



**HAL**  
open science

# Compétition de colonies de fourmis pour l'apprentissage supervisée : CompetAnts

Gilles Verley, Nicolas Monmarché

## ► To cite this version:

Gilles Verley, Nicolas Monmarché. Compétition de colonies de fourmis pour l'apprentissage supervisée : CompetAnts. SFC'05 12èmes Rencontres de la Société Francophone de Classification, Jun 2005, Montréal, Canada. hal-01529035

**HAL Id: hal-01529035**

**<https://hal.science/hal-01529035v1>**

Submitted on 30 May 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

---

# Compétition de colonies de fourmis pour l'apprentissage supervisée : CompetAnts

**Gilles Verley, Nicolas Monmarché**

*Laboratoire d'Informatique de l'Université François Rabelais,  
64 avenue Jean Portalis  
37200 Tours, France*

---

*RÉSUMÉ. Nous présentons une modélisation originale de l'utilisation des phéromones par les fourmis afin de résoudre des problèmes d'apprentissage supervisé. Ce cadre biomimétique permet d'illustrer simplement le principe général suivant : plus les fourmis sont attirées par une zone de l'espace de recherche, plus elles y consommeront de la nourriture et plus elles déposeront des phéromones qui augmenteront ainsi la fréquentation de la zone. L'évaporation et la diffusion des phéromones permettent d'étendre l'influence des découvertes des fourmis. Les résultats obtenus sur un jeu de test relativement simple sont encourageants et promettent des études futures.*

*MOTS-CLÉS : apprentissage supervisé, fourmis artificielles*

---

## 1 Introduction

Le problème de la classification non supervisée a été abordé à de nombreuses reprises en s'inspirant du paradigme des fourmis artificielles. Par exemple en donnant aux fourmis les données à classer puis en leur laissant le loisir d'agréger ces données pour former des classes [LUM 94, MON 99, ABR 03]] comme elles le font pour leur couvain dans la nature, en associant à chaque fourmi une donnée puis en simulant les échanges d'odeur leur permettant de se construire une identité coloniale [LAB 02] ou en simulant leur agrégation sous forme de grappes [AZZ 03]. D'autres travaux se sont inspiré des capacités de déplacement collectif plus généralement rencontrées dans le monde animal [AUP 03] comme le vol des oiseaux ou le déplacement de bancs de poissons. Dans [PAR 02], on peut trouver une approche basée sur l'utilisation de phéromones pour l'apprentissage supervisé de règles de classification. Cependant, si la capacité des fourmis à construire des chemins de phéromones pour exploiter des sources de nourriture a été largement utilisé en optimisation combinatoire [BON 99], cette voie a été moins explorée pour ce qui est de la classification automatique en particulier. De plus, dans la plupart des cas, la méthode proposée était non supervisée.

Dans cet article nous montrons comment adapter simplement le principe des phéromones déposées par les fourmis pour résoudre un problème d'apprentissage supervisée, c'est-à-dire pour lequel un étiquetage des données est connu.

## 2 Description algorithmique

### 2.1 Notations et définition du problème

On considère un ensemble de  $n$  données (ou individus) décrits par  $m$  paramètres. Pour chaque individu  $i$ , on connaît sa classe d'appartenance, notée  $c_i$  ( $i \in \{1, \dots, k\}$ ). On cherche à découvrir pour chaque classe une fonction de densité de probabilité d'appartenance à cette classe :  $f_i(x)$  ( $i=1 \dots k$ ) où  $x$  est un point de l'espace des paramètres.

## 2.2 Retour sur les fourmis artificielles

Les fourmis utilisent les phéromones (mélange d'hydrocarbures) pour construire des chemins entre leur nid et une source de nourriture. Ces phéromones servent alors à mémoriser le chemin mais également à recruter d'autres ouvrières pour exploiter la source de nourriture. Ces substances chimiques s'évaporent avec le temps et le chemin disparaît s'il n'est pas renforcé par le passage des fourmis et le dépôt de nouvelles phéromones. Les phéromones déposées sur le sol constituent donc une forme de mémoire collective et permet aux fourmis d'apprendre collectivement, et sans communication directe, tout en ayant la possibilité d'oublier des chemins qui auraient perdu de leur intérêt.

Dans notre approche, les fourmis se déplacent dans l'espace des paramètres à la recherche de nourriture représentée par les données que l'on considère. A chaque fois qu'une fourmi découvre de la nourriture, elle dépose une certaine quantité de phéromones. Quand une fourmi recherche de la nourriture, elle est à la fois attirée par l'odeur de la nourriture ainsi que par les phéromones présentes dans son voisinage. La nourriture trouvée est consommée par la fourmi qui poursuit ensuite sa quête. La quantité de nourriture totale disponible étant fixée au départ en fonction du nombre d'objets, on peut considérer que les fourmis sont en compétition pour se nourrir : les plus aptes à détecter les phéromones seront les mieux nourries. Une fois toute la nourriture consommée, les traces de phéromones constituent un marquage dans l'espace des paramètres qui peut être interprété comme une densité de probabilité de présence de nourriture et nous donner ainsi une estimation de la fonction  $f$ .

Similairement à ce que l'on peut observer en milieu naturel, plusieurs espèces de fourmis peuvent cohabiter, avoir des régimes alimentaires différents et utiliser des « bouquets » de phéromones différents. De la même façon, nous utilisons une espèce différente pour chaque classe d'objets. Une espèce  $i$  construit par conséquent une densité  $f_i$  en interagissant indirectement avec les autres espèces : bien qu'une espèce soit attachée à une classe, on peut autoriser une certaine plasticité dans l'attrait des fourmis pour un type de nourriture afin de prendre en compte un bruit possible dans l'étiquetage des objets.

Contrairement à un dépôt déterministe de phéromones sur les positions des objets dans l'espace des paramètres, l'utilisation des fourmis et leur attirance pour la nourriture et les phéromones introduit une intensification de la recherche sur les zones denses en objets. De plus, l'évaporation lente des phéromones nous permet de donner une importance décroissante avec le temps aux objets isolés.

## 2.3 L'algorithme CompetAnt

Le principe général est résumé par la figure suivante :

1. Initialiser la nourriture aux positions des individus de l'échantillon d'apprentissage
2. Tant qu'il reste de la nourriture, faire :
  - a. Pour chaque fourmi faire :
    - i. Absorber une partie de la nourriture et calculer la quantité de phéromone déposée par la fourmi
  - b. Pour chaque position faire :
    - i. Calculer l'évaporation des phéromones
    - ii. Calculer la diffusion des phéromones sur les positions adjacentes

**Figure 1 : algorithme général**

La quantité  $\tau_{i,t}$  de phéromones déposée par une fourmi à la position  $i$  au temps  $t$ , est donnée par :

$$\tau_{i,t} = \tau_{i,t-1}(1 - \rho) + \delta_{i,t} \times \omega_{i,t} + \theta(\Delta_{i,t} - \Delta'_{i,t}).$$

Où :

- $\rho$  est un paramètre d'évaporation ;

- $\delta_{i,t}$  permet de prendre en compte la présence d'une fourmi et est obtenue par :

$$\delta_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } q < 1/\alpha + \beta\tau_{i,t} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases},$$

avec  $q$ , un nombre aléatoire uniformément généré dans  $[0,1]$ ,  $\alpha$  est un paramètre d'appétit (appétence) et  $\beta$  est un paramètre permettant de contrôler l'influence des phéromones sur l'attrance des fourmis ;

- $\omega_{i,t}$  représente la quantité de phéromone déposée par la fourmi.
- $\Delta_{i,t}$  (resp.  $\Delta'_{i,t}$ ) représente la diffusion des phéromones provenant du (resp. vers le) voisinage de  $i$ .
- $\theta$  représente un paramètre de volatilité de la phéromone qui caractérise sa capacité de diffusion.

### 3 Expérimentations

Nous considérons dans un premier temps le cas particulier où l'espace des paramètres ne comporte qu'une seule dimension. Dans ce cas, nous pouvons expliciter la composante de diffusion des phéromones en limitant le voisinage à deux positions de chaque coté de  $i$  :

$$\Delta_{i,t} = 0.1 \times (\tau_{i-2,t-1} + \tau_{i+2,t-1}) + 0.4 \times (\tau_{i-1,t-1} + \tau_{i+1,t-1})$$

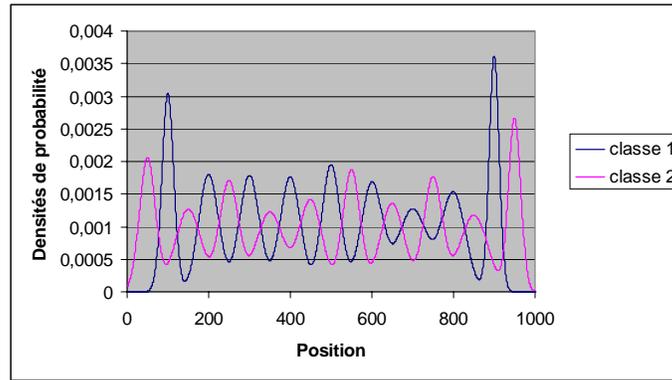


Figure 2 : jeu de test.

Dans une première phase, nous nous sommes concentrés sur les paramètres d'appétence et de diffusion tout en simplifiant le modèle en fixant les paramètres  $\rho$  et  $\beta$  à 0 et  $\omega_{i,t}$  à 1.

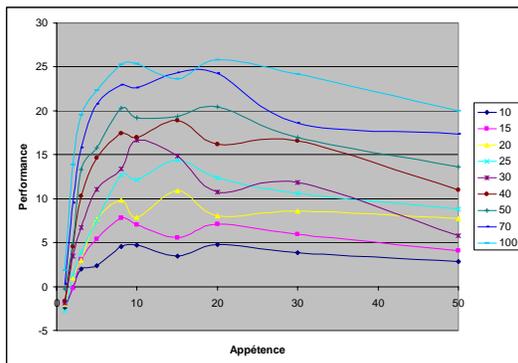


Figure 3 : performances obtenues en fonction de l'appétence ( $\alpha$ )

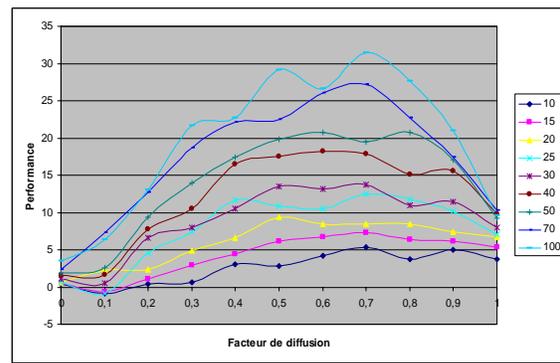


Figure 4 : performances obtenues en fonction de la diffusion ( $\theta$ )

Sur la figure 3, la performance (taux de bien classés moins taux de mal classés) dépend de l'appétence d'une manière que l'on peut expliquer ainsi ; si l'appétence est trop grande, alors la nourriture est mangée trop rapidement et la phéromone déposée par les fourmis n'a pas le temps de se répandre et, inversement si l'appétence est trop faible.

Sur la figure 4, la performance dépend de la capacité de la phéromone à se diffuser spontanément dans son voisinage (volatilité). Cela peut s'expliquer d'une manière relativement analogue à l'appétence. Dans les deux figures, l'influence des facteurs étudiés est d'autant plus importante que l'échantillon est grand, la taille de l'échantillon améliorant les performances dans tous les cas comme on pouvait l'espérer. Dans d'autres expériences que nous n'avons pas la place de présenter graphiquement ici, nous avons fait varier la complexité du problème. On a pu remarquer des courbes semblables avec un déplacement des optima corrélé à la complexité.

#### 4 Conclusion

Nous avons présenté dans cet article une première approche de l'utilisation du paradigme des fourmis pour l'apprentissage supervisé. On constate des résultats préliminaires encourageants. Toutefois, il reste à montrer l'intérêt pratique de cette approche par rapport à d'autres modèles qui comportent de réelles analogies avec le modèle des fourmis et qui sont mieux étayés sur le plan mathématique quant à leur convergence théorique [VER 94].

#### 5 Bibliographie

- [ABR 03] A. ABRAHAM and V. RAMOS. Web usage mining using artificial ant colony clustering. In Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2003), pages 1384-1391, Canberra, Australia, december 9-12 2003. IEEE Press.
- [AUP 03] S. AUPETIT, N. MONMARCHÉ, M. SLIMANE, C. GUINOT, and G. VENTURINI. Clustering and Dynamic Data Visualization with Artificial Flying Insect. In Erick Cantu-Paz, editor, Genetic and Evolutionary Computation Conference, volume 2723 of Lecture Notes in Computer Science, pages 140-141, Chicago, july 12-16 2003. Springer-Verlag Telos.
- [AZZ 03] H. AZZAG, N. MONMARCHE, M. SLIMANE, G. VENTURINI, et C. GUINOT. Classification arborescente de données par auto-assemblage de fourmis artificielles. In Y. Dodge and G. Melfi (éditeurs), Société Francophone de Classification (SFC), pages 55-58, Neuchatel, Suisse, 9-12 Septembre 2003. Presses académiques neuchatel.
- [BON 99] E. BONABEAU, M. DORIGO, and G. THERAULAZ. Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems. Oxford University Press, 1999.
- [LAB 02] N. LABROCHE, N. MONMARCHÉ, and G. VENTURINI. A new clustering algorithm based on the chemical recognition system of ants. In F. van Harmelen, editor, Proceedings of the 15th European Conference on Artificial Intelligence, pages 345-349, Lyon, France, july 2002. IOS Press.
- [LUM 94] E.D. LUMER and B. FAIETA. Diversity and adaptation in populations of clustering ants. In D. Cliff, P. Husbands, J.A. Meyer, and Stewart W., editors, Proceedings of the Third International Conference on Simulation of Adaptive Behavior (SAB), pages 501-508. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1994.
- [MON 99] N. MONMARCHE, M. SLIMANE, and G. VENTURINI. On improving clustering in numerical databases with artificial ants. In D. Floreano, J.D. Nicoud, and F. Mondala, editors, 5th European Conference on Artificial Life (ECAL'99), volume 1674 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages 626-635, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Switzerland, 13-17 September 1999. Springer-Verlag.
- [PAR 02] R.S. PARPINELLI, H.S. LOPES, and A.A. FREITAS. Data mining with an ant colony optimization algorithm. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(4). Pages 321-332, 2002.
- [VER 94] G. VERLEY. Contribution à la validation des réseaux connexionistes en reconnaissance des formes. Thèse de doctorat de l'Université de Tours, 1994.