

mas inf 101
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de M'sila
Faculté des Mathématique et de l'Informatique
Département de l'Informatique

Mémoire de fin d'études Pour l'obtention Diplôme de
Master Académique en Informatique

Domaine : Mathématique informatique

Filière : Informatique fondamentale

Option : Système d'information avancé

Thème :

*Deux métaheuristiques d'inspiration
biologique pour la résolution du problème de
voyageur de commerce (TSP)*

Réalisé par

DEBABI Aicha

Encadré par

Dr. GASMI Abdelkader

Mr. BOUHOUTA Salah Eddine

Promotion : 2010/2011

Table des Matières

Introduction Générale	1
Chapitre I: L'optimisation combinatoire et problème TSP	
Introduction	4
1.1- Le problème d'optimisation combinatoire.	4
1.1.1- Le problème combinatoire.	4
1.1.2- Définition du problème d'optimisation.	5
1.1.3- Problèmes d'optimisation combinatoire	6
1.1.4- Complexité théorique d'un problème.	6
1.2- Exemple des problèmes d'optimisation combinatoire.	8
1.2.1- Le problème du sac a dos (knapsack Problem	8
1.2.2- Le problème du sac a dos quadratique.	9
1.2.3- Problème de coloration de graphe (graph coloring)	9
1.3- Le problème de voyageur de commerce (TSP)	9
1.3.1- Les origines du problème du voyageur de commerce	9
1.3.2- Définition du TSP	10
1.3.3- Point de vue formel	11
1.3.4- Problème symétrique et problème asymétrique.	11
1.3.5- Complexité.	12
1.3.6- Intérêt.	12
1.4- Méthodes de résolution.	13
1.5 Méthodes exactes	14
1.5.1 Un algorithme de programmation dynamique	14
1.5.2 Méthode de séparation et évaluation (branch and bound).	16
1.6 Les méthodes approchées	17
1.6.1- Le recuit simulé	17
1.6.2- La recherche Taboue.....	19
1.6.3- Algorithme de lin kernighan	22
1.6.4- Algorithme du plus proche voisin	24
Conclusion	26

Chapitre II: L'algorithme génétique

2.1 Introduction	27
2.1- La naissance des algorithmes génétiques	27
2.2- Évolution naturelle	28
2.3- Évolution artificielle	30
2.4- Les éléments des algorithmes génétiques	31
2.5- Principe de base des AGs.	32
2.6- Le fonctionnement des algorithmes génétiques.	33
2.6.1- Codage	34
2.6.2- Génération aléatoire de la population initiale.	36
2.6.3- Les opérateurs.	36
2.6.3.1- La sélection	36
2.6.3.2- Les opérateurs de croisement	39
2.6.3.2- Les opérateurs de mutation.....	43
2.7- Complexité de l'algorithme génétique	45
2.8- Avantages et inconvénient	45
Conclusion	47

Chapitre III: l'optimisation de colonie de fourmis

Introduction	48
3.1- Historique	48
3.2- Les fourmis réelles	48
3.3- Les fourmis artificielles.	50
3.4- Similarités et différences avec les fourmis réelles	52
3.4.1- Points communs	52
3.4.2- Différences	53
3.5- Optimisation de colonie de fourmis et problème du voyageur de Commerce.	53
3.5.1- Algorithme de base (Ant System).....	54
3.5.1.1- Conventions	54
3.5.1.2- Choix d'implémentation	54
3.5.2- Fonctionnalité de l'algorithme	56
3.5.3- Complexité.	57

3.6- Variants	57
3.6.1- <i>Ant Colony System (ACS)</i>	58
3.6.2- <i>Les fourmis élitistes</i>	59
3.6.3- <i>Max Min Ant System (MMAS)</i>	61
3.7- Avantages et Inconvénient	62
Conclusion	63

Chapitre 4 - Implémentation et des résultats expérimentaux

Introduction	64
4.1-Outil de mise en œuvre	64
4.1.1- <i>Langage de programmation</i>	64
4.1.2- <i>Environnement de développement</i>	65
4.2- Implémentation de l'algorithme génétique	65
4.3- Implémentation de l'optimisation de colonie de fourmis	68
4.3.1- <i>Choix des paramètres</i>	71
4.4- Résultats expérimentaux	72
4.4.1- <i>Algorithme génétique</i>	72
4.4.1- <i>Optimisation de colonie de fourmis</i>	73
4.5- Comparaison entre GA et ACO pour le TSP	76
4.6- Description de logiciel	78
Conclusion	83
Conclusion Générale	85

Introduction général:

L'optimisation combinatoire occupe une place très importante en recherche opérationnelle, en mathématiques discrètes et en informatique. Son importance se justifie d'une part par la grande difficulté des problèmes d'optimisation et d'autre part, par de nombreuses applications pratiques pouvant être formulées sous la forme d'un problème d'optimisation combinatoire. Bien que les problèmes d'optimisation combinatoire soient souvent faciles à définir, ils sont généralement difficiles à résoudre. En effet, la plupart des chercheurs incités à concevoir de nouveaux et meilleurs systèmes qui soient plus efficaces et moins coûteux pour mettre au point des plans et des procédures pour améliorer le fonctionnement des systèmes actuels dans le monde scientifique.

Les problèmes d'optimisation combinatoire appartiennent à la classe des problèmes (NP-Complet) qui ne peuvent pas être résolus dans un temps polynômial. Avec l'agrandissement de la taille du problème d'optimisation, l'espace de solutions tend à exprimer une caractéristique catastrophique connue sous la notion de l'explosion combinatoire, ce qui rend sa résolution peu probable avec des méthodes générales dites exactes.

Comme tout problème NP-Complet, Le problème du voyageur de commerce (TSP: Traveling Salesman Problem) est un problème polynômial non déterministe difficile de l'optimisation combinatoire étudiée dans la recherche opérationnelle et l'informatique théorique.

Le problème a été décrit comme suit: une carte de villes indiquant les distances entre elles, dont un voyageur de commerce doit toutes les visiter, tout en minimisant le temps de déplacement, donc nous devons trouver la bonne séquence qui ordonne les villes pour réduire au minimum le tour.

Le problème a été formulé comme problème mathématique en 1930 et il est devenu l'un des problèmes les plus intensivement étudiés de l'optimisation. Il est employé comme repère pour beaucoup de méthodes d'optimisation. Dans la théorie de complexité informatique, la version de décision du TSP appartient à la classe des problèmes NP-complets. Ainsi, il est probable que le temps de fonctionnement du TSP augmente exponentiellement avec le nombre de villes.

Dans le milieu des années 50, les chercheurs inspirés du mécanisme de l'évolution biologique, ont commencé à réfléchir à des notions originales pour le design de nouveaux algorithmes. Plusieurs nouvelles méthodes avaient été proposées et appliquées pour résoudre

les problèmes d'optimisation compliqués Comme, l'algorithme génétique, et les colonies de Fourmies. Ces nouvelles méthodes ont prouvé leur succès dans la résolution des problèmes pratiques.

Algorithmes génétiques (GA) ou plus généralement, les algorithmes évolutionnaires ont été vus comme une classe des stratégies de recherche d'usage universel pour l'optimisation des problèmes. Les GAs utilisent une population initiale de solutions, qui évolue en appliquant le croisement, la mutation et des stratégies de sélection, ainsi, des solutions de plus en plus meilleures, peuvent être produites. Les GAs peuvent manipuler n'importe quel genre de fonctions objectives et n'importe quel genre de contraintes sans beaucoup de ressources mathématiques concernant le problème d'optimisation, et ont été largement employés comme des algorithmes de recherche dans diverses applications. Divers GAs ont été proposés dans la littérature et ils ont montré des performances supérieures sur les autres méthodes. Par conséquent le GA se présente comme une approche appropriée pour résoudre le problème du TSP.

Aussi, inspirés de la biologie, les chercheurs s'intéressèrent à modéliser et à capturer le comportement des fourmis réelles, afin de concevoir une nouvelle approche d'optimisation connue sous le nom de l'algorithme de colonie de Fourmies. Les caractéristiques de la colonie artificielle de fourmis incluent une méthode pour construire des solutions qui équilibrent les quantités de phéromone et une méthode pour renforcer et évaporer la phéromone pour améliorer les solutions construites. Les méthodes d'ACO ont été appliquées avec succès aux divers problèmes d'optimisation, tout en indiquant, qu'elle a été conçue en premier lieu pour résoudre le problème de voyageur du commerce (TSP).

Pour mener à bien notre étude, on a proposé à organiser notre mémoire en quatre chapitres de la façon suivante:

On commence avec une introduction générale qui expose la problématique de l'étude en identifiant le problème étudié sa classe et les méthodes proposées dans la littérature pour sa résolution. Aussi, on présente les approches choisies ainsi que l'objectif de notre étude.

Le premier chapitre est une introduction à la notion des problèmes d'optimisation combinatoire à laquelle appartient notre problème TSP. Nous présentons la notion de complexité des algorithmes en identifiant la classe des problèmes NP-complet tout en exhibant certains problèmes célèbres appartenant à cette classe. Les méthodes de résolution, pour la classe NP-complet seront discutées et classifiées. Ensuite on énonce une définition intuitive suivie d'une définition formelle du problème de voyageur de commerce(TSP) sujet

de notre étude. En fin, Une explication détaillée des différentes méthodes de résolution existantes pour le TSP.

Le deuxième chapitre est consacré à une représentation des grandes structures d'algorithme génétique ainsi que leurs mécanismes généraux de contrôle et les principaux types d'opérateurs génétiques utilisés (codage, sélection, mutation, croisement).

Le troisième chapitre introduit la métaheuristique d'optimisation par colonie de fourmis, là où on parle des fourmis réelles et de l'intelligence et du comportement collective des fourmis. Puis on passe au premier algorithme de ce type Ant System qui a été conçu pour notre problème de voyageur de commerce.

Le quatrième chapitre est dédié à l'implémentation des deux algorithmes appliqués sur notre problème TSP et une étude expérimentale sur ces métaheuristicues sera menée conduisant à un choix justifié des valeurs des paramètres. Les solutions produites par les deux algorithmes seront analysées et discutées dans un esprit de comparaison de leurs résultats.

On conclure avec une conclusion générale sur notre étude tout en projetant certaines perspectives qui peuvent améliorer et apporter un plus à la performance de nos deux algorithmes étudiés et à la compréhension du TSP.

1.5- Méthodes exactes

1.6- Les méthodes approchées

Conclusion

Conclusion générale :

Dans ce mémoire nous avons étudié le problème de voyageur de commerce (TSP) qui appartient à la class des problèmes NP complet, la résolution de ce problème par méthode exacte est pratiquement difficile et surtout pour le problème de grande taille, le recours aux méta-heuristique est donc fortement conseillé si ce n'est pas nécessaire.

Pour parvenir à notre objectif, nous avons implémenté deux approches inspirées de la biologie afin de résoudre le problème TSP dans le cas général. La première méthode est inspirée de l'évolution naturelle qui propose un algorithme évolutionnaire qui est l'algorithme génétique et la deuxième méthode trouve ses origines dans la modélisation des comportements collective des insectes qui se donne le nom de l'optimisation de colonie de fourmis.

L'algorithme génétique (GA), quand à lui construit une population de solution initiale et effectue des croisements et mutations et exerce la sélection des meilleures solutions pour crier des générations successives de la population.

L'optimisation de colonie de fourmi (ACO) étudie le système artificiel qui prene l'inspiration du comportement de vraie colonie de fourmis, notamment l'utilisation de la communication indirecte à travers la phéromone que les fourmis laissent sur leur passage.

Dans ce travail nous avons examiné les solutions produites par les deux méta-heuristiques adaptées à notre problème de voyageur de commerce pour faire une comparaison afin de déterminer la meilleure approche des deux pour le problème TSP.

Comme perspective on propose d'étudier un hybride de l'algorithme génétique et de colonie de fourmis Pour résoudre le problème de voyageur de commerce, cette façon de faire est une nouvelle tendance dans la recherche moderne pour ce genre d'approches. En combinant les propriétés de l'algorithme génétique et celles de l'algorithme de colonie de fourmis, une idée intéressante serait de concevoir un opérateur de sélection des chromosomes avec une meilleur durée de tour dans l'algorithme génétique seras basé sur la propriété de phéromone chez les fourmis.

Bibliographie

- [1] : A. Berro. *Optimisation Multiobjectifs et stratégie d'évolution dynamique* (Thèse doctorat) .université des sciences sociales Talouse j .18 décembre 2001,p 14.
- [2] : I. Devarenne. *Étude on recherche locale adaptative pour l'optimisation combinatoire*. Université De Technologie de Belfort Monbeliard, Université de Franche-comté . 2007. p 17-18.
- [3] : C. Solnom .*Résolution de problème combinatoire d'optimisation de colonie de fourmi*, 2006
- [4]: P.C. Chu, & Beasley, J.E. *A genetic algorithm for the multidimensional knapsack problem*. Journal of heuristics 1998. p 4, p 63.
- [5]: A. Ramani, F, A. Aloul, I. L. Markov , K. A. Sakallah ; *Breaking Instance-Independent Symmetries in Exact Graph Coloring*; 2004; P 2.
- [6] : Le problème de voyageur de commerce « travelling salsmen problém » : [www.etnoka.fr / le problème du voyageur de commerce.doc](http://www.etnoka.fr/le_probleme_du_voyageur_de_commerce.doc) p 2 ,p 7.
- [7] : T. Teti Bernard, F.L. Pauline. *Heuristique du problème de voyageur de commerce* .Yaoundé Cameroun .2006. pp 2- 3.
- [8] : Wikipédia , *Le problème de voyageur de commerce* : [http// :fr.Wikipidea .org /wiki /problème de voyageur de commerce](http://fr.Wikipidea.org/wiki/problème_de_voyageur_de_commerce).
- [9] : Tollari Sabrina : [http//lsis univ-tln .fr / tollari /ter /algo Gen1 /node4 .html](http://lsis.univ-tln.fr/tollari/ter/algo/Gen1/node4.html)
- [10] : E. Talbi .*Méthode d'optimisations avancées*. Université Lille. CNRS 2001 .p18
- [11] : J.K .Hao, P.Galinier, M. Habib. *Métaheuristique pour l'optimisation Combinatoire et l'affection sous contraintes*, Revue d'intelligence artificielle, 1999.
- [12]: R.Bellman, S.E Drefus . *applied dynamic programing*. Princeton University Press 2002 .p 20
- [13]: V. TH.Pashos. *Optimisation combinatoire problèmes paradigmatique et problématique nouvelles*, 2007. pp 15- 16, p 40.
- [14]: Wikipidea : *Méthode de séparation et évaluation* : [http://fr.Wikipidea.org/wiki/séparation et évaluation](http://fr.Wikipidea.org/wiki/séparation_et_évaluation).
- [15]: S. Adel. (Mémoire de magister). *Résolution des problèmes multiobjectifs à base de colonie de fourmis*. Université Batna 2007 p 45,p 81.

- [16]: le recuit simulé . 17 novembre 2004.
- [17]: F. Glover, *computers and operation research* .Future Paths for Integer Programming and links to artificiel intelligence .1986. p 533
- [18]: B. Autin. *Les métaheuristiques en optimisation combinatoire*. Paris. 2006 : [http://www. BAPTISTE AUTIN. com/ wp-content / Uploads / rapport. Métaheuristique-optimisation- combinatoire.doc](http://www.BAPTISTE.AUTIN.com/wp-content/Uploads/rapport.Métaheuristique-optimisation-combinatoire.doc).
- [19]: B. Saïd. *variante d'algorithme génétique appliquée aux problème d'ordonnancement* (Thèse doctoral). École doctoral SPMII .Normandie Université du Have. 30 novembre 2006. p 43 , p 50-55.
- [20]: B. Poirier. *Les algorithmes génétiques : l'évolution mathématique*. Janvier 2004. P1-2.
- [21]: D. Floreano, C. Mattiussi. *Bio-Inspired Artificial Intelligence*. The MIT Press. Massachusetts Instituté ,London .2008
- [22]: A. Layeb .*Introduction aux métaheuristiques*. 2009. p 5 ,p 8.
- [23]: S.Ram Kumar. *Algorithmes génétiques*. 26 avril 2007 . p 8,9.
- [24]: J.M. Alliot , N. Durand. *Algorithmes génétiques*. March 14, 2005. p 3.
- [25]: T.Vallée, M. Yildizoglu .*Présentation des algorithmes génétiques et de leurs applications*. Université de Nantes, LEA CIL .7 septembre 2001 .p 4
- [26]: S. Amédée, R. F.Gerard. *Algorithme génétique*, 2004
- [27]: [http://www.info.fundp.ac.be/~jpl/.../Partie%203Algorithmes%20 génitiques.doc](http://www.info.fundp.ac.be/~jpl/.../Partie%203Algorithmes%20génitiques.doc).
- [28]: C.Andrea, L.T. Von, M.Guillaume. *optimisation de colonie de fourmi*. 19 mai 2006 .pp 6-7, pp12-16.
- [29]: Y. Feng. *Ant colony For TSP*. Hogskolan Dalarna, 2010. P 3.
- [30]: J.Dréo. *Adaptation de la méthode des colonies de fourmi pour l'optimisation variable continues*. 2005.p 11.
- [31]: Alain Pétrowski, Johan Dréo, Pitrick Siarry, Éric Taillard. *Métaheuristiques pour l'optimisation difficile*. Eyrolles . 2003 .p 123
- [32]: G.D.Duplessis, P.Mycek . *Ant colony optimisation*. Insa de Rouen .2007
- [33]: Java: <http://www.javasoft.com>.
- [34]: JBuilder: <http://www.borland.com>.

الملخص:

مشكلة البائع المتجول تصنف ضمن المسائل الصعبة وهي مشكلة الحدودية الغير في مسائل الأمثلة التركيبية المعقدة درس في بحوث المخططات وعلوم الكمبيوتر النظرية. ولحل هذه المشكلة هناك تقنين التين تستخدمها لمهام التحسين، وأول واحدة هي خوارزمية الجينات، والثانية هي مستعمرات النمل. في هذا العمل نحاول تطبيق التقنيتين على حل مشكلة البائع المتجول باستخدام نفس مجموعة البيانات والمقارنة بينهما لتحديد أفضل واحد لهذه المشكلة. للاستفادة من مستعمرات النمل، درسنا تأثير بعض المعايير على نتائج، وهذه المعايير على النحو التالي: عدد النمل المستخدم، التبخر، عدد التكرارات ومعملا الفيرومون والمسافة. من ناحية أخرى، درسنا الكر وموسوم، عدد الجينات واحتمال التهجين و الطفرة هذا لتأثيرهم على نتائج الخوارزميات الوراثية.

الكلمات المفاتيح: البائع المتجول، الأمثلة التركيبية المعقدة، الخوارزميات الجينية، مستعمرات النمل.

Abstract:

The traveling salesman problem (TSP) is a nondeterministic Polynomial hard problem in combinatorial optimization studied in operations research and theoretical computer science. And to solve this problem we used two popular meta-heuristics techniques that used for optimization tasks; the first one is Genetic Algorithm (GA), and the second is Ant Colony Optimization (ACO). In this work, we try to apply both techniques to solve TSP by using the same dataset and compare between them to determine the best one for traveling salesman problem. For Ant Colony Optimization, we studied the effect of some parameters on the produced results, these parameters as: number of used Ants, evaporation, and number of iterations. On the other hand, we studied the chromosome population, generation number, and mutation probability parameters that effect on the Genetic Algorithm results.

Keywords: traveling salesman Tsp, Combinatorial Optimization, Genetic Algorithm, Ant Colony Optimization

Résumé :

Le problème du voyageur de commerce (TSP) est un problème (NP-Complét) polynômial non déterministe difficile dans l'optimisation combinatoire étudiée dans la recherche opérationnelle et l'informatique théorique. Et pour résoudre ce problème nous avons employé deux techniques populaires de méta-heuristique qui sont employées pour des tâches d'optimisation ; le premier est algorithme génétique (GA), et le deuxième est optimisation de colonie de fourmi (ACO). Dans ce travail, nous essayons d'appliquer les deux techniques pour résoudre le TSP en employant le même ensemble de données afin de comparer entre elles pour déterminer le meilleur algorithme pour le problème du voyageur de commerce. Pour l'optimisation de colonie de fourmi, nous avons étudié l'effet de quelques paramètres sur les résultats produits, tels que : le nombre de fourmis utilisées, l'évaporation, et le nombre d'itérations et les paramètres de phéromone et de visibilité. D'une part, nous avons étudié la population de chromosome, le nombre de génération et les paramètres de probabilité de mutation qui ont un effet sur les résultats de l'algorithme génétiques.

Mots clés : Le Problème De Voyageur De Commerce, Optimisation Combinatoire Algorithme Génétique, Optimisation De Colonie De Fourmis