

Chapitre 2

Les algorithmes génétiques

2.1 Introduction

Les algorithmes génétiques [3,4] sont des métaheuristiques d'optimisation stochastiques inspirées de la génétique classique et fondées sur les mécanismes de la sélection naturelle. Le vocabulaire utilisé est celui de la génétique et on emploie souvent les mêmes termes :

- individu : solution potentielle.
- population : ensemble de solutions.
- génotype : une représentation de la solution.
- gène : une partie du génotype.
- parent, enfant, reproduction, croisement, mutation, génération, sélection, etc.

L'idée de base d'un algorithme génétique consiste à simuler l'évolution d'une population d'individus jusqu'à atteindre un critère d'arrêt. L'héritage génétique à travers des générations permet à la population d'être adaptée progressivement au critère d'optimisation.

2.2 Principe de fonctionnement d'un algorithme génétique

Le fonctionnement des algorithmes génétiques est extrêmement simple. On part d'une population de solutions potentielles initiales, arbitrairement choisies et on évalue leur performance relative. Sur la base de ces performances, on crée une nouvelle population de solutions potentielles en utilisant des opérateurs évolutionnaires : la sélection, le croisement et la mutation. Quelques individus se reproduisent, d'autres disparaissent et seuls les individus les mieux adaptés sont

supposés survivre. On recommence ce cycle jusqu'à ce qu'on trouve une solution satisfaisante. Ce processus est illustré dans la figure 2.1.

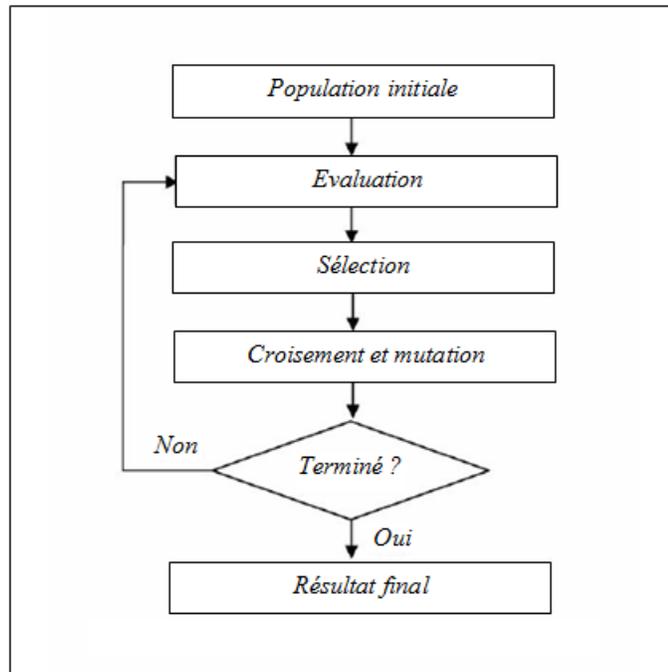


Figure 2.1: Principe de fonctionnement d'un algorithme génétique

Dans un algorithme génétique :

- Un ensemble de solutions possibles au problème d'optimisation est considéré comme une population d'individus.
- Les coordonnées d'un individu dans l'espace de recherche sont représentées par des chromosomes.
- Un gène est une sous-section du chromosome qui code la valeur d'un paramètre simple en cours d'optimisation.
- Le degré d'adaptation d'un individu à son environnement est défini par une fonction objectif dite fitness.
- La simulation des opérations d'évolution (croisement, mutation et sélection) permet de trouver de nouvelles générations de points de recherche qui présentent une meilleure adaptation moyenne que leurs ancêtres.

2.3 Mise en œuvre d'un algorithme génétique

La mise en œuvre d'un algorithme génétique (Fig. 2.1) nécessite :

Le codage des données : pour la mise en œuvre d'un algorithme génétique, la première étape consiste à définir un encodage de données. Ce processus associe à chaque individu de la population une structure de données spécifique appelée génotype contenant l'ensemble des chromosomes qui le caractérise. Dans la littérature, plusieurs types de codages sont utilisés et les résultats théoriques affirment que :

- le codage par une séquence binaire de longueur fixe est le plus adapté à l'implémentation des opérateurs génétiques.
- L'efficacité d'un algorithme génétique dépend du codage de données utilisé. Il doit être convenable au problème traité.

La génération de la population initiale : la génération de la population initiale consiste à choisir les dispositifs de départ à faire évoluer. Une initialisation aléatoire est plus simple à réaliser ou les valeurs des gènes sont tirées au hasard selon une distribution uniforme. Toutefois, il peut être utile de guider la génération initiale vers des sous domaines intéressants de l'espace de recherche. Par exemple lors d'une recherche d'optima dans un problème d'optimisation sous contraintes, il est préférable de produire des éléments satisfaisant les contraintes. Il est à noter que :

- le choix des individus de la population initiale conditionne fortement la rapidité de l'algorithme.
- En plus, la population initiale doit être suffisamment diversifiée et de taille assez importante pour que la recherche puisse parcourir l'espace d'état dans un temps limité.

La définition d'une fonction objectif (fitness) : La fonction objectif est une pièce maîtresse dans le processus d'optimisation. Elle est utilisée pour mesurer la performance de chaque individu avant l'étape de sélection. Pour pouvoir juger la qualité de chaque solution potentielle et ainsi les comparer, il faut établir une règle d'évaluation commune. Le plus souvent, la fonction objectif est définie comme une somme pondérée de coefficients reflétant la satisfaction de certains critères d'optimisation.

En plus, il faut implémenter tous les opérateurs génétiques.

La sélection : la sélection permet d'identifier statistiquement les meilleurs individus d'une population. L'opérateur de sélection doit être conçu pour donner également une chance aux mauvais éléments, car ces éléments peuvent, par croisement ou mutation, engendrer une descendance pertinente par rapport au critère d'optimisation. Il existe différentes techniques de sélection et la plus utilisée est la méthode de la roulette. Elle est inspirée de la roue de loterie sur

laquelle chaque individu est représenté par un secteur proportionnel à sa fitness (Fig2.2). On fait tourner la roue et on sélectionne un individu.

- les individus les mieux évalués ont statistiquement plus de chance d'être sélectionnés.
- mais la sélection par la méthode de la roulette donne aussi une possibilité aux individus mal adaptés d'être choisis.

A chaque individu i une probabilité d'être choisi est associée. Elle est proportionnelle à son adaptation f_i :

$$P(i) = f_i / \sum f_i \quad (2.1)$$

où $\sum f_i$: désigne la somme des adaptations de la population.

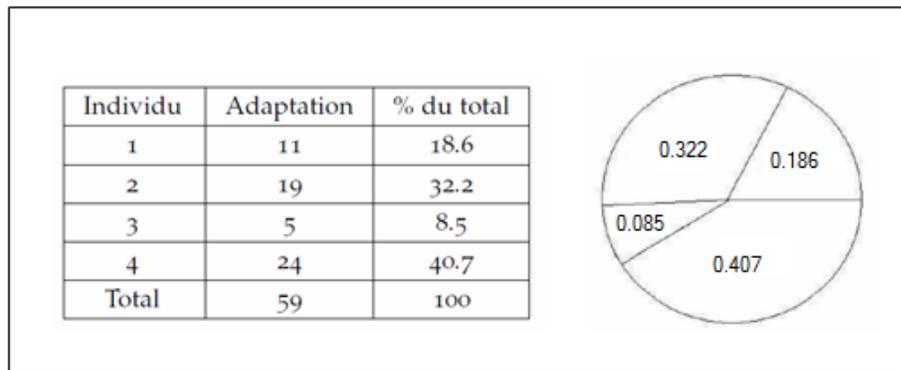


Figure 2.2 : Sélection par roulette

Le croisement : l'opérateur de croisement favorise l'exploration de l'espace de recherche et enrichit la diversité de la population en manipulant la structure des chromosomes. A partir de deux parents, ce processus génère deux nouveaux enfants, en espérant qu'un des deux enfants au moins héritera de bons gènes des deux parents et sera mieux adapté qu'eux. Il existe plusieurs méthodes de croisement, à titre d'exemples le croisement en un point, ou en multiples points (Fig.2.3).

2.4. AJUSTEMENT DES PARAMÈTRES D'UN ALGORITHME GÉNÉTIQUE 5

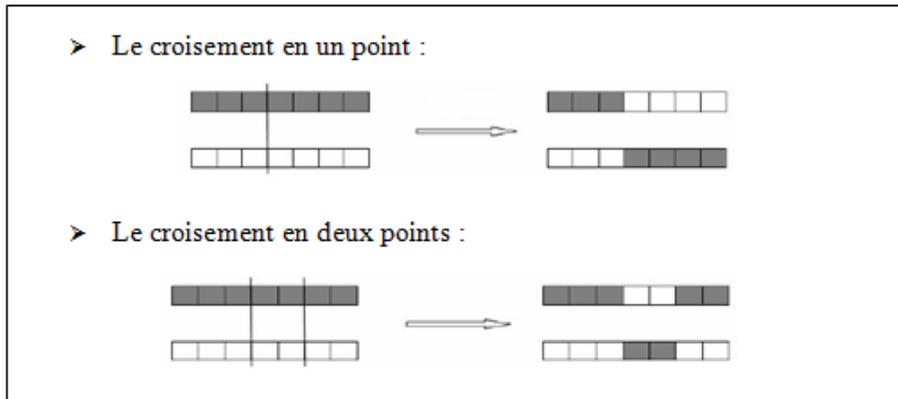


Figure 2.3 : L'opérateur de croisement

Cet opérateur est appliqué avec une probabilité P_c .

La mutation : l'opérateur de mutation est un processus où un changement mineur du code génétique est appliqué à un individu pour introduire de la diversité et ainsi d'éviter de tomber dans des optimums locaux.

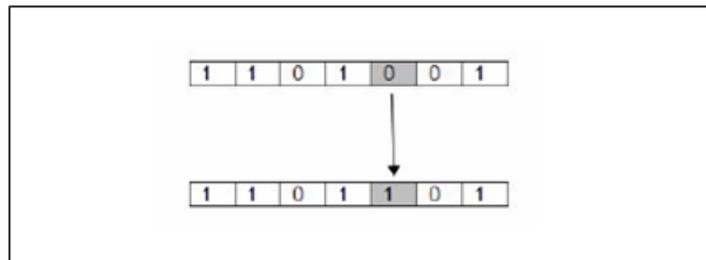


Figure 2.3 : L'opérateur de mutation

L'opérateur de mutation est appliqué avec une probabilité P_m généralement inférieure à celle du croisement P_c .

2.4 Ajustement des paramètres d'un algorithme génétique

L'efficacité des algorithmes génétiques dépend fortement du réglage des différents paramètres caractérisant ces algorithmes :

- la taille de la population.
- le nombre maximal des générations.
- la probabilité de mutation P_m .

- la probabilité de croisement P_c .

Ces paramètres sont parfois difficiles à déterminer. Les deux premiers dépendent directement de la nature du problème et de sa complexité. Leurs choix doit représenter un compromis entre la qualité des solutions et le temps d'exécution. La probabilité de croisement P_c est liée à la forme de la fonction d'évaluation. Son choix est en général heuristique. Plus sa valeur est élevée, plus la population subit des changements importants. La probabilité de mutation P_m est généralement faible, ce qui permet d'assurer une bonne exploration de l'espace de recherche sans perturber la convergence[5].

Le succès des algorithmes génétiques dépend aussi du codage des individus. Dans la pratique, il est souvent conditionné par la nature même du problème .