

## SIMULATION D'UNE FOURMILIERE

Quelques informations utiles sur les fourmis, et qui serviront de base pour notre programme :

- **Habitat** : les fourmis se sont adaptées à presque tous les milieux terrestres et sous-terrains (on en a trouvé jusqu'au fond d'une grotte de 22km de long en Asie du Sud-Est). Elles n'existent cependant pas dans les milieux aquatiques et dans les zones polaires ou glacières permanentes.
- **Reproduction** : Les œufs sont en général pondus par une reine. À la création de la fourmilière, c'est elle qui s'occupe des larves ; mais après un certain temps, ce sont les fourmis ouvrières qui s'occupent d'elles. Une reine pond entre 18 et 25 œufs par jours tout au long de sa vie.  
Une colonie très conséquente peut tolérer plus d'une reine, qui habitent assez éloignées pour ne pas se croiser, en général. En général a reine décide de donner naissance à une portée d'œufs féconds, l'individu est alors diploïde et donnera une femelle. Sinon il sera haploïde et donnera un mâle. La plupart des fourmis femelles grandissent pour devenir des femelles aptères (ie. Non-ailées) et stériles, elles sont dites ouvrières. Les autres (femelles non-stériles et mâles) sont ailés. Périodiquement, des essaims de fourmis mâles et femelles ailés quittent la colonie afin de se reproduire. On appelle ce phénomène le « vol nuptial ». Suite à cela, les mâles meurent tandis que les reines fécondes partent fonder de nouvelles colonies ou parfois retournent dans leur fourmilière. On estime que sur 1000 fourmis femelles qui se sera envolée pour être fécondée fondera réellement sa colonie.
- **Longévité** : Les mâles ont une vie très brève : ne sachant se nourrir seuls, ils meurent juste après s'être reproduits. La fourmi ouvrière elle peut vivre entre 3 semaines et 1 an. La reine vit en général entre 1 et 3 ans. Chez certaines espèces, sa longévité est extrêmement longue et peut aller jusqu'à une quinzaine à une vingtaine d'années (record : 28 ans).
- **Rôle des fourmis ouvrière** : Les premiers jours de sa vie, une fourmi ouvrière, ie. Femelle et stérile, s'occupe de la reine et de ses petits. Ensuite elle participe à la construction et au maintien du nid, puis à son approvisionnement et enfin à sa défense (fourmi dite soldat). Les ouvrières se regroupent selon l'activité commune qu'elles auront à un stade de leur vie.
- **Conséquence de la mort d'une reine** :
  - ☺ dans le cas d'une colonie dépendant d'une seule reine, elle perdure encore quelques mois au plus.
  - ☺ dans le cas d'une colonie dépendant de plusieurs reines (très nombreuse donc), les reines possèdent une longévité beaucoup plus courte (entre plusieurs mois à 2-3 années) et sont régulièrement remplacées par de jeunes femelles fertiles.

## **ALORS COMMENT MODELISE-T-ON NOTRE FOURMILIERE ?**

### **I/. Une première simulation possible**

- 1) On crée une reine (fourmi femelle féconde) qui va être à l'origine de sa propre colonie.
- 2) À l'aide d'un algorithme qui prendra en compte un facteur de temps, on simule l'évolution de la fourmilière au fil du temps (peut-être avec la fonction *time* sous python, avec laquelle on fixera une échelle de temps pour la fourmilière en fonction du temps réel).
- 3) La reine pondra aléatoirement un nombre compris entre 18 et 25 œufs par jours, pendant toute la durée de sa vie (longévité fixée ou prise aléatoirement entre 10 et 20 années). On fixe une probabilité  $o$  que l'œuf donne une ouvrière (individu 0),  $f$  qu'il donne une femelle fertile et  $m$  qu'il donne un mâle, avec  $o \gg \gg f = m$ . Il faut approximativement un mois après la ponte pour que les fourmis soient complètement formées et qu'elles commencent à travailler, dans le cas des ouvrières.
- 4) On s'intéresse au déplacement des ouvrières. Aux premiers jours de leur vie active, elles s'occupent de la reine et de ses larves. Au bout d'un certain temps  $n$ , elles s'éloignent de la reine progressivement pour occuper des fonctions différentes : construction de la fourmilière, puis défense et approvisionnement . Il peut également être intéressant de s'intéresser au déplacement des fourmis qui cherchent de la nourriture (cf. en fin de doc, **Ant System** \*).  
On peut également considérer le déplacement des fourmis dans un réseau (la fourmilière) constitué de tunnels. On prendrait alors 2 types de fourmis ouvrières (types 1 et 2) de rôles différents, qui cherchent à se déplacer dans la fourmilière tout en fixant une priorité de déplacement pour un certain type (par ex : si 1 est prioritaire sur 0, alors dès que 1 et 0 se rencontrent, 0 fait demi-tour et cherche à passer par le prochain tunnel le plus proche).
- 5) Périodiquement (pour une période  $p$  qui peut être aléatoire ou fixée), les mâles et les femelles fertiles quittent la colonie afin de se reproduire. On considérera une proportion mâle/femelle de 50/50 (chiffres réels). Après s'être reproduits, les mâles meurent tous, tandis que les femelles vont soit retourner dans la fourmilière, soit fonder leur propre colonie (1/1000 femelles fondent leur colonie).

### **II/. Autre simulation possible**

Une variation possible est de considérer non pas une seule mais plusieurs reines coexistantes. Leur longévité sera alors beaucoup plus courte (aléatoirement entre 1 an et 3 ans).

**Informations complémentaires :** On pourrait utiliser Pygame ou Tkinter peut-être, pour l'interface graphique.

\* **Ant System**

DEPLACEMENT DES FOURMIS PAR LE CHEMIN LE PLUS COURT POUR REJOINDRE UNE SOURCE DE NOURRITURE :

Une fourmi dite « éclairieuse », qui découvre une source de nourriture, rentre dans sa colonie en laissant sur son passage une trace chimique. Cette trace stimule d'autres fourmis ouvrières, les attirant à l'extérieur de la colonie afin de la suivre et de trouver à leur tour la source de nourriture. Elles rentrent ensuite chez elles, laissant sur leur passage une trace chimique qui renforce la précédente, et le même processus se reproduit.

D'après Jean-Louis Deneubourg, on estime qu'un individu (« l'éclairieuse ») attire un nombre  $n$  de congénères, qui attirent eux-mêmes  $n$  congénères et ainsi de suite.

On comprend ainsi que les individus ayant emprunté le chemin le plus court entre la source de nourriture et la colonie rentreront chez eux le plus tôt et attireront ainsi le plus rapidement les autres fourmis ouvrières (la trace chimique sera renforcée plus rapidement).

Ant system :

Algorithme reposant sur le comportement d'une colonie de fourmi. Elle vise à résoudre le « problème du voyageur du commerce », dont le but est de trouver le chemin le plus court permettant de relier un ensemble de villes.

Règles : Sur un ensemble de fourmis parcourant un trajet...

- elle ne peut visiter qu'une seule fois chaque ville
- plus une ville est loin, moins elle a de chances d'être visitée
- plus l'intensité de phéromone est importante, plus un trajet a de chance d'être choisi
- les pistes de phéromones s'évaporent à chaque itération