



Sélection darwinienne et systèmes distribués

Samuel Landau

LIP6 (CNRS UMR7606)

Objectifs

Objectifs

- **Conception de systèmes distribués adaptatifs**
- **Apprentissage distribué en ligne**

Applications

- **Contrôle informatique et robotique**
- **Outils pour l'étude de systèmes sociaux et naturels**

Exemples:

- **services et réseaux informatiques**
- **contrôle d'un robot**
- **simulations d'écosystèmes**

Problèmes

Problèmes

- **Redéfinition dynamique des critères**
principalement à cause des changements de l'environnement
- **Problème de *Credit assignment*** [Minsky 1963]
qui se pose dans tout modèle d'apprentissage distribué
- **Problèmes impliquant N parties en interaction persistante**
 - **problèmes non-intégrables ($N \geq 3$)**
- **Prise en compte de la spatialité et de l'asynchronisme**
difficile avec des modèles paramétriques équationnels

Choix

- **Modèles individus-centrés**
- **Capacités adaptatives obtenue par un processus de sélection darwinienne (évolution artificielle)**
 - **Généricité, très peu de prérequis sur l'espace de recherche**
méthodes d'optimisation stochastique d'ordre zéro-ième
- **Descriptions des comportements évolués des entités :**
 - **Appréhendables par les concepteurs**
en particulier isomorphes à un ensemble de règles
 - **Pouvant disposer d'états internes si nécessaire**
 - **Description des comportements par des structures intelligibles (architectures symboliques)**

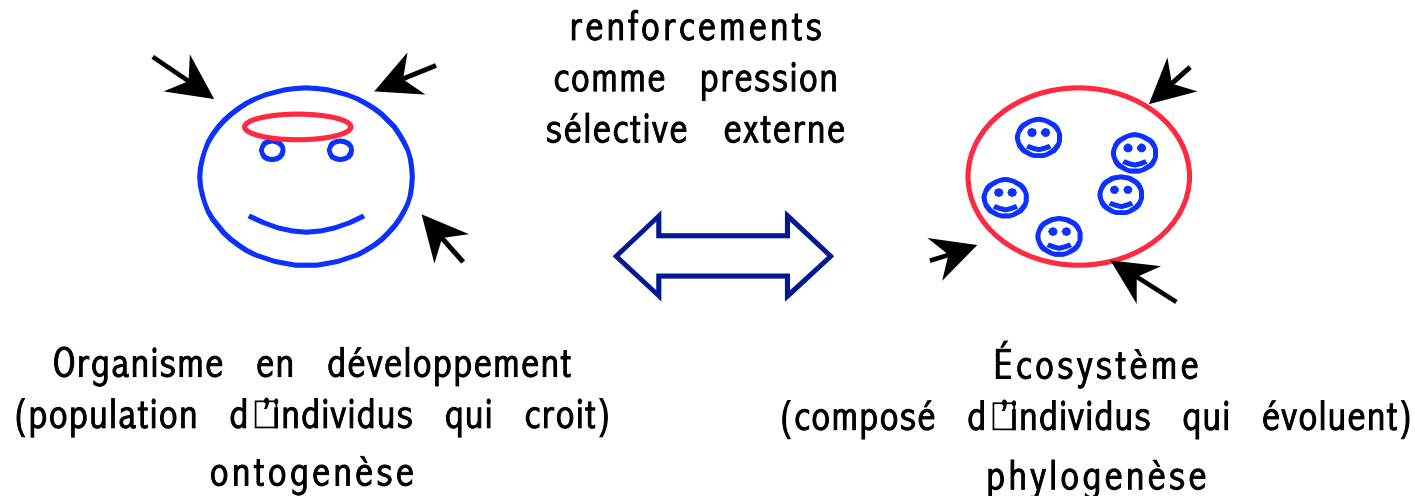
Comment tirer parti de la distribution plutôt que de la subir ?

Comme ce serait le cas avec des algorithmes évolutionnistes classiques.

- **Modèles « ontophylogénétiques »**
- **Réponse spécifique au problème de *Credit assignment***

Modèles « Ontophylogénétiques »

- population d'individus 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



Métaphore biologique de « l'ontophylogénèse » [Kupiec 1981]

Modèles « Ontophylogénétiques »

Comparaison avec les algorithmes évolutionnistes

Algorithmes Évolutionnistes

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

Modèles « ontophylogénétiques »

1. Distribué
2. Évaluation « dynamique »
3. Ontogenèse
+ phylogenèse (échelle inf.)
4. Fitness implicite
5. En ligne
6. Exploration *et* exploitation

Modèles « Ontophylogénétiques »

Cas particuliers existants

Les individus sont isomorphes à *une* règle

Systemes de classeur (LCS) « Michigan style »

- Les individus sont les classeurs du système
- Nombres de classeurs et d'états internes fixé à l'avance

Systemes immunitaires artificiels (AIS)

- Les individus sont des vecteurs (« anticorps »)
- Les ressources *constituent* les renforcements

Ces modèles sont plus efficaces que leurs homologues reposant sur des algorithmes évolutionnistes uniquement

Évolution des structures

Propriétés recherchées

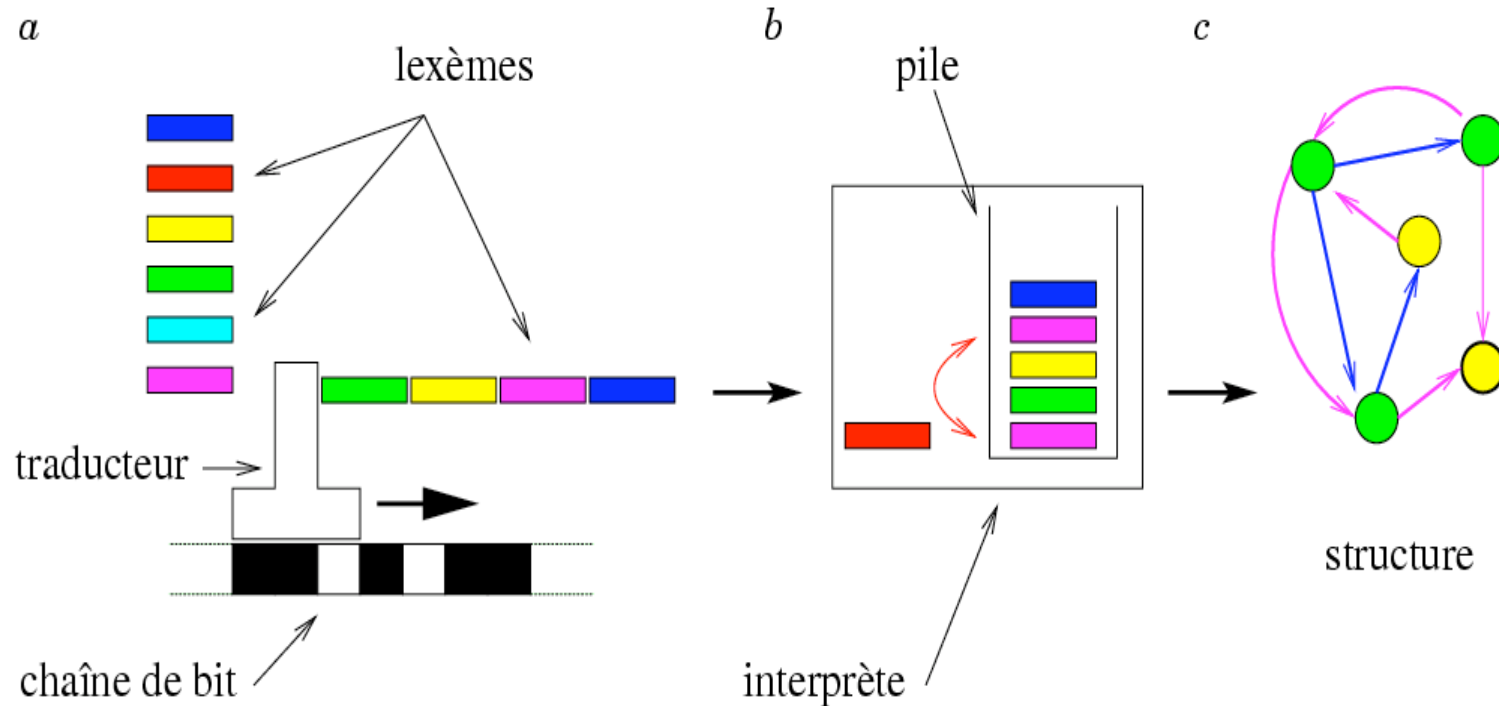
- Puissance d'expression
- « Quasi continuité » du code génétique

Propriétés qui optimisent théoriquement le temps de convergence

- Neutralité [Kimura 1983]
 - Redondance
 - Épistasie limitée
- Pouvoir générer des structures appréhendables pour faciliter l'analyse, les manipulations et l'amorçage

Les codes génétiques existants ne vérifient pas toutes ces propriétés simultanément

Stack-Based Gene Expression

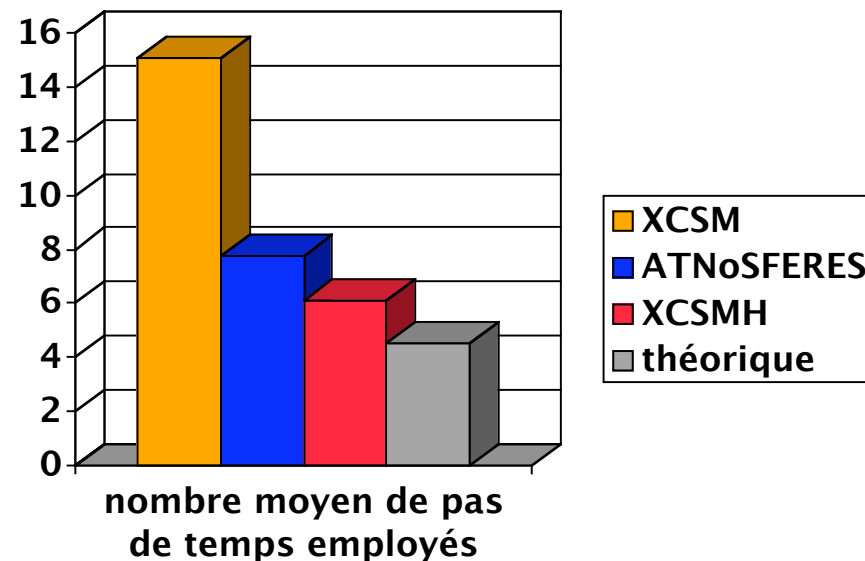


- **Grammaire contextuelle**
- **Localité et distribution**
- **Utilisé pour faire évoluer des automates finis non-déterministes**

Résultats expérimentaux

Application individuelle à des problèmes non-markoviens discrets

Comparaison avec les systèmes de classeurs de référence (XCSM et XCSMH)



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

Conclusions et perspectives

Conclusions

- **SBGE validé expérimentalement dans le cadre individuel des algorithmes évolutionnistes**
- **Les théories actuelles sur les codes génétiques sont applicables directement à SBGE (*Schemata Theory, Building Blocks Hypothesis*)**

Perspectives

- **Finir d'étudier et de formaliser les propriétés du code génétique**
- **Ajouter de l'auto-observation et de la capacité à agir sur l'activité du système**
 - **Réguler l'activité du système**
 - **Maintenir des bassins d'attraction le long du front de Pareto**