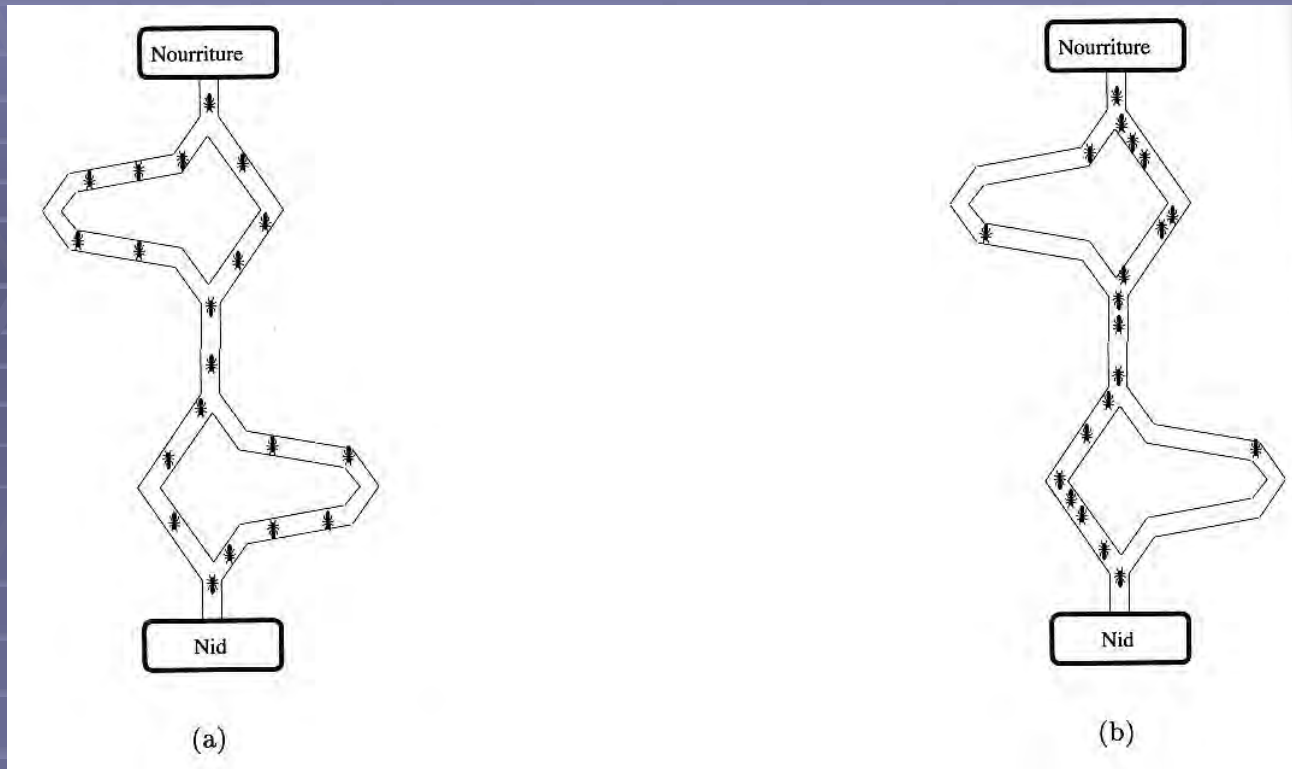
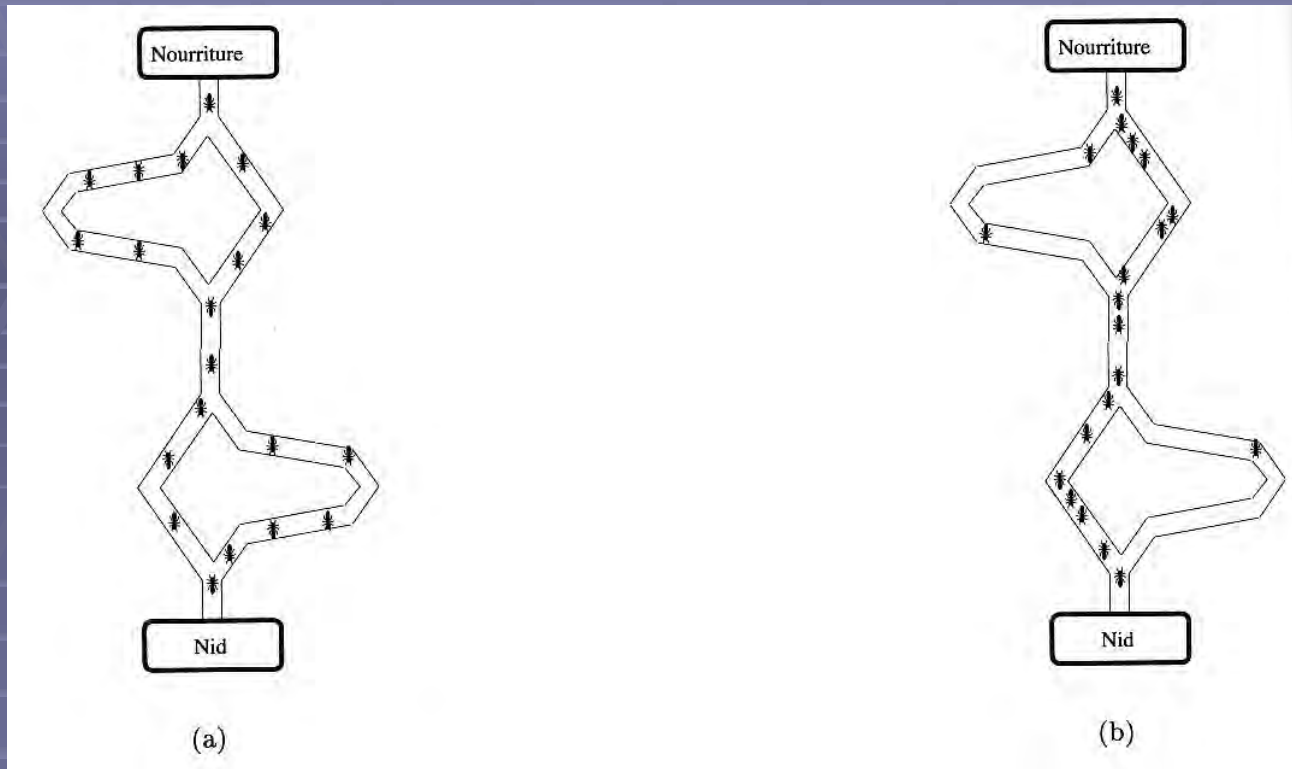


Colonies de fourmis

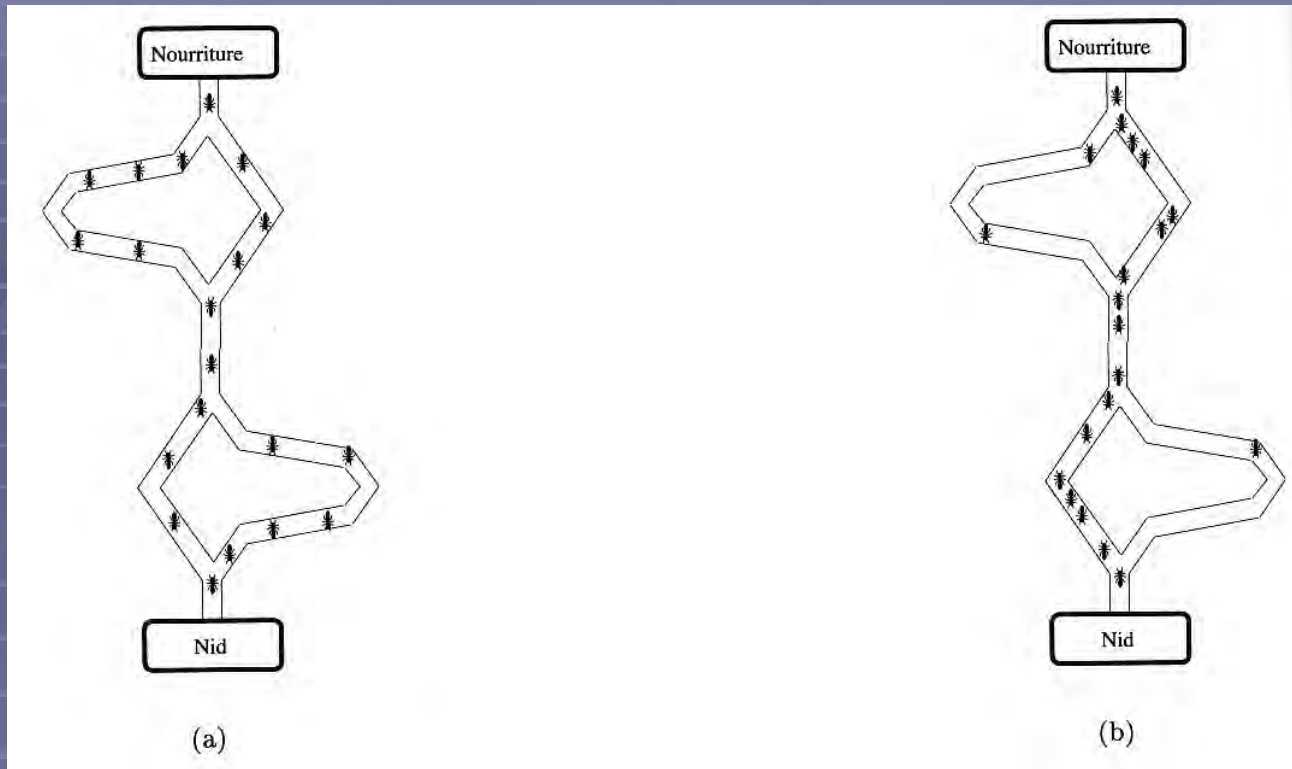




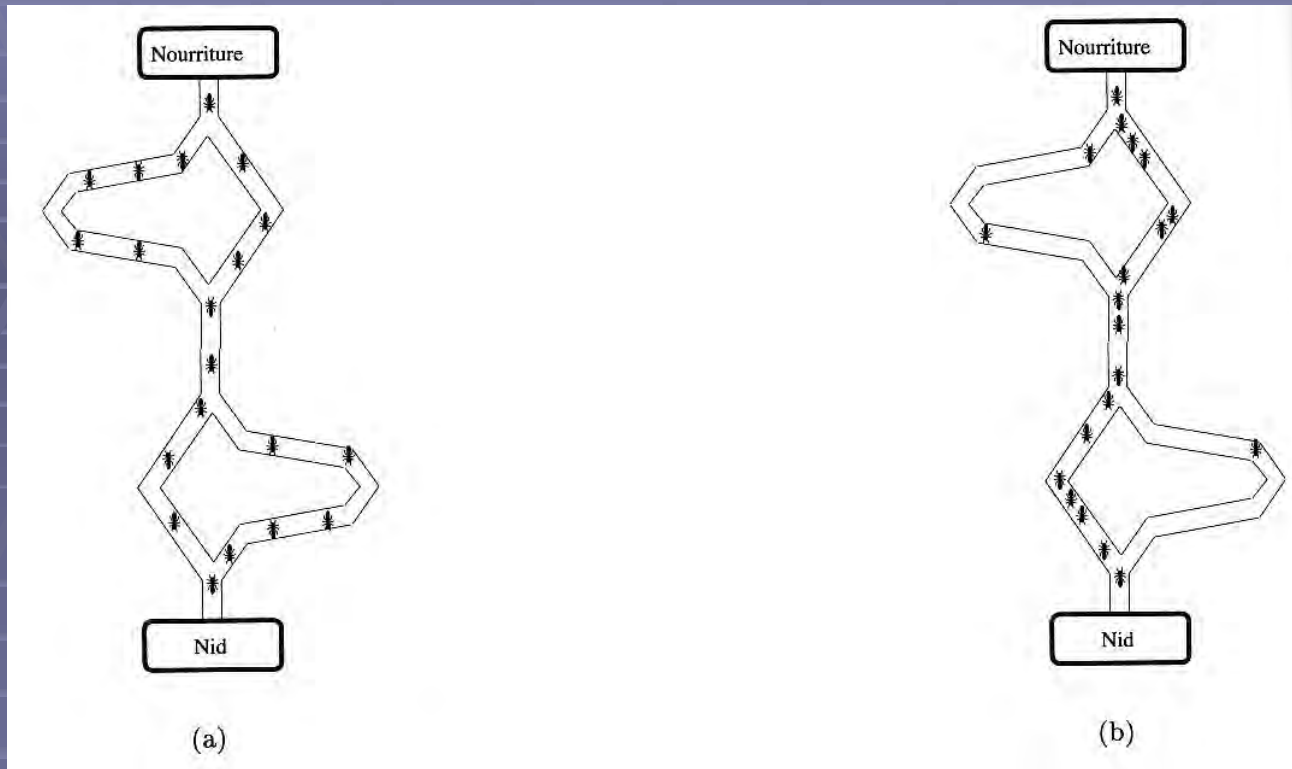
- Comment procèdent les colonies de fourmi pour déterminer un chemin presque géodésique de la fourmilière à un stock de nourriture ?



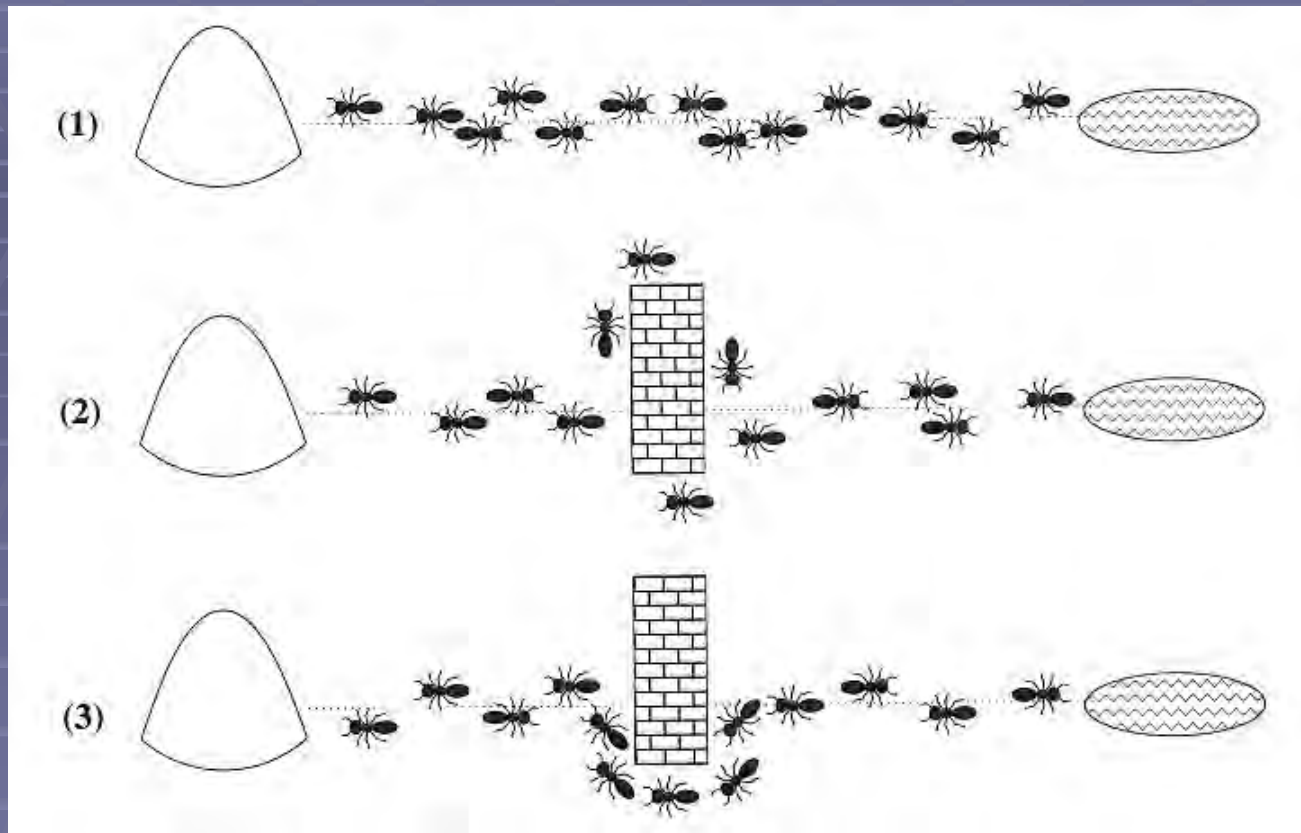
- Les premières fourmis se déplacent au hasard.
- Les fourmis déposent sur leur passage des indices olfactifs : les phéromones. Qui s'évaporent.



- Les fourmis se déplacent selon une probabilité fonction de la quantité de phéromones.
- Les fourmis employant le plus court chemin se rendront plus rapidement au nid.



- D'où une quantité de phéromone sensiblement supérieure sur le plus court chemin.
- Et qui va s'intensifiant avec le temps.



- Permet de plus une grande souplesse d'adaptation aux modifications du milieu.

Algorithmes de colonies de fourmis

- Ces propriétés ont été copiées pour construire une méta-heuristique pour le PVC. Sans procurer alors des résultats impressionnants.
- Ont été améliorées par la suite.
- Méta-heuristique de colonies de fourmis :
« Une méthaheuristique de colonies de fourmis est un processus stochastique construisant une solution en ajoutant des composants aux solutions partielles. Ce processus prend en compte (i) une heuristique sur l'instance du problème (ii) des pistes de phéromones changeant dynamiquement pour refléter l'expérience acquise par les agents ».

Algorithme de base pour le PVC

- A chaque itération t ($1 \leq t \leq t_{\max}$) chaque fourmi $k=1, \dots, m$ parcourt le graphe et construit un trajet complet de N étapes.
- Pour chaque fourmi k le trajet entre une ville i et j dépend de :
 - La liste des villes déjà visitées $V^k(t)$ qui définit les mouvements possibles.
 - L'inverse de la distance entre les villes $n_{ij}=1/d_{ij}$ appelée *visibilité*.
 - La quantité de phéromone déposée sur l'arête $[i,j]$, noté $l_{ij}(t)$ est appelée *intensité*.

- La règle de déplacement sur la ville suivante j est donnée par la probabilité :
- $$p_{ij}^k(t) = (I_{ij}(t))^a \cdot (n_{ij})^b / \sum_{l \in V^k(t)} (I_{il}(t))^a \cdot (n_{il})^b \quad \text{si } j \in V^k(t)$$
- $p_{ij}^k(t) = 0$ sinon.
- a et b sont 2 paramètres contrôlant l'importance relative de l'intensité et de la visibilité.

- Après un tour complet chaque fourmi dépose une quantité de phéromone sur l'ensemble de son parcours dépendant de la qualité de la solution trouvée :

$$\begin{aligned} \Delta I_{ij}^k(t) &= Q/L^k(t) && \text{si } [i,j] \in T^k(t) \\ &= 0 && \text{sinon} \end{aligned}$$

où Q est un paramètre fixé, $T^k(t)$ est le trajet effectué à l'instant t par la fourmi k , et $L^k(t)$ est sa longueur.

- Ces phéromones s'évaporent selon la loi :

$$I_{ij}(t+1) = (1-r) I_{ij}(t) + \Delta I_{ij}(t)$$

avec $\Delta I_{ij}(t) = \sum_k \Delta I_{ij}^k(t)$ et r un paramètre fixé d'évaporation compris entre 0 et 1.

- Algorithme :

Pour $t=1, \dots, t_{\max}$

Pour chaque fourmi $k=1, \dots, m$

Choisir une ville au hasard

Pour chaque ville non visitée i

Choisir une ville j dans la liste $V^k(t)$ selon la règle de déplacement.

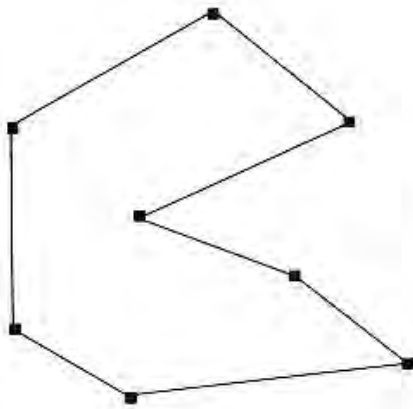
Fin pour

Déposer une quantité $\Delta I_{ij}^k(t)$ de phéromone selon la règle.

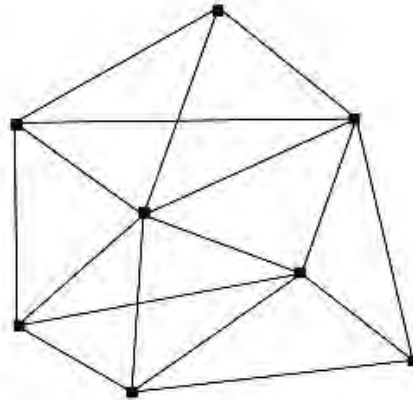
Fin pour

Evaporer les phéromones selon la règle.

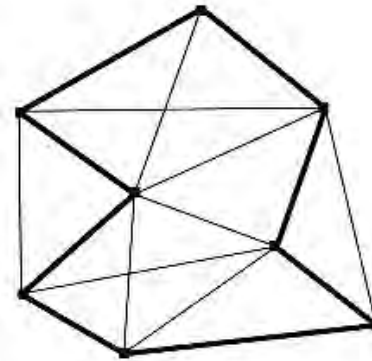
Fin pour



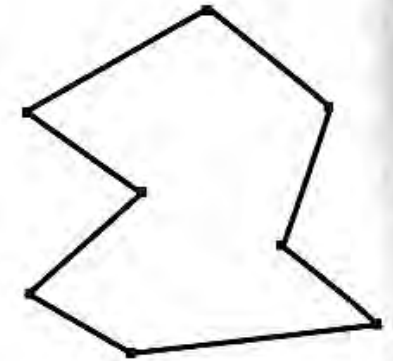
(a)



(b)



(c)



(d)

- La fourmi 1 au temps $t=1$ décrit le circuit (a).
- Pour t augmentant tout le graphe est décrit (b).
- Le chemin en (c) devient plus 'odorant'.
- Le chemin (d) est obtenu par l'algorithme.

Avantages

- Se prêtent bien à l'hybridation. Une solution trouvée par une fourmi est améliorée à l'aide d'une recherche locale avant le dépôt de phéromones.
- Propice intrinsèquement au parallélisme.
- Certain succès : de nouvelles applications sont mises en place : problèmes continus, problèmes dynamiques, hybridation avec d'autre heuristiques (génétiques par exemple).
- Ont été appliquées avec succès à divers problèmes combinatoires (comme des problèmes de tournée) et commencent à être développées pour des problèmes continus.
- Leur domaine de prédilection semble être les problèmes dynamiques (évoluant avec le temps), spécialement lorsque seule une information locale est disponible.