

# Recherche de chemin par phéromones

Merwan Achibet – Université du Havre

## Introduction

On se propose d'étudier l'implémentation NetLogo de José M. Vidal inspirée de *Synthetic Pheromone Mechanisms for Coordination of Unmanned Vehicles* de Parunak, Brueckner et Sauter. Dans un premier temps, on étudie le modèle original puis on analyse l'implémentation proposée.

## 1 Modèle

### 1.1 Analogie avec le vivant

Les fourmis sont des insectes reconnus pour leur caractère social. Seules, elles restent vulnérables à l'environnement immense les entourant. Pourtant, la coopération entre individus de la même colonie caractérisant cette espèce leur permet de compter parmi les êtres vivants les plus présents sur le globe terrestre.

Les fourmis communiquent par le biais de signaux chimiques que l'on peut assimiler à des odeurs, les phéromones [Pai]. Elles peuvent dialoguer d'individu à individu en utilisant leurs antennes mais, dans le contexte de la croissance de la fourmilière, il est plus efficace de déposer dans leur environnement des messages généraux adressés à tous. C'est notamment le cas lorsqu'une nouvelle source de nourriture est trouvée puisque la fourmi à l'origine de l'heureuse découverte déposera derrière elle des phéromones de piste afin que ses congénères puissent y être guidées. Plusieurs autres types de phéromones existent : certaines préviennent d'un danger tandis que d'autres délimitent un territoire ou bien, chez d'autres insectes, attirent les individus de l'autre sexe en période de reproduction.

Les phéromones étant des signaux chimiques éphémères, un phénomène d'évaporation se produit naturellement et efface progressivement les pistes. Pour qu'une piste perdure, elle doit être entretenue par accumulation des phéromones des autres fourmis l'arpentant. Ainsi seules les meilleures pistes sont conservées tandis que les autres (source de nourriture épuisée ou moins importantes) disparaissent par érosion. Un aspect important des phéromones est qu'elles sont soumises à une diffusion dans l'environnement et que les insectes disposent d'un odorat assez fin pour en retrouver la source. Ainsi, un individu peut détecter et être attiré par une odeur en passant à proximité de la piste originelle mais sans nécessairement la croiser.

Ce type de comportement est une source d'inspiration pour la conception de méthodes de résolution destinée à des systèmes multi-agents puisqu'il rassemble des qualités notables [PBS02] :

**Diversité** Une phéromone peut aussi bien indiquer une piste à suivre qu'un danger. Le concepteur d'un modèle est libre d'associer tout type de sémantique à une phéromone.

**Distribution** Les signaux chimiques guidant les insectes sont répartis sur tout l'environnement.

**Décentralisation** Si une fourmi est mangée par un oiseau, cela n'impactera pas l'avenir de la fourmilière car l'individu manquant n'est qu'un rouage d'un mécanisme plus complexe. Les signaux qu'il a déposés perdureront jusqu'à évaporation.

**Dynamacité** Les tracés se renforçant et s'évaporant continuellement, les insectes s'adaptent à tout changement impromptu de l'environnement.

Parunak *et al.* s'inspirent de ce constat, ainsi que des modèles existants [BDT99], pour proposer une méthode de guidage destinée aux véhicules non habités dans le cadre d'opérations militaires.

## 1.2 Les agents et leur monde

Ici, la fourmi est remplacée par un véhicule, un drone aérien dans l'exemple. Sa mission est de partir d'une base, et d'atteindre un objectif de type bâtiment ennemi tout en évitant certaines infrastructures pouvant l'impacter négativement (radars, batteries anti-aérienne).

Dans la simulation, un véhicule peut déposer deux types de phéromones :

**GTarget** Libérée par un agent venant de rencontrer une cible ennemi et rentrant à sa base. Elle guide les autres agents vers la cible.

**GNest** Libérée par un agent venant de quitter la base. Elle guide les agents vers cette dernière.

Dans ce modèle, les bâtiments ennemis sont eux aussi agents et émetteurs des phéromones :

**RTarget** Libérée par les bâtiments cibles. Elles attirent les drones.

**RThreat** Libérée par les bâtiments de contre-mesure. Elles repoussent les drones.

Chacune de ces phéromènes véhicule une information différente, mais au delà de leur sémantique, elles diffèrent aussi de par leur taux de diffusion dans l'environnement. Pour les bâtiments ennemis, ce taux de diffusion dépend de l'aire d'effet du bâtiment associé, et correspond concrètement à son rayon d'action : le rayon de détection pour un radar, la portée pour une batterie anti-aérienne. Le taux de diffusion des phéromones libérées par les drones doit quant à elle être finement mesuré pour qu'elles soient remarquées par les véhicules passant à proximité sans pour autant définir une route trop large (et donc plus encline à empiéter sur les zones d'effets des bâtiments ennemis).

L'environnement est divisé en zones (*places*) dont les dimensions dépendent de la simulation envisagée. Dans l'exemple SEADy Storm proposé dans le papier étudié, une zone correspond à une hexagone de 50 kilomètres de diamètre. C'est sur ces zones que les quantités des différentes phéromones déposées sont stockées et aussi que le phénomène de diffusion se produit entre zones voisines.

Le fonctionnement intrinsèque de ce modèle commence à s'esquisser. Les phéromones émises par les différents acteurs de la simulation vont tisser un canevas de signaux chimiques marquant l'environnement. Typiquement, les drones auront pour but de suivre une piste menant à un bâtiment cible tout en évitant les aires d'effet des bâtiments menaçants, puis à revenir jusqu'à une base en suivant une piste associée.

Les phéromones décrites sont bien sûr spécifiques au modèle présenté et dans un souci de généralisme, on veut associer à chaque zone une fonction calculant sa valeur d'attractivité en fonction des différentes phéromones qui y sont déposées. Ici, cette fonction est :

$$\frac{\omega \text{RTarget} + \gamma \text{GTarget}}{\alpha \text{RThreat} + \delta \text{Dist}}$$

Lorsqu'un véhicule se trouve dans une zone, il a accès aux quantités de phéromones présentes dans les zones voisines et un tirage aléatoire de type roue de la fortune biaisée permet de simuler un choix.

GHOSTS???

## 2 Implémentation

### 2.1 Étude

José M. Vidal a implémenté le modèle décrit précédemment sur la plateforme de simulation NetLogo.

Son implémentation est basée sur une grille de *patches* torique alors que l'implémentation originale utilisait des hexagones à six voisins. Cette différence est négligeable au niveau des résultats que fournit cette simulation car Parunak *et al.* précisent que la configuration du terrain et des blocs le formant, ainsi que leurs dimensions peuvent varier librement.

ETATS

EVAP/DIFF

FIN DE LA SIMULATION

FORMULE?

### 2.2 Analyse

Les facteurs que l'utilisateur peut contrôler sont :

**Le nombre de cibles** blabla

**Le nombre de menaces** blabla

**Le nombre maximum de fantômes** blabla

**La durée de vie d'un fantôme** blabla]

**Le taux de diffusion** blabla

**Le taux d'évaporation** blabla

TESTS!

## Références

- [BDT99] Eric Bonabeau, Marco Dorigo, and Guy Theraulaz. *Swarm Intelligence : from Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press, 1999.
- [Pai] Janine Pain. Les phéromones d’insectes, 30 ans de recherche. *Insectes*, (69).
- [PBS02] H. Van Dyke Parunak, Sven Brueckner, and John Sauter. Synthetic pheromone mechanisms for coordination of unmanned vehicles. In *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agents Systems*, 2002.