

# Projet : Anthill, un système multi-agents

Gilles MOREAU

14 décembre 2016

## 1 Généralités

**Definition 1.1.** Dans son acception la plus commune, le domaine de recherche de l'Intelligence Artificielle Distribuée est celui de l'étude et de la conception d'organisations d'agents artificiels pour obtenir des systèmes intelligents.

Un Système Multi-Agents (SMA) est un ensemble d'*agents* qui évolue dans un environnement commun. L'environnement peut donc permettre à des agents de se rencontrer et ainsi donner naissance à des *communications* ou tout autres interactions. Ce type de système peut permettre une résolution approchée de problèmes complexes tels que le voyageur de commerce ou le problème du sac à dos. Ces problèmes plutôt généraux trouvent de nombreuses applications pratiques comme le calcul du plus court chemin, allocation des processeurs dans les systèmes distribués, le chargement des cargaisons ou le découpage de stocks.

Ce projet consiste à développer un système multi-agents simple en Java pour simuler **la recherche d'un plus court chemin** par une colonie de fourmis. Il s'agira de reproduire le comportement collectif et individuel de fourmis en respectant dans un premier temps les lois de la nature. Les fourmis seront donc considérées comme des agents *réactifs* évoluant dans un environnement et leur comportement ou leurs actions seront définis préalablement pour répondre à l'objectif. Leur système de communication repose sur l'utilisation de *phéromones* qui leur permettent généralement de tracer une piste vers une source de nourriture. Lorsqu'une fourmi découvre de la nourriture, elle dépose sur son trajet de retour des phéromones permettant à ses congénères de s'orienter vers cette nourriture.

Nous décrivons dans la prochaine partie l'ensemble des outils de modélisation d'un tel système.

## 2 Modélisation

Une colonie de fourmis est constituée d'une fourmilière et de fourmis. Elle est décrite dans un environnement formé d'une fourmilière, d'obstacles et de sources de nourriture.

### 2.1 L'environnement

L'environnement est un terrain rectangulaire où évoluent les fourmis. Il est caractérisé par un tableau en deux dimensions constitué de cellules. Selon leur type, chaque cellule possède des propriétés différentes qui auront une influence sur le comportement des fourmis. On distingue trois type de cellules :

- source : cellule contenant la nourriture recherchée par les fourmis pour entretenir la fourmilière. Une source contient une quantité  $x$  de nourriture qui diminue avec le fourragement des fourmis, et disparaît lorsqu'il n'y a plus de nourriture ;
- fourmilière : cellule de départ des fourmis lors de la recherche de ressources. Elle contient la quantité de nourriture totale ramenée par les fourmis ;
- obstacle : cellule dans laquelle les fourmis ne peuvent entrer.

Chacun de ces éléments est fixe dans le terrain, on note qu'un environnement doit être composé d'une unique fourmilière et doit être fermé par des obstacles. Enfin, le nombre de sources de nourriture n'est pas limité mais doit être raisonnablement dimensionné avec la taille de la carte. La construction de cet environnement sera réalisé à partir de la lecture d'un fichier texte comportant le nombre de

colonnes et de lignes, la quantité de nourriture pour chaque source, ainsi que les caractères suivants pour représenter les cellules :  $o$  = source,  $\#$  = obstacle,  $x$  = fourmilière.

On donne ci-dessous un exemple d'environnement :

```
#####
# o #
#   #
# x #
#####
```

FIGURE 1 – Terrain comprenant des obstacles, une ressource et une fourmilière.

Attention, lors de la lecture, vous devrez vérifier la cohérence de la carte (le terrain est fermé par des obstacles, il possède une unique fourmilière et au moins une source, il existe un chemin entre la fourmilière et l'ensemble des sources. De vrais terrains vous seront fournis pour tester votre projet.

Enfin, les cellules peuvent contenir des fourmis ainsi que des phéromones. On considérera que les fourmis peuvent se marcher dessus, une cellule pourra donc contenir plusieurs fourmis en même temps. Les phéromones sont des molécules volatiles et s'évaporent donc avec le temps.

## 2.2 Les agents

Les agents du système sont les fourmis qui peuvent se déplacer dans l'environnement. Elles sont d'abord décrites par un aspect structurel puis par un aspect comportemental. L'aspect structurel représente l'orientation de la fourmi qui détermine ses possibilités de déplacement, sa mémoire stockant la position de la fourmilière et la quantité de nourriture qu'elle transporte. L'aspect comportemental décrit les différents états de la fourmi : la recherche de nourriture, le retour à la fourmilière. À chaque déplacement la fourmi va déposer une certaine quantité de phéromone dans la cellule où elle arrive. On rappelle aussi qu'à chaque itération, la quantité de phéromone par cellule diminue.

### 2.2.1 L'aspect structurel

Pour décrire le mouvement des fourmis, nous utilisons une approche probabiliste. Une fourmi se situant sur une cellule de l'environnement ne voit que les cellules voisines et possède donc neuf possibilités de déplacements, chacune avec une certaine probabilité. La distribution des probabilités est calculée en fonction de l'environnement et pourra éventuellement être modifiée avec l'amélioration du comportement des fourmis. On observe néanmoins qu'il est impossible à une fourmi de faire demi-tour et qu'elle a plus de chances d'avancer droit devant elle.

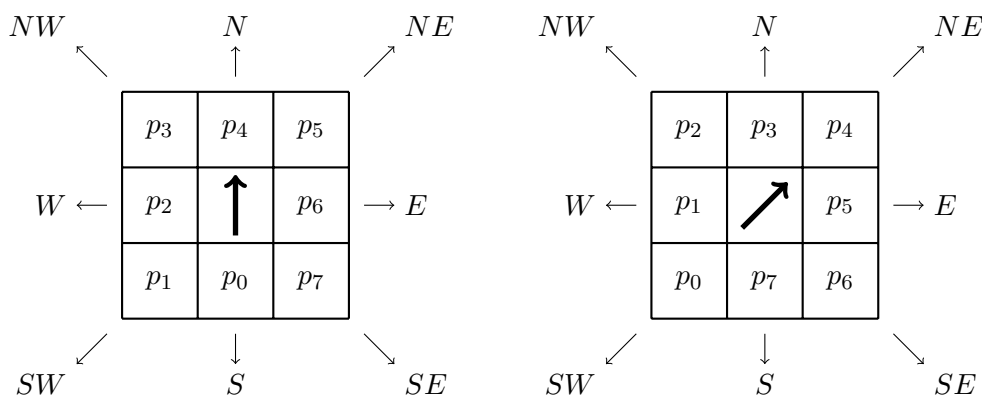


FIGURE 2 – Probabilités de déplacement d'une fourmie selon sa direction.

On considère l'intelligence des fourmis assez limitée puisqu'elle qu'elles n'ont pas conscience des obstacles et peuvent rester bloquées à cause d'un mauvais choix de direction.

**Calcul de la distribution sans phéromones** On donne ici un exemple possible pour le calcul de distribution. On attribue à chaque case au voisinage de la fourmi un coefficient correspondant aux probabilités de la Figure 2 et qui dépendra de sa direction initiale, soit  $c_0 = 0, c_1 = 5, c_2 = 10, c_3 = 20, c_4 = 50, c_5 = 20, c_6 = 10, c_7 = 5$ . Chaque probabilité de chaque direction est alors calculée de la manière suivante :

$$\forall i, p_i = \frac{c_i}{\sum_{i=0}^7 c_i}$$

On considérera cette distribution de probabilité fixe au cours de la simulation (elle pourra néanmoins être modifiée ensuite si on décide d'améliorer le comportement des fourmis, voir Section 2.3). Une fois la distribution de probabilité connue, une direction est tirée. Si la cellule d'arrivée est un obstacle alors la fourmi reste immobile, sinon elle se déplace.

**Calcul de la distribution avec phéromones** Afin de prendre en compte la présence de phéromones, vous pourrez choisir d'augmenter les coefficients selon la quantité de phéromones présente chaque cellule voisine. On note  $\theta_p$  la quantité de phéromones. Alors

$$\forall i, p_i = \frac{c_i + \theta_i}{\sum_{i=0}^7 c_i + \theta_i}$$

Ainsi, plus la quantité de phéromones d'une cellule sera importante, plus la probabilité de choisir cette direction augmentera. Cependant, pour éviter les mauvais choix, vous devrez aussi prendre en compte le fait que la fourmi doit se déplacer dans la direction opposée de la fourmillière.

Enfin, lorsque la fourmi se déplace dans une cellule possédant une source de nourriture alors elle la prend puis retourne à la fourmillière. On décrit dans la prochaine section les différents comportements des fourmis.

## 2.3 L'aspect comportemental

Le déplacement de la fourmi est conditionné par son état présent. On distingue dans ce projet plusieurs états qui auront un impact sur les actions et déplacement de la fourmi.

### 2.3.1 Recherche de nourriture

Lorsque la fourmi est en recherche de nourriture alors elle se déplace comme décrit dans la Section 2.2.1. Son comportement reste le même jusqu'à ce qu'elle se situe sur une source de nourriture. Alors, elle prend une quantité  $x$  de nourriture de la source puis fait demi-tour et retourne vers la fourmillière.

Pour améliorer le comportement de la fourmi, vous pourrez choisir de les faire éviter les obstacles, de les faire détecter la présence de nourriture s'il y en a dans une cellule voisine. On dira alors que la fourmi dispose de senseurs.

### 2.3.2 Retour à la fourmillière

La fourmi retourne à la fourmillière en suivant le chemin qu'elle a parcouru à l'aller.

## 2.4 Déroulement d'une simulation

Au départ d'une simulation, l'ensemble des fourmis se trouvent dans la cellule fourmillière. À chaque itération, on déplace les fourmis qui partent ainsi à la recherche des sources de nourriture. La simulation se termine lorsque la fourmillière contient la totalité de la nourriture de la carte.

# 3 Développement

Développez le projet en suivant les étapes suivantes. Vous fournirez des diagrammes UML avec l'ensemble des descriptions nécessaires à la compréhension pour l'évaluateur.

- Conception ;
- Codage : coder chaque classe de conception en utilisant le langage Java.
- Test : effectuer un ensemble de tests avec différentes configurations d'environnement (nombre de ressources, nombre de fourmis, taille de la carte, ...)

Un grand nombre d'extensions sont possibles avec ce type de projet :

- utilisation d'une interface graphique permettant de voir la simulation en temps réel ;
- implémentation des agents à l'aide threads ;
- diverses améliorations du comportement des fourmis pour optimiser la recherche de nourriture ;
- ...

Les précédentes extensions ne sont pas requises, et ne doivent être implémentées qu'après la validation des critères d'évaluation sont définis ci-dessous.

## 4 Évaluation

La projet est à réaliser en groupe de 4 ou 5 personnes **maximum**. Pour le 29 janvier 2017, vous devrez rendre un rapport (env. 10-15 pages) décrivant les fonctionnalités de votre projet, le choix de conception et de codage, les difficultés rencontrées, les stratégies globales d'implémentation et les résultats aux cas tests. Vous y rendrez compte aussi du partage du travail en notant la répartition des tâches.

Le but étant la résolution du problème du calcul du plus court chemin, et afin de pouvoir évaluer la qualité du travail rendu, vous devrez y inclure des figures montrant la répartition des phéromones sur le terrain. Vous pourrez y comparer les performances de colonies de fourmis avec des comportements différents.

Pour finir, vous serez notés sur la lisibilité du code et sa cohérence avec l'analyse de conception.