

## Les métaheuristiques

- Méthode approchée, mais applicable à un très vaste champ d'applications  $\neq$  méthode dédiée à un problème.
- **Concept général** de résolution approchée.
- **De très nombreuses** approches métaheuristiques ont été proposées.

Les plus connues :

- Le recuit simulé (Simulated Annealing),
- La recherche Tabou (Tabu Search),
- L'algorithme génétique (Genetic Algorithm),
- La recherche à voisinage variable (Variable Neighborhood Search),
- La méthode de colonies de fourmis (Ant System).

## La Recherche Tabou

1. Choisir une solution initiale  $s$

2. Initialisations :

$s^* := s$  meilleure solution jusque là obtenue

$k := 0$  compteur d'itérations effectuées depuis la dernière amélioration de  $s^*$

$T := \emptyset$  liste Tabou

3. Tant que le critère d'arrêt n'est pas vérifié faire

Si  $N_s - T \neq \emptyset$  alors il existe au moins un mouvement  
effectuable à partir de  $s$  et non Tabou

-  $k := k + 1$

- Rechercher  $s' \in (N_s - T)$  telle que  $f(s') = \min_{x \in N_s - T} f(x)$

-  $s := s'$

- Si  $f(s) < f(s^*)$  alors  $s^* := s$

$k := 0$

fin Si

fin Si

Mettre à jour la liste  $T$

fin Tant que

## Méthode du recuit simulé

1. *Choisir une solution initiale  $s$*
2. *Choisir une température initiale  $T$*
3. Tant que *le système n'est pas gelé faire* (le système est gelé lorsque la température est devenue très basse et que par suite la solution ne peut plus évoluer)

Tant que *l'équilibre à  $T$  n'est pas atteint faire*

- *Choisir aléatoirement un mouvement élémentaire applicable à partir de  $s$  et amenant à la solution  $s'$*
- *Calculer  $\Delta$  : la variation de coût engendrée par l'application de ce mouvement*
- Si  $\Delta \leq 0$  (amélioration de la solution)
  - alors  $s := s'$  (modification acceptée)
  - sinon (dégradation de la solution)
    - faire  $s := s'$  avec la probabilité  $\exp^{-\frac{\Delta}{T}}$

fin Si

fin Tant que

*Réduire la température*

fin Tant que

## Algorithme Génétique

1. *Créer la population initiale: popsize solutions.*
2. *Tant que le critère d'arrêt n'est pas vérifié faire*
  - i) *Sélection des parents*
    - \* *Evaluer chaque individu  $i$  de la population.*
    - \* *Calculer, d'après l'ensemble de ces évaluations, la justesse proportionnelle (fitness)  $f(i)$  de chacune de ces solutions et ainsi la probabilité  $p(i)$  de chacune d'entre elles d'être choisie comme "reproductrice".*
    - \* *Constituer un ensemble de couples d'individus compte-tenu de cette probabilité.*
  - ii) *Reproduction*
    - \* *Combiner chaque couple afin de produire une (ou plusieurs) nouvelle solution issue des deux parents.*
    - \* *Si le nombre de solutions produites est supérieur à popsize alors garder les popsize meilleurs "enfants".*  
(une nouvelle génération de taille popsize est donc constituée)

Fin tant que

## Colonies de fourmis (Ant System)

S'inspire du comportement des fourmis qui, lorsqu'elles ramènent de la nourriture à la fourmilière, déposent sur leur trajet une trace chimique (la phéromone) qui guide les autres fourmis. Au début, les chemins parcourus entre une source de nourriture et la fourmilière sont un peu aléatoires mais, progressivement, le chemin le plus direct étant parcouru plus rapidement l'est plus souvent. La trace chimique y devenant prépondérante, ce chemin finit par s'imposer.

- Initialisation de la mémoire (*“la trace chimique”*).
- Tant qu'un critère d'arrêt n'est pas atteint faire :
  - a) construire une nouvelle solution de manière probabiliste à partir de la mémoire,
  - b) améliorer cette solution par une méthode de recherche locale (on obtient un *“chemin parcouru par une fourmi”*),
  - c) mettre la mémoire à jour à partir de cette solution et de sa qualité (*“dépose phéromone”*).

## Implémentation de métaheuristiques

Malgré leur nom, les métaheuristiques ne sont pas si “méta” que cela et leur application à une nouvelle application spécifique demande toujours un travail assez important:

- Il convient tout d’abord de définir des structures propres à l’application: structures de voisinage, structure de liste Tabou, de mémoire, ...
- Il faut aussi souvent définir des opérateurs spécifiques, opérateurs de génération de solutions, de cross-over, ...
- Pour que ces méthodes soient efficaces, il faut souvent des tests et des réglages (en particulier de la valeur des paramètres) importants.
- Il faut aussi leur adjoindre de nouvelles procédures: diversification, mutation, aspiration, ...