

# Système multi-agents

Fabrice Rossi

27 mars 2001

Voir les conditions de redistribution de ce document à l'URL suivant :  
<http://docs.ufrmd.dauphine.fr/licence-rossi.html>

## 1 Le problème

On constate par l'observation de la nature (en particulier des insectes) que la juxtaposition de comportements simples engendre parfois un comportement global "intelligent". Les systèmes multi-agents s'inspirent de cette observation : des agents autonomes très simples collaborent de sorte à résoudre une tâche complexe qu'aucun d'eux ne pourrait réaliser seul. La grande force du système est que la tâche globale n'est jamais décrite de façon explicite, mais apparaît au contraire spontanément de l'agrégation des comportements individuels.

Dans ce projet, on se propose d'étudier un système multi-agents simple : une fourmilière. Chaque fourmi est capable de chercher de la nourriture de façon basique : quand elle voit dans son voisinage immédiat de la nourriture, la fourmi prend la nourriture et retourne à la fourmilière (dont elle connaît toujours la direction) pour déposer la nourriture transportée ; elle retourne ensuite au travail. Si elle ne voit pas de nourriture dans son voisinage immédiat, elle se déplace de façon aléatoire, afin d'explorer son environnement.

Le but global est que la fourmilière soit approvisionnée le plus rapidement et le plus efficacement possible, ce qui n'est pas le cas en général quand le déplacement des fourmis est complètement aléatoire. Dans la nature, le problème est résolu par l'utilisation de phéromones. Quand une fourmi a trouvé de la nourriture, elle dépose des phéromones sur son trajet de retour à la fourmilière. Dans leur déplacement aléatoire, les fourmis sont attirées par les phéromones et ont donc tendance à suivre des chemins mis en place par les pionnières pour atteindre les "réserves" de nourriture. Le programme à réaliser doit simuler ce comportement.

## 2 Modélisation informatique

### 2.1 Le monde

Le monde dans lequel évoluent les fourmis est représenté par un objet **Monde**. Il est essentiellement constitué d'un tableau à deux dimensions. Chaque case du tableau contient au moins les informations suivantes :

1. l'éventuelle fourmi présente dans la case considérée ;
2. le niveau de phéromone dans la case ;
3. la quantité de nourriture dans la case.

Le monde est donc représenté d'une façon discrète : quand une fourmi se déplace, elle passe d'une case à une des ses voisines, sans étape intermédiaire.

Le temps est lui aussi représenté de façon discrète. Périodiquement, on considère une à une toutes les fourmis qu'on fait bouger (en accord avec le modèle choisi). Chaque mouvement de l'ensemble des fourmis est une itération du monde.

### 2.2 La nourriture et les phéromones

Nous considérons un seul type de nourriture (par exemple du sucre) dont chaque case du monde peut contenir une quantité donnée (représentée par un nombre réel). Une fourmi peut transporter une quantité maximale de nourriture (paramètre du programme), alors que la fourmilière n'a aucune limite dans ses capacités de stockage.

Les phéromones sont aussi représentées de façon très simple : chaque case contient une certaine quantité de phéromones représentée par un nombre réel. Quand une fourmi dépose des phéromones, elles s'ajoutent à celles déjà présentes dans la case, jusqu'à un niveau maximal (paramètre du programme). Les phéromones s'évaporent progressivement : leur niveau est multiplié par un coefficient d'atténuation (paramètre du programme) après chaque itération du modèle.

## 2.3 Les fourmis

Les fourmis sont l'élément le plus délicat à modéliser, malgré la simplicité de leur comportement. Une fourmi est dans un "état d'esprit" choisi parmi les deux suivants :

1. la fourmi cherche de la nourriture
2. la fourmi porte de la nourriture et rentre à la fourmilière

Nous allons maintenant détailler ces états d'esprit et les comportements correspondants.

### 2.3.1 Perception et déplacement

Une fourmi possède une orientation choisie parmi les huit possibles. Cette orientation détermine la direction dans laquelle la fourmi regarde. La figure 1 donne un exemple d'orientation pour une fourmi.


0	1	2
7		3
6	5	4

FIG. 1 – Une fourmi qui regarde dans la direction 2

Il ne faut pas oublier de modifier l'orientation de la fourmi après chaque déplacement : on considère en effet que la fourmi commence par tourner sur place avant de passer dans la case voisine choisie, comme l'illustre la séquence de trois déplacements représentée par la figure 2.




		
		

FIG. 2 – Trois déplacements avec changement de direction

En l'absence de phéromones, une fourmi a tendance à aller tout droit. Cela signifie qu'elle a une forte probabilité de se déplacer dans la direction dans laquelle elle regarde. La probabilité de changer de direction décroît fortement avec l'amplitude du changement de direction. Dans le modèle choisi, la fourmi ne peut pas faire demi-tour. La figure 3 donne un exemple des probabilités de déplacement qui peuvent être utilisées en l'absence de phéromone. Comme le comportement des fourmis est très dépendant des valeurs choisies, il est important de pouvoir les modifier facilement.

La figure 4 donne une représentation différente des probabilités de changement de direction, en insistant sur l'amplitude du changement qui est déterminante dans la valeur de la probabilité : les chances de choisir une nouvelle orientation décroissent très fortement avec l'amplitude du changement induit par cette nouvelle orientation.


2/34	6/34	16/34
1/34		6/34
0	1/34	2/34

FIG. 3 – Probabilités de passer dans une case voisine pour une fourmi qui regarde dans la direction 2

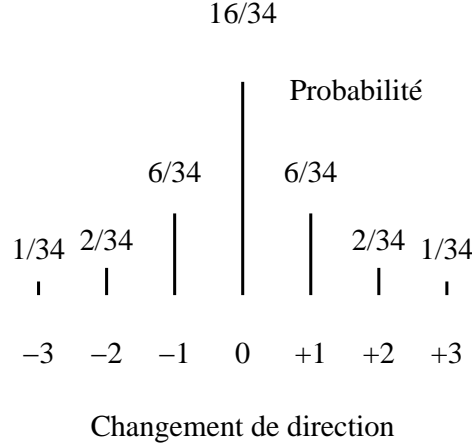


FIG. 4 – Probabilités d’obtention d’un changement de direction en fonction de l’amplitude du changement

### 2.3.2 Recherche de nourriture

Quand une fourmi est dans l’état d’esprit “recherche de nourriture”, elle procède de la façon suivante :

- si une des cases voisines de celle qu’elle occupe contient de la nourriture et pas d’autre fourmi, la fourmi se déplace dans la case en question. Elle prend de la nourriture (quantité maximale possible) et passe dans l’état d’esprit “retour à la fourmilière” ;
- sinon, la fourmi affecte à chaque case voisine libre (ne contenant pas d’autre fourmi) une probabilité de choix tenant compte du modèle présenté dans la section précédente et des phéromones (voir la suite du texte). Elle choisit aléatoirement la case dans laquelle elle se déplace en fonction de probabilités obtenues.

Pour prendre en compte les phéromones, on considère qu’elles augmentent la probabilité de choisir une case d’autant plus que le niveau de phéromones de la case est élevé. Pour ce faire, on remplace la probabilité hors phéromone  $p$  (par exemple celle proposée par la figure 3) par  $p(1+f)$ , où  $f$  désigne le niveau de phéromone de la case considérée. Bien entendu, la somme des probabilités devant être égale à 1, il faut diviser les nouvelles probabilités par la somme obtenue après cette modification.

On peut améliorer les résultats en affectant un coefficient de perception aux phéromones, c’est-à-dire en remplaçant la formule proposée par  $p(1+vf)$ .  $v$  est une valeur inférieure ou égale à 1 qui dépend la case considérée et représente l’acuité perceptive de la fourmi : on considère que celle-ci détecte mieux les phéromones situées devant elle. On choisit donc pour  $v$  une valeur qui décroît avec la différence de direction entre la case considérée et la direction du regard de la fourmi (sur le même modèle que celui utilisé pour les probabilités de déplacement).

### 2.3.3 Retour à la fourmilière

Quand une fourmi est en dans l’état d’esprit “retour à la fourmilière”, elle cherche à revenir le plus vite possible “à la maison”. Pour ce faire, elle se déplace dans la case voisine libre la plus proche de la fourmilière. Elle respecte une contrainte importante : elle ne peut pas reculer et elle ne peut donc pas passer dans la case qui est dans la direction directement opposée à celle de son regard.

Dans la phase de retour, la fourmi dépose des phéromones (la quantité déposée est un paramètre du programme) dans chaque case traversée. Quand elle atteint la fourmilière, la fourmi dépose la nourriture qu'elle transporte, fait demi-tour (celle le seul moment où une fourmi peut faire demi-tour) et passe dans l'état d'esprit "recherche de nourriture".

### 3 Travail demandé

Ce sujet peut potentiellement devenir très difficile sans une organisation très stricte. Il est entre autre indispensable de pouvoir modifier de façon simple de tous les paramètres numériques importants du programme (par exemple en les représentant par des constantes de classe).

#### 3.1 Première phase

Dans un premier temps, il est important de ne pas tenir compte des phéromones, afin de ne pas mélanger les problèmes. La première version du programme doit donc contenir les éléments suivants :

- une représentation graphique du monde, avec les fourmis, la fourmilière, et la nourriture qui évoluent à l'écran ;
- une évolution du modèle selon les règles proposées dans ce document, sans la prise en compte des phéromones (la recherche de nourriture se fait donc avec les probabilités de déplacement choisies).

Cette première phase permet de tester le programme et de régler les détails :

- détermination de la nourriture : différentes techniques peuvent être utilisées pour déterminer aléatoirement le niveau de nourriture dans chaque case (voir le responsable du projet pour faire votre choix)
- valeurs des paramètres numériques comme par exemple les probabilités de déplacement, la densité de nourriture, etc.

#### 3.2 Seconde phase

Quand la première phase a été validée par le responsable du projet, vous pouvez passer à la seconde phase, c'est-à-dire à la prise en compte des phéromones, ce qui demande entre autre de nouveaux réglages (influence de la perception sur la prise en compte des phéromones, évaporation des phéromones, etc.).

#### 3.3 Extensions

De nombreuses extensions sont possibles pour ce projet, mais ne sont à réaliser qu'après accord du responsable du projet. Voici quelques exemples d'extensions possibles :

- déplacement imparfait : quand une fourmi est dans l'état d'esprit "retour à la fourmilière", elle se déplace de façon optimale, ce qui n'est pas très réaliste. Diverses méthodes permettent d'obtenir un comportement plus réaliste ;
- plusieurs phéromones : pour pouvoir prendre en compte des obstacles, il faut rendre le "retour à la fourmilière" encore plus réaliste. On peut introduire deux phéromones différentes : une phéromone "aller" et une phéromone "retour". La phéromone "aller" est déposée par les fourmis qui sont en mode "recherche de nourriture" et est utilisée comme guide pour le retour à la fourmilière. La phéromone "retour" est déposée par les fourmis qui sont en mode "retour à la fourmilière" et est utilisée comme guide pour la recherche de nourriture ;
- plusieurs familles : on peut prendre en compte plusieurs familles de fourmis avec une compétition pour la nourriture, ce qui permet de comparer facilement différents jeux de paramètres numériques ;
- selon votre imagination (fourmis soldats, autres état d'esprit, statistiques de collecte de nourriture, etc.).