

Application des concepts de la génétique à l'optimisation d'une poutre cantilever en béton armé

S.Benanane ¹, L.Amamra ², Z.I.Bouzadi ², A.Benanane ², S.M. Bourdim ², M.Titoum ³

¹Laboratory of Materials and Design of Structures, University of Oran, Algeria, benanane.softiane@yahoo.fr

²Laboratory of Materials and Processes of Construction, University of Mostaganem, sir_laid_m@hotmail.fr, bouzadzakariaislam@gmail.com ,abdelkaderbenanane@yahoo.fr,bourdim80@yahoo.fr

³Laboratory of Materials and Mechanics of Structures, University of M'Sila, Algeria, titoum65@yahoo.fr

RÉSUMÉ. La conception assistée par ordinateur se concrétise de nos jours par le développement important d'outils de calcul informatique. Ces codes de calcul sont souvent destinés à une phase de conception avancée des projets. En revanche, il n'existe à notre connaissance que très peu d'outils d'aide à la conception en phase d'avant-projet. En effet, dans le cycle de vie d'un projet de construction, la phase de conception est souvent le lieu de situations contradictoires puisque différents traitements techniques devraient avoir lieu pour vérifier la faisabilité des ouvrages au regard des contraintes structurelles, de voisinage, de mise en œuvre, etc... Dans ce travail, nous proposons une méthodologie de résolution du problème de la conception d'une structure en béton armé simple basée sur l'approche des Algorithmes Génétiques. En conclusion, L'objectif final de cette recherche est l'élaboration d'un outil informatique basé sur l'approche des Algorithmes Génétiques qui pourrait aider les Ingénieurs des bureaux d'études, à prendre les décisions adéquates dès la phase de conception d'avant-projet pour minimiser au mieux le coût des projets.

MOTS-CLÉS : Systèmes d'aide à la décision, intelligence artificielle, conception assistée par ordinateur, systèmes experts, algorithmes génétiques, optimisation multicritère .

ABSTRACT. The computer aided design is realized today by the significant development of computational tools. These computer codes are often intended for advanced design phase of projects. However, there is to our knowledge very few design support tools in preliminary design phase. Indeed, in the life cycle of a construction project, the design phase is often the place of conflicting situations that prevent the overall optimization of the said projects production costs. During this phase, various technical treatments should be held to verify the feasibility of the works in relation to the structural constraints, neighbourhood, implementation, etc ... In this work, we propose a methodology for solving the problem of designing a simple reinforced concrete structure based on the Genetic Algorithms approach.. In conclusion, The ultimate goal of this research is the development of a software tool based on the approach of Genetic Algorithms that could help engineers of design offices to make the right decisions from the early design phases to best minimize the cost of projects.

KEY WORDS: Decision aided systems, artificial intelligence, computer aided design, expert systems, genetic algorithms, multicriteria optimization.

1. Introduction

Au cours des dernières années, l'optimisation des structures a gagné beaucoup d'intérêt dans les milieux scientifiques et attiré l'attention de la majorité des chercheurs scientifiques. Un défi important consistait à identifier la conception optimale d'une structure. Cette tâche complexe se révèle très compliquée et coûteuse en temps vu le grand nombre de contraintes non linéaires de la conception et la procédure itérative de l'analyse structurale.

D'un côté, l'optimisation de la conception des structures cherche la possibilité d'améliorer la productivité afin de réduire les coûts de production des ouvrages et minimiser le poids des structures en respectant notamment les contraintes réglementaires de résistance et de stabilité. D'un autre côté, les méthodes existantes pour l'optimisation de la conception des structures sont très limitées par leurs exigences de calcul et comptent beaucoup sur l'hypothèse de continuité des variables d'optimisation. Or dans la majorité des systèmes réels, les

fonctions étant non dérivables et les variables sont discrètes, l'application de ces méthodes devient inadaptée voire même impossible. C'est suite à ce contexte que nous proposons dans cet article, une nouvelle approche de l'optimisation de la conception des structures par une modélisation basée sur les algorithmes génétiques (AG).

2. Objectif de l'optimisation par algorithmes génétiques (AG)

Les AG sont des algorithmes d'optimisation stochastiques fondés sur les principes de l'évolution naturelle (biologique) et leurs mécanismes génétiques. La performance des AG a été testée par un grand nombre d'auteurs sur plusieurs problèmes d'optimisation réels bien connus. Dans cet article, nous exposons les motivations de ce choix et nous présentons les concepts de base des AG ainsi que la mise en œuvre technique qui a été faite pour adapter cette méthode à la résolution d'une structure simple "poutre console" dans la perspective d'élaborer un outil ou une plate-forme d'aide à la décision qui pourrait aider les ingénieurs concepteurs des bureaux d'études à prendre les décisions adéquates, dès la phase précoce d'avant projet de construction.

3. Principe de fonctionnement d'un algorithme génétique

Un algorithme génétique recherche le ou les extrema d'une fonction définie sur un espace de données. Pour utiliser cette approche, on doit disposer des cinq éléments suivants :

1. Un principe de codage de l'élément de population. Cette étape associe à chacun des points de l'espace d'état une structure de données. Le choix du codage des données conditionne le succès des algorithmes génétiques.
2. Un mécanisme de génération de la population initiale. Ce mécanisme doit être capable de produire une population d'individus non homogène qui servira de base pour les générations futures. Le choix de la population initiale est important car il peut rendre plus ou moins rapide la convergence vers l'optimum global.
3. Une fonction à optimiser. Celle-ci prend ses valeurs dans \mathbb{R}^+ et est appelée *fitness* ou fonction d'évaluation de l'individu. Celle-ci est utilisée pour sélectionner et reproduire les meilleurs individus de la population.
4. Des opérateurs de croisement, de mutation et de sélection qui permettent de diversifier la population au cours des générations et d'explorer l'espace d'état.
5. Des paramètres de dimensionnement : taille de la population, nombre total de générations ou critère d'arrêt, probabilités d'application des opérateurs de croisement et de mutation.

4. Application des algorithmes génétiques à une poutre-console en béton armé

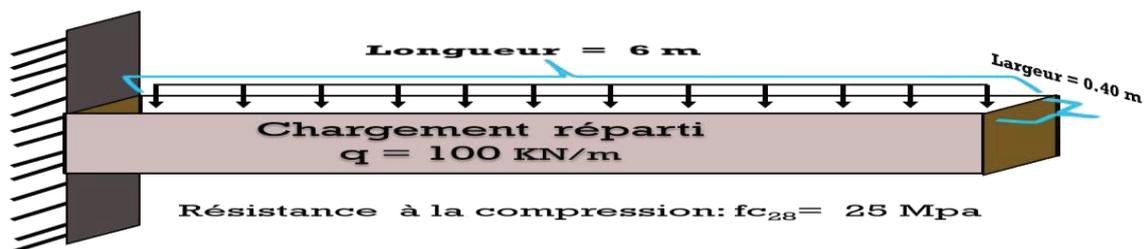


Figure1. Poutre-console initiale

Chaque solution de conception possible est codée dans l'AG par un chromosome constitué de chaînes de bits représentant la hauteur de la poutre-console. Pour être utilisées, les solutions proposées par l'AG sont évaluées par un calcul basé sur la méthode des éléments finis selon l'organigramme qui suit:

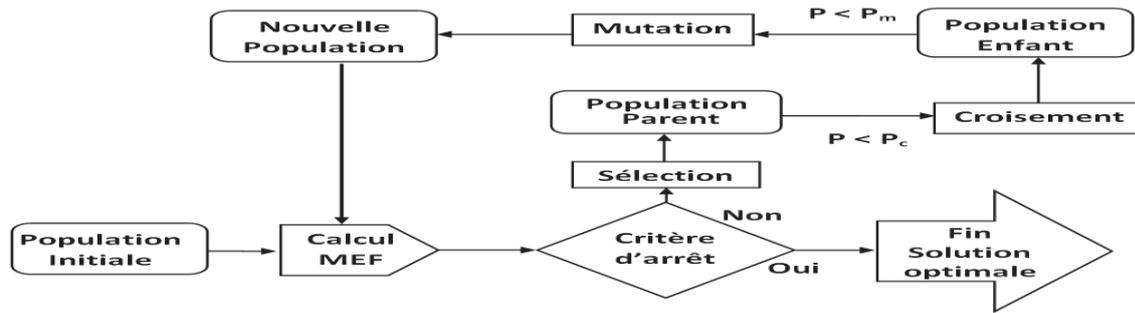


Figure2. Organigramme de la méthode des Algorithmes génétiques

5. Résultats de l'analyse

L'onglet "résultats" de l'Interface graphique élaborée par nos soins permet d'afficher les résultats obtenus à une itération donnée lors du processus d'optimisation.

En effet, nous avons obtenu une solution potentielle correspondant à un **optimum relatif** pour une modélisation en 4 sections et pour une population de 10 individus et 20 itérations, soit:

num individu	h0 (cm)	sigma0	h1 (cm)	sigma1	h2 (cm)	sigma2	h3 (cm)	sigma3
15	23	31.89981096...	50	27.0	54	52.08333333...	65	63.90532544...
16	26	24.96301775...	26	99.85307100...	36	117.1875	52	99.85307100...
17	24	29.29687499...	34	58.39100346...	36	117.1875	38	186.9806094...
18	20	42.1875	20	168.75	30	168.75	92	31.89981096...
19	26	24.96301775...	33	61.98347107...	36	117.1875	91	32.60475787...
20	51	6.487889273...	60	18.75	104	14.04169748...	108	23.14814814...

Figure3. Optimum relatif suivant "Onglet résultats" de l'interface graphique

Néanmoins, après avoir affiné l'analyse de notre application en adoptant une modélisation en 4 sections et pour une population de 20 individus et 100 itérations, nous avons pu obtenir la solution idéale correspondant à un **optimum absolu** tel que représenté sur la figure suivante:

h1 (cm)	sigma1	h2 (cm)	sigma2	h3 (cm)	sigma3	h4 (cm)	sigma4
111	21.913805697589478	94	17.18820733363513	56	21.52423469387755	27	23.148148148148145
105	24.489795918367346	83	22.046015386848595	62	17.559833506763788	27	23.148148148148145
126	17.006802721088434	78	24.96301775147929	57	20.77562326869806	31	17.559833506763788
98	28.11328613077884	74	27.734660336011686	63	17.006802721088434	10	168.75

Figure4. Optimum absolu suivant "Onglet résultats" de l'interface graphique

La solution obtenue correspondrait donc à une poutre console à inertie variable que l'on peut schématiser par la forme suivante:

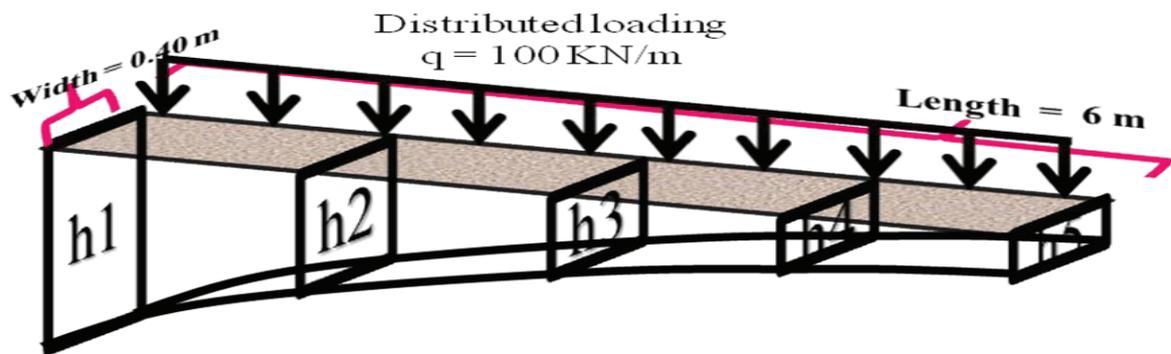


Figure5. *Forme optimale de la poutre initiale*

6. Conclusion

Cette étude nous a permis d'appliquer la méthode des algorithmes génétiques aux problèmes des structures du génie civil en explicitant le fonctionnement des différents opérateurs et leur influence.

En version finale, un vaste programme de simulations numériques sur différentes conceptions peut permettre d'élaborer des «règles de conception» qui conduisent, en phase précoce, les concepteurs vers des solutions globales optimisées

Bibliographie

- [BEL 02] Bel Hadj Ali N., Mangin J.C., Cutting-Decelle A .F., *Optimisation of the steel structures design with genetic algorithms*. Proc. of the 3rd international conference in decision making in urban and civil engineering. London, 6-8 November 2002.
- [FIS 95] Fishman G.S., *"Monte Carlo: concepts, algorithms, and applications"*, Springer-Verlag, pp.15, 1995.
- [GOL 89] Goldberg D.E., *"Genetic algorithms for search, optimization, and machine learning"*, Addison Wesley, pp.17-21-48 ,1989.
- [HOL 75] Holland J.H., *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press, pp.21 ,1975.
- [JAY 03] Jayachandran, *Design of tall buildings: Preliminary Design and Optimisation*, International Conference on Tall Buildings and Industrial Structures, Coimbatore, India, Keynote Lecture, pp.54 ,2003.
- [RAF 00] Rafiq, *A design support tool for optimum building concept generation using a structured genetic algorithm*. International Journal of Computer Integrated Design and Construction, Volume 2, N°2, pp.4-53, 2000.
- [GUT 02] Gutjahr, W.J. ACO algorithms with guaranteed convergence to the optimal solution. Information Processing Letters, 82, 145-153,2002.