

Rapport de projet

Théo Q, Corto C, Brandon FL
Université de Nice
France

Abstract

Dans ce projet nous étudions l'impact de la proportion de fourmis chercheuse et ramasseuses dans une fourmilière sur la récolte de nourriture. Nous utilisons pour cela un algorithme de type "Ant Colony Optimization (ACO)" écrit en Netlogo. Notre modèle utilise deux types de fourmis : ramasseuses et chercheuses déposant chacune des phéromones spécifiques permettant de trouver leur chemin vers des tas de nourritures à éloignement du nid variable. En faisant varier la répartition des fourmis dans la fourmilière lors de multiples simulations nous avons produit des données expérimentales. Celles-ci ont été étudiées avec le logiciel R afin d'en extraire un modèle mathématique. Finalement l'analyse de la fonction modélisant le temps de récupération de toute la nourriture en fonction du pourcentage de chercheuses dans la population présente un minimum local en 67,18% ce qui s'approche des observations faites dans la nature.

1 Introduction

1.1 Contexte

Les "Algorithmes de colonies de fourmis" forment une catégorie d'algorithmes d'optimisation basés sur la modélisation d'une colonie de fourmis. En effet bien qu'ayant des capacités individuelles limitées ces insectes arrivent collectivement à des solutions optimales de problèmes complexes.

Dans le cadre de l'UE "Projet Scientifique Informatique nous avons choisi le sujet "Colonie de fourmis" d'étude parmi de nombreux proposés. Le modèle de base contenait un seul type de fourmis et trois tas de nourritures fixes. Nous l'avons alors perfectionné.

1.2 État de l'art

L'ACO est de plus en plus utilisé aujourd'hui dans de très nombreux domaines. Plus particulièrement dans les domaines suivants : planification, routage réseau, affectation, ensembles, conception de circuit nanoélectroniques, traitement d'image etc. Tout les problèmes pouvant se ramener à la recherche d'un chemin optimal dans un graphe en général.

1.3 Questions scientifiques

Notre projet vise à répondre aux questions suivantes :

- La présence de chercheuses a-t-elle une réelle influence sur l'efficacité de la récolte ?
- Si oui, quelle est cette influence ?
- Comment évolue-t-elle en fonction de la proportion de chercheuses ?

2 Modélisation

Pour notre projet nous avons réalisé une simulation via l'outil NetLogo. NetLogo étant un programme de modélisation d'environnement multi-agent. Nous nous sommes appuyé sur un modèle de base déjà existant proposé par le MIT dans le cadre d'un projet de mathématiques appliquées.

2.1 Hypothèses simplificatrices

Dans la nature, les fourmis suivent plusieurs critères pour retrouver leur chemin vers le nid. Elles s'orientent notamment en gardant la trace de la direction, la distance parcourue ainsi que des repères visuels pour retrouver le chemin vers leur nid. Dans notre modélisation, nous supposons que les fourmis ont un sens inné d'où se trouve leur nid. De plus, les fourmis ne suivant pas de phéromones ont un mouvement totalement aléatoire jusqu'à trouver des phéromones ou de la nourriture pour les chercheuses.

2.2 Description du modèle

Dans un premier temps nous avons créé un nouveau type de fourmis, les fourmis chercheuses. Dans la version de base, le modèle présentait qu'un type de fourmis ne reflétant pas la réalité. Or, dans notre nouveau modèle, les fourmis ramasseuses se concentrent maintenant exclusivement sur la collecte de la nourriture pendant que les fourmis chercheuses posent les phéromones. Ce modèle est beaucoup plus proche de la réalité car maintenant, les fourmis se concentrent vraiment sur un tas à la fois en prenant le tas le plus proche.

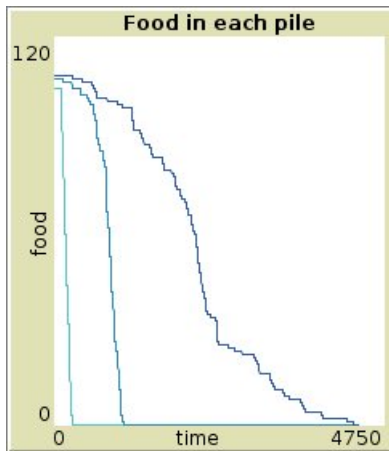


Figure 1: Proportion de nourriture en fonction du temps

De plus, notre modèle comprend 3 paramètres modifiables : la variable "pourcentage" permet de préciser le rapport entre le nombre de chercheuses et le nombre de ramasseuses. De plus, nous sommes dans la capacité de modifier en direct le pourcentage de diffusion ainsi que le pourcentage d'évaporation des phéromones.

3 Simulation

3.1 Cadre expérimental

Toutes la partie simulation de ce projet à été effectué avec le logiciel Netlogo 5.1.0 en utilisant le modèle de base fourni. (Wilensky, U. (1997). NetLogo Ants model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Ants>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.)

Voici les paramètres utilisés :

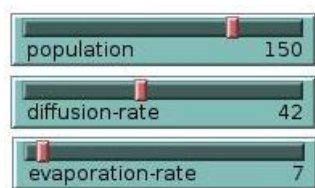


Figure 2: Configuration de la simulation

Nous gardons une population de 100 ramasseuses afin qu'il soit plus simple de calculer le rapport chercheuses / ramasseuses. Après plusieurs essais, nous avons choisi de garder les paramètres "diffusion-rate" et "evaporation-rate" tels que dans le modèle de base car ils fournissent une simulation plausible : trop de diffusion réduit l'efficacité car la piste laissée est trop large, tandis que trop d'évaporation annule la diffusion. A l'opposé, aucune évaporation est contre productif car l'espace devient saturé de phéromones ce qui équivaut à ne pas en avoir.

L'univers est un canvas de dimension 81*81 aux bords fermés contenant 1 nid et 3 sources de nourritures (approximation de cercles de rayon 5) placés spécifiquement.

L'étude des données et leur présentation ont été effectuées avec les outils suivants :

1. Python (script) pour le formatage des fichiers .csv
2. Gnuplot pour la représentation des données.
3. R pour l'interprétation mathématique ...
4. L^AT_EX pour la présentation et le rapport

Toutes les simulations et la majeure partie du projet ont été réalisées sous Ubuntu sur les machines de la Faculté des Sciences de Nice.

3.2 Protocole expérimental

Pour produire les données permettant de bâtir un modèle nous avons utilisé l'outil BehaviorSpace intégré à Netlogo. Celui-ci permet d'exécuter de manière automatique un nombre déterminé de simulations en faisant varier automatiquement les paramètres voulus.

Afin d'obtenir des mesures les plus objectives possibles nous avons procédé ainsi :

- Faire varier la variable "pourcentage" de chercheuse dans la population dans [1;90] par pas de 5, soit 18 runs.
- Répéter l'expérience précédente pour des sources de nourriture placées à distances proches, moyenne, et loin du nid. Soit $3 \cdot 18 = 54$ simulations retenues.
- Écrire le nombre de ticks nécessaire à la complétion de la simulation à chaque étape
- Produire une moyenne des 3 fichiers résultats avec python.
- Trouver l'équation approximant le mieux nos résultats par régression linéaire avec R

Nous précisons aussi que les simulations ont été faites consécutivement et non en parallèle dans la configuration de l'outil BehaviorSpace.

4 Résultats

Bien que cela semblait évident, nous avons bien pu vérifier que l'ajout de fourmis chercheuses a bien une influence sur l'efficacité de la récolte de nourriture. En effet, plutôt que de chercher au hasard en permanence, les fourmis construisent une trace de phéromones leur permettant de trouver et de se souvenir de l'emplacement du tas de nourriture.

Lorsque nous plaçons les tas de nourriture très proches de la colonie, la durée de ramassage diminue fortement jusqu'à atteindre un minimum local autour de 40% de fourmis chercheuses avant que la durée ne recommence à augmenter.

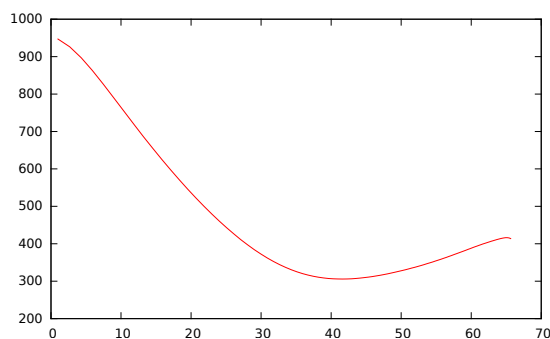


Figure 3: Temps de ramassage en fonction de la proportion de fourmis ramasseuses quand la nourriture est proche

De même, nous observons la même tendance lorsque la nourriture est à distance moyenne et longue de la colonie :

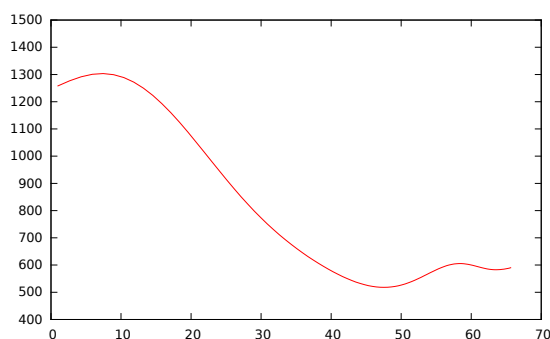


Figure 4: Temps de ramassage en fonction de la proportion de fourmis ramasseuses quand la nourriture est à distance moyenne

Dans ce cas, il est important de noter que les points d'inflexion de la courbe sont légèrement décalés vers les hauts pourcentages par rapport à la figure précédente, bien qu'ils remontent ensuite plus fortement.

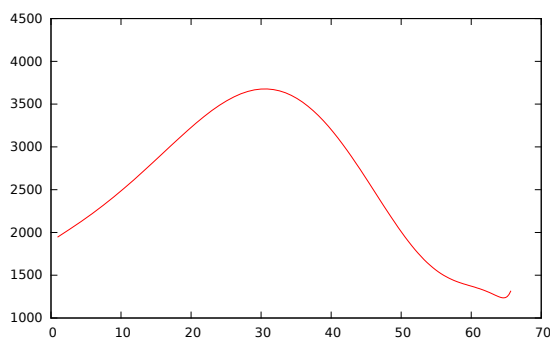


Figure 5: Temps de ramassage en fonction de la proportion de fourmis ramasseuses quand la nourriture est loin

Lorsque les tas de nourriture sont loin, nous pouvons encore émettre les mêmes remarques que précédemment. Les

courbes étant très similaires, il semble raisonnable de faire une moyenne afin d'avoir une idée plus générale du comportement des fourmis. Pour chaque pourcentage testé, nous avons donc pris la moyenne de la mesure associée pour chacune des trois distances. Le jeu de données obtenu a ensuite servi à extrapoler par régression polynomiale une expression mathématique nous permettant de donner une estimation du temps de récolte en fonction de la proportion de fourmis chercheuses dans la fourmilière.

Soient x le pourcentage de fourmis chercheuses et $f(x)$ le temps de récolte estimé :

$$f(x) = 0.0181 \cdot x^3 - 2.3204 \cdot x^2 + 66.7091 \cdot x + 1210.3016$$

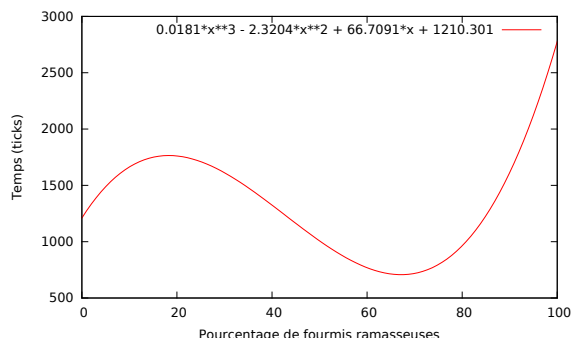


Figure 6: Temps de ramassage en fonction de la proportion de fourmis ramasseuses

La courbe nous montre que la relation est bien ce qui est attendu : d'abord une augmentation du temps de récolte, puis un minimum autour de 70% suivi d'une augmentation très rapide.

5 Discussion

Il est important de porter un regard critique sur la relation obtenue. En effet, bien qu'elle soit fidèle aux résultats obtenus et observés dans la nature, on suppose qu'il y a au moins une ramasseuse puisqu'à 100% de chercheuses le temps de ramassage, qui devrait être infini, ne l'est pas.

D'autre part, ils auraient été plus rigoureux de faire une moyenne sur un très grand nombre de mesures afin de réduire au maximum l'erreur, le temps ne nous l'a pas permis.

Conclusion et perspectives

Cette étude nous a donc permis d'extraire un modèle mathématique nous donnant une estimation de la durée nécessaire pour ramasser de la nourriture. Le modèle utilisé n'étant pas parfait, il serait intéressant de tester l'efficacité de ce modèle : comment prendre en compte le nombre de tas de nourriture ? Que se passe-t-il lorsqu'il y a des nids rivaux à proximité ? D'autres types de fourmis pour défendre la colonie ou se disputer les sources de nourriture ?