



**HAL**  
open science

# Confrontation d'un algorithme génétique avec un nouveau cas de référence: étude analytique et validation expérimentale sur l'optimisation d'une poutre en porte à faux

Jerome Giordano

## ► To cite this version:

Jerome Giordano. Confrontation d'un algorithme génétique avec un nouveau cas de référence: étude analytique et validation expérimentale sur l'optimisation d'une poutre en porte à faux. CFM 2013 - 21ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2013, Bordeaux, France. <hal-03441375>

**HAL Id: hal-03441375**

**<https://hal.science/hal-03441375v1>**

Submitted on 22 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Confrontation d'un algorithme génétique avec un nouveau cas de référence: étude analytique et validation expérimentale sur l'optimisation d'une poutre en porte à faux

J. Giordano <sup>a</sup>, Y. Burtschell <sup>a</sup>

*a. Polytech'Marseille - Aix Marseille Université - Laboratoire IUSTI UMR CNRS 7393*

## Résumé :

*Dans cette étude, nous traiterons de l'optimisation en déplacement d'une poutre soumise à l'action de son poids propre. Dans une première partie, nous considérons que la section de cette poutre peut prendre deux valeurs distinctes et nous cherchons à localiser le changement de section qui minimise la flèche. Nous proposons un développement analytique avec une validation expérimentale qui permet d'obtenir la forme de la poutre optimale. Ensuite, nous développons un modèle numérique, basé sur un algorithme génétique d'optimisation, que nous validons sur ce premier cas. Dans une dernière partie, nous utilisons ce code pour optimiser la poutre en faisant varier la section dans un domaine de valeurs données. Ces deux cas d'études académique, peuvent servir de cas de référence utiles au validation des codes dédiés à l'optimisation des structures.*

## Abstract :

*This study deals with the optimization of a cantilever beam submitted to its own weight. In a first approach, we consider that the beam section can be equal to two values and we are looking for the section changing location, which minimizes the deflection. We propose an analytical model with an experimental validation that will allow us to optimize the shape of the beam. Then, we develop a numerical code based on a genetic algorithm that we validate on this case. In a last section, we use our numerical optimization code to find the best shape of the beam, where the section can now take any values in a given range, to minimize its deflection. These two study cases can serve as reference case to validate numerical approach for automatic structure optimization*

**Mots clefs :** optimisation ; cas test ; algorithme génétique

## 1 Introduction

L'optimisation des processus de conception et de construction est une volonté permanente des ingénieurs depuis des décennies. Dans le domaine du bâtiment, ce désir d'optimisation des structures est de nos jours exacerbé par la prise en compte des considérations écologiques. En effet, la réduction de la trace écologique d'une construction passe par l'optimisation de la quantité des matériaux employés. Pour atteindre cet objectif, de nombreuses stratégies, algorithmes d'optimisation et codes numériques de calculs de structures ont été développés. Dans le domaine du génie civil, on peut citer par exemple travaux de Dimic[1], portant sur l'optimisation de structures treillis avec prise en compte de considérations architecturales ou celui de Wanga et al. [2] sur l'optimisation de la forme d'un bâtiment vert. Notre objectif à long terme s'inscrit dans ce cadre et vise le développement d'outils dédiés aux architectes et aux ingénieurs pour l'optimisation mécanique de structures. Ainsi, nous avons développé une approche numérique, basée sur un algorithme génétique d'optimisation, pour optimiser les formes et sections des ossatures à destination des différents acteurs de la conception des bâtiments et ouvrages. Afin de

mieux évaluer la pertinence de notre approche numérique, nous avons cherché à valider notre modèle sur des cas de référence. Cependant, la très faible présence dans la littérature de cas test portant sur l'optimisation de problème simple de mécanique des structures déformables nous a conduit au développement d'un cas référence. C'est pourquoi, cette étude porte sur la minimisation de la flèche d'une poutre en porte-à-faux soumise à son propre poids. Le schéma suivant décrit notre problème. Dans ce problème académique, n'ayant pour unique vocation que de servir de validation pour de le

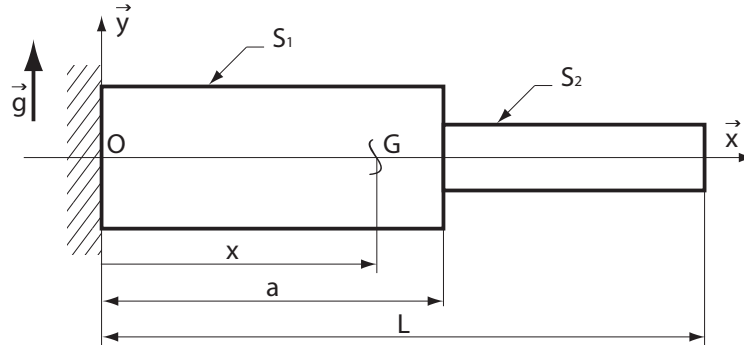


FIG. 1 – schéma de la poutre

développements de codes numériques d'optimisation, nous cherchons à optimiser la forme de la poutre pour minimiser la flèche. Or, la seule sollicitation étant le poids propre, la section de la poutre joue un rôle à la fois dans la sollicitation mais également dans l'inertie quadratique. Le problème est donc non-linéaire et n'admet pas de solution triviale.

Cette étude est découpée en deux parties. Dans un premier temps, nous considérons que la section de la poutre peut prendre uniquement deux valeurs distinctes et nous chercherons la position optimale du changement de section qui minimise la flèche. Nous proposons un développement analytique avec une validation expérimentale qui nous permettra d'optimiser la forme de la poutre. Nous validerons sur ce cas notre modèle numérique, basé sur un algorithme génétique. Puis, nous utilisons notre code pour trouver la forme optimale de la poutre dont la section peut maintenant prendre des valeurs dans une plage donnée. Dans ce dernier cas, la résolution analytique n'est plus possible. Ces deux études peuvent servir de cas de référence pour valider l'approche numérique pour l'optimisation automatique de structure.

## 2 Cas d'étude 1

Dans ce cas d'étude, l'équation de la déformée de la poutre de longueur  $l$ , encadrée à une de ses extrémités et libre à l'autre, peut être classiquement décrite par les équations de la résistance de matériaux. Le changement de tronçon est identifié par le changement de section de la poutre, entre  $S_1$  et  $S_2$ , positionné à la distance  $a$  de l'encastrement comme présenté sur la figure 1. Les équations de la déformées  $f_1$  et  $f_2$  des deux tronçons de la poutre  $[0, a]$  et  $[a, l]$  sont déduites de la double intégration des équations des moments fléchissants de ces deux mêmes tronçons. L'objectif de l'optimisation de cette poutre est de trouver la valeur de  $a$  qui permet d'observer le déplacement le plus faible de l'extrémité libre de la poutre. Ainsi, la validation des approches numériques sur ce cas, portera sur l'estimation de ce paramètre  $a$ .

$$\min\{f_2(x, a) : a \in [0, L] \mid x = L\} \quad (1)$$

Sur la figure suivante 2, nous avons tracé la courbe théorique, issue de cette approche analytique, ainsi que les valeurs expérimentales de la flèche en fonction de la valeur de  $a$ . Ces valeurs expérimentales proviennent de mesures réalisées sur des clichés photographiques de la déformée d'une poutre en plexiglas. On observe dans ces deux cas que la flèche admet bien un minimum pour une valeur particulière

de  $a$ . Nous évaluons cette position du passage entre la grande et petite section de la poutre à une distance de  $a = 0.446 \times l$  de l'encastrement, ceci dans le cadre d'une poutre en plexiglas de masse volumique  $\rho \approx 1250 \text{ kg/m}^3$  et de module d'Young  $E \approx 2.2 \text{ GPa}$ . Nous avons confronté notre approche

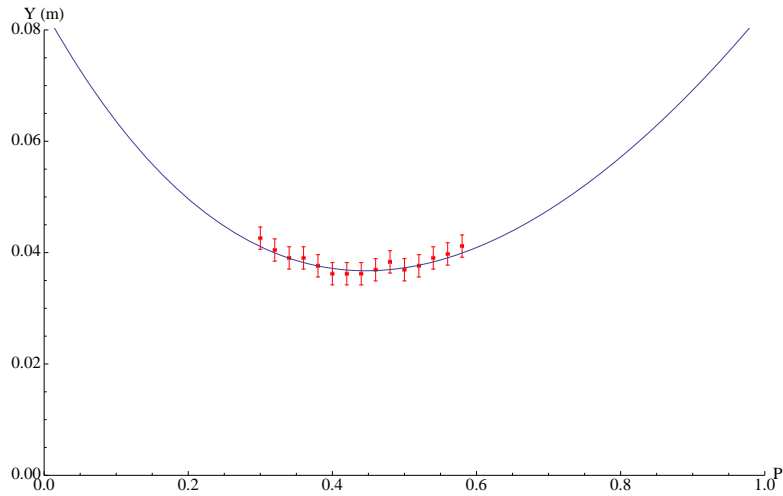


FIG. 2 – évolution de la flèche en fonction du paramètre  $a$

numérique à ce cas d'étude. L'estimation du paramètre  $a$  optimal ainsi obtenue est égale à  $\approx 0.45 \times l$ , soit un écart inférieur à 1% par rapport à la valeur de référence. Nous pouvons donc considérer que notre modèle numérique est validé sur ce cas académique, non linéaire, d'optimisation.

### 3 Cas d'étude 2

Notre approche numérique étant validée sur le cas d'étude 1, nous avons souhaité obtenir la forme optimale de la poutre dans le cas, cette fois ci, où la section peut varier dans l'intervalle fixé  $[S_1, S_2]$ . Nous observons que la poutre optimale dans ce cas voit une variation de section régulière entre  $S_1$  et  $S_2$  située autour de la valeur précédente de  $a \approx 0.45 \times l$ , voir figure 3. La section de la poutre est ainsi égale à  $S_1$  lorsque l'on se situe à une distance inférieure à  $0.3 \text{ m}$  de l'encastrement et égale à  $S_2$  quand nous regardons la poutre à une distance supérieure à  $0.6 \text{ m}$ .

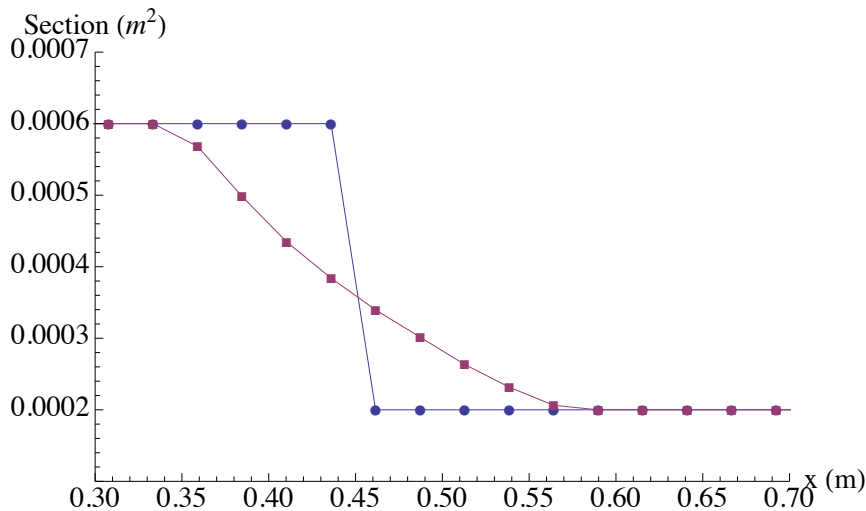


FIG. 3 – forme optimale de la poutre

## 4 Conclusions

Cette étude nous a permis de trouver la forme optimale minimisant la flèche d'une poutre soumise à son propre poids. Nous avons étudié deux cas, définis par des contraintes différentes sur les valeurs des sections possibles, qui permettent d'obtenir une référence supplémentaire en vue de la validation des outils numériques d'optimisation automatique.

## Références

- [1] M. Dimcic. *Structural Optimization of Grid Shells based on Genetic Algorithms*. PhD thesis, Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, 2011.
- [2] W. Wanga, H. Rivarda, and R. Zmeureanub. Floor shape optimization for green building design. *Advanced Engineering Informatics*, 20(4) :363–378, 2006.