



Des AG vers la GA

Sélection darwinienne

et Systèmes Multi-Agents

Samuel Landau

Miriad - OASIS - LIP6

Directeur de thèse : Alexis Drogoul

Conception automatique du comportement de robots mobiles et autonomes en environnement réel

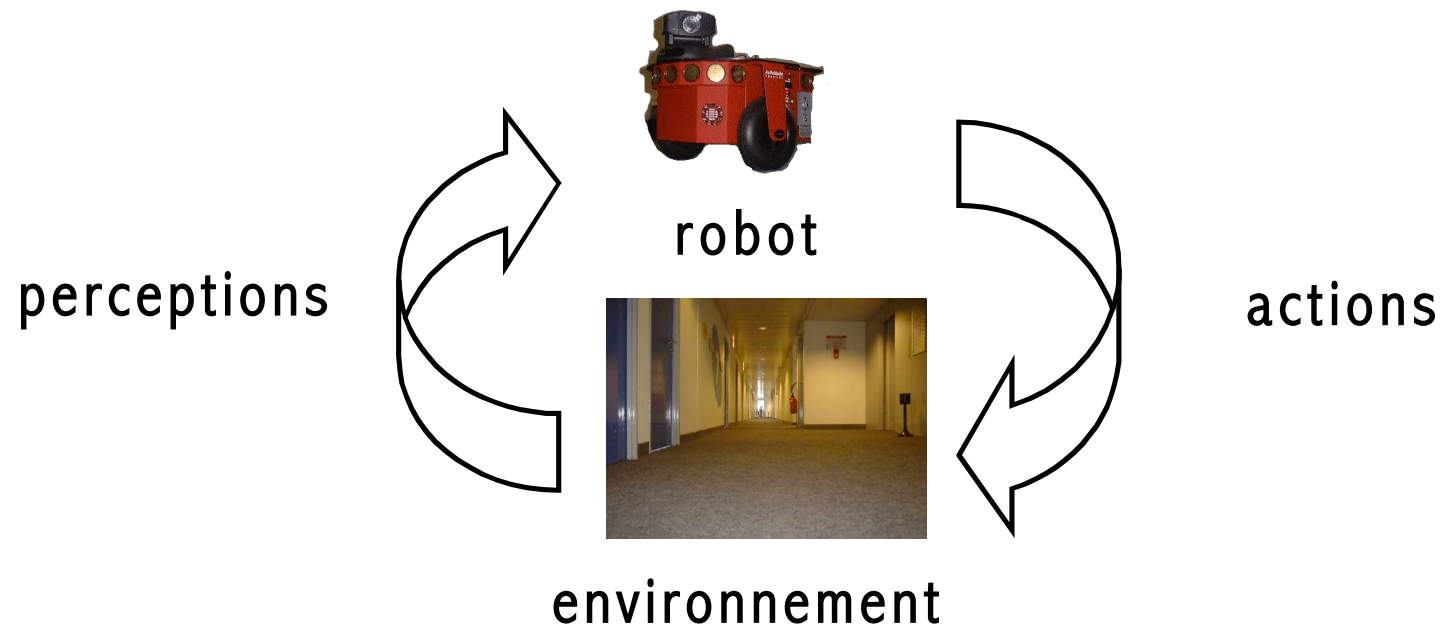


Projet MICRobES

[Drogoul et al, 1999]

Un système dynamique

- Boucle sensori-motrice
- Modélisations incomplètes et imprécises de l'environnement et du robot
- Aspect imprédictible du comportement
 - Difficile de prévoir le comportement au vu des règles
 - Difficile de déterminer les règles en vue d'un comportement



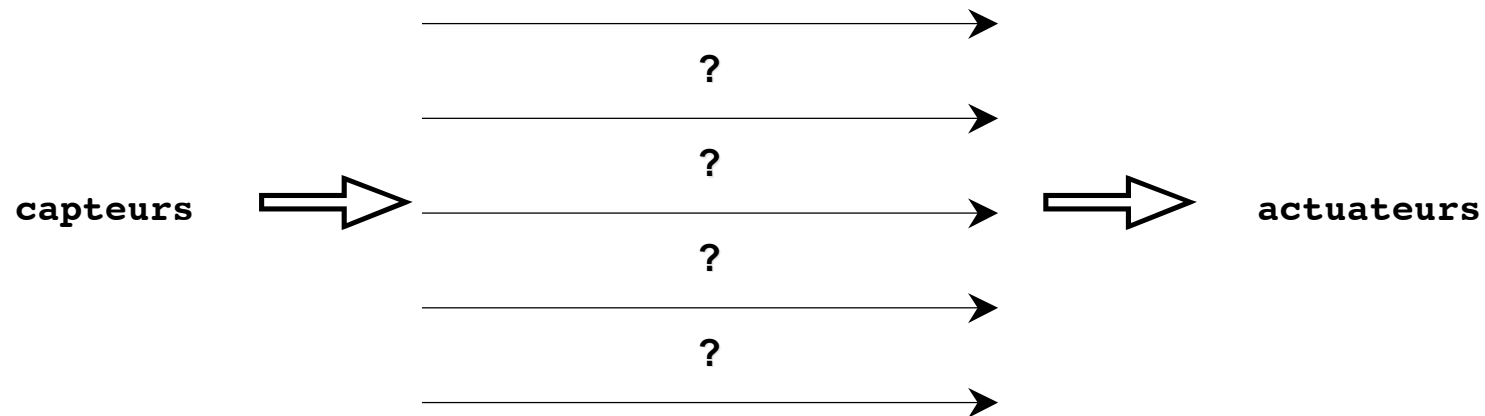
- 1. Modularité et distribution**
- 2. Capacités adaptatives**
- 3. Nombre et durée des expérimentations**
 - **Utilisation d'un système multi-agent comme architecture et description structurelle du comportement des agents**
 - **Capacités adaptatives obtenue par un processus de sélection darwinienne**

Principes [Darwin 1859]

- **Individus en compétition pour des ressources limitées**
 - **Sélection**
- **Ressemblance entre parents et enfants (hérédité)**
 - **Variation**
- **Hypothèse d'indépendance entre les causes de variations et celles de sélections**
 - **Variations « aléatoires »**
 - **Modèle « hasard - sélection »**
- **Gradualisme**
- **Darwinisme synthétique [Huxley/Wright 1942]**
 - **Introduction de la génétique**

-
- **Méthodes d'optimisation inspirées du modèle darwinien synthétique**
 - **Sélection suivant la valeur d'une fonction d'évaluation (*fitness*)**
- + Le génome peut coder pour des structures**
- + Peu d'hypothèses**
- Évolution hors ligne**
- Coût en temps de calcul**

- Génération de l'architecture par algorithme évolutionniste
- Possibilité de construction automatique des modules
- ...Mais aléas dus aux algorithmes évolutionnistes :
 - Durée limitée des évaluation en-ligne [Floreano 2000]
 - Modélisation du monde pour évaluations hors-ligne



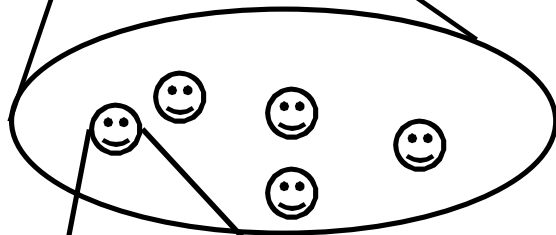


ATNoCells

[Landau 2003]

SMA contrôlant le robot

Adaptatif par sélection darwinienne

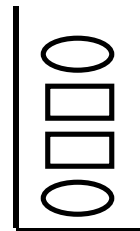
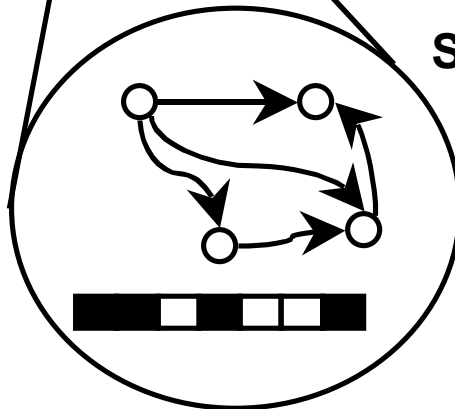


Un agent

ATNoSFERES

[Landau et Picault 2001]

Structure décrivant le comportement de l'agent (ATN)



SBGE

[Landau et Picault 2002]

Interprétation, via une pile, d'une chaîne binaire en une structure

Génome (chaîne binaire)

-
- **Cadre applicatif d'évolution artificielle et de simulation multi-agent**
 - **travail important d'abstraction sur les concepts à la base des techniques évolutionnistes**
 - **Plate-forme implantée en C++ sous Linux**
 - **Expérimenter plusieurs techniques évolutionnistes sur la même expérience**
 - **Réutiliser une technique évolutionniste dans plusieurs expériences**

Propriétés recherchées

principes de l'Éthogénétique [Landau et Picault 2001]

- **Puissance d'expression**

- **Quasi continuité du code génétique**

cadre gradualiste de la sélection darwinienne

la continuité génotype → phénotype est optimale pour l'évolution artificielle [Mitchell 1996]

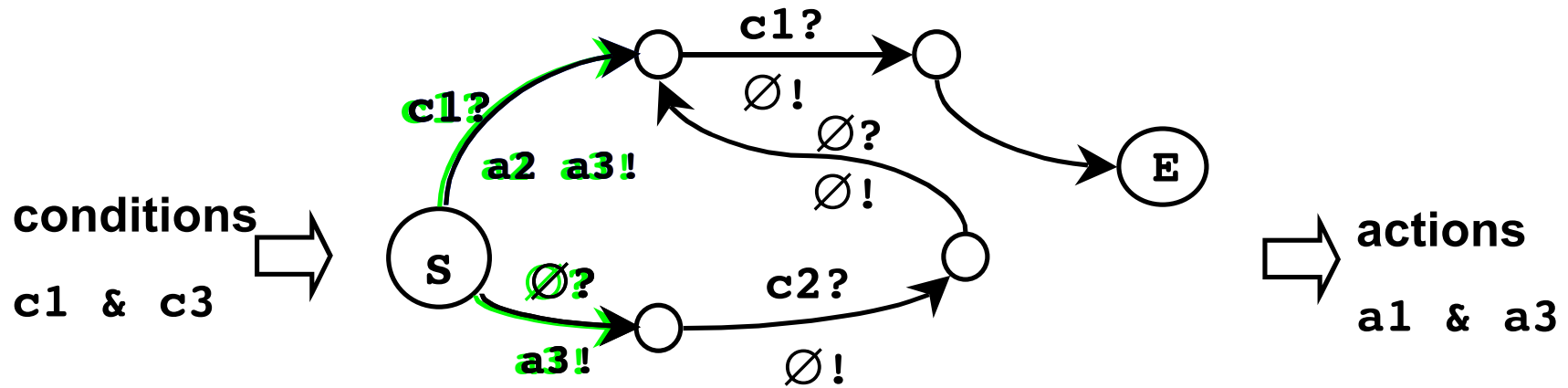
- **Pouvoir générer des structures appréhendables**

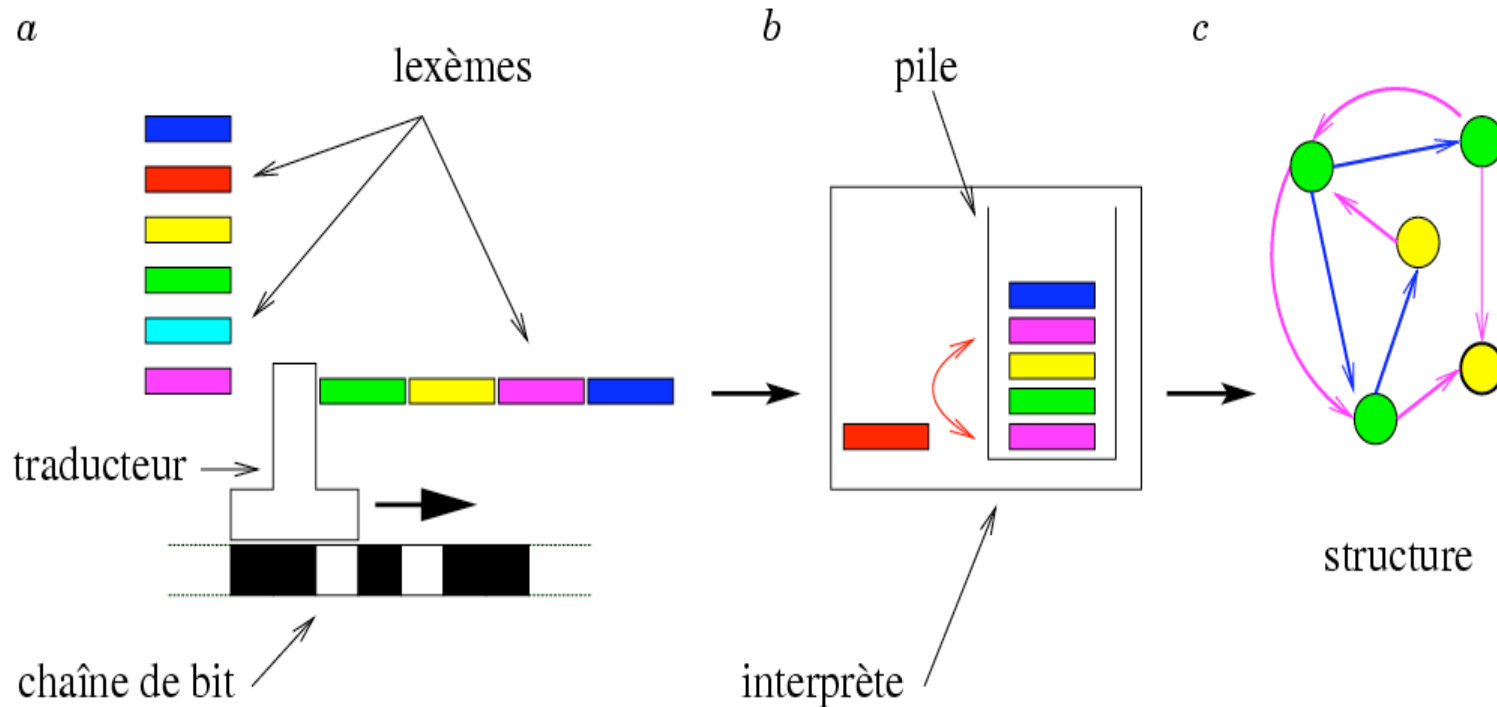
faciliter les manipulations, amorçage [Pitrat 1990]

Choix des ATN

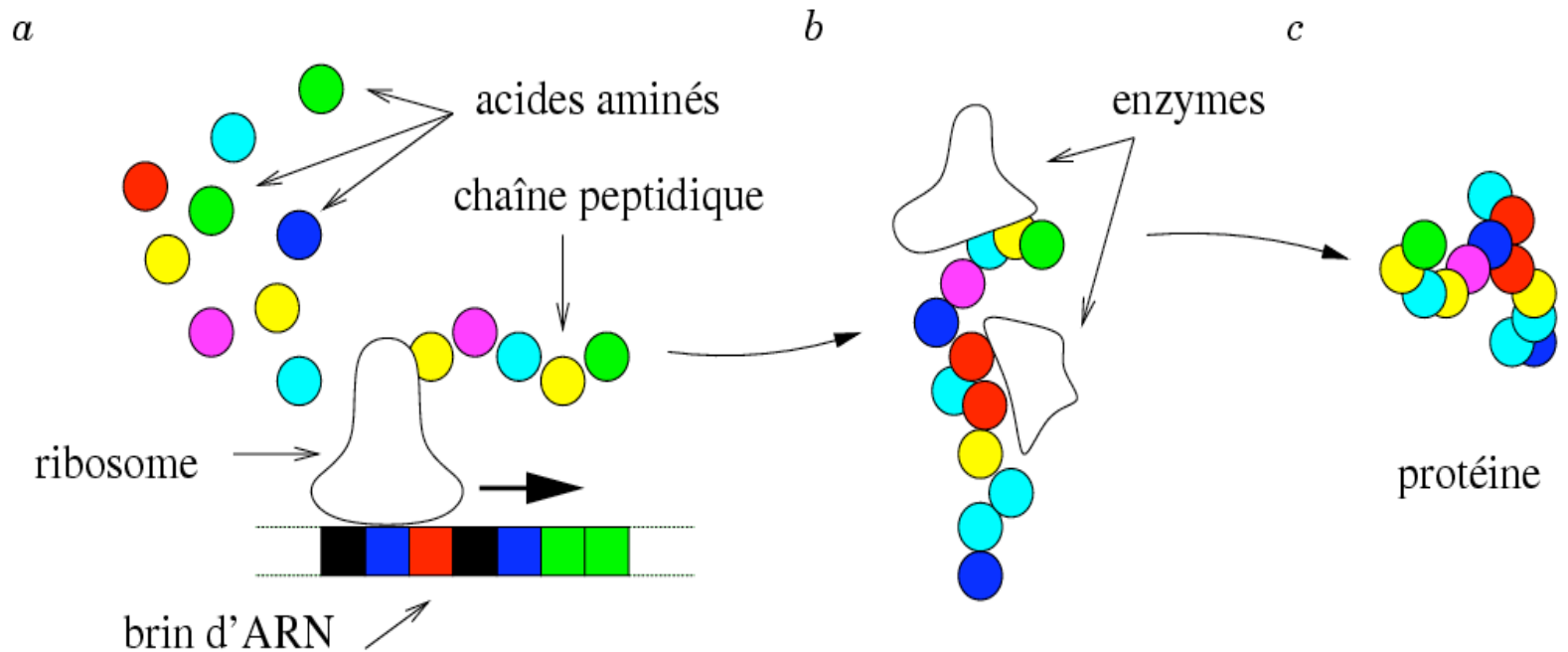
graphes étiquetés utilisés comme automates non-déterministes

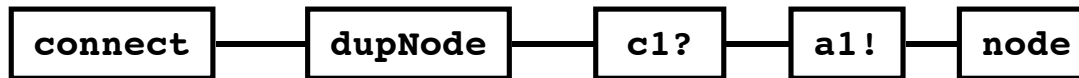
- \approx Ensemble d'états et de règles conditions \rightarrow actions





Métaphore de la synthèse de protéines



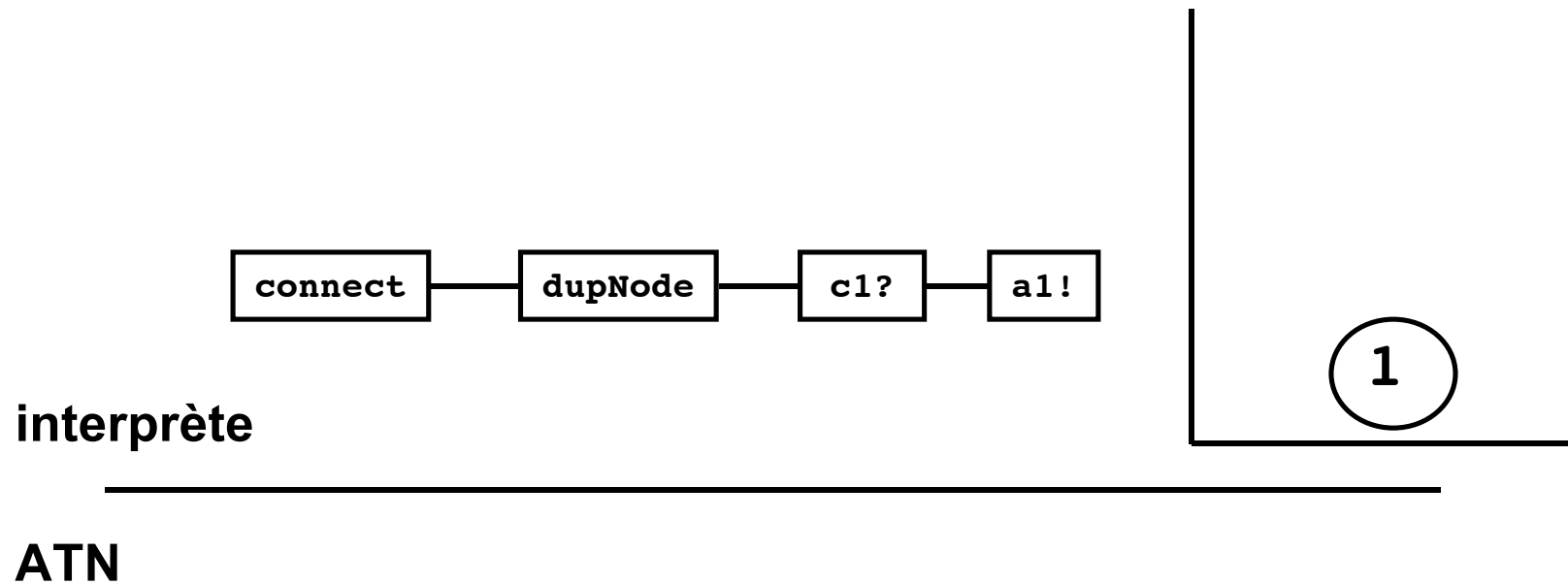


interprète

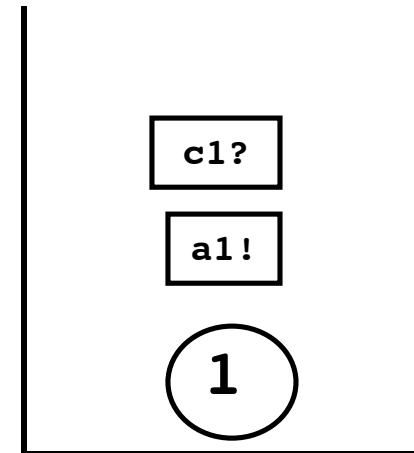
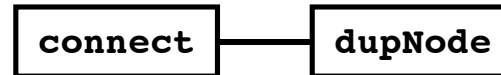


ATN

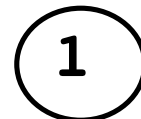
<vide>

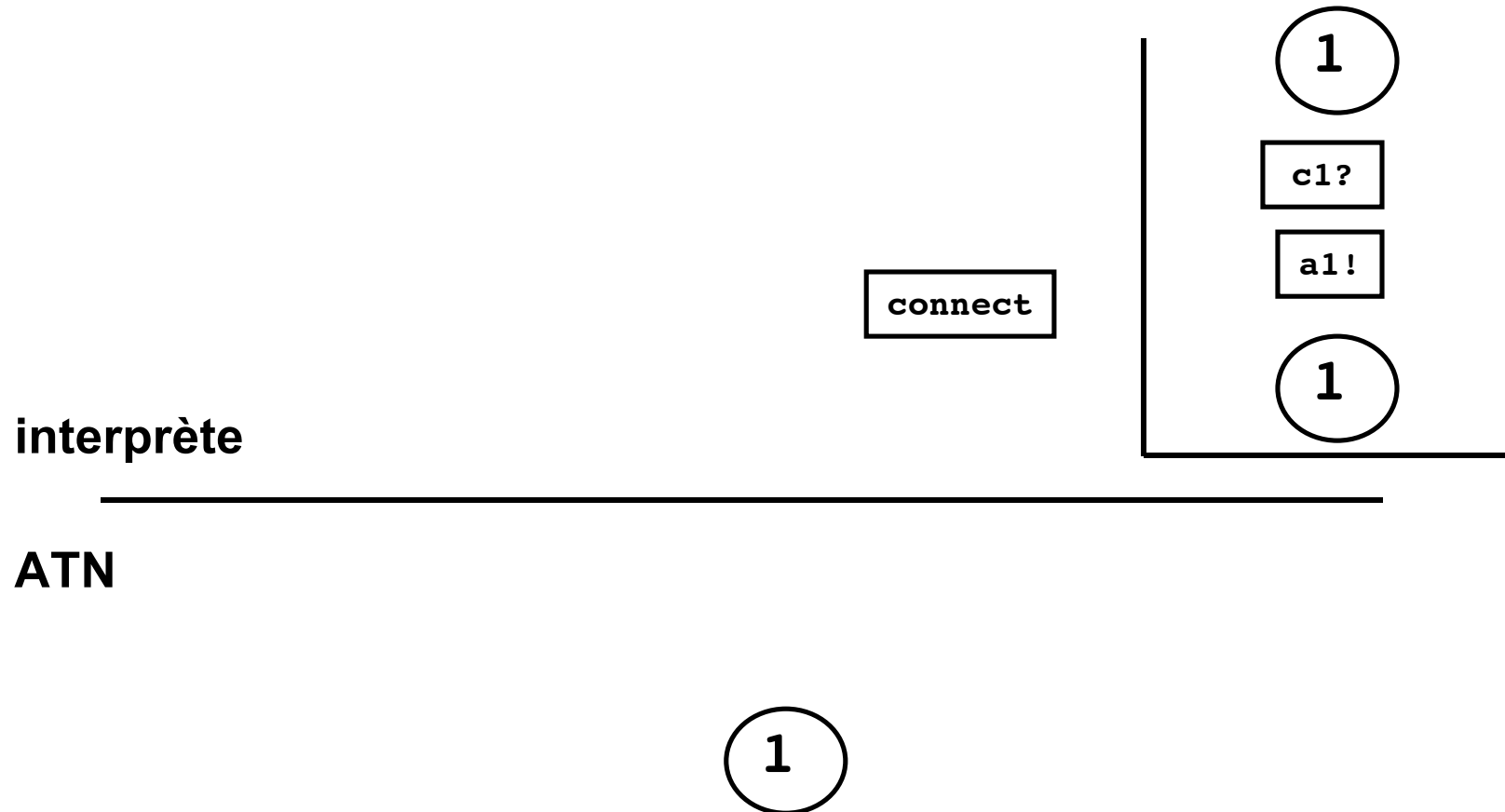


interprète

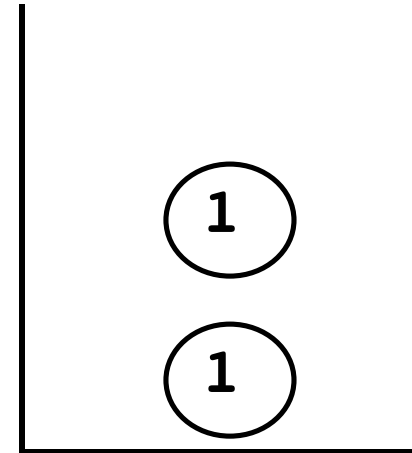


ATN

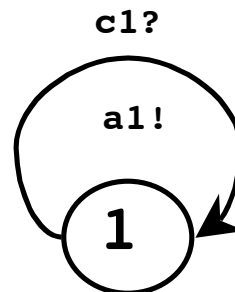




interprète



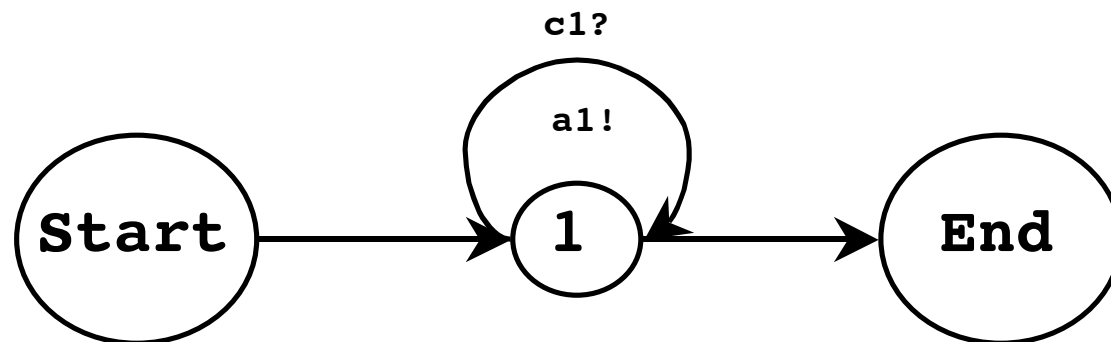
ATN



interprète

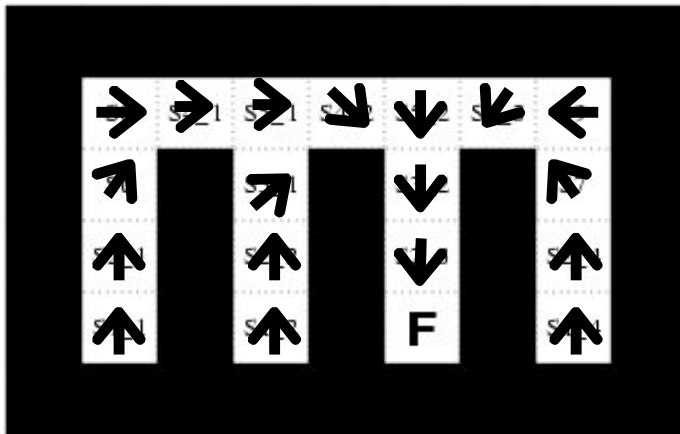


ATN



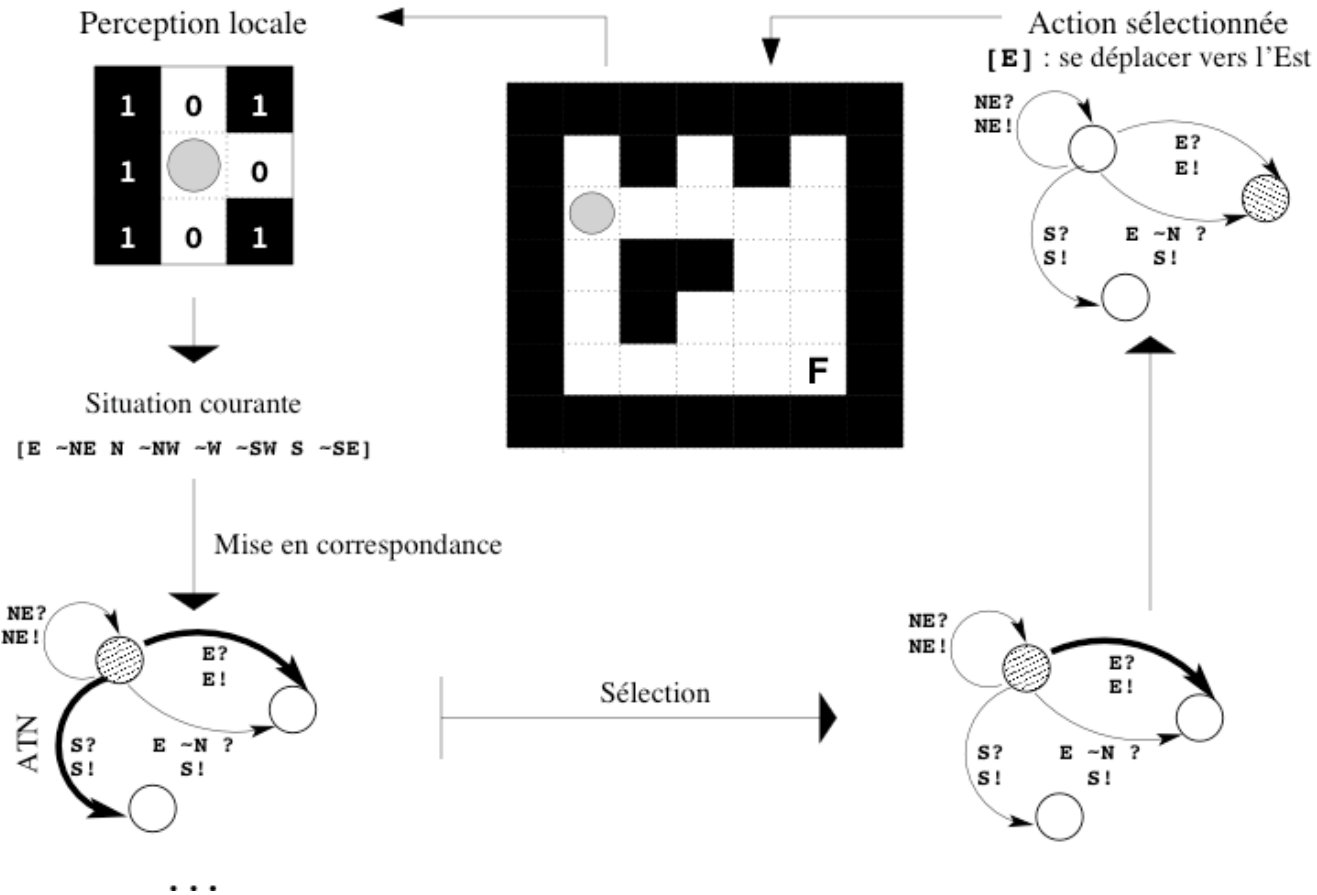
Objectifs

- Test de fonctionnalité d'ATNoSFERES avec des algorithmes évolutionnistes
- Comparaison avec d'autres modèles

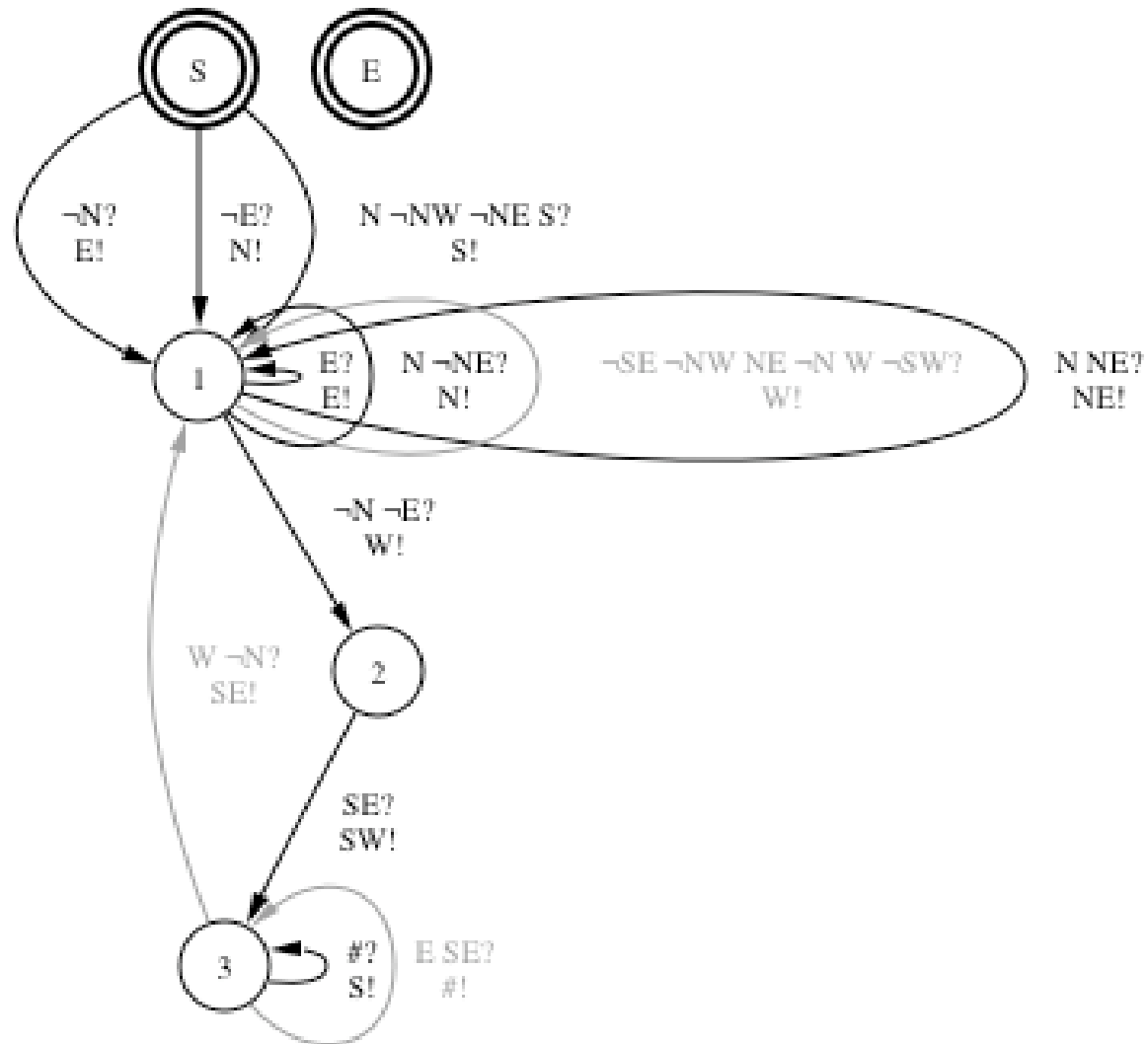


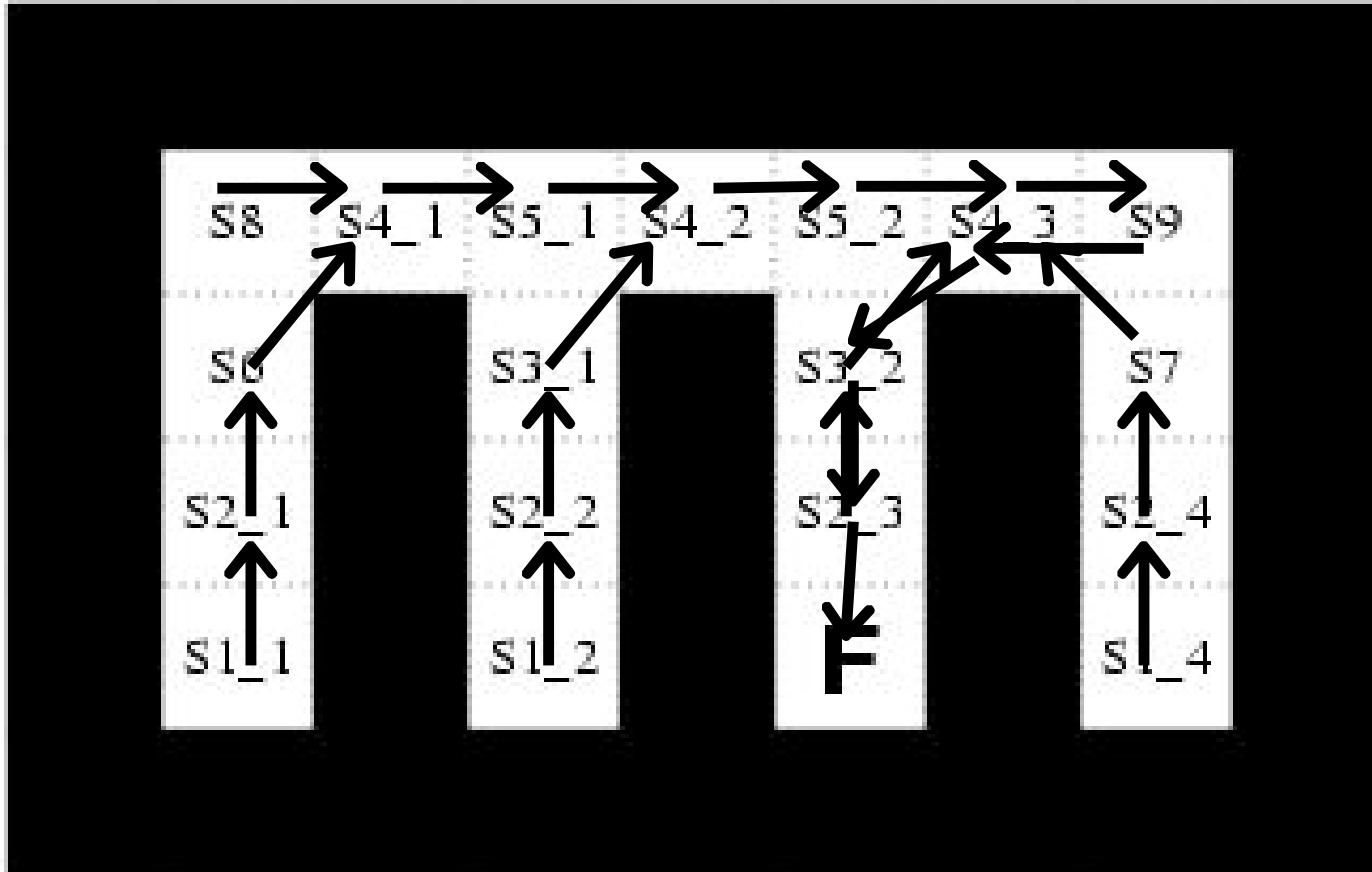
Environnement Maze10 [Lanzi 1998]

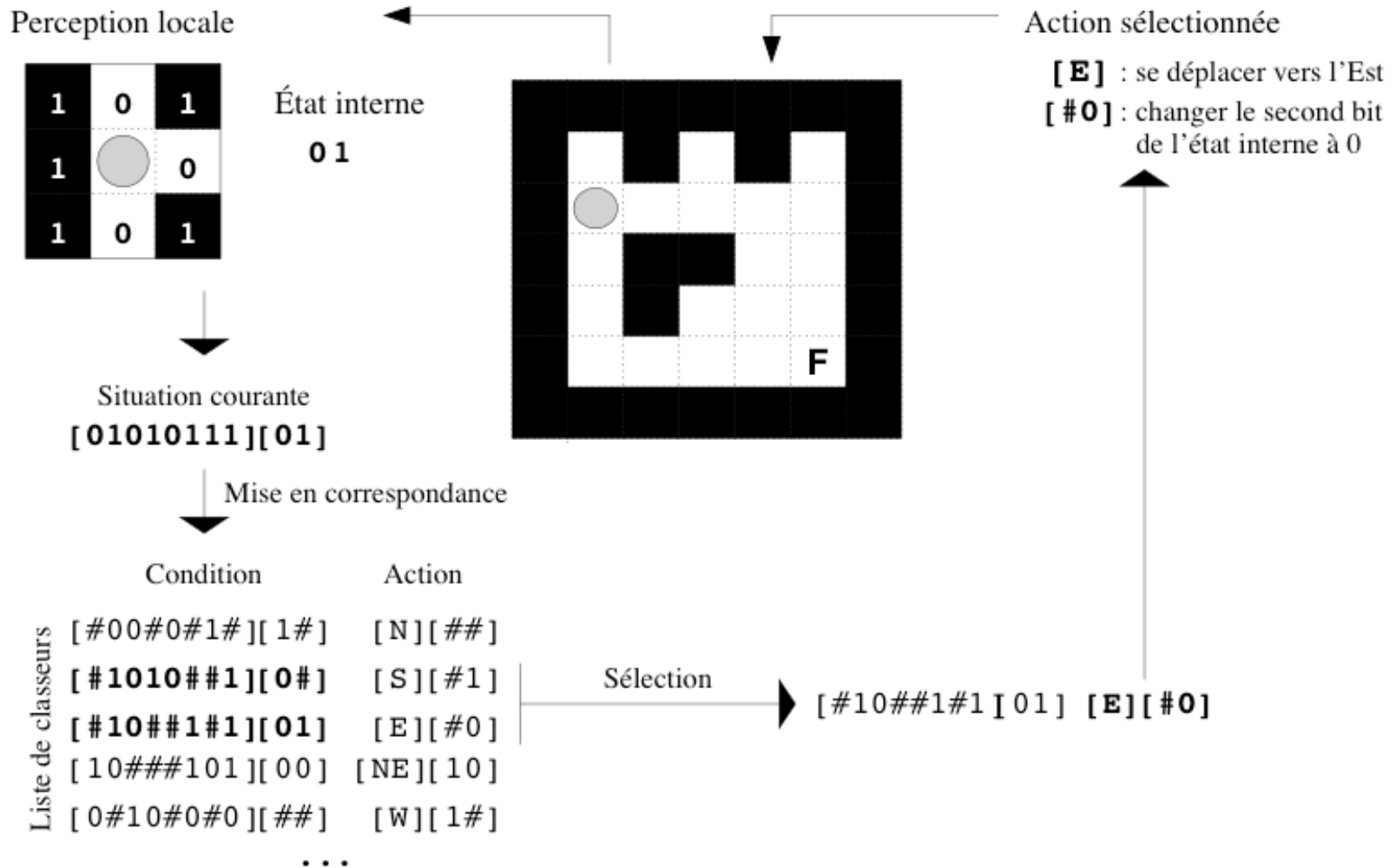
- Situations d'alias perceptuels avec actions optimales distinctes → environnement non-markovien
- 14 cases présentant des alias perceptuels (11 requièrent des actions différentes)
- 4 cases non ambiguës ; 1 case « food » (sortie), non perçue



- **Conditions:** N?/~N?, NE?/~NE?, ...
- **Actions :** N!, NE!,...





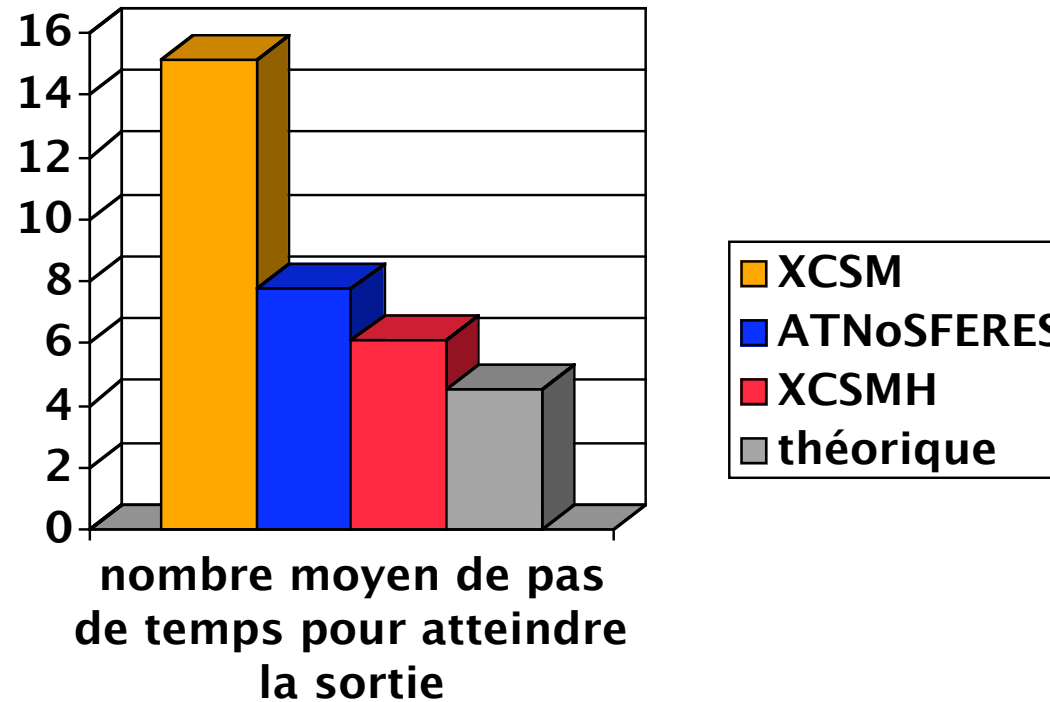


ATNoSFERES

1. **Algorithme Génétique**
2. **Fonction de fitness**
3. **Équiprobabilité des arcs éligibles**
4. **Nb de noeuds (auto)-ajustable**
5. **Nb d'arcs (auto)-ajustable**
6. **Pas de généralisation explicite**
7. **Structure en réseau**

XCSM

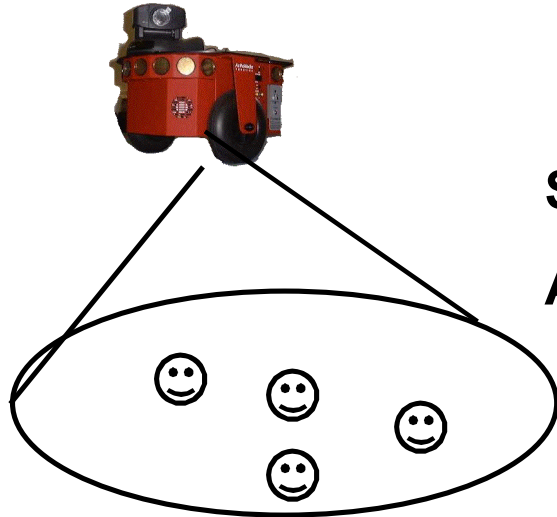
1. **AG + Appr. par renforcement**
2. **Renforcement**
3. **Les règles ont une force qui guide le choix**
4. **Nb fixé de noeuds internes**
5. **Nb fixé de règles**
6. **Généralisation explicite possible**
7. **Liste de règles**



- **XCSMH** : version de XCSM optimisée pour gérer les états internes
- **Résultat théorique** : parcours optimaux d'un agent "omniscient"

(résultats des expériences XCSM et XCSMH tirés de [Lanzi 1998])

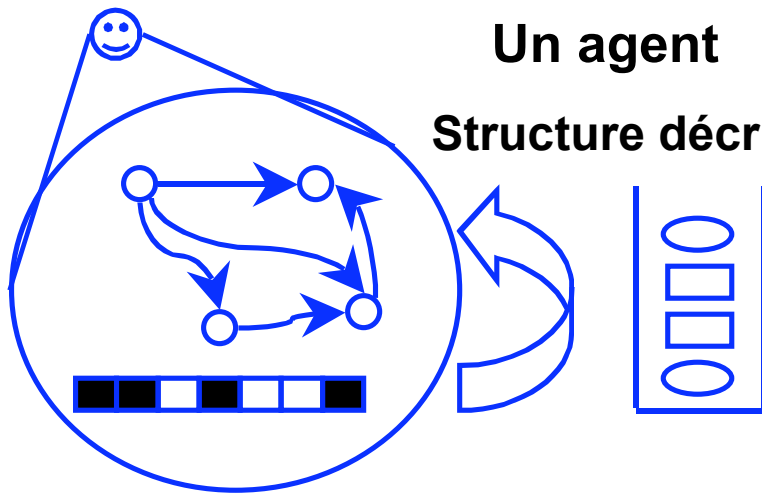
ATNoCells



SMA contrôlant le robot

Adaptatif par sélection darwinienne

ATNoSFERES



Un agent

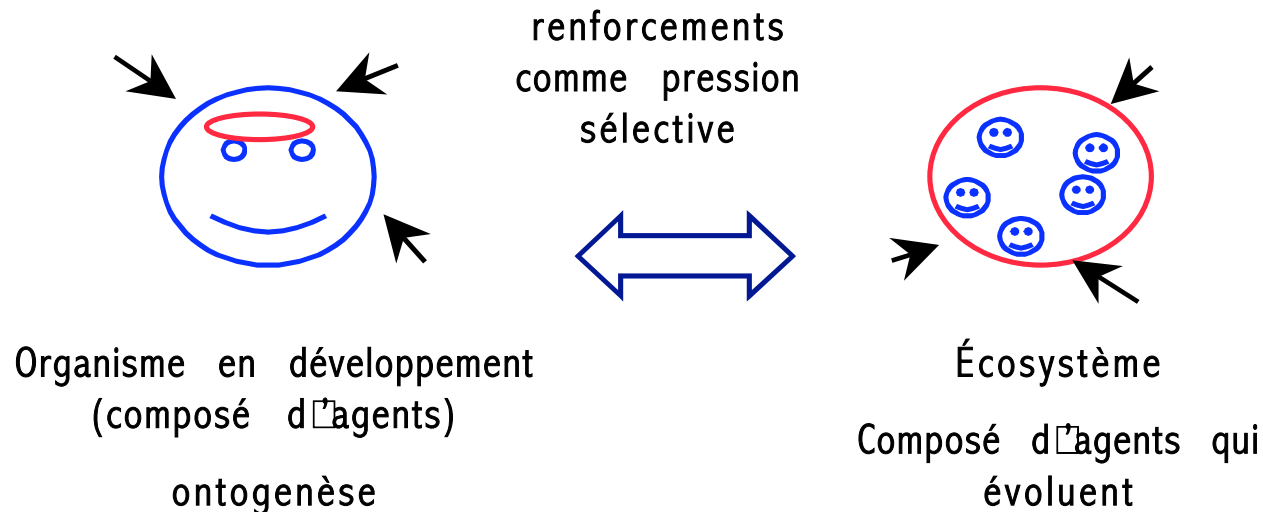
Structure décrivant le comportement de l'agent (ATN)

SBGE

Interprétation, via une pile, d'une chaîne binaire en une structure

Génome (chaîne binaire)

- population d'agents en croissance dans le même environnement
- **Compétition sur les ressources**
 - **Processus de sélection darwinienne**
- **des renforcements distribués au système influent sur la disponibilité des ressources**
 - **Pression sélective induite**



ontophylogenèse [Kupiec et Sonigo 2001]

Algorithmes Évolutionnistes

1. Centralisé
2. Évaluation “statique”
3. Phylogenèse
4. Fitness explicite
5. Hors ligne
6. Cycle exploration/exploitation

Modèle “ontophylogénétique”

1. Distribué
2. Évaluation “dynamique”
3. Ontogenèse
+ phylogenèse agents
4. Fitness implicite
5. En ligne
6. Exploration *et* exploitation



Modèle «**Ontophylogénétique**»

Approches similaires

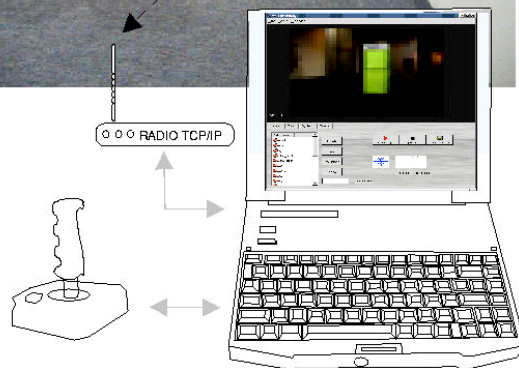
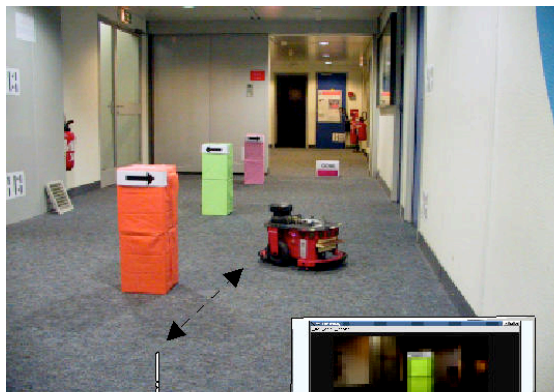


- **Systemes de classeur “Pittsburgh style”**
 - **Nombre de classeurs et d’états fixé à l’avance**
- **Systemes immunitaires artificiels**
 - **Cas particulier (agents homogènes et sans communication)**
 - **Pas d’indirection renforcement → ressources**

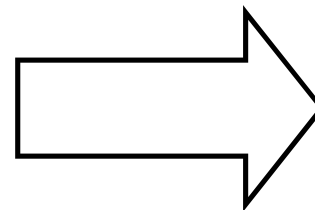
- **Plus rapide que les algorithmes évolutionnistes**
- **Moins contraints que les systèmes de classeurs nombre de règles et d'états internes fixé a priori)**
- ***Credit assignment* implicite**
(via la sélection darwinienne)
 - **Modèle qui étend et unifie l'apprentissage par renforcement et l'évolution artificielle pour l'apprentissage d'un système**

Objectifs

- Apprentissage par démonstration



démonstrations

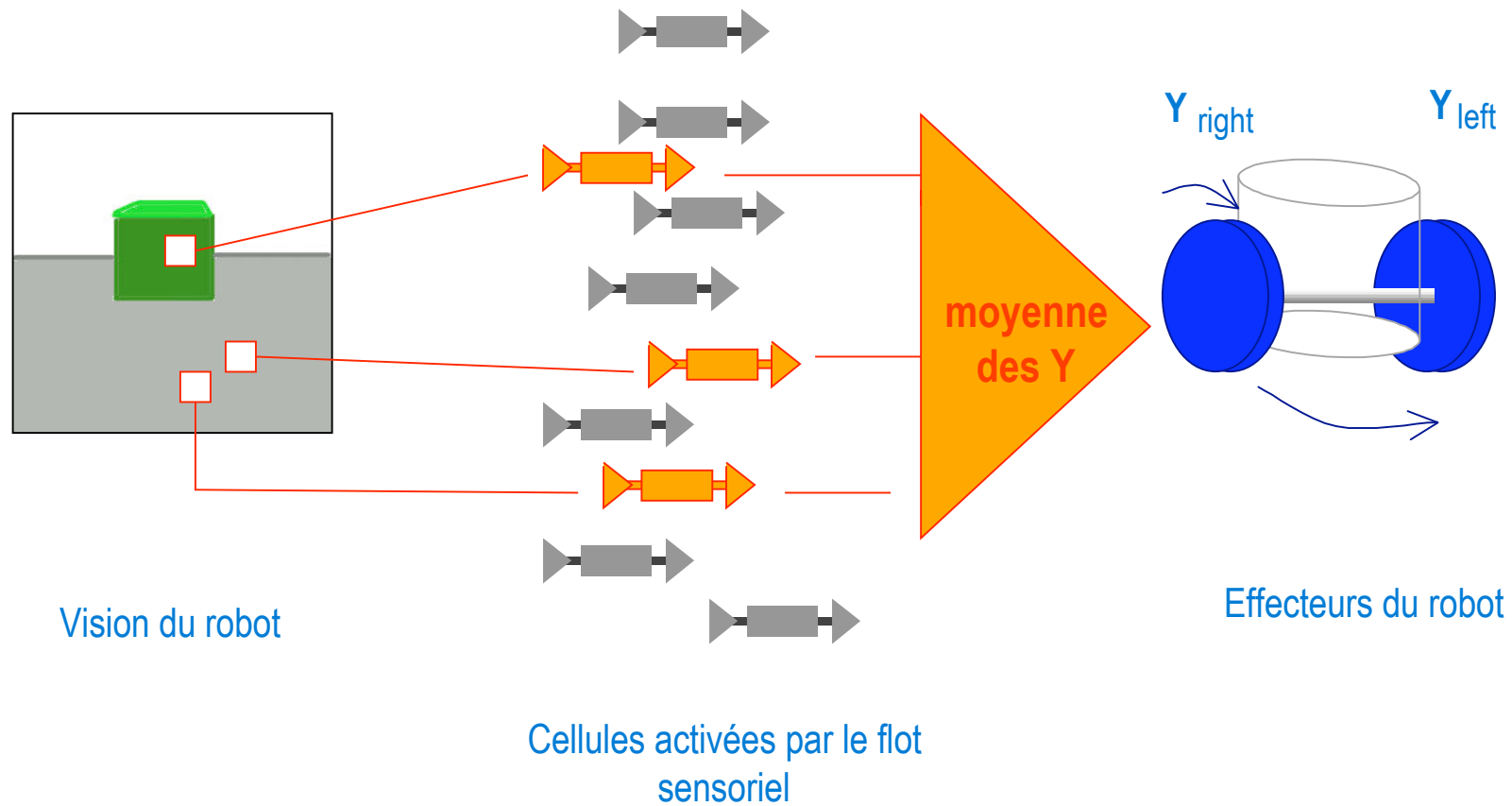


traitement

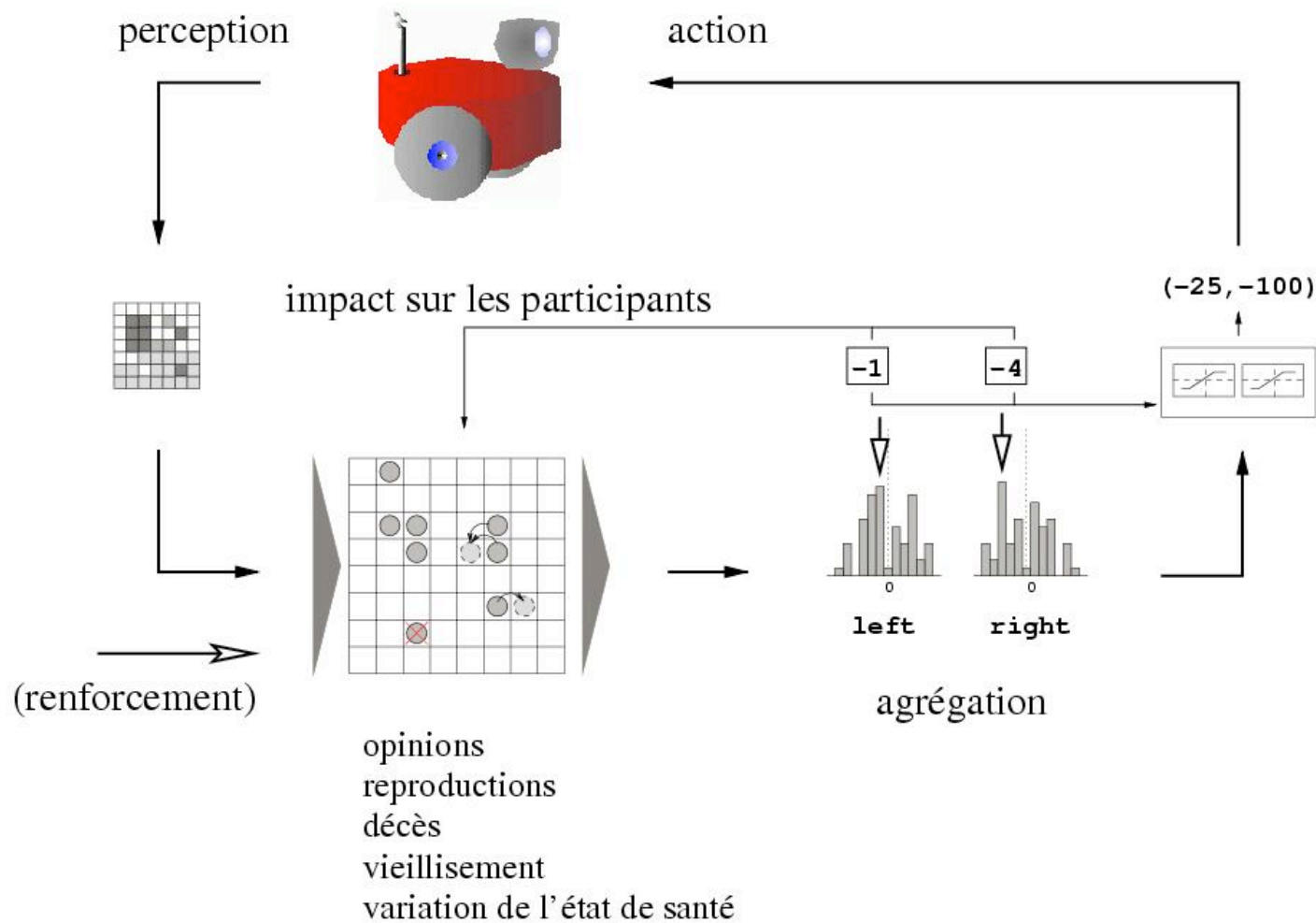


réalisation

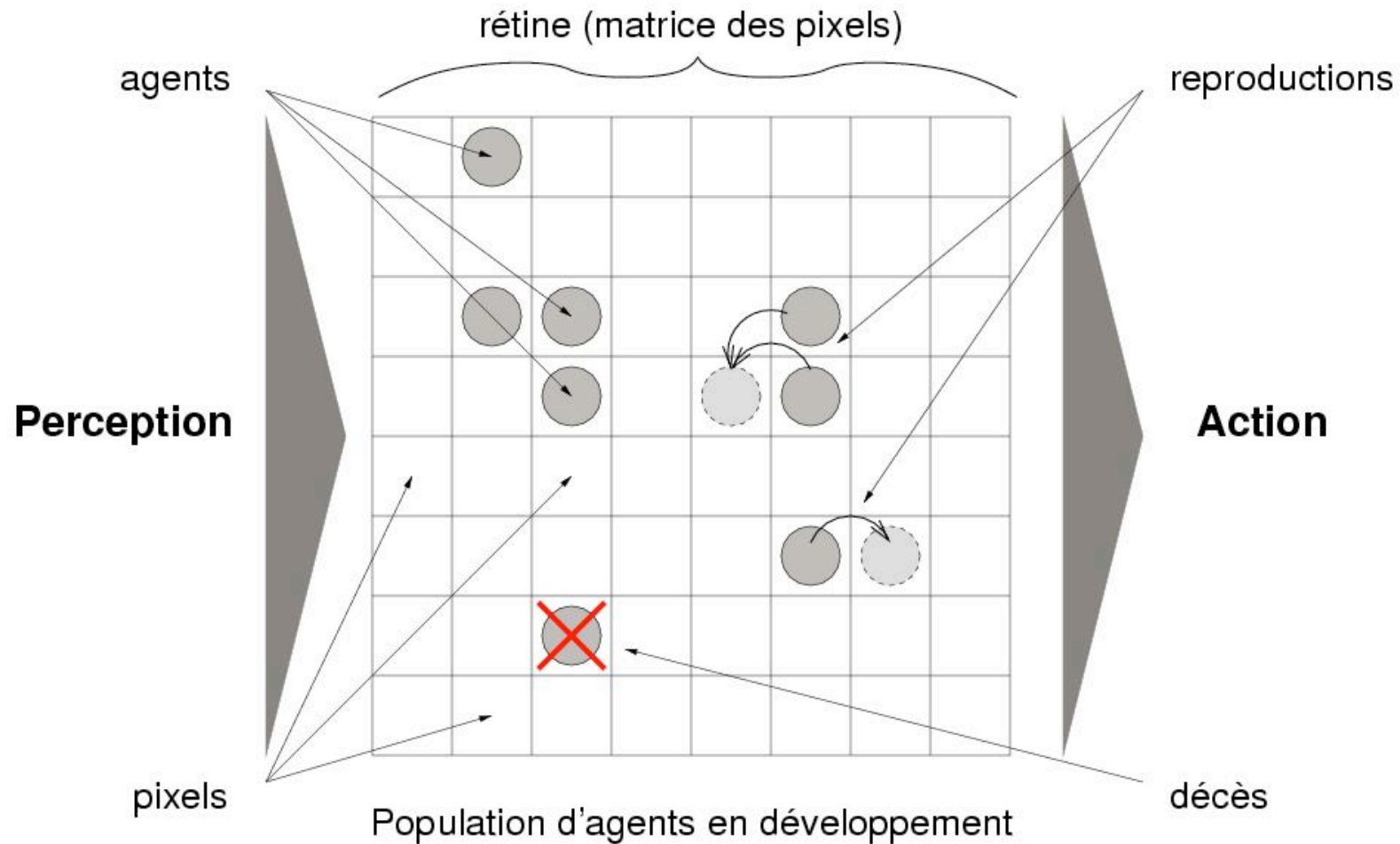
- Pas de connaissances a priori sur l'environnement ou la tâche



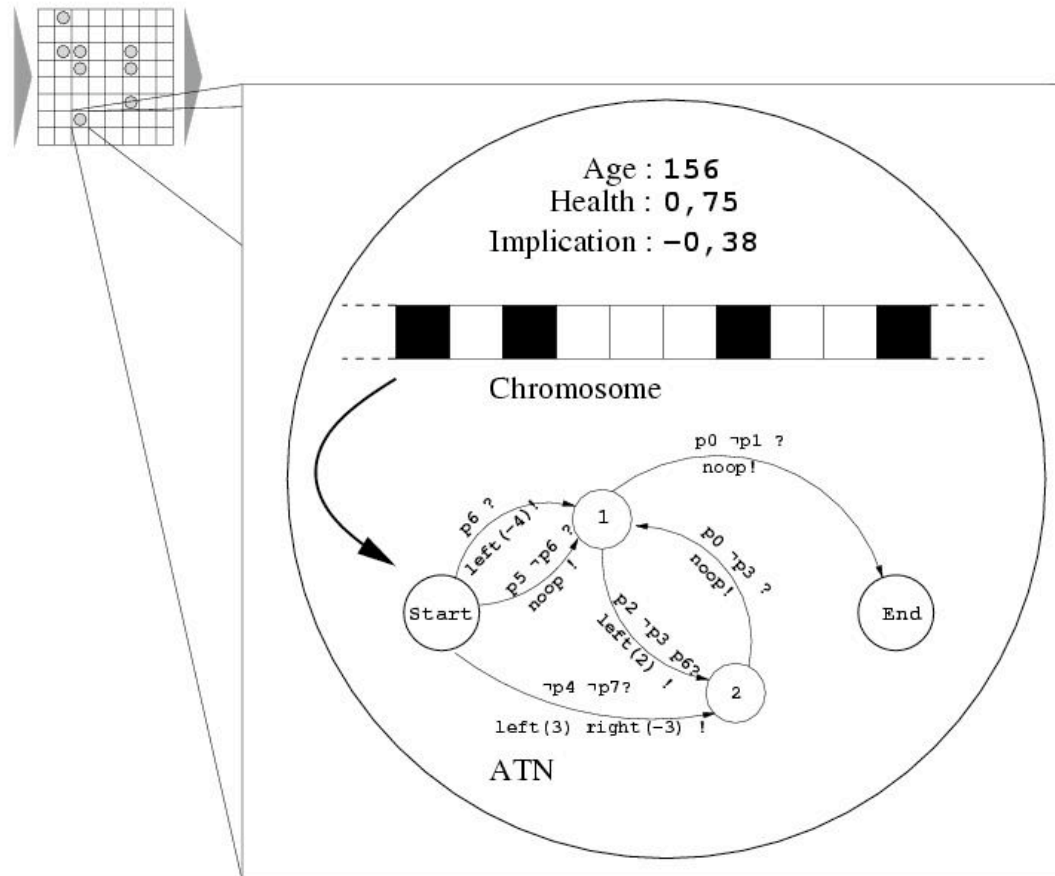
Vue générale



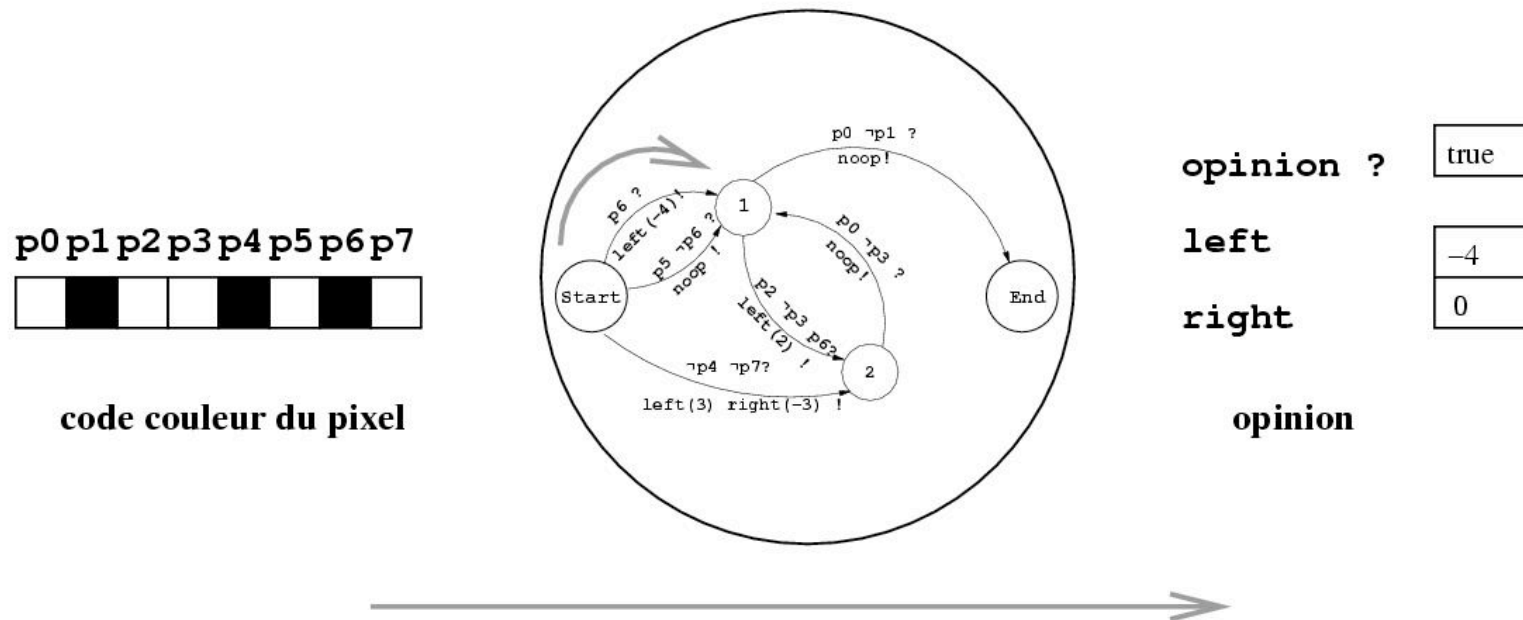
Vue générale du système



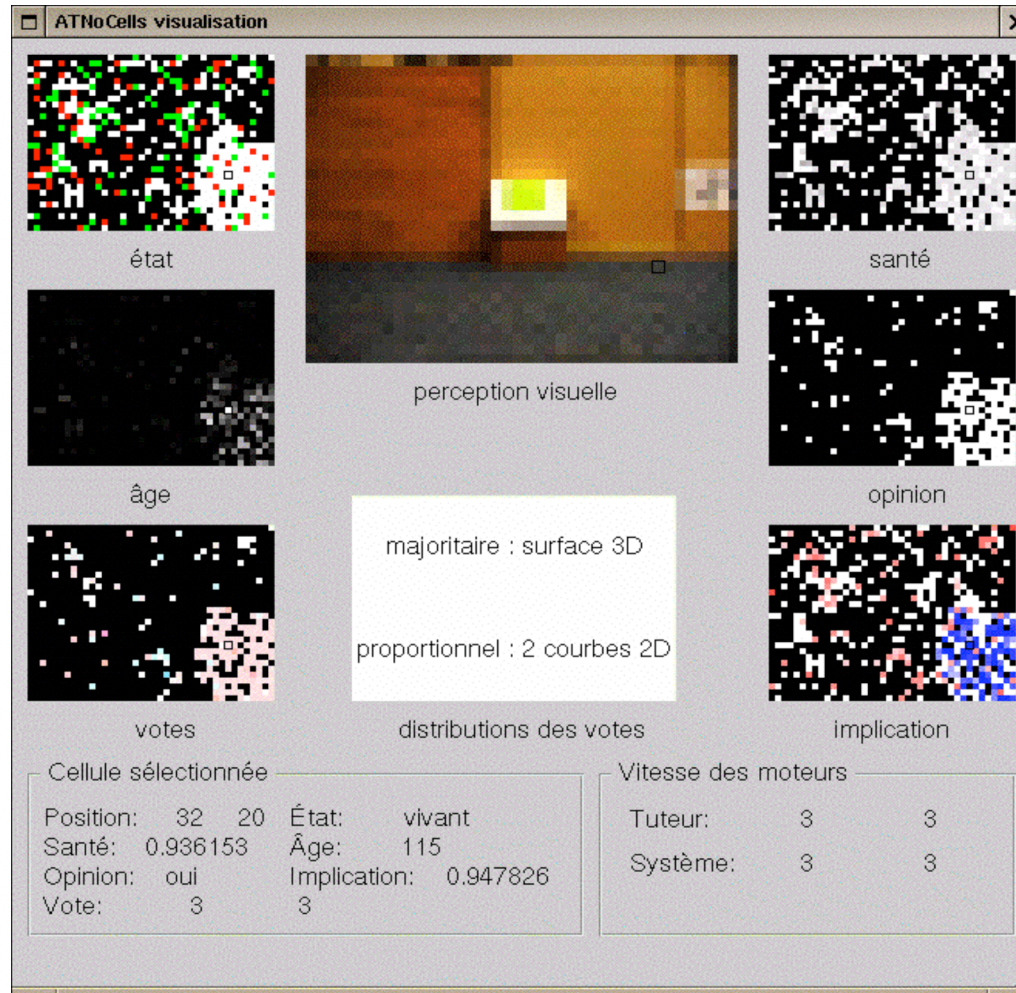
Détail d'un agent



Détail du fonctionnement d'un agent



Résultats préliminaires



Conclusions

- **Travail expérimental en cours sur la tâche du slalom**
- **Comparaison avec les résultats de Louis Hugues**

Perspectives

- **Analyses plus fines de la configuration globale adoptée par la population de cellules (formes, dynamique)**
 - **envisager de l'auto-observation du SMA adaptatif**
[Cardon 1999]

ATNoSFERES

- Intérêts du non-déterminisme
- Modèle à la fois symbolique et numérique
- Observations actuelles : adaptation au niveau de complexité du problème

SBGE

- Représentation dynamique et adaptation
- Séparation syntaxe-sémantique
- Surjection et redondance du code génétique
- Grammaire
- Quasi continuité et adaptation cumulative
- Pouvoir d'expression et réglage fin des structures

ATNoCells

- **Plus grande interactivité pour l'apprentissage par démonstration:**
 - **possibilité de propositions « originales » par le robot**
 - **Retour de l'utilisateur pris immédiatement en compte**
- **Combinaison d'apprentissage par démonstration, par renforcement et par évolution**

Modèle « ontophylogénétique »

- **Problème de la régulation du développement (contraintes sur ressources)**

Conclusions

- **SFERES validé (plusieurs techniques/expériences implantées)**
- **SBGE et ATNoSFERES validés dans le cadre des AÉ**

Perspectives sur le Modèle « ontophylogénétique »

- **Explorer les mécanismes régulateurs**
- **Apprentissage multicritères**
- **Ajouter de l'observation et de la capacité à agir sur l'activité du système pour plus d'autonomie (autodistribution du renforcement)**
 - **Processus d'auto-adaptation / autorégulation**
- **Cadre étendant et unifiant l'apprentissage par renforcement et les algorithmes évolutionnistes**