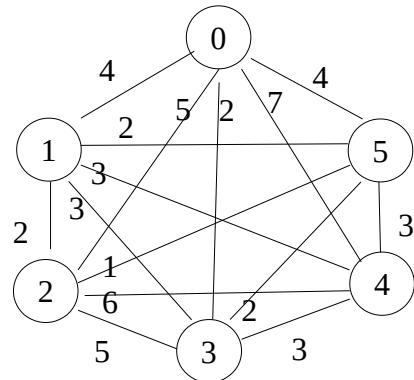


Travaux Pratiques 5
Résolution approchée du problème du Voyageur de Commerce

L'objectif de ce TP est de programmer un algorithme génétique pour résoudre de façon approchée le problème du voyageur de commerce. Pour ce faire, nous utiliserons le graphe ci-contre comme exemple (vu en cours) :

Vous pouvez télécharger le fichier de données correspondant à ce graphe (**graphe2.txt**) sur le site Web du professeur (<http://cosy.univ-reims.fr/~pdelisle/enseignement.php>). Vous pouvez utiliser votre fonction de lecture de graphe du TP précédent pour importer les données du problème.

Voici le pseudo-code d'un algorithme génétique standard :



```
Générer aléatoirement une population
TANT QUE Nb générations < Nb générations maximum
  Évaluation : Assigner une valeur d'adaptation (fitness Value) à chaque individu
  Sélection : Établir de façon probabiliste les paires d'individus qui vont se reproduire en accordant une
               meilleure chance aux meilleurs individus
  Reproduction : Appliquer les opérateurs de croisement aux paires sélectionnées
  Mutation : Appliquer un opérateur de mutation, avec une certaine probabilité, sur certains individus
```

Votre objectif est maintenant d'en proposer une implémentation en répondant, entre autres, aux questions qui suivent.

Les paramètres de l'algorithme génétique

Plusieurs paramètres définissent le comportement d'un algorithme génétique. Parmi les plus importants, on retrouve :

- la taille de la population : le nombre d'individus qui composent la population ;
- le nombre de générations : le nombre d'itérations où seront appliqués les opérateurs génétiques ;
- le nombre de parents sélectionnés pour la reproduction ;
- la probabilité de mutation ;
- etc.

1) Définissez une structure permettant de représenter l'ensemble des paramètres de l'algorithme génétique dans votre programme. Vous complétez cette structure au fur et à mesure de la réalisation de votre TP, selon les fonctionnalités et opérateurs que vous choisirez d'implémenter pour votre algorithme.

Génération d'une population initiale et évaluation des individus

Dans un algorithme génétique, une population est constituée de plusieurs individus, chacun d'eux représentant une solution réalisable au problème. Pour le voyageur de commerce, on peut représenter un individu par un tableau contenant l'indice de chaque sommet/ville une et une seule fois. De plus, une mesure d'adaptation (fitness) doit pouvoir évaluer la qualité de chaque individu. On peut ici utiliser la distance totale de la tournée suivant le principe que plus petite est la distance, mieux adapté est l'individu. Par exemple, pour le problème donné en exemple, on pourrait avoir les individus suivants :

Individu	Distance	
4 2 1 3 0 5	20	2) Après avoir défini des structures de données appropriées pour un individu et une population, définissez une procédure permettant de générer une population initiale aléatoirement en fonction de la taille de la population spécifiée comme paramètre.
2 3 5 0 1 4	24	3) Définissez une procédure permettant d'attribuer une valeur de fitness à chaque individu de la population.

Sélection des individus pour la reproduction

Lors de l'étape de sélection, on choisit les individus de la population qui seront autorisés à se reproduire deux à deux. De façon générale, il s'agit de favoriser la sélection des individus possédant la meilleure valeur de fitness. Il existe différentes méthodes de sélection : roulette, rang, tournoi, etc. Dans la méthode de la roulette, on calcule tout d'abord l'inverse de la distance pour chaque individu et on calcule la somme s des valeurs obtenues. On calcule ensuite une probabilité pour chaque individu en divisant l'inverse de la distance par s . On cumule également les probabilités des individus dans l'ordre. Finalement, on génère un nombre nb aléatoirement entre 0 et 1, puis on évalue le cumul des individus dans l'ordre jusqu'à atteindre ou dépasser la valeur nb . Le dernier individu ainsi évalué est sélectionné et on répète la procédure autant de fois que dicte le nombre de parents reproducteurs défini en paramètre. Par exemple :

Individu	Distance	1/Distance	Probabilité	Cumul	
4 2 1 3 0 5	20	0,05	0,42	0,42	Le deuxième individu est retenu
2 3 5 0 1 4	24	0,04	0,33	0,75	
0 4 2 3 5 1	26	0,03	0,25	1,00	

Diagramme illustrant le processus de sélection par roulette :
 - Calcul de la somme $s = 0,12$ (à partir des inverses de distance).
 - Génération d'un nombre $nb = 0,6$ aléatoire.
 - Cumul des probabilités jusqu'à atteindre ou dépasser nb .
 - Sélection du deuxième individu.

4) Définissez une procédure de sélection basée sur la méthode de la roulette.

Reproduction

La reproduction des individus se fait par paires à partir des individus retenus lors de l'étape de sélection. Après avoir déterminé les couples, on leur applique un opérateur de croisement (crossing over) de sorte à générer deux enfants par couple. Un opérateur simple est le croisement à un point. Il faut toutefois l'adapter au problème du voyageur de commerce pour éviter que la même ville apparaisse plusieurs fois dans une solution. Par exemple, à partir du point de coupure, on peut insérer les villes dans l'ordre (cyclique) en sautant celles qui sont déjà dans la partie non coupée :

Parents		Enfants	
4 2 1 3 0 5	→	4 2 1 0 3 5	On insère 0, on saute 1, 4 et 2, et on insère 3 et 5 On saute 3, on insère 0, on saute 5, on insère 4, on saute 2 et on insère 1
2 3 5 0 1 4		2 3 5 0 4 1	

Point de coupure

5) Définissez une procédure de croisement basée sur la méthode à un point.

Production d'une nouvelle population

L'application des opérateurs de sélection et de croisement sur une population permet de générer un certain nombre d'enfants. Il faut ensuite créer une nouvelle population à partir de ces enfants. Une stratégie possible est de conserver les k meilleurs enfants générés et de remplacer les k pires individus de la population par ces enfants.

6) Définissez une procédure permettant de créer une nouvelle population selon le principe défini précédemment.

Mutation

L'opérateur de mutation permet d'assurer une certaine diversité dans la population. Il existe une multitude d'opérateurs de mutation, par exemple la permutation de deux villes aléatoires de m individus sélectionnés aléatoirement. Cet opérateur pourra être appliqué selon une certaine probabilité d'une génération à l'autre.

7) Définissez une procédure de mutation qui implémente le principe défini précédemment.

8) Maintenant que vous avez développé des procédures pour chaque opérateur génétique, constituez un algorithme génétique complet s'exécutant durant un certain nombre de générations selon différents jeux de paramètres. Comparez les solutions et les temps d'exécution obtenus sur les problèmes graphe12.txt, graphe13.txt, graphe14.txt et graphe15.txt disponibles sur le site Web du professeur (<http://cosy.univ-reims.fr/~pdelisle/enseignement.php>). Arrivez-vous à dégager des paramètres plus favorables que d'autres ? Quelles conclusions peut-on tirer en comparant votre algorithme génétique à la méthode par séparation-évaluation du TP précédent ?

9) Une fois votre algorithme validé sur les petits problèmes, testez-le sur de « vrais problèmes » de voyageur de commerce. Le site TSPLIB (<http://comopt.ifl.uni-heidelberg.de/software/TSPLIB95/>) propose plusieurs problèmes de tailles variées. Récupérez les problèmes d198, d657, d2103 et d18512, puis résolvez-les par votre algorithme génétique.