

# Chapitre 5

## La recherche tabou

### 5.1 Introduction

La recherche tabou [13,14] est une métaheuristique basée sur des mécanismes inspirés de la mémoire humaine. L'algorithme utilisé explore itérativement l'espace de recherche et procède par des améliorations locales. A chaque itération, en partant de la solution courante, on se déplace vers la meilleure solution située dans son voisinage même si elle est moins bonne que la solution d'où l'on vient. Ce critère autorisant les dégradations de la fonction objectif permet d'échapper aux minimums locaux. L'originalité de cette technique réside dans le fait que les dernières configurations visitées sont retenues dans une liste afin d'éviter d'être piégé dans un cycle. Cette liste est généralement gérée comme une structure circulaire. A chaque mouvement, la solution tabou la plus ancienne est éliminée en la remplaçant par la nouvelle solution retenue. Mais le codage d'une telle liste est encombrant, car il faudrait garder en mémoire tous les éléments qui définissent une solution. Pour pallier cette contrainte, on remplace la liste tabou de solutions interdites par une liste de transformations interdites. Dans cette technique de recherche, deux mécanismes supplémentaires nommés intensification et diversification sont souvent intégrés. L'intensification consiste à approfondir l'exploration de certaines régions de l'espace des solutions qui sont identifiées comme particulièrement prometteuses. La diversification est une réorientation périodique de la recherche de l'optimum vers des régions trop rarement visitées.

### 5.2 Mise en œuvre de l'algorithme de recherche

La version la plus simple de l'algorithme de recherche tabou est présentée dans la figure Fig.5.1. Comme le recuit simulé, elle fonctionne avec une seule configuration à la fois qui sera actualisée au cours des itérations successives.

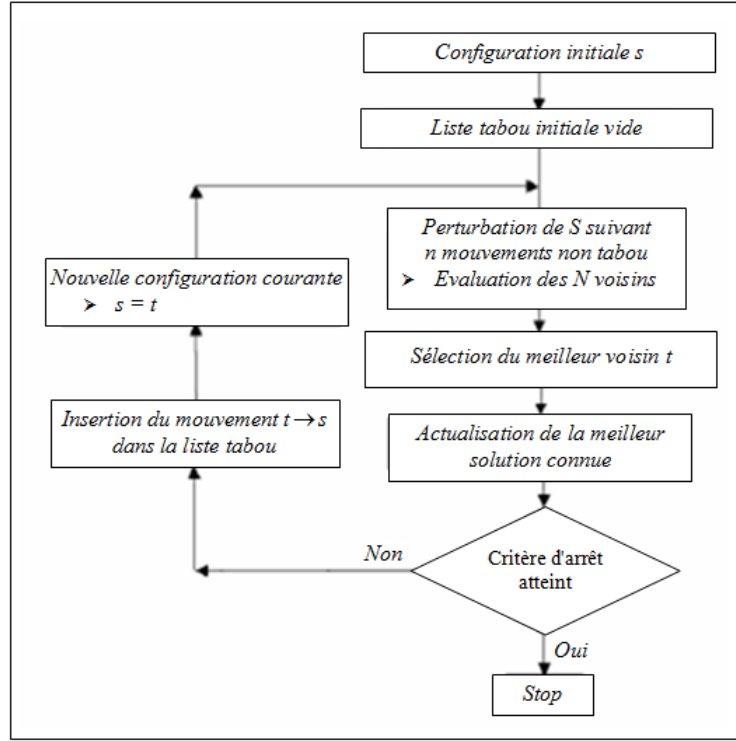


Figure 5.1 : Organigramme de l'algorithme tabou simple

À chaque itération, le mécanisme de passage de la configuration courante  $S$  à la suivante comporte deux étapes :

- On construit d'abord l'ensemble le voisinage de  $S$  noté  $V(S)$  contenant l'ensemble des configurations accessibles en un seul mouvement élémentaire à partir de  $S$ .
- Ensuite, on sélectionne la meilleure solution en évaluant la fonction objectif  $f$  du problème pour tous les éléments de  $V(S)$ . Notons que la nouvelle configuration est adoptée même si elle est moins bonne que  $S$ .

Pour éviter les cycles, à chaque itération, on exploite et on met à jour une liste de mouvements interdits de taille  $k$ . Ainsi, le choix de la prochaine solution est effectué sur un ensemble des solutions voisines en dehors des éléments de cette liste tabou. Quand le nombre  $k$  est atteint, chaque nouvelle solution sélectionnée remplace la plus ancienne dans la liste. La manipulation de cette liste est donc basée sur le principe *FIFO*, c'est-à-dire que le premier entré est le premier sorti.

### 5.3 Critères d'aspiration, de diversification et d'intensification

Le principe de base de la recherche tabou consiste à garder la trace du cheminement passé durant le processus de recherche dans une mémoire et à se servir de cette information afin d'en orienter le déroulement futur. Pour ce faire, on la gère comme une liste circulaire, en éliminant à chaque itération le tabou le plus ancien pour faire place au nouveau. Toutefois, ce genre de liste peut rapidement s'avérer très encombrante et coûteuse à gérer étant donné la quantité d'information requise pour décrire complètement une solution. La méthode la plus fréquemment utilisée consiste à définir les tabous en fonction des transformations qui permettent de se déplacer d'une solution à une autre. On garde alors plutôt une liste des  $k$  dernières transformations effectuées et on interdit à la procédure de les inverser. Sous cette forme, la liste tabou permet d'empêcher le cyclage de la méthode. Mais, cette contrainte peut parfois s'avérer trop forte et ainsi restreindre inutilement l'exploration du domaine des solutions. Elle n'interdit pas seulement de retourner aux solutions précédentes, mais à tout un ensemble de solutions dont plusieurs peuvent ne pas avoir été visitées encore. Il est tout à fait possible que certaines configurations soient très attrayantes. Il faut donc introduire un mécanisme inverse à celui des tabous qui permet de révoquer le statut tabou d'une transformation si son application à la solution courante permet d'atteindre une solution jugée intéressante, sans pour autant introduire un risque de cyclage dans le processus. Cette correction permet aussi de revenir à une solution déjà visitée et de redémarrer la recherche dans une autre direction. C'est le critère d'aspiration qui remplit ce rôle. Pour introduire ce concept, plusieurs solutions ont été proposés dans la littérature [8].

La diversification assure une bonne exploration de l'espace des solutions. Elle permet d'éviter la forte localisation du processus de recherche ce qui laisse de grandes régions du domaine totalement inexplorées. La plus simple des stratégies de diversification consiste à interrompre périodiquement l'acheminement normal de la procédure tabou et à la faire redémarrer à partir d'une autre solution, choisie aléatoirement ou intelligemment. Une autre méthode consiste à biaiser la fonction d'évaluation en introduisant un terme qui pénalise les transformations effectuées fréquemment afin de favoriser des transformations nouvelles. Aussi, on peut injecter des sauts dans l'espace des solutions en effectuant d'office un mouvement qui n'a jamais été essayé pendant un grand nombre d'itérations, quelle que soit son influence sur la qualité de la solution [14]. Un tel mécanisme permet de détruire la structure d'un optimum local et donc pour s'échapper de la vallée lui étant associée.

L'intensification consiste à approfondir la recherche dans certaines régions du domaine, identifiées comme susceptibles de contenir un optimum global. Dans la littérature, plusieurs stratégies ont été proposées et les plus utilisées sont :

- Lorsqu'une solution jugée intéressante a été identifiée, il est très intéressant d'examiner plus intensivement sa région en élargissant son voisinage.
- Retourner à l'une des meilleures solutions trouvées jusqu'à présent et reprendre le processus de recherche en réduisant la longueur de la liste tabou pour un nombre limité d'itérations.

La diversification et l'intensification sont des concepts complémentaires, qui enrichissent la méthode de recherche tabou et la rendent plus robuste et plus efficace. Ces mécanismes sont appliqués périodiquement et pour une durée limitée. Pour la résolution de problèmes particulièrement difficiles, il convient d'alterner des phases de diversification et d'intensification. Ainsi, on oscille entre des phases de destructions de la structure des solutions et une reconstitution de meilleures solutions [15].