

# Architecture multi-robots et Système multi-agents

Halim Djerroud



révision : 0.1

# Plan

- Système Multi-Robot (SMR)
  - Définition d'un système multi-robot
  - Caractéristiques des SMR
- Systeme multi-agent (SMA)
  - Définitions et concepts fondamentaux
  - Architectures des SMA
  - Applications des SMA
- Agent : Concepts fondamentaux
  - Modélisation des agents
  - Environnement
  - Interaction
- Architectures des Systèmes Multi-Agents
  - Architecture BDI (Belief-Desire-Intention)
  - Architecture réactive
  - Architecture hybride
- Interaction
  - Coopération et coordination
  - Négociation et conflit
  - Organisation sociale

# Organisation du cours

## Semaine 1

- Discussion
- Présentation du cours
- Définition des projets

## Semaine 2

- Implémentation des projets
- Soutenance 10 min par groupe (2 personnes)

# Système multi-robot

Un système multi-robot est un ensemble d'agents autonomes, appelés robots, qui interagissent entre eux et avec leur environnement pour atteindre un objectif commun.

- Les robots sont des agents autonomes, c'est-à-dire qu'ils sont capables d'agir de manière indépendante, en fonction de leurs propres objectifs et contraintes.
- Les robots peuvent interagir entre eux, en échangeant des informations ou en coopérant pour atteindre un objectif commun.
- Les robots interagissent également avec leur environnement, qu'il soit physique ou social.

## Exemples de systèmes multi-robots

Les systèmes multi-robots sont utilisés dans de nombreux domaines, notamment :

- Exploration de l'environnement (ex : essaim de drones)
- Surveillance et sécurité (ex : flotte de véhicules autonomes )
- Assemblage collaboratif (ex : production robotisé)

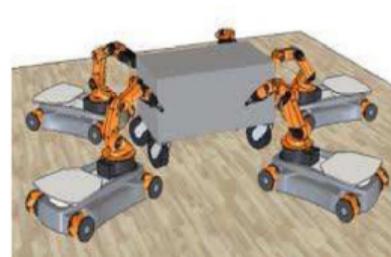
# Exemples de systèmes multi-robots



(a) Assembly



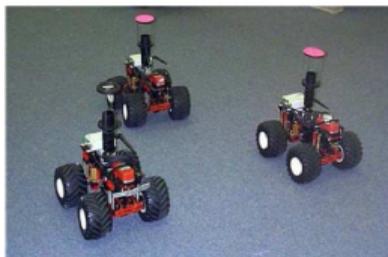
(b) Transportation



(c) Manipulation



(d) Painting



(e) Formation



(f) 3D printing

## Caractéristiques des systèmes multi-robots

- **Coordination** : Capables de collaborer et de coordonner leurs actions pour atteindre des objectifs communs. Cela implique souvent la communication entre les robots pour partager des informations sur l'environnement, les tâches en cours, etc.
- **Collaboration** : Les robots travaillent ensemble pour accomplir des tâches qui peuvent être difficiles, coûteuses ou impossibles à réaliser pour un seul robot. La collaboration peut impliquer une répartition des tâches, une communication étroite, et une adaptation aux actions des autres robots.
- **Adaptabilité** : La capacité à s'adapter à des environnements changeants

## Caractéristiques des systèmes multi-robots (suite)

- **Résilience** : maintenir des performances opérationnelles malgré les perturbations et gestions des imprévus
- **Autonomie** individuelle : Chaque robot dans le système est capable de prendre des décisions de manière autonome en fonction de ses capteurs, de son environnement et de sa programmation.
- **Redondance** : La redondance fonctionnelle peut être intégrée dans un SMR pour améliorer la robustesse du système. Si un robot échoue, les autres peuvent prendre en charge ses tâches.

# Définition d'un système multi-agent (SMA)

## Définition d'un système multi-agent

Un système multi-agent (SMA) est un système composé de multiples entités autonomes appelées agents, qui interagissent les unes avec les autres pour atteindre des objectifs individuels ou collectifs. Chaque agent dans un SMA est capable de percevoir son environnement, de prendre des décisions autonomes en fonction de ses objectifs et de communiquer avec d'autres agents pour coordonner leurs actions.

Les **systèmes multi-robots** et les **systèmes multi-agents** sont tous deux des **systèmes distribués**. Dans un système multi-robot, plusieurs robots **coopèrent** pour atteindre un **objectif commun**. Dans un SMA, plusieurs **agents autonomes interagissent** pour réaliser des **tâches complexes**.

## Points clés pour définir un système multi-agent

- **Agents autonomes** : Chaque entité dans le système est un agent autonome, ce qui signifie qu'elle a une certaine capacité à prendre des décisions de manière indépendante en fonction de ses propres objectifs et de son environnement
- **Interaction** : Les agents dans un SMA interagissent les uns avec les autres, que ce soit par la communication, la négociation, la coopération ou la compétition. Ces interactions peuvent être complexes et dynamiques
- **Objectifs individuels et collectifs** : Chaque agent poursuit des objectifs individuels, mais il peut également y avoir des objectifs collectifs que les agents cherchent à atteindre en collaborant

## Points clés pour définir un système multi-agent (suite)

- **Communication** : Les agents sont généralement capables de communiquer entre eux pour échanger des informations, coordonner des actions et partager des connaissances. La communication peut se faire de manière directe ou indirecte
- **Adaptabilité** : Les agents dans un SMA sont souvent capables de s'adapter à des changements dans leur environnement ou dans les objectifs du système. Cela peut nécessiter des capacités d'apprentissage, de planification et de réaction en temps réel
- **Environnement partagé** : Les agents opèrent dans un environnement partagé où leurs actions peuvent avoir des répercussions sur les autres agents et sur l'état global du système

## Utilisation des SMA

- **Robotique** : Coordonner les actions de multiples robots afin d'accomplir des tâches complexes. Par exemple la navigation, la manipulation d'objets, la surveillance, etc.
- **Intelligence Artificielle Distribuée** : Résoudre des problèmes complexes tels que la planification, l'apprentissage, la prise de décision et la reconnaissance de formes
- **Simulation** : Simuler des environnements complexes où plusieurs entités interagissent. Exemple : simulations sociales, économiques, environnementales, etc.
- **Gestion de trafic et transport** : Gestion du trafic routier, la coordination de véhicules autonomes, la planification des itinéraires, etc.
- **Réseaux de capteurs** : Optimiser la collecte de données, la gestion de l'énergie et la communication entre les capteurs
- **Jeux vidéo** : Modéliser le comportement des personnages non joueurs (PNJ) en simulant des entités autonomes interagissant dans un environnement virtuel

## Définition d'un agent

- Entité réelle ou virtuelle qui évolue dans un environnement sur lequel elle est capable d'agir.
- Dispose de capacités de perception et de représentation partielle de cet environnement
- Dispose de capacités communication avec d'autres agents
- Admet un ensemble de tendances. (objectifs, fonctions de satisfaction,...)
- Peut agir d'une façon autonome afin d'atteindre ses objectifs.

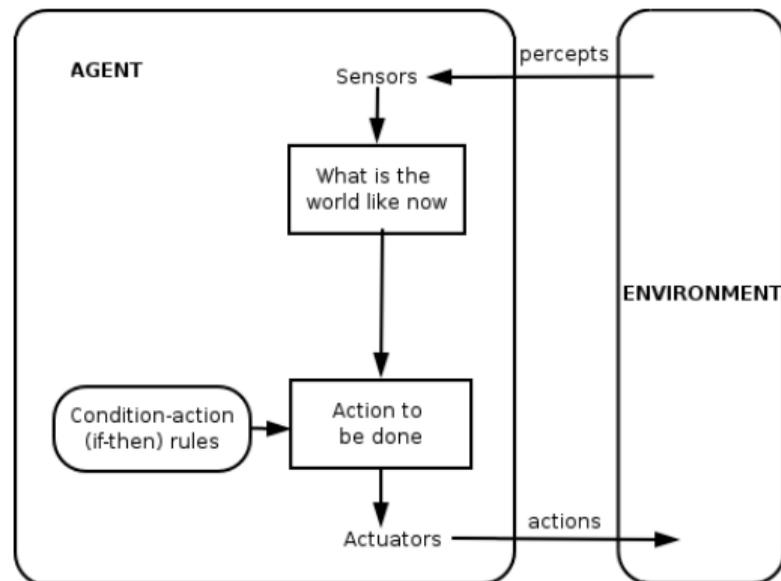
# Les types d'agents

Les types d'agents Les architectures d'agents sont regroupées en trois classes :

- 1 Agent réactif
  - Les agents à réflexes simples
  - Les agents conservant une trace du monde
- 2 Agent délibératif
  - Les agents ayant des buts
  - Les agents utilisant une fonction d'utilité
  - Les agents BDI (Belief, Desire, Intentions)
- 3 Agent hybride
  - Un peu des deux

# Les agents réactifs

Les agents réactifs (sans intelligence et sans planification) prennent des décisions en se basant directement sur les stimuli de leur environnement, sans maintenir une représentation interne complète mais conservent généralement seulement une trace du monde



## Les agents réactifs

Ce type d'agent agit en se basant uniquement sur ses perceptions courantes.

- Utilise un ensemble de règles prédéfinies pour choisir ses actions
- Les règles sont de type : **SI** condition **ALORS** action
- L'agent exécute l'action qui correspond à la règle activée par ses perceptions
- Ce type d'agent admet un comportement très rapide mais peu réfléchi.

Utilisent ses informations internes pour mettre à jour ses perceptions actuelles à savoir :

- L'état précédent de l'environnement
- L'évolution de l'environnement
- L'impact de ses actions
- Choisissent leurs actions en se basant sur une perception « amélioré » de l'environnement

# Architecture avec des agents réactifs

## SMA avec agents réactifs

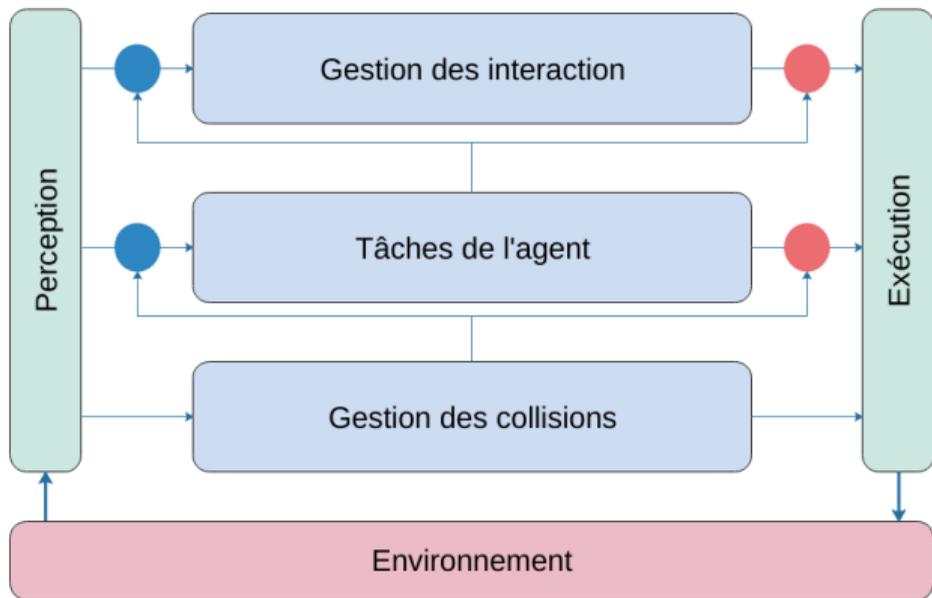
Une telle architecture peut résoudre des problèmes complexes, qui normalement demandent un comportement intelligent.

***"On dit que l'intelligence émerge de l'interaction entre des composantes simples, et entre les agents réactifs et l'environnement"***

Exemples dans la nature :

- Fourmis
- Banc de poissons
- Essaim de oiseaux
- Essaim d'abeilles

# Exemple : Architecture de subsomption exemple Navigation



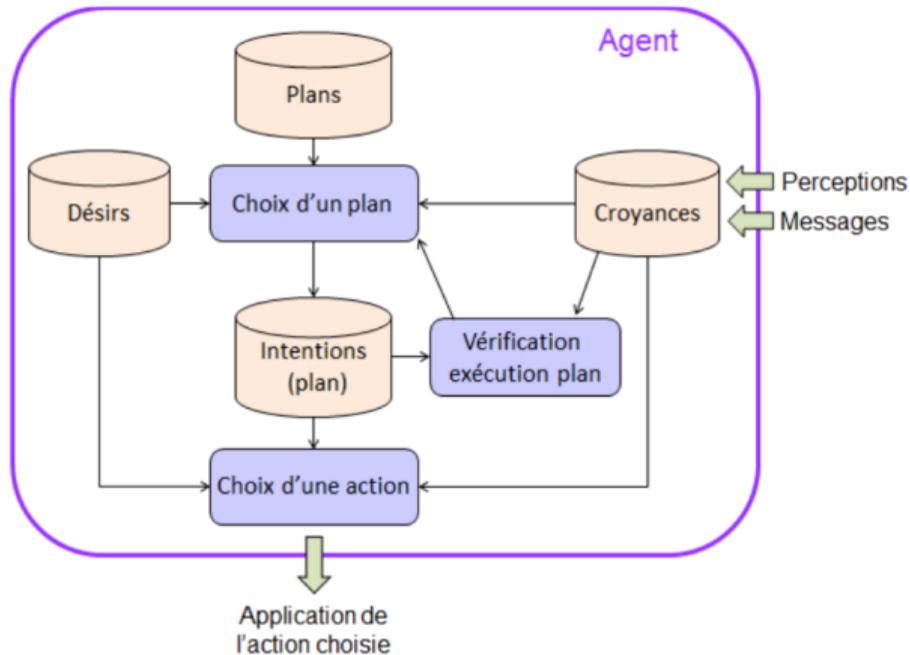
- Nodes suppression
- Nodes d'inhibition

## Agent délibératif

Un agent délibératif est un agent qui effectue une certaine délibération pour choisir ses actions. Une telle délibération peut se faire en se basant sur les buts de l'agent ou sur une certaine fonction d'utilité.

*Contrairement aux agents réactifs, les agents délibératifs sont capables de planifier leurs actions à moyen et long terme en utilisant une représentation interne plus complexe de leur environnement*

# Architecture d'agents BDI (Belief-Desire-Intention)



## Agent BDI (Belief-Desire-Intention)

- **Représentation de la Connaissance (Beliefs)** : L'agent délibératif maintient une représentation interne de son environnement et de son état actuel à travers des croyances
- **Objectifs et Désirs (Desires)** : L'agent délibératif a des objectifs ou des désirs qu'il cherche à accomplir. Ces objectifs peuvent être définis explicitement par les concepteurs ou émerger de la dynamique de l'environnement. Les désirs guident les actions de l'agent en fonction de ce qu'il cherche à atteindre.
- **Planification et Intentions (Intention)** : L'agent délibératif planifie ses actions pour atteindre ses objectifs

L'agent délibératif engage un processus de raisonnement pour évaluer différentes options via une fonction d'utilité

## Les agents hybrides

Il existe des problèmes où ni une architecture complètement réactive, ni complètement délibérative n'est appropriée.

- Une architecture conciliant à la fois des aspects réactifs et délibératifs est requise
- L'architecture hybride est composée de plusieurs couches logicielles arrangées de manière hiérarchique
- Les différents niveaux de la hiérarchie traitent les informations provenant de l'environnement à différents niveaux d'abstractions.
- Les couches doivent interagir ensemble pour produire le comportement global de l'agent.

# Systèmes multi agents

Certains domaines requièrent l'utilisation de plusieurs entités comme par exemple les systèmes qui sont géographiquement distribués, le contrôle aérien, les bases de données distribuées ...

- Besoin d'un système où plusieurs agents doivent interagir entre eux pour effectuer leurs tâches : les systèmes multi agents (SMA)
- Besoin d'un système où plusieurs agents doivent interagir entre eux pour effectuer leurs tâches : les systèmes multi agents (SMA)

## Caractéristiques d'un SMA

Les SMA possèdent les caractéristiques suivantes :

- Chaque agent admet des capacités de résolution des problèmes incomplètes.
- Pas de contrôle global sur le système.
- Les données sont décentralisées.
- Les calculs sont asynchrones.

# NetLogo

- Présentation de NetLogo

# NetLogo

- Les **Tortues** sont les agents qui se déplacent dans le monde. Ils correspondent aux agents vus en cours.
- Le **Monde** est en 2D ou 3D, divisé selon une grille (torique ou non) de patches.
- Un **Patch** est une portion de sol sur laquelle les tortues peuvent se situer et se déplacer. Les patches correspondent au concept d'environnement vu en cours
- L'**Observateur** regarde de l'extérieur le monde des tortues et des patches (n'est pas situé dans le monde).

Tuto : <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/tutorial1.html>