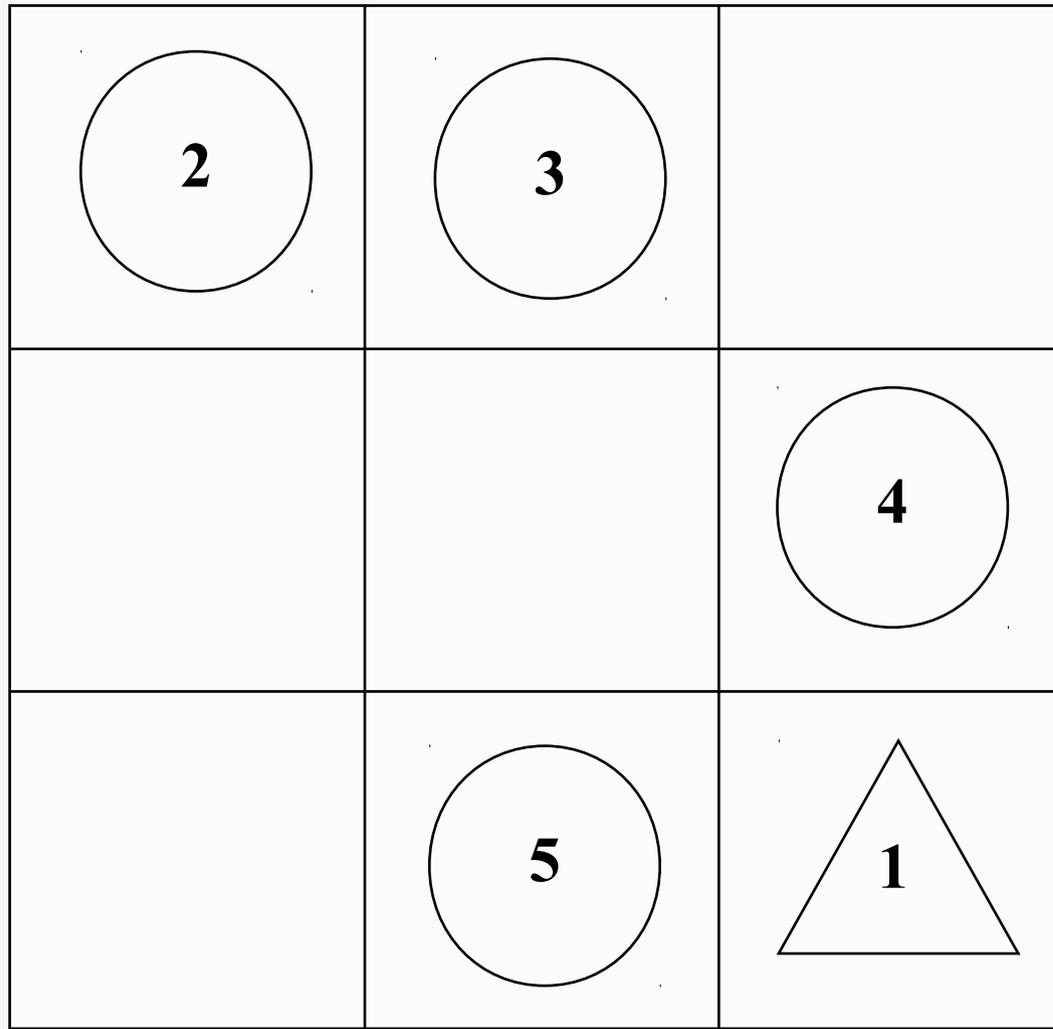


```
for (Agent a : agentList)
    a.doIt();
```

Example I : *Prey/Predator*

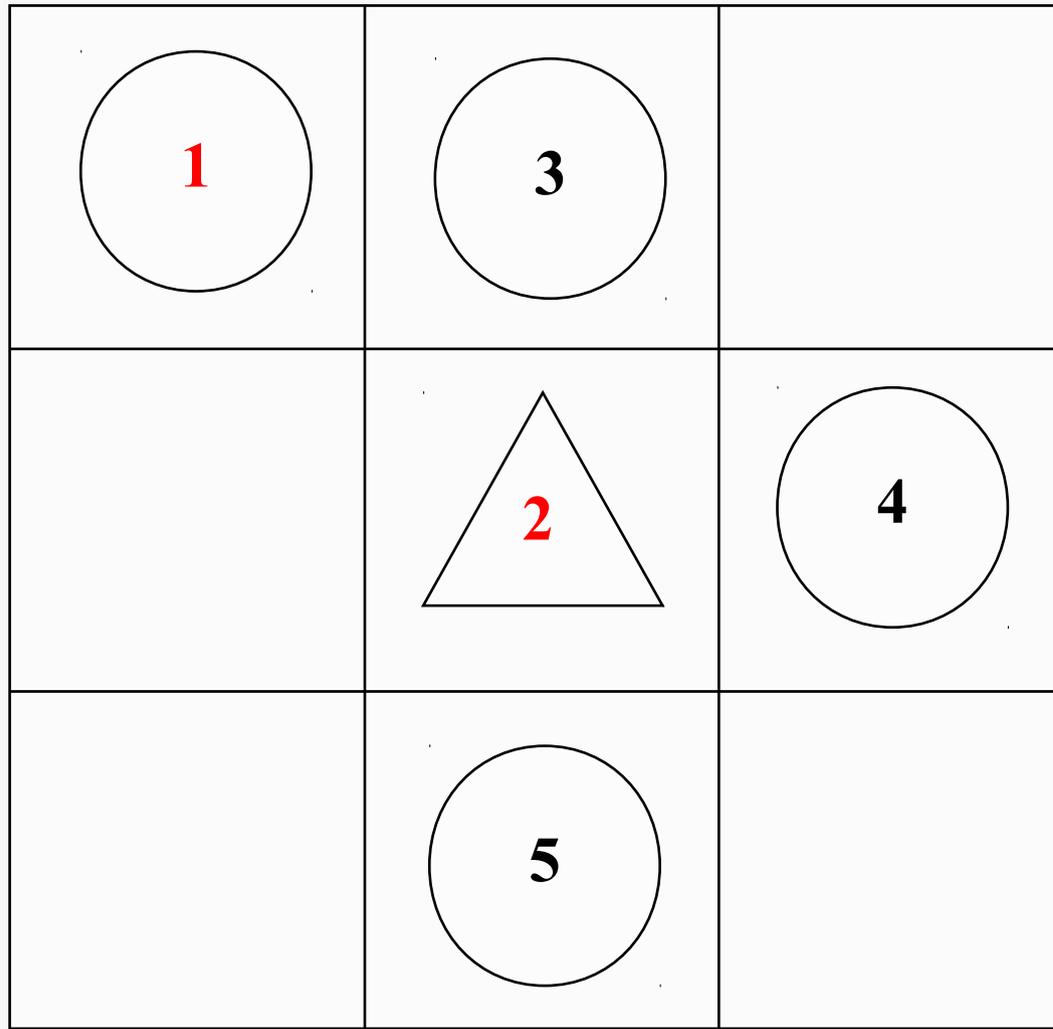


Example I : *Prey/Predator*

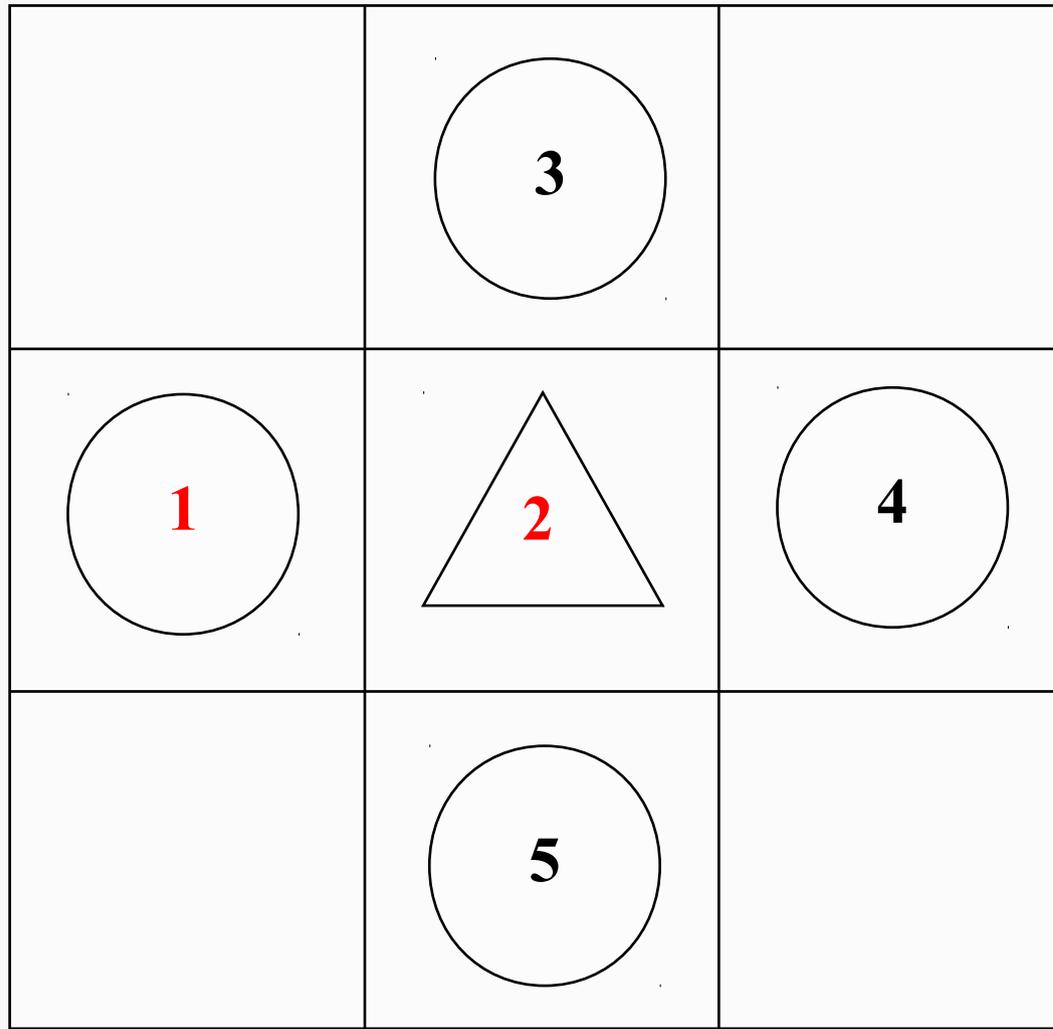


La proie s'est échappée !

Example I : *Prey/Predator*



Example I : *Prey/Predator*

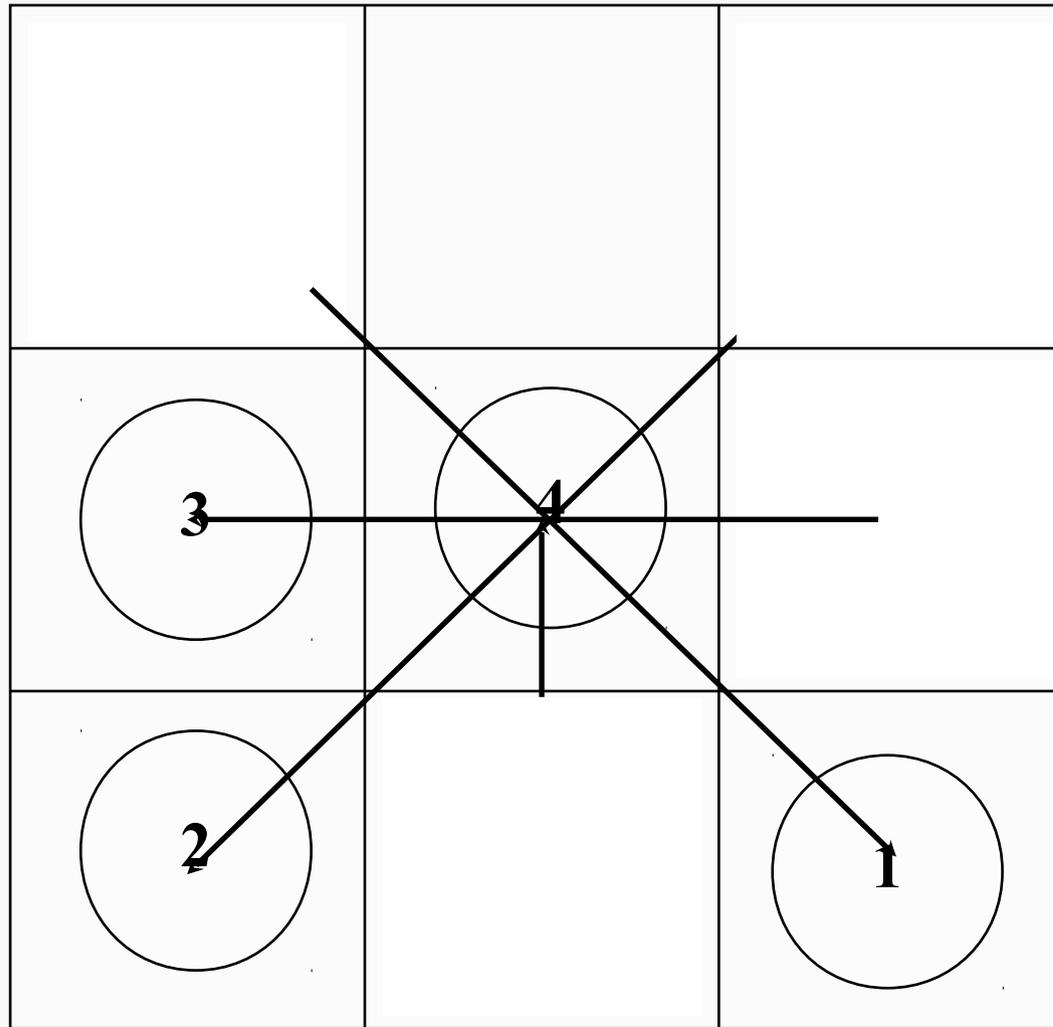


La proie est morte !

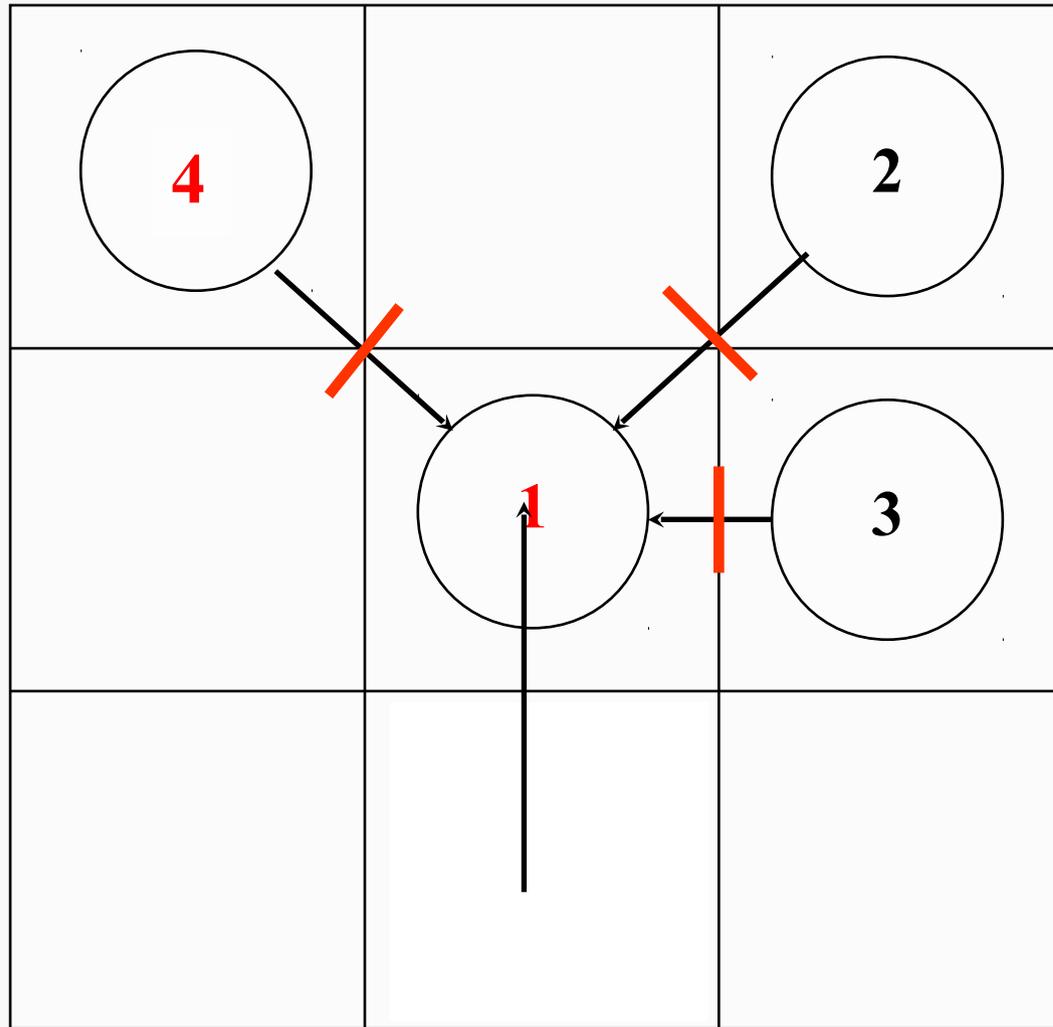
Conséquences

- Si une proie se trouve en début de liste:
 - Elle peut ne jamais être rattrapée
 - Ses chances de survie augmentent considérablement
- Si une proie se trouve en fin de liste :
 - On obtient le résultat contraire !!!

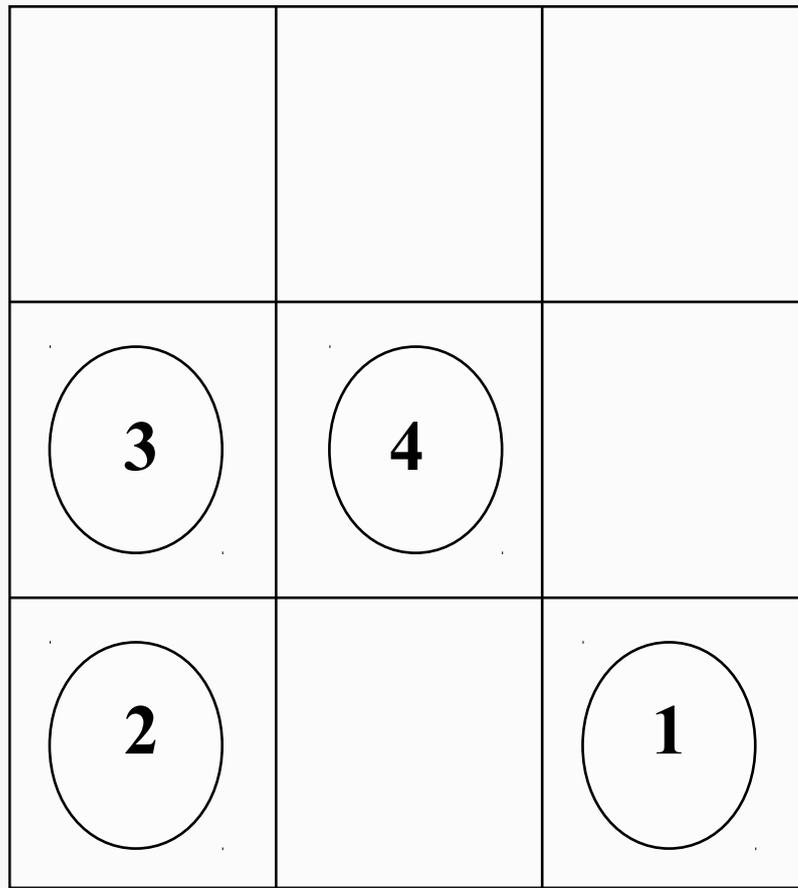
Example II : granularité des actions



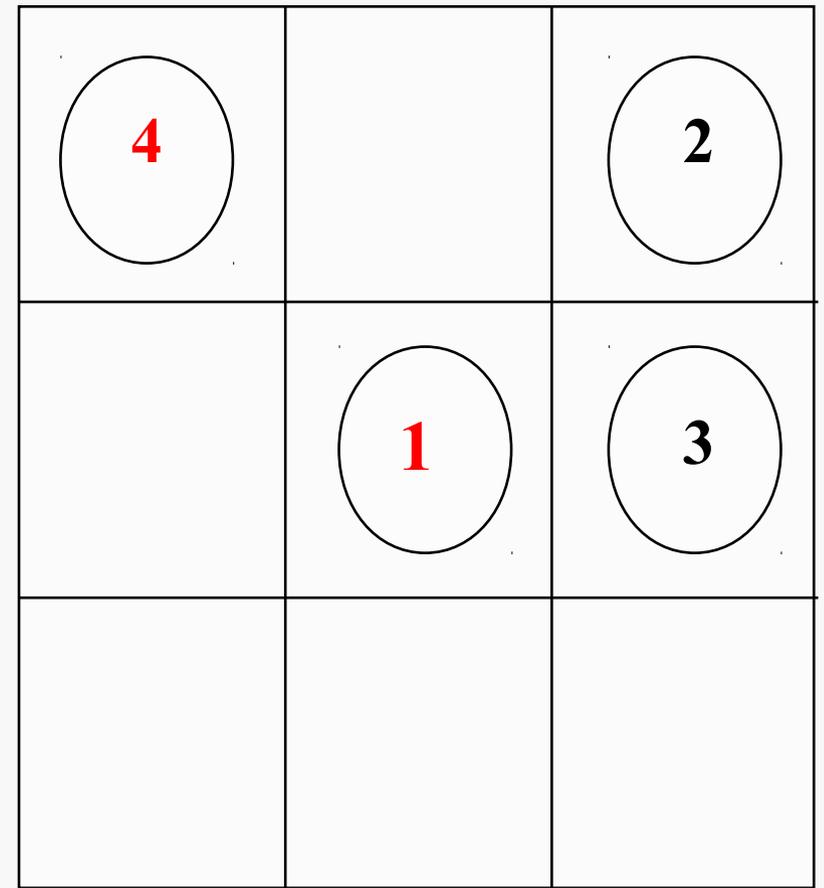
Example II : granularité des actions



Example II : granularité des actions



≠



Conclusion : l'évolution du système est indissociable de
l'ordonnancement utilisé pour activer les agents

Généralisation des conséquences

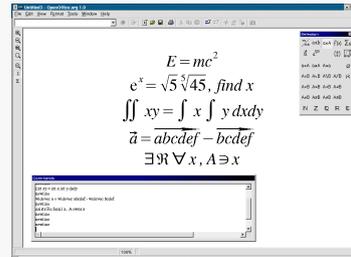
Suivant l'ordonnancement utilisé pour activer les agents, il est possible d'obtenir pour **un unique état** du système à l'instant **t**, **plusieurs états du monde** différents à l'instant suivant **t+dt**

- ◆ Gérer l'exécution des agents est **impératif**
 - ◆ En général: un modèle de SMA (description des comportements, de l'environnement...) ne définit pas une politique d'exécution a priori
- ⇒ La gestion du scheduling a **un impact direct** sur les résultats d'une simulation (cf. Lawson, Park JASSS janvier 2000)

Le scheduling est un point clé dans le processus de modélisation

Où se situe le problème

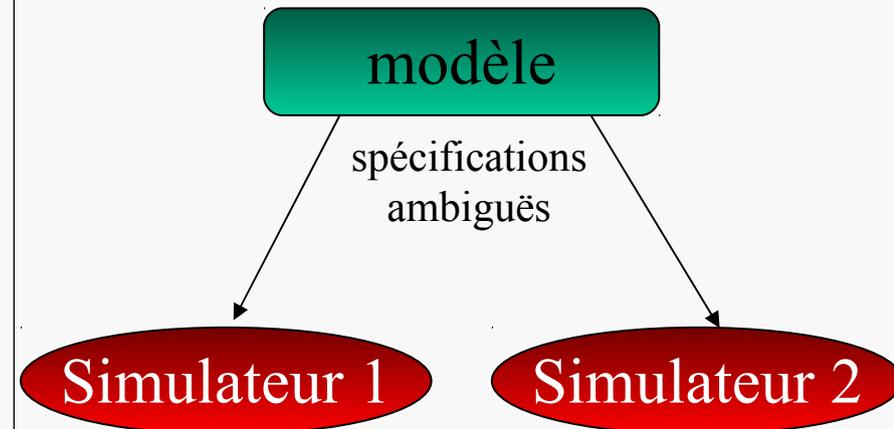
phénomène $\xrightarrow{\text{modélisation}}$ modèle $\xrightarrow{\text{implémentation}}$ simulateur



relation de simulation

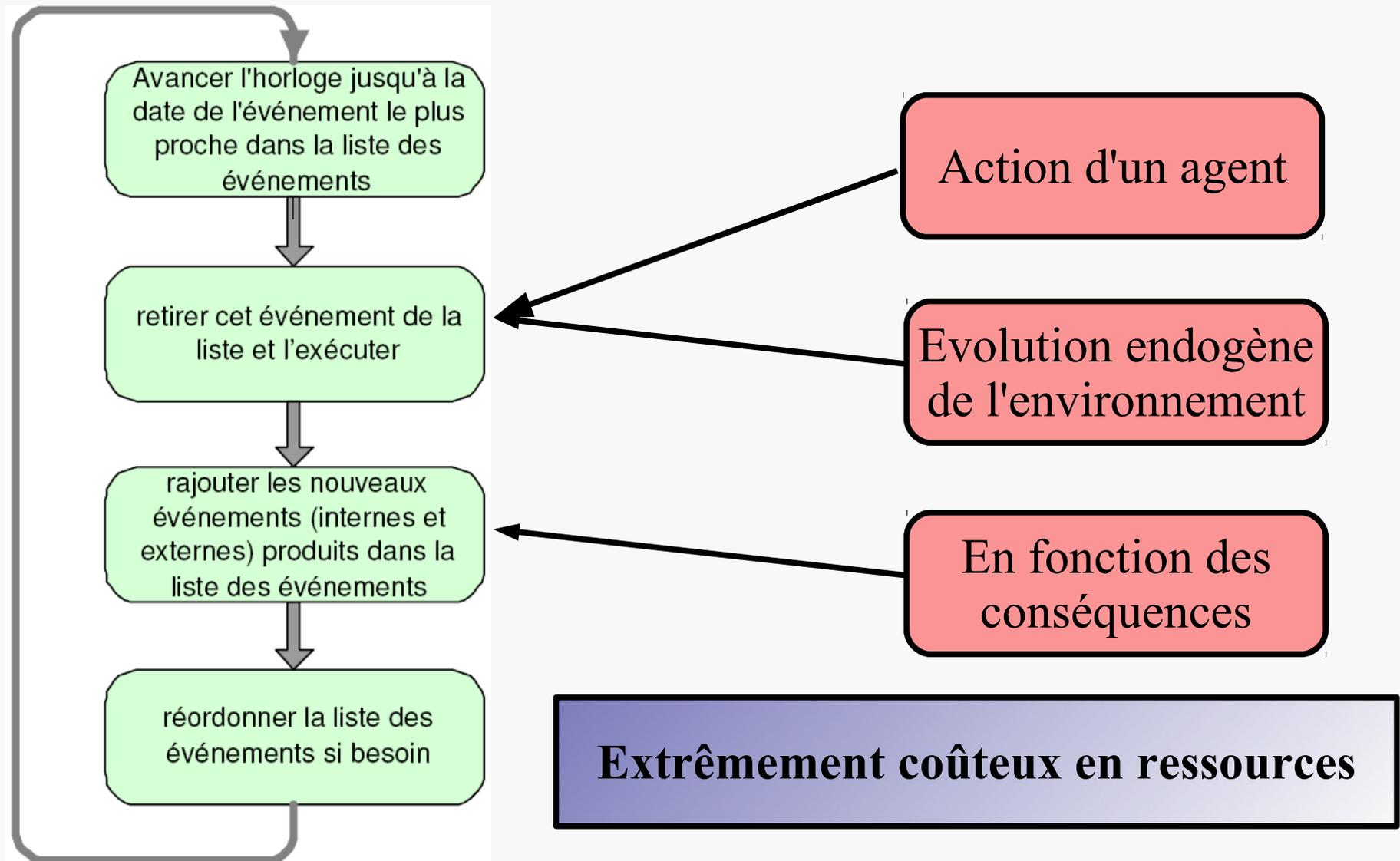
Vérification

- le modèle est-il non ambiguë ?
- le simulateur exécute-t-il correctement le modèle ?



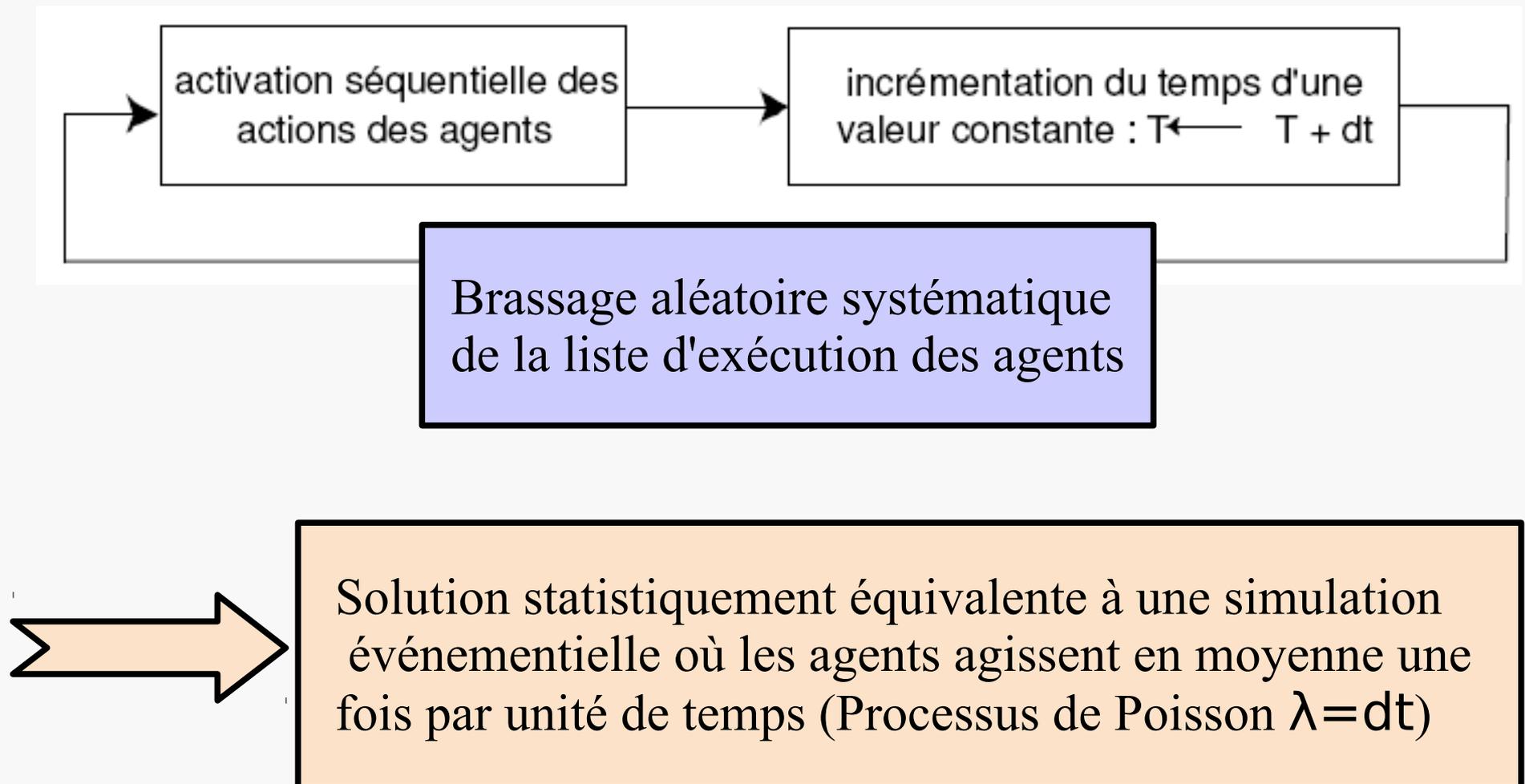
Quelles solutions ? (1)

- Première solution : évacuer le problème en utilisant une simulation événementielle !



Quelles solutions ? (2)

- Deuxième solution : travailler sur la liste d'exécution des agents.



Encore des problèmes ...

- Pour un instant t , tous les agents ne voient pas le même état du monde
 - Le dernier agent de la liste voit un monde qui a été modifié par tous ceux qui ont agi avant lui !

Pas forcément gênant car le but
est d'être équivalent au mode
événementiel

MAIS

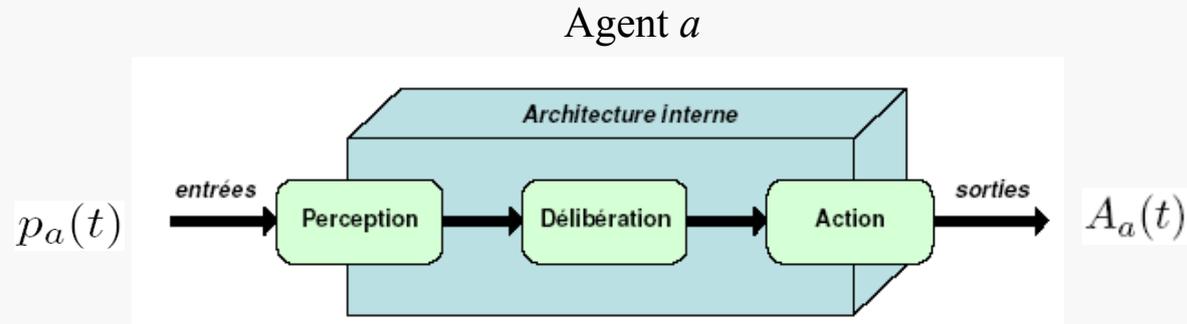
Un problème subsiste :
**COMMENT REPRÉSENTER
LA SIMULTANÉITÉ DES ACTIONS**

Cela quelque soit le mode de simulation !!

III

Le problème de la simultanéité

Modélisation classique de l'action



[Genesereth & Nilsson 87, Ferber 95]

$$Behavior_a : \Sigma \mapsto \Sigma$$

1

$$Percept_a : \Sigma \mapsto P_a$$

état du monde

perception

2

$$Mem_a : P_a \times S_a \mapsto S_a$$

perception

état interne

3

$$Decision_a : P_a \times S_a \mapsto \Sigma$$

nouvel état du monde

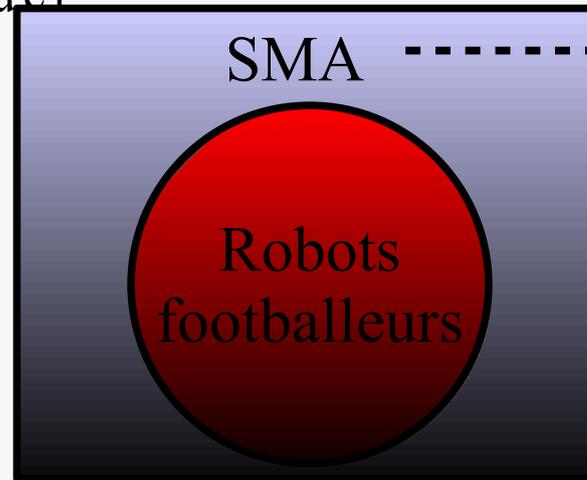
$\sigma(t)$
Porte(fermée)

action = modification d'un état global

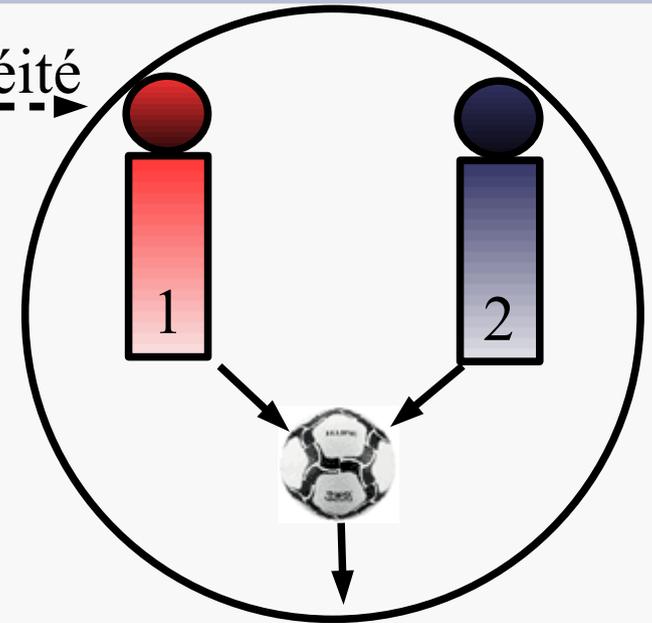
$\sigma(t + dt)$
Porte(ouverte)

Le problème de la simultanéité

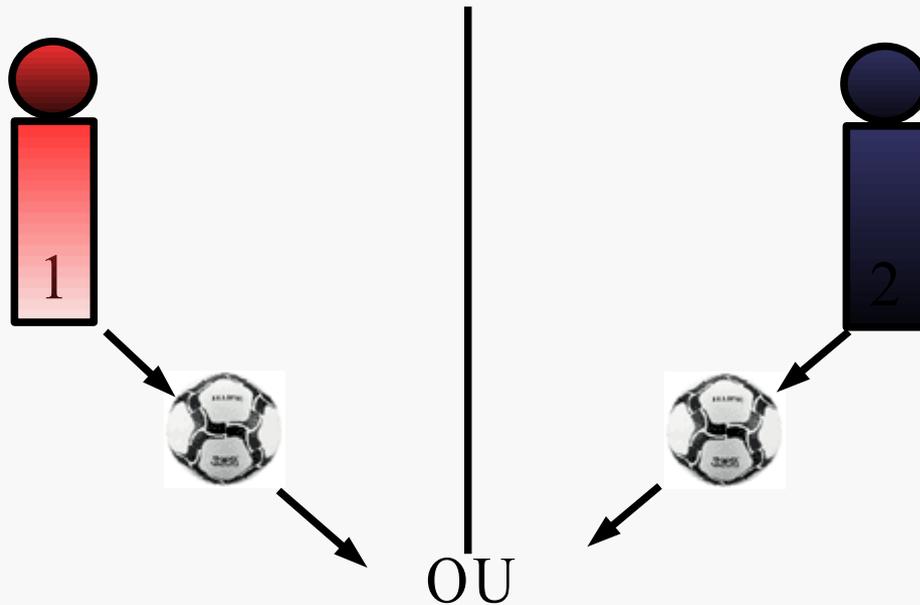
Niveau conceptuel



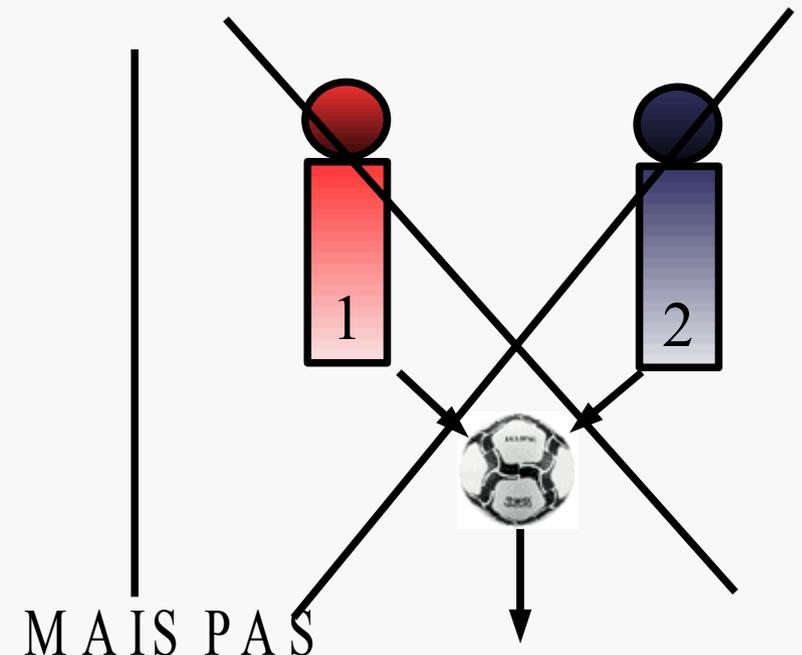
simultanéité



Niveau implémentation



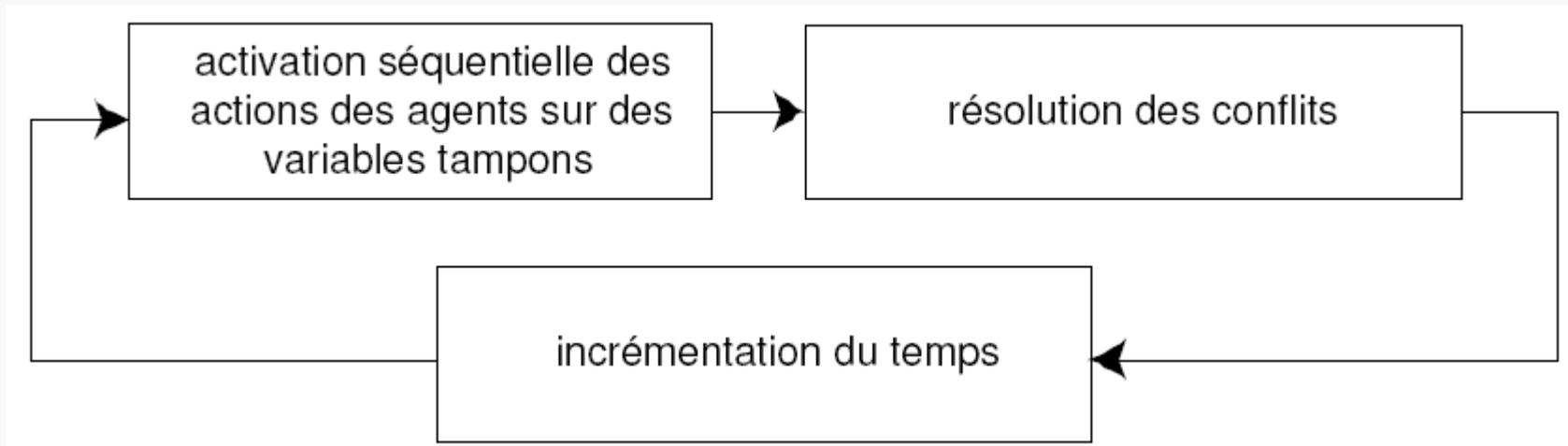
OU



MAIS PAS

Le problème de la simultanéité

- Une solution : ne pas modifier l'environnement directement
 - Les agents agissent sur des variables tampons
 - Le nouvel état du système est validé une fois que tous les agents ont agi.
 - **MAIS** des conflits peuvent apparaître : il faut les résoudre !!



Le problème de la simultanéité

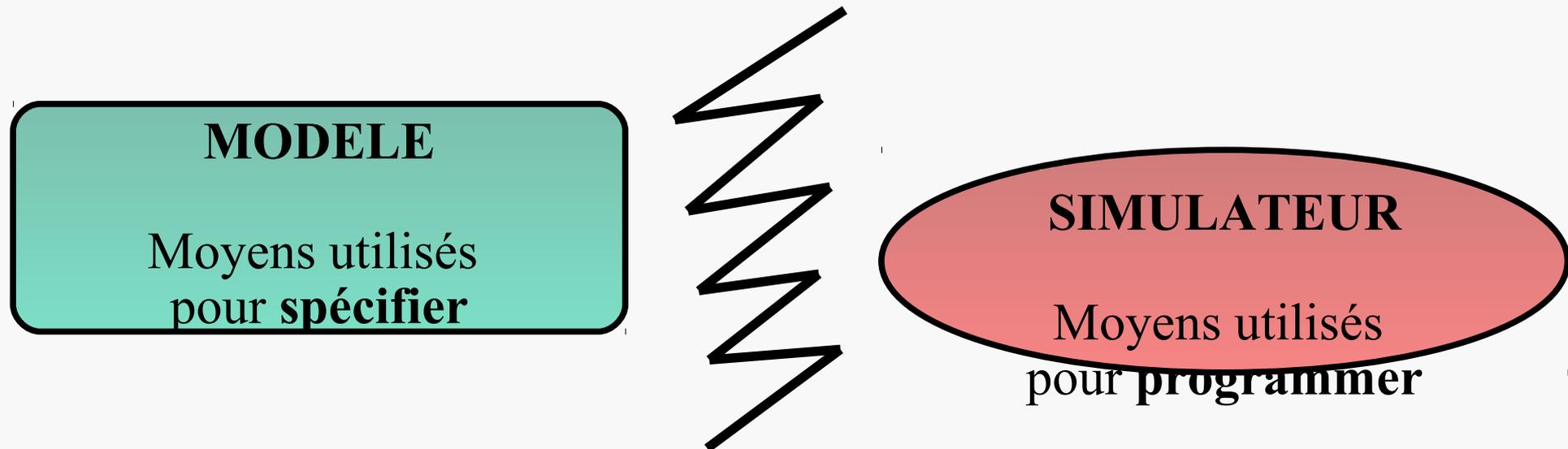
- Les problèmes liés à la résolution de conflits
 - Difficulté de résoudre les conflits
 - Modélisation de la simultanéité ad hoc
 - Solution parfois *conceptuellement incorrecte* : les conflits sont résolus à partir de solutions qui sont en fait incohérentes (intégrité environnementale)

Pour résumer

- ◆ La simultanéité est **inhérente** aux SMA
- ◆ « *nous ne disposons pas de formalisme adéquat pour décrire des actions simultanées* » [Ferber 95]
 - ⇒ Pas de modèle générique de simulation
- ◆ Techniques de simulation ad hoc
 - ⇒ Difficultés de représenter la simultanéité, production de biais, incohérence de la simulation, etc.

Pour résumer

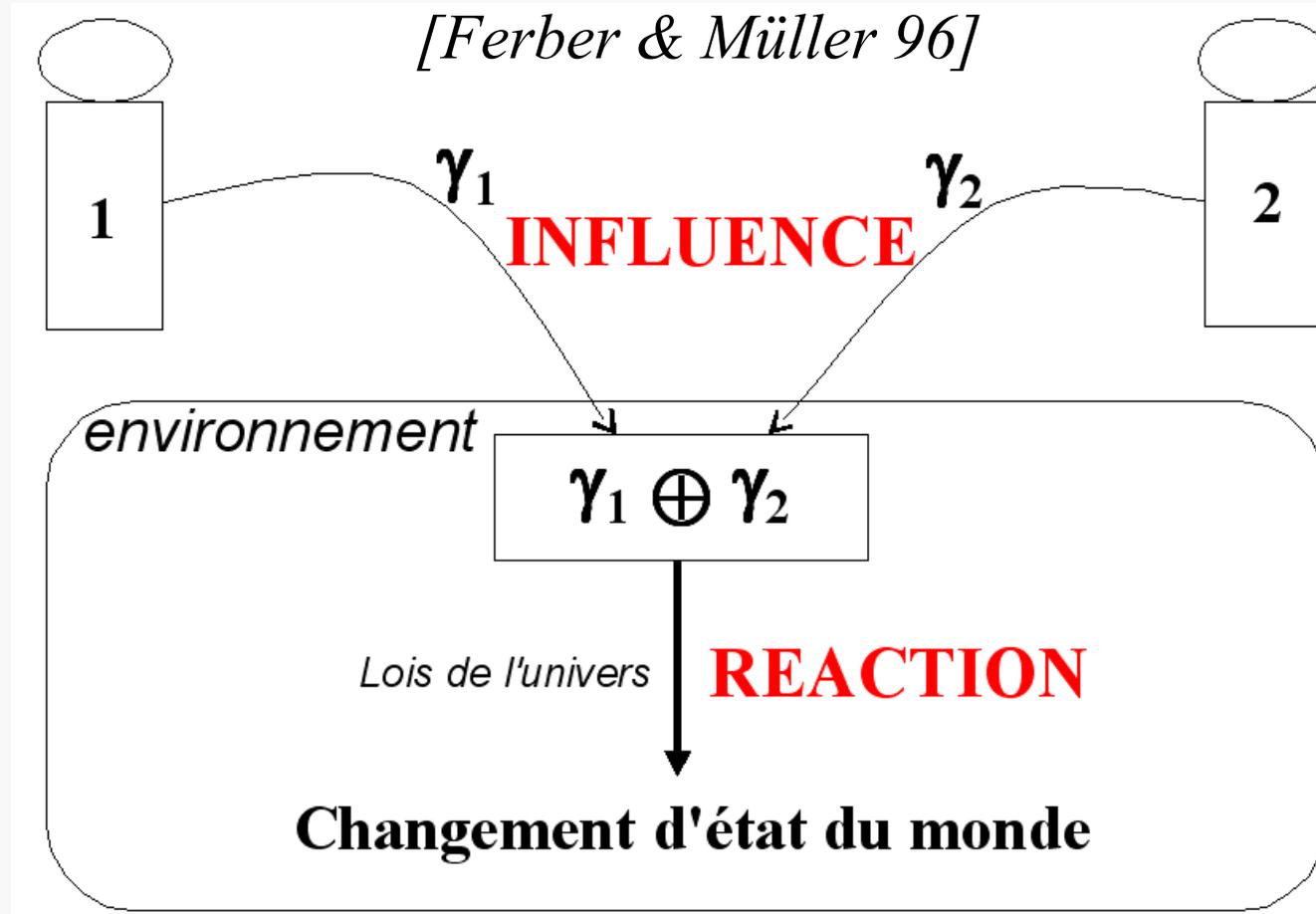
Dans les simulations de SMA : Il existe une différence entre ce que l'on veut faire et ce que l'on fait effectivement, entre ce qu'on souhaite modéliser et ce que l'on modélise finalement



IV

Le modèle IRM4S

Le modèle IRM4S



- (1) action devient *influence*: **intégrité environnementale**
- (2) la *réaction* combine les influences (*lois de l'univers*) pour calculer le nouvel état du monde.

Formalisme du modèle *Influence/Réaction*

$$\Delta = \langle \Sigma \times \Gamma \rangle$$

état dynamique état du monde ensemble des influences

$$\delta(t) = \langle \sigma(t), \gamma(t) \rangle$$

Evolution : la fonction de transition d'état

$$\textit{Evolution} : \Delta \mapsto \Delta$$

$$\delta(t) = \langle \sigma(t), \gamma(t) \rangle$$

$$\delta(t + dt) = \langle \sigma(t + dt), \gamma(t + dt) \rangle$$

Formalisme du modèle IRM4S

Evolution : transition d'état en deux phases distinctes

INFLUENCE puis **REACTION**

$$\textit{Influence} : \Sigma \times \Gamma \mapsto \Gamma'$$

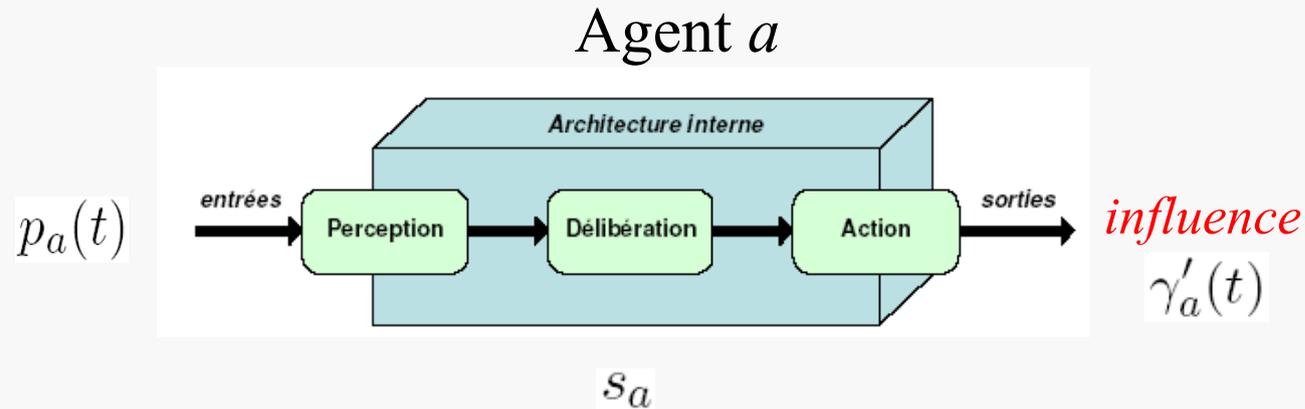
$$\textit{Reaction} : \Sigma \times \Gamma' \mapsto \Sigma \times \Gamma$$

$$\textit{Influence}(\sigma(t), \gamma(t)) = \gamma'(t)$$

$$\textit{Reaction}(\sigma(t), \gamma'(t)) = \langle \sigma(t + dt), \gamma(t + dt) \rangle$$

Phase INFLUENCE

modélisation du comportement d'un agent

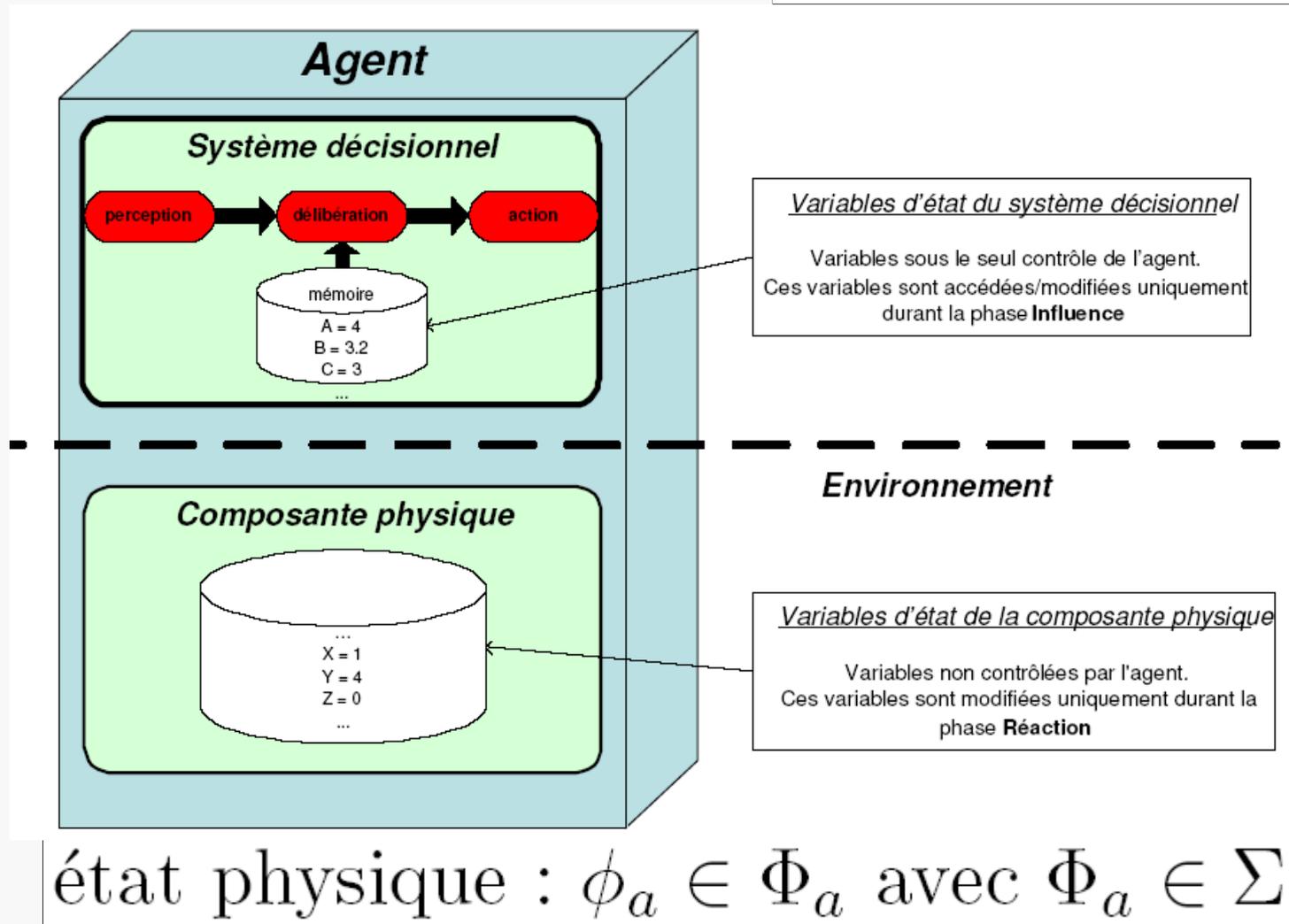


1. $p_a(t) = \text{Perception}_a(\sigma(t), \underline{\gamma(t)})$
2. $s_a(t + dt) = \text{Memorization}_a(p_a(t), s_a(t))$
3. $\underline{\gamma'_a(t)} = \text{Decision}_a(s_a(t + dt))$

influence

Distinction esprit / corps

état interne : $s_a \in S_a$



Phase REACTION

Calcul du nouvel état du système

$$\delta(t + dt) = \text{Reaction}(\sigma(t), \bigcup_i \gamma'_i(t))$$

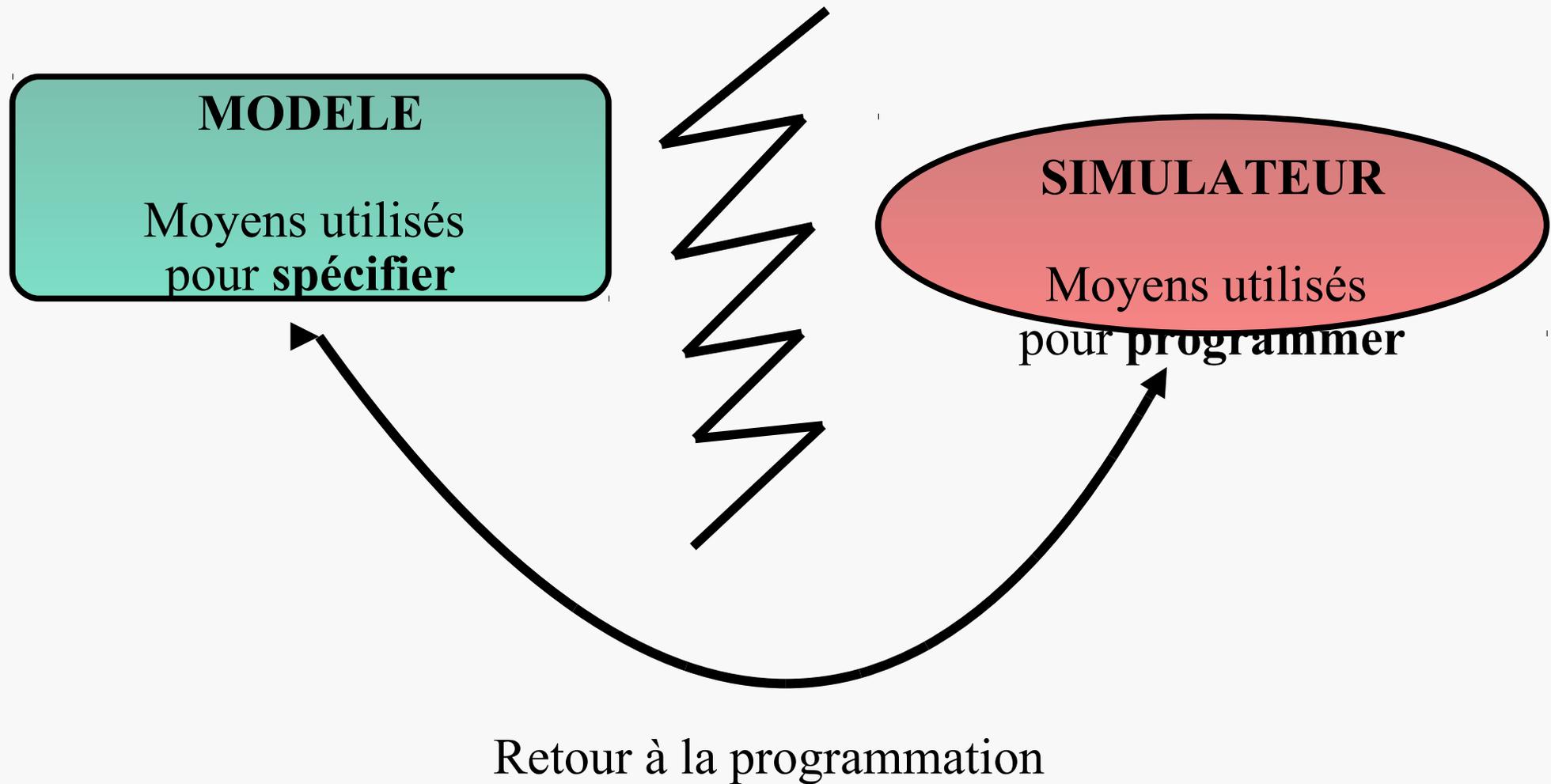
nouvel état dynamique à $t+dt$

lois de réaction

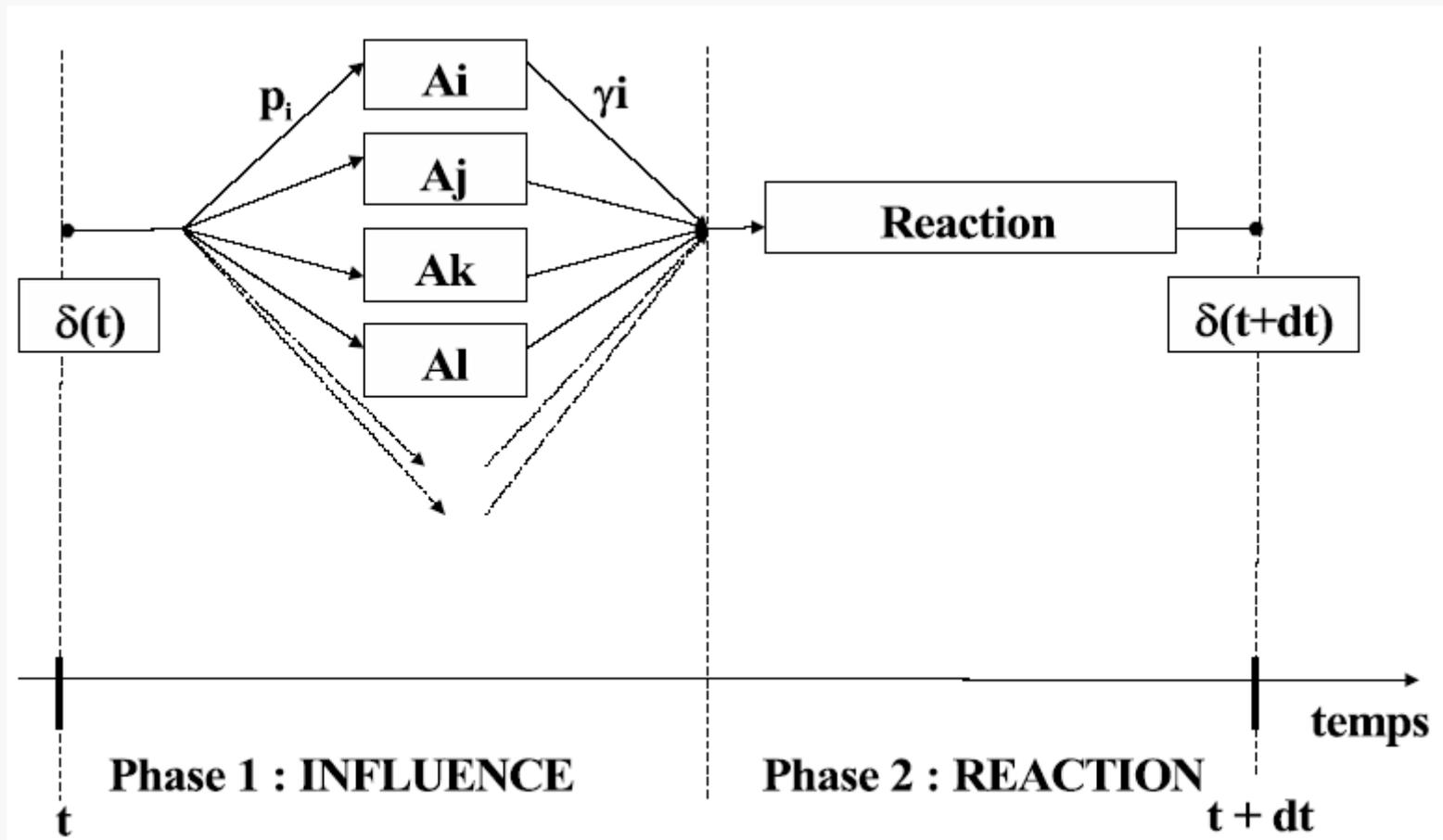
variables d'états à t

influences produites à t

Programmer la simultanéité



Simulateur *IRM4S*



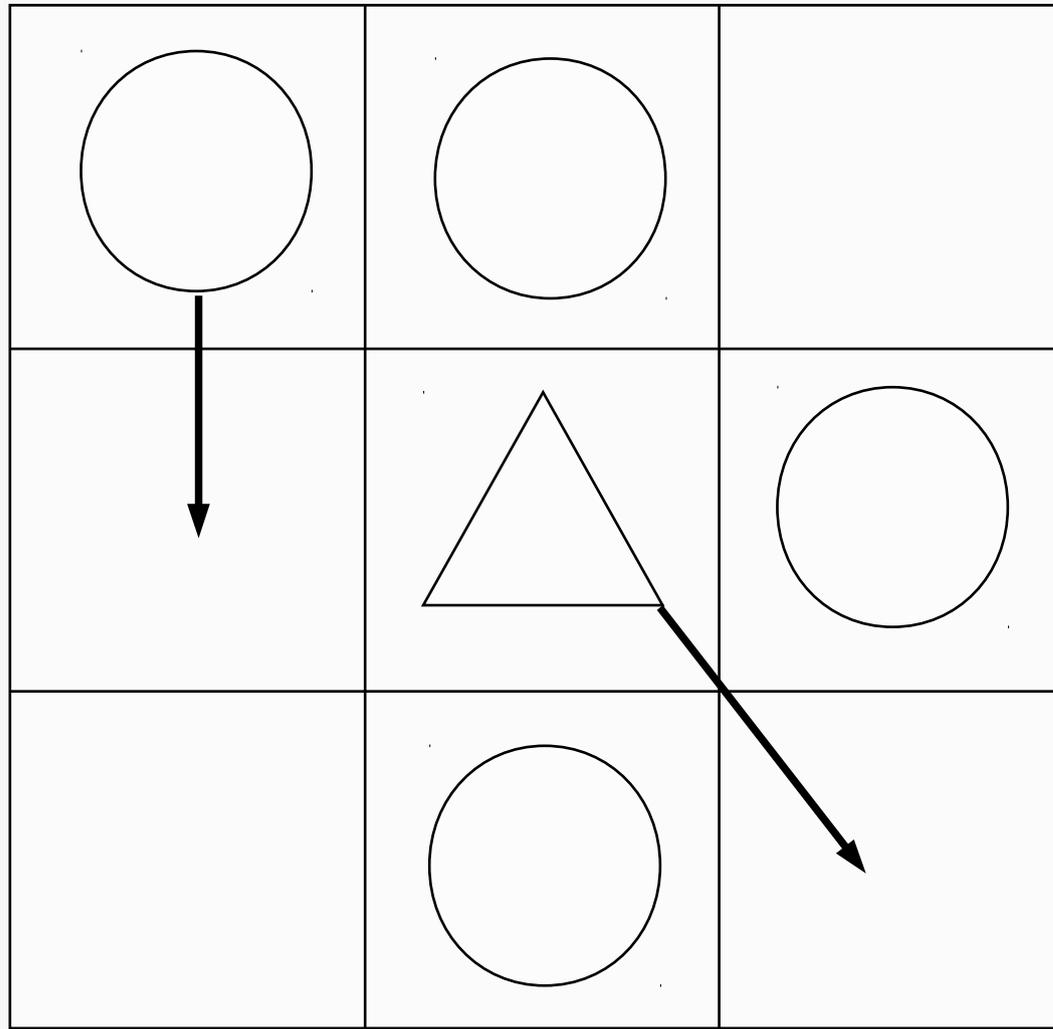
Transition d'état en deux phases
Influence puis **Réaction**

IV

Influence/Réaction

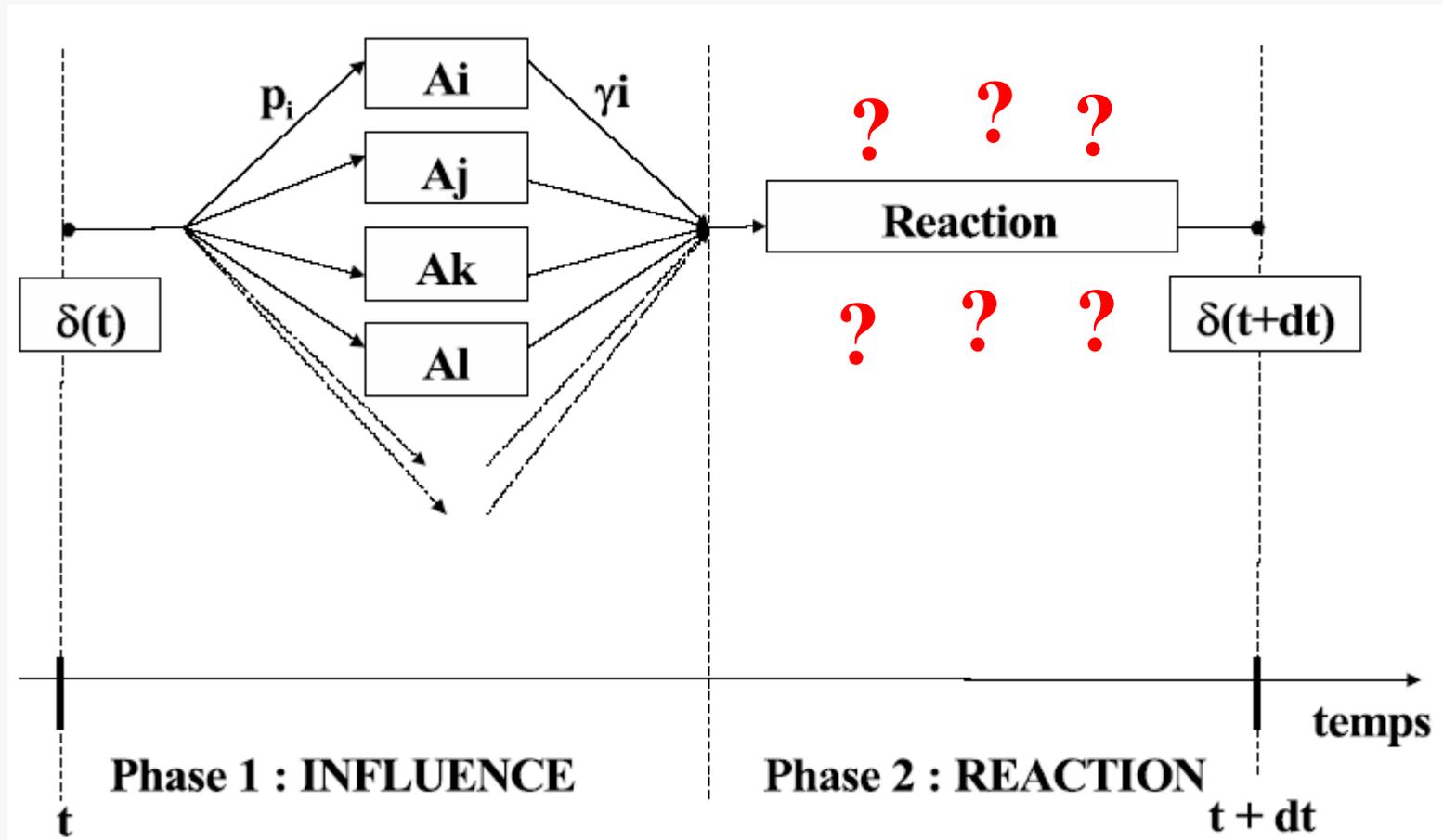
Solution ultime pour la simulation de SMA ?

Example I : *Prey/Predator*

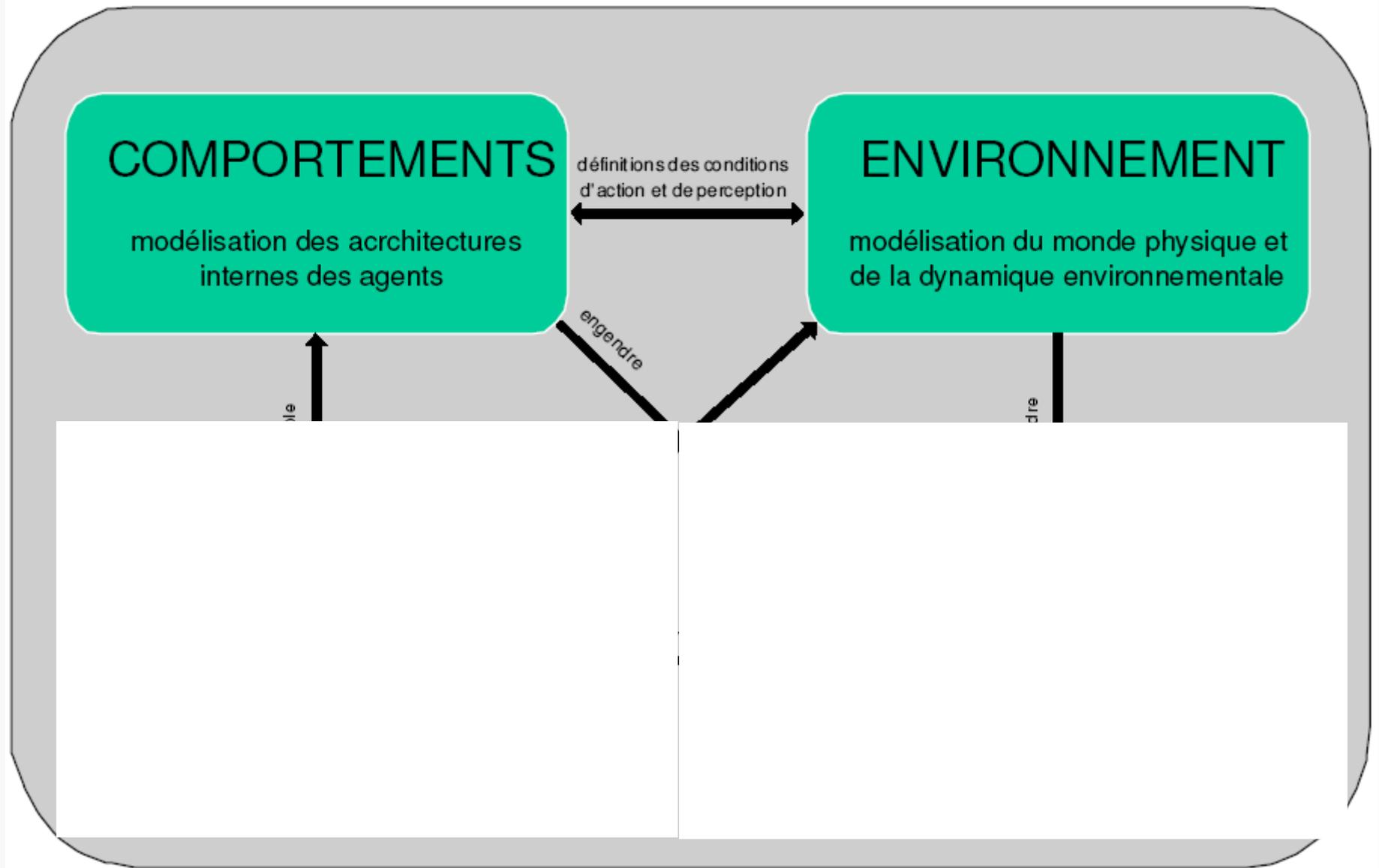


Comment gérer la réaction à de telles influences ?

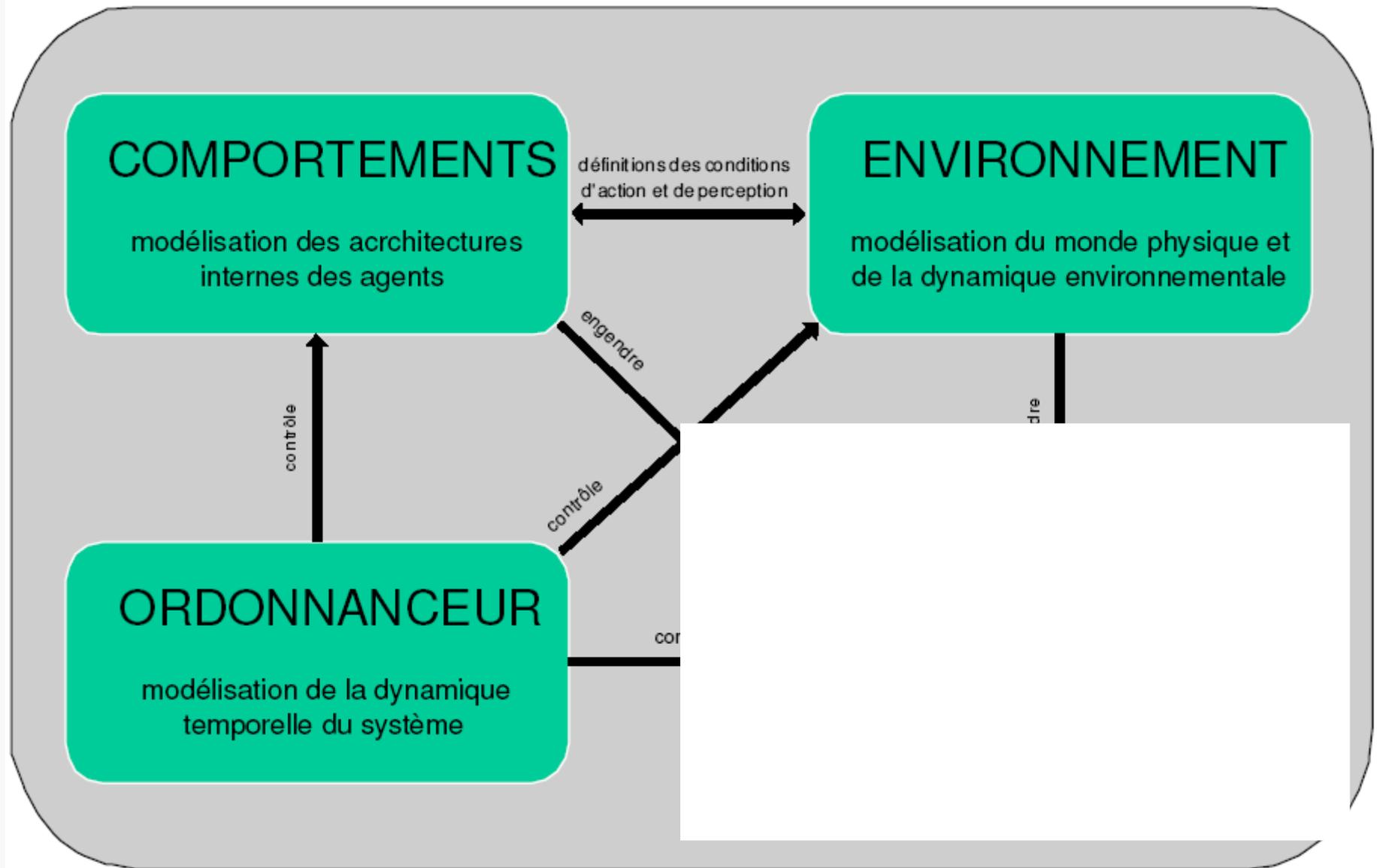
Que signifie le calcul de la réaction?



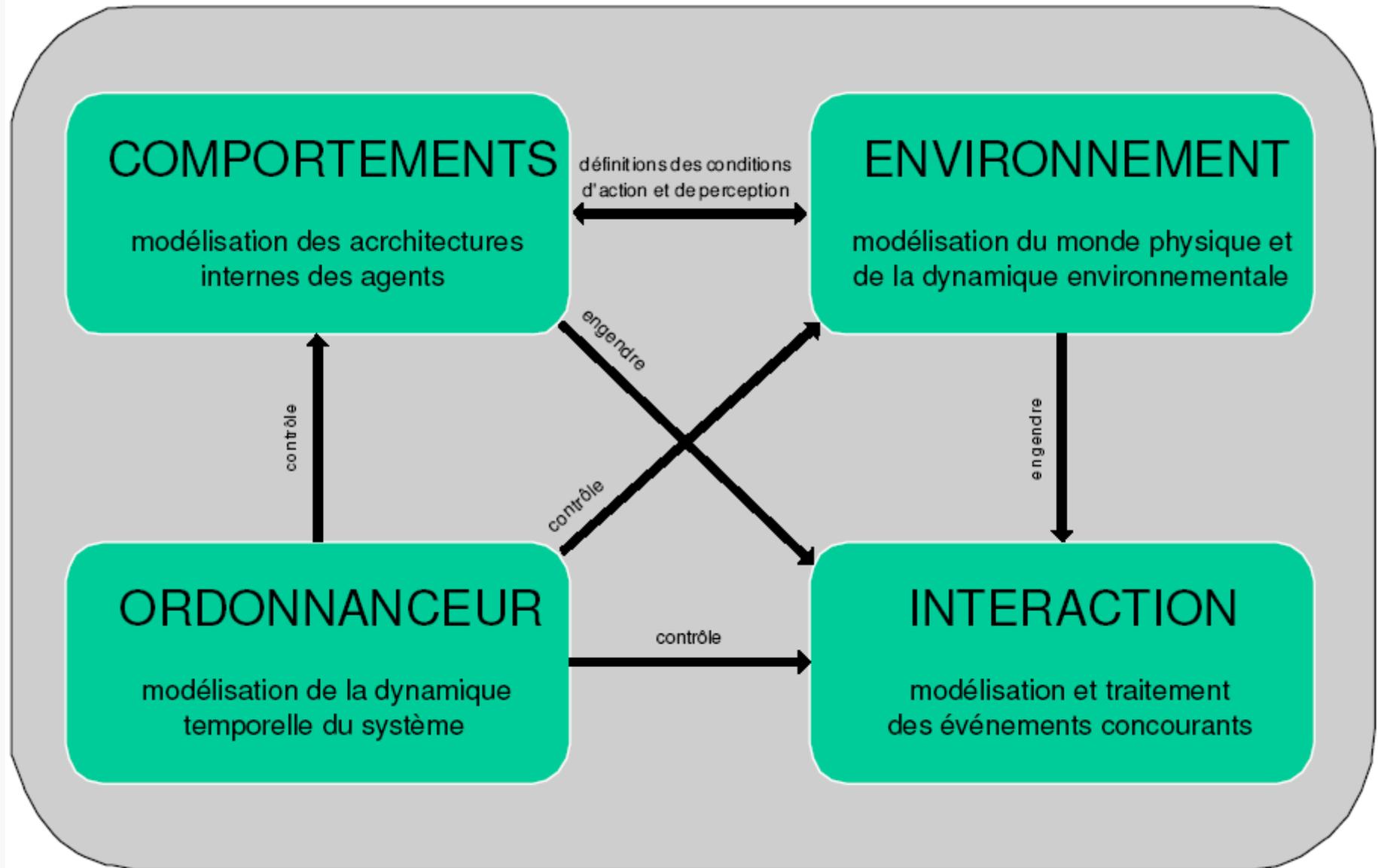
Les quatres modules d'un modèle multi-agents



Les quatres modules d'un modèle multi-agents



Les quatres modules d'un modèle multi-agents



V
Modélisation des interactions et
cohérence paradigmatique

L'exemple de l'interaction de reproduction

- Soient deux agents A et B et leurs comportements possibles à un instant t :



« je veux me reproduire »

$$Pr(A_{repro}) = \alpha$$

« je fais autre chose »

$$Pr(A_{none}) = 1 - \alpha$$



« je veux me reproduire »

$$Pr(B_{repro}) = \beta$$

« je fais autre chose »

$$Pr(B_{none}) = 1 - \beta$$

L'exemple de l'interaction de reproduction

- 4 *situations d'interactions* peuvent se présenter pour un instant t :

$$\begin{aligned} Pr(A_{repro} \text{ and } B_{repro}) &= Pr(A_{repro}) \times Pr(B_{repro}) &= \alpha\beta \\ Pr(A_{repro} \text{ and } B_{none}) &= Pr(A_{repro}) \times Pr(B_{none}) &= \alpha - \alpha\beta \\ Pr(A_{none} \text{ and } B_{repro}) &= Pr(A_{none}) \times Pr(B_{repro}) &= \beta - \alpha\beta \\ Pr(A_{none} \text{ and } B_{none}) &= Pr(A_{none}) \times Pr(B_{none}) &= 1 - \beta - \alpha + \alpha\beta \end{aligned}$$



Réactions à calculer

Interaction de reproduction modèle n°1

[Epstein & Axtell 96]

- Traitement séquentiel des influences.
- Délégation du calcul de la réaction aux agents.

SI « *je veux me reproduire* »

ALORS « *création d'un nouvel agent par reproduction* »

situations	birth(s)
A_{repro}, B_{repro}	2
A_{repro}, B_{none}	1
A_{none}, B_{repro}	1
A_{none}, B_{none}	0



- **un seul comportement suffit** pour engendrer une naissance.
- un agent peut se reproduire **plusieurs fois** à un seul instant t .

Interaction de reproduction modèle n°2

[Lawson & Park 00]

- Traitement séquentiel des influences.
- Délégation du calcul de la réaction aux agents.

SI « *je veux me reproduire* » && « *le partenaire ne s'est pas encore reproduit* »
ALORS « *création d'un nouvel agent par reproduction* » && « *marquage du partenaire* »

situations	birth(s)
A_{repro}, B_{repro}	1
A_{repro}, B_{none}	1
A_{none}, B_{repro}	1
A_{none}, B_{none}	0



- **un seul comportement suffit** à engendrer une naissance
- un agent **ne peut plus** se reproduire plusieurs fois à un seul instant t .
- le comportement d'un agent peut être **annihilé**.

Interaction de reproduction modèle n°3

- Traitement globale des influences.
- Le calcul de la réaction est effectué par l'environnement.

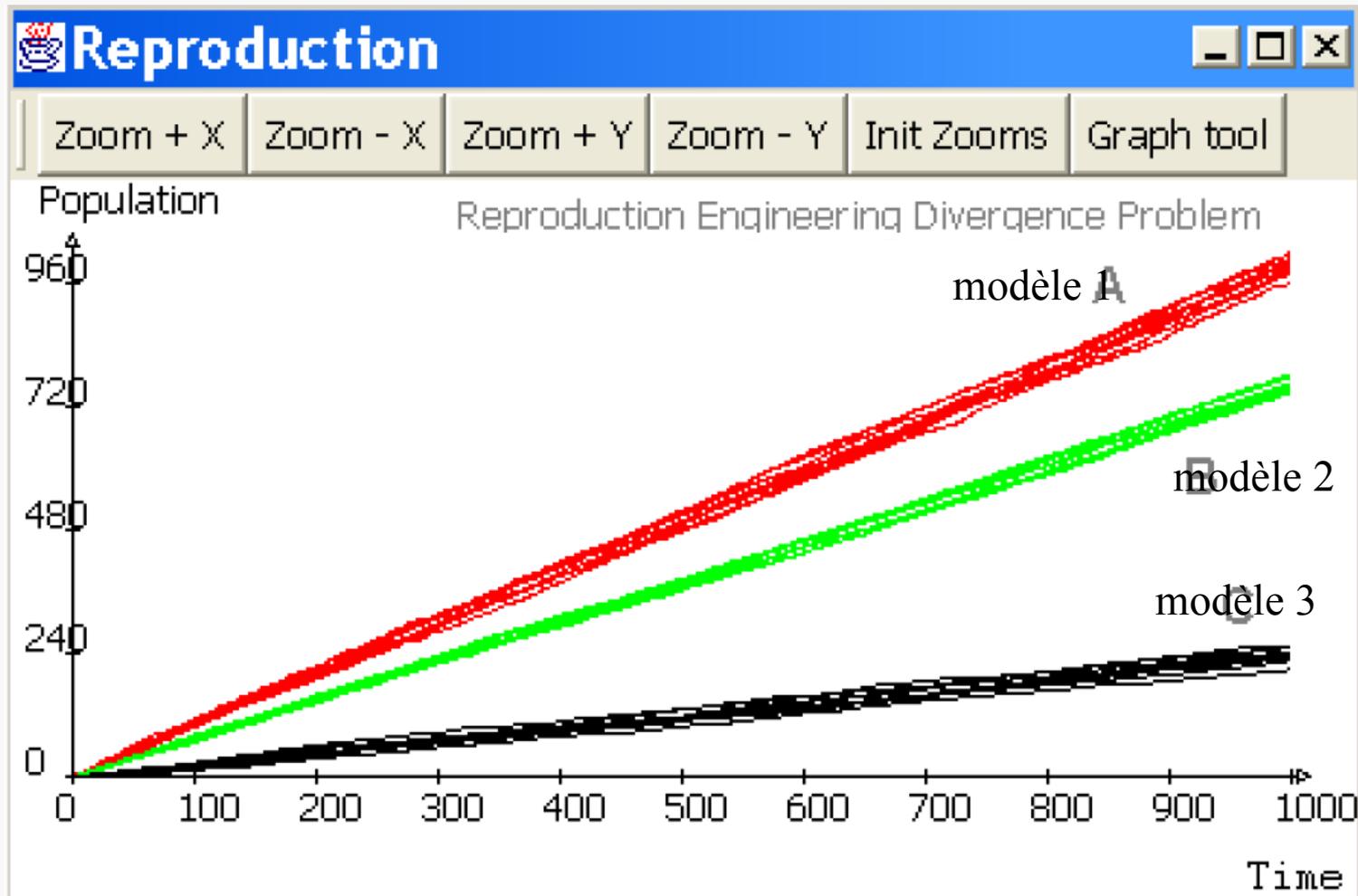
SI « *les deux agents souhaitent se reproduire* »
ALORS «*création d'un nouvel agent par reproduction*»

situations	birth(s)
A_{repro}, B_{repro}	1
A_{repro}, B_{none}	0
A_{none}, B_{repro}	0
A_{none}, B_{none}	0

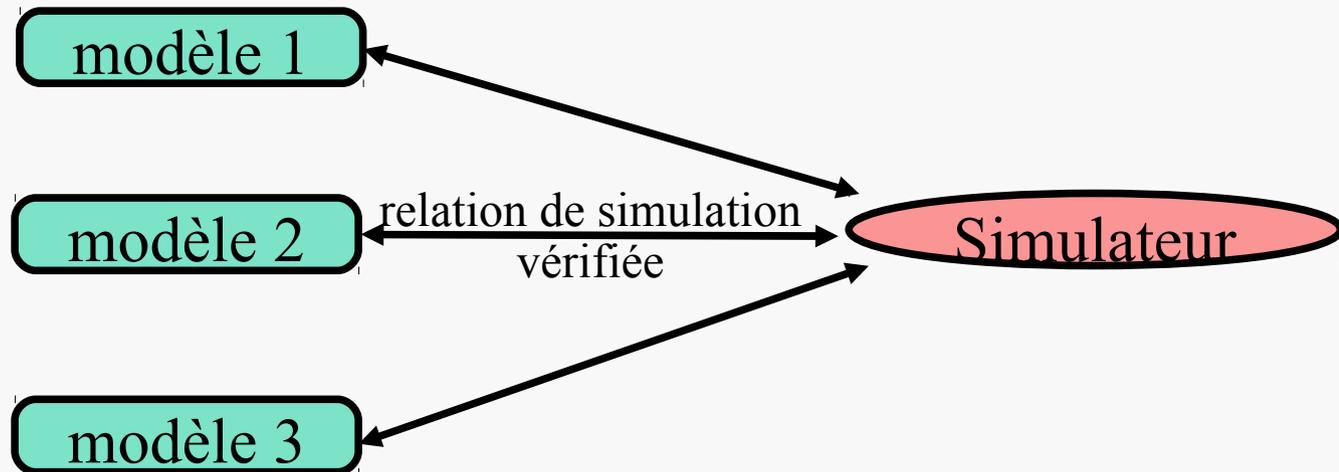
- **un seul comportement ne suffit pas** à engendrer une naissance
- le comportement d'un agent est toujours pris en compte.

Une seule situation d'interaction engendre une naissance

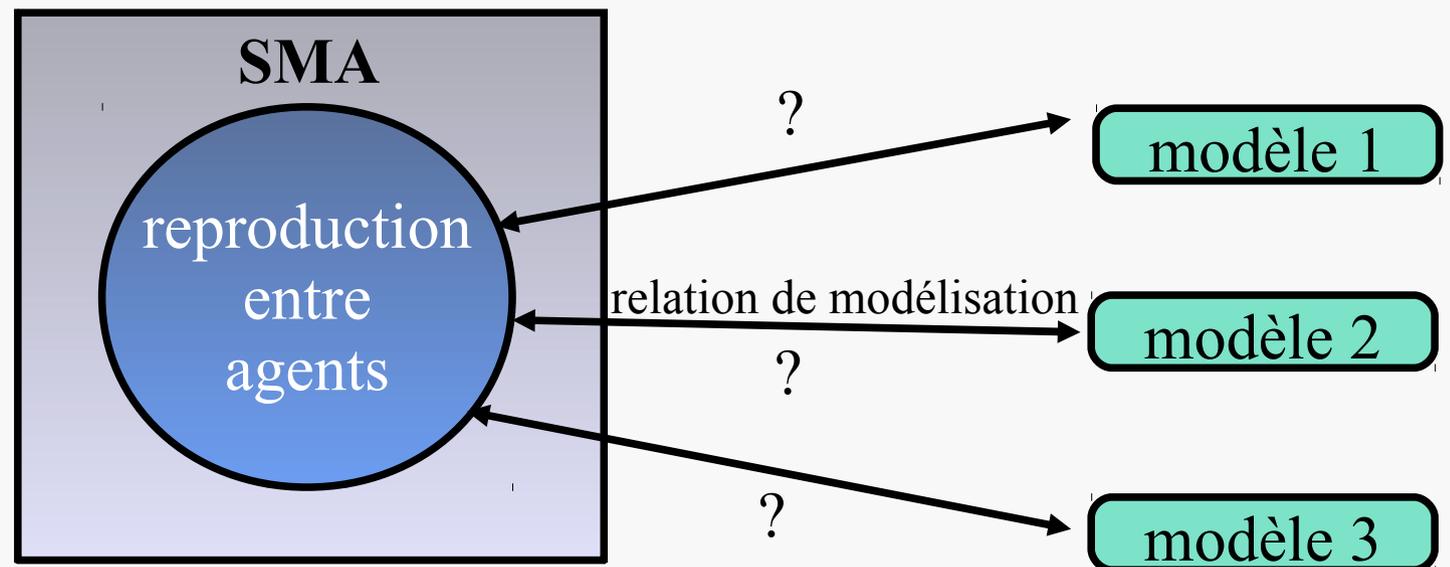
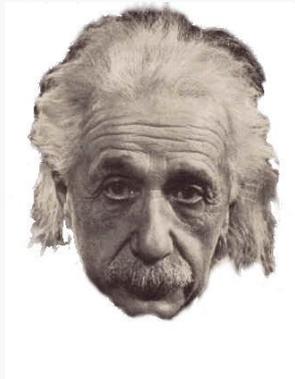
L'exemple de l'interaction de reproduction



Vérification & Validation



Ces trois modèles sont-ils tous valides?



La propriété d'autonomie

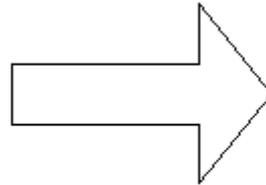
- Autonomie synonyme d'*auto-détermination* [Steels 95, Castelfranchi 95] (antonyme d'Automatisme)
- D'un point de vue informatique
 - Nécessité de critères objectifs liés à l'implémentation [Weiss et al. 03]



Contrainte d'intégrité interne

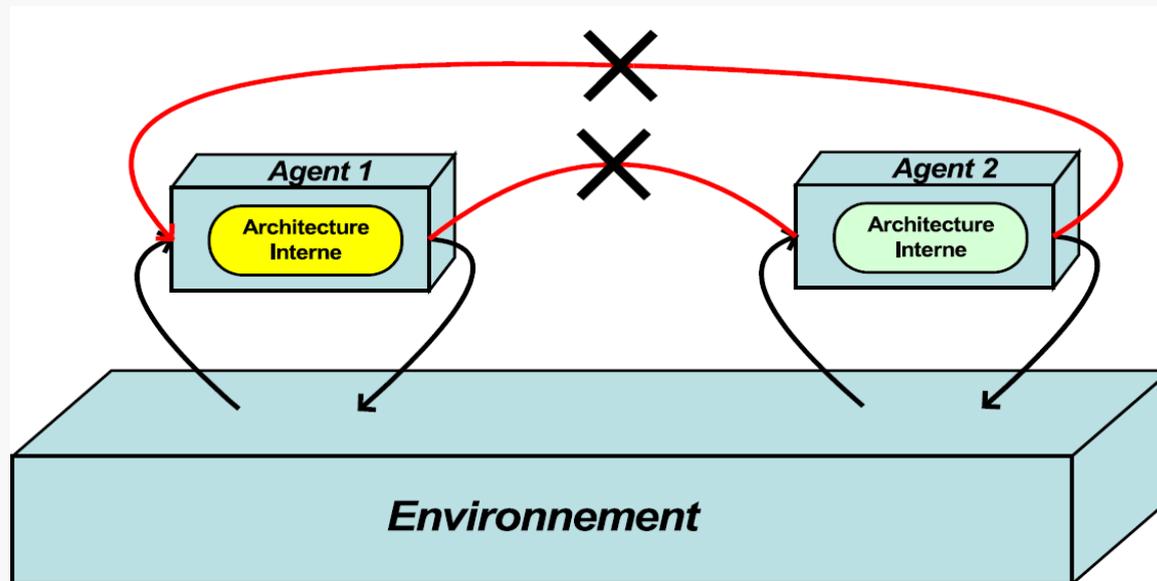
Contrainte d'intégrité interne

AUTONOMIE

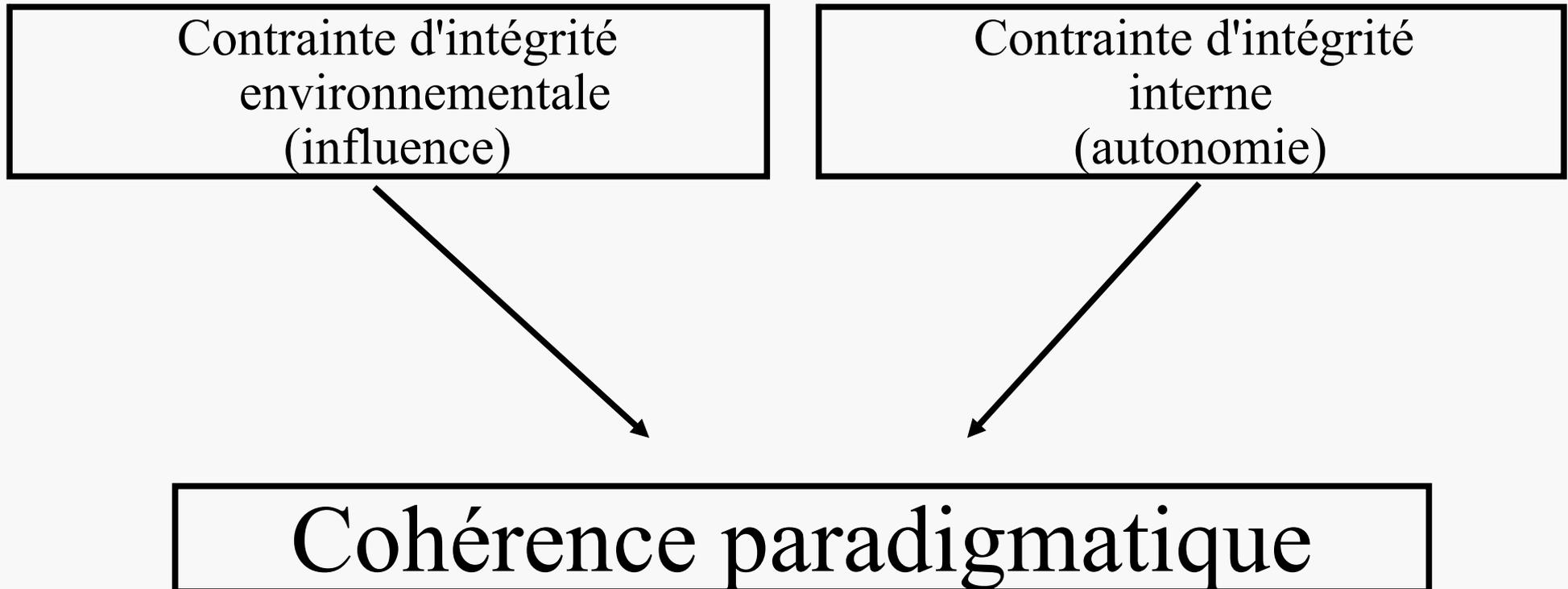


Contrainte d'intégrité
interne

Les variables d'état et le processus
de délibération ne peuvent être
accédés ou modifiés par aucune
autre entité du modèle



Contraintes liées au cadre expérimental des SMAs



Cohérence paradigmatique des trois modèles de la reproduction

	Intégrité interne	Intégrité environnementale	Cohérence paradigmatique
modèle 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
modèle 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
modèle 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

VI
Interactions fortes
&
Interactions faibles

Analyse empirique de l'interaction dans les SMA

$$\delta(t + dt) = \textit{Reaction}(\sigma(t), \bigcup_i \gamma'_i(t))$$

« Réaction linéaire »
Décomposable en
réactions élémentaires et
indépendantes

« Réaction non linéaire »

$$\delta(t + dt) = \textit{Reaction}(\sigma(t), \bigcup_i \gamma'_i(t))$$

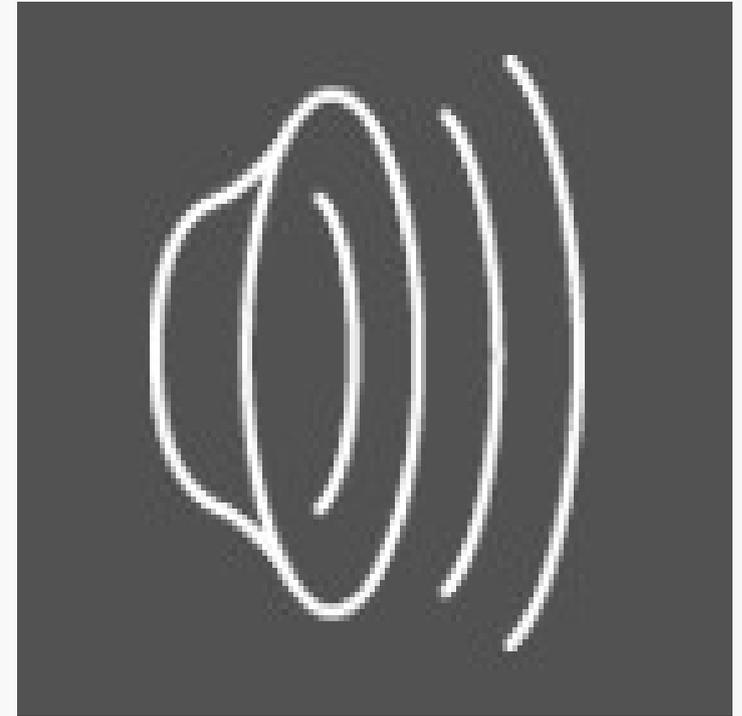
$$\delta(t + dt) = \textit{Reaction}(\textit{Reaction}(\textit{Reac}\dots, \gamma_n), \gamma_2), \gamma_1)$$

Gestion explicite de la composition
des influences non nécessaire

Gestion explicite de la composition
des influences nécessaire

Exemple de réaction linéaire

- Comportement d'une étoile :
avancer de (dx, dy) .
- Comportement d'une planète:
attirée par la gravitation de l'étoile la plus proche (influences de mouvement).



[TurtleKit (*Gravity*)]

$$\delta(t + dt) = \text{Reaction}(\sigma(t), \{move_1, move_2, \dots, move_n\})$$

$$\delta(t + dt) = \text{Reaction}(\text{Reaction}(\text{Reaction}(\dots), move_2), move_1))$$

Exemple de réaction non linéaire

- Reproduction entre agents :
 - Pour obtenir un nouvel agent par reproduction, deux agents qui souhaitent se reproduire sont nécessaires.

$$\delta(t + dt) = \text{Reaction}(\sigma(t), \{\text{repro}_1, \text{repro}_2\})$$

$$\{\text{reproSuccess} = \text{repro}_1 \oplus \text{repro}_2\}$$

\neq

$$\delta(t + dt) = \text{Reaction}(\text{Reaction}(\sigma(t), \text{repro}_1), \text{repro}_2)$$

$$\delta(t + dt) = \text{Reaction}(\sigma(t), \text{repro}_2)$$

$$\delta(t + dt) = \delta(t)$$

Interaction forte et Interaction faible

Interaction forte

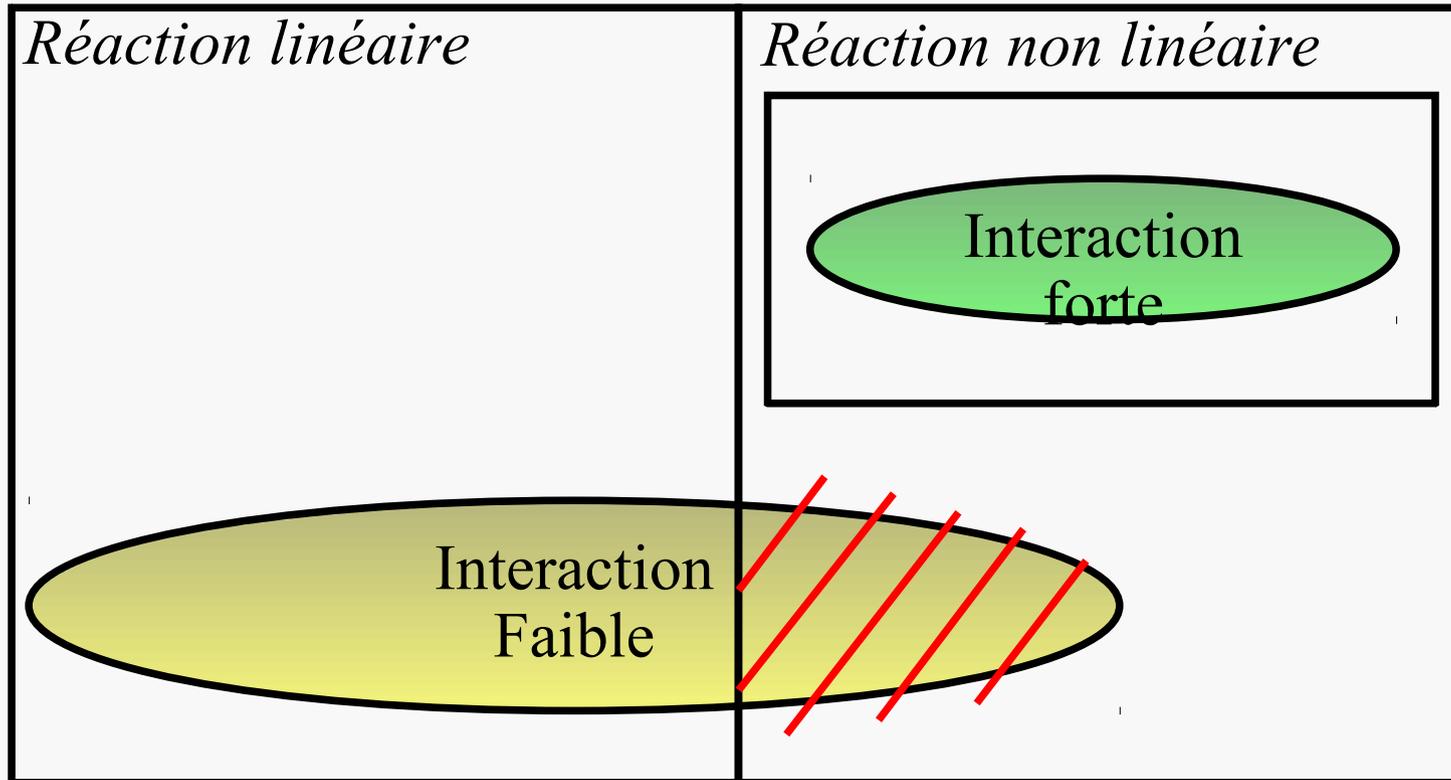
- *Plusieurs actions constituent une interaction forte lorsque:*
 - *la réalisation du but de chaque agent dépend de l'action d'autres agents.*
 - *pour être réalisé, l'événement correspondant nécessite la conjonction de plusieurs comportements autonomes particuliers.*
 - *le résultat d'une telle interaction ne peut être calculé sans prendre en compte la délibération de l'ensemble des agents concernés, sans quoi leur autonomie décisionnelle ne peut être garantie.*

Interaction forte et Interaction faible

Interaction faible

- *Plusieurs actions constituent une interaction faible lorsque:*
 - *le but de chaque agent peut être réalisé indépendamment des autres actions.*
 - *bien que ces actions puissent interférer entre elles, et quelle que soit la gestion des interactions, l'autonomie des agents n'est pas remise en cause par la technique utilisée pour calculer la réaction.*

Représentation schématique



Interaction forte → Réaction non linéaire
Interaction forte → Composition explicite des influences

Reste le problème de la simultanéité !

- Une termite électronique possède deux comportements :

R1: « **je ne porte rien** »

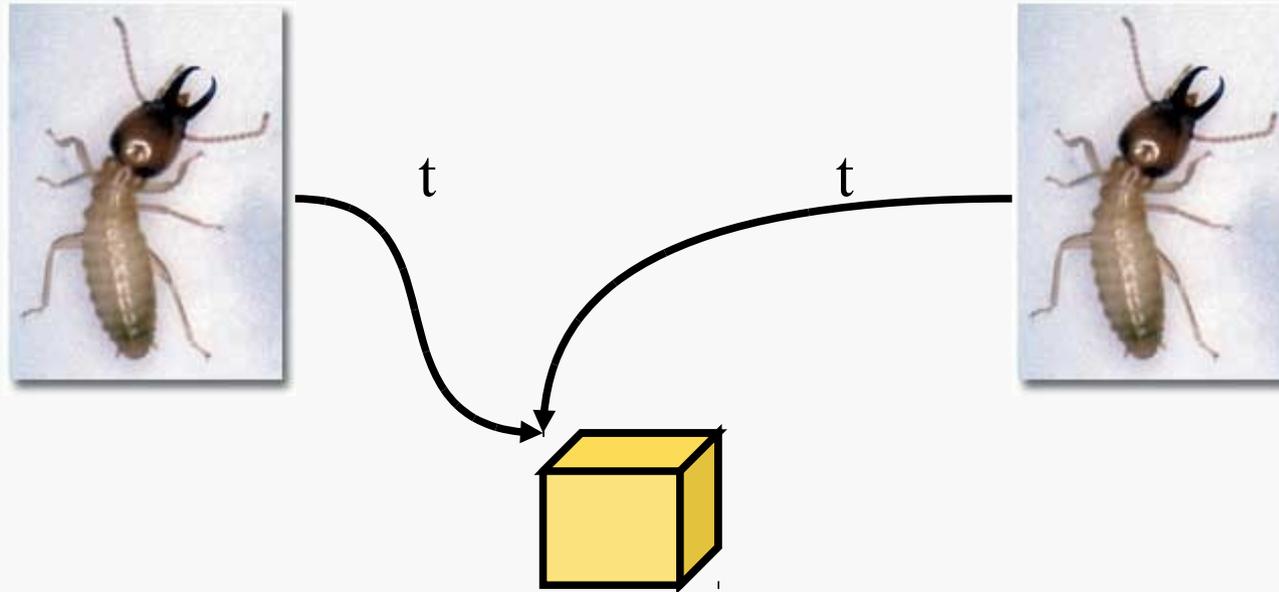
Je vois une brindille;
Je prends la brindille

R2 : « **je porte une brindille** »

Je cherche aléatoirement
un tas de brindille pour
poser ma brindille à côté



Reste le problème de la simultanéité !



- Deux termites tentent de prendre une brindille au même instant :
 - simultanéité dans l'accès à la ressource: la réaction doit définir une méthode de résolution du conflit (souvent de façon ad hoc: randomisation, ...).
 - S'il n'y a pas de gestion de la simultanéité des actions, on peut arriver à des incohérences (duplication des brindilles, incohérence temporelle, etc.)

VII

Conclusion

Conclusion

- Points importants dans la modélisation du temps dans les simulations de SMA
 - L'ordonnancement de l'exécution des agents est un point-clé
 - Il modifie les résultats qui sont obtenus.
 - **Il doit donc être explicite dans le modèle**
 - La **simultanéité** est une propriété intrinsèque des SMA, plusieurs solutions suivant les objectifs:
 - Randomisation, résolution de conflits, modèle influence/réaction (respect de la contrainte environnementale)
 - Le modèle influence/réaction fait clairement apparaître la problématique de la gestion des interactions :
 - **Elle doit être explicite**
 - Le modèle respecte-t-il le paradigme agent ?