



Algorithmes génétiques et Application au problème Du voyageur de commerce

Résoudre un problème d'optimisation, c'est trouver la valeur d'un ensemble de paramètres d'un problème qui donne une solution meilleure que les autres, à l'égard d'une fonction de coût qui sera minimisée. L'idée naïve pour trouver les meilleurs paramètres consiste à essayer toutes les valeurs possibles. Mais vous comprendrez aisément qu'au moment où le nombre de paramètres possibles est grand (disons 42), cela peut se révéler impraticable ! Une technique mise au point dans les années 1960 a été inspirée par la sélection naturelle : les **algorithmes génétiques**. Pour en saisir le fonctionnement, revenons à Darwin.

Comment fonctionne la sélection naturelle ? La sélection naturelle permet de sélectionner les individus les mieux adaptés à un environnement donné. Cette sélection procède par reproduction : les individus sélectionnés se reproduisent en mélangeant leurs gènes, et les individus les mieux adaptés se reproduisent le plus. Ils transmettent à leur tour leurs gènes à leur descendance et ainsi de suite. De cette façon, sur une population nombreuse et un grand nombre de générations, les gènes les mieux adaptés seront de plus en plus représentés dans la population. Mais comme pour la copie d'un support numérique, un nombre important d'itérations conduit inmanquablement à des altérations non voulues. Nous ne parlons pas d'altérations pour les processus d'évolution biologiques, mais de mutations du matériel génétique.

Le principe des algorithmes génétiques *mim*e ce processus de sélection naturelle. On suppose que l'on connaît une fonction-objectif qui, à chaque individu, associe un nombre évaluant sa performance (par convention : plus la valeur est basse, meilleure est la performance). On cherche un individu à valeur minimale. Chaque individu dépend d'un certain nombre de paramètres que l'on peut coder dans une chaîne (par exemple une chaîne binaire) de longueur l . Générer tous les individus possibles est hors de portée car on se place dans un cas où le nombre total de paramètres possibles est très grand. On forme alors une population initiale composée de N individus, à partir de laquelle on évalue la fonction-objectif pour chaque individu. Ensuite, la population évolue suivant certaines règles :

1. **Sélection** : on sélectionne $N/2$ individus dans la population. On peut choisir les plus performants (sélection par rang), ou les sélectionner au hasard, en les choisissant avec une probabilité d'autant plus forte qu'ils sont bien classés (sélection par roulette, ou roue de la fortune).
2. **Croisement** : les individus sélectionnés vont se reproduire en croisant leurs chaînes. Si on souhaite croiser deux chaînes de longueur l , on choisit un entier k aléatoire entre 1 et $l-1$, puis on échange les bits d'indice $k+1$ à l . Par exemple, des parents : $A = 001101|0101$ et $B = 101010|1110$ pourront conduire à des enfants $A_1 = 001101|1110$ et $B_1 = 101010|0101$.
3. **Mutation** : un individu a une probabilité (faible) de muter (un de ses paramètres change de valeur).

Vous appliquerez et implémenterez la procédure précédente **au voyageur de commerce**. On se donne n villes, et on veut déterminer un chemin passant par chaque ville exactement une fois (et revenant à son point de départ) qui soit de longueur minimale. Si les villes sont numérotées de 1 à n , un chemin est codé par une permutation des entiers $1 \dots n$. Autrement dit, dans la liste ordonnée des villes visitées, chaque ville n'apparaît qu'une seule fois. Combien y a-t-il de permutations des entiers $1 \dots n$? Est-il envisageable de toutes les énumérer lorsque $n = 10$? $n = 30$? Il faut adapter les opérations de croisement et de mutation afin d'avoir toujours des permutations. Vous serez évalués sur la qualité de votre explication, qui ira de pair avec votre compréhension de la problématique et la profondeur de votre analyse. Pendant le module, vous serez amenés à présenter à vos camarades les notions nouvelles que vous aurez acquises. Donc rédigez régulièrement vos notes de recherche. Le jour de la présentation finale, vous devrez être en mesure d'argumenter vos propos, support à l'appui.

Bon courage !

