

# Budget Participatif : tenir compte des synergies entre projets

Martin Durand et Fanny Pascual

Sorbonne Université, LIP6, CNRS, France  
{martin.durand,fanny.pascual}@lip6.fr

**Mots-clés** : *choix social computationnel, budget participatif.*

## 1 Introduction

Le *budget participatif* est un processus démocratique lors duquel les membres d'une communauté (par exemple les citoyens d'une ville ou les étudiants d'une université) décident de l'utilisation d'une partie du budget de la communauté. Il se déroule habituellement en plusieurs étapes : (1) une quantité  $l$  d'argent est dédiée au budget participatif (2) certains membres de la communauté rédigent des propositions de *projets* publics en indiquant une estimation de leur coût (3) tous les membres de la communauté sont appelés à voter pour indiquer leurs *préférences* sur les projets (4) un ensemble de projets de consensus qui ne dépassent pas le budget  $l$  est sélectionné.

Depuis peu, les problèmes de budget participatif ont été très étudiés et de nombreuses versions et approches du problème existent [1]. Les travaux se concentrent principalement sur la façon dont les préférences des votants sont exprimées [4, 6] et sur comment agréger ces préférences à l'aide de *règles de vote* [2]. A l'exception de quelques travaux [3], tous sont basés sur l'hypothèse que les projets n'interagissent pas entre eux. En pratique, il existe des synergies et des anti-synergies entre certains projets. Par exemple, deux projets de construction d'une même infrastructure (comme une bibliothèque) dans le même quartier sont virtuellement compatibles mais la construction de la deuxième semble moins importante une fois la première déjà construite : on parlera de *synergie négative*. Au contraire, deux projets peuvent être en *synergie positive* : c'est le cas de projets complémentaires, comme par exemple l'extension d'une ligne de bus et la construction d'une infrastructure à proximité des nouveaux arrêts de bus. Le but de ce travail est de proposer un modèle et des règles de vote permettant de tenir compte de ces synergies.

## 2 Modèle

On appelle *instance* un quadruplet  $I = (A, V, c, l)$  où  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  désigne un ensemble de  $n$  projets. La fonction de coût  $c : A \rightarrow \mathbb{N}^+$  associe à chaque projet un entier correspondant à son coût – en abusant de cette notation on écrit  $c(C) = \sum_{a \in C} c(a)$  pour désigner le coût d'un sous-ensemble de projets. Le paramètre  $l$  est un entier désignant la limite de budget. On note par  $V = \{v_1, \dots, v_m\}$  l'ensemble des  $m$  votants. Chaque votant  $v_i \in V$  exprime ses préférences par un ensemble  $A_i$  de projets approuvés tels que  $c(A_i) \leq l$ . On appelle *règle d'agrégation* une fonction  $\mathcal{R}$  associant à toute instance  $I$  un ensemble de projets  $B$  de consensus tel que  $c(B) \leq l$ .

On s'intéresse dans cet article à des *fonctions d'utilité*  $u : 2^A \rightarrow \mathbb{R}^+$  associant à chaque sous-ensemble de projets un score. On considère que la satisfaction d'un votant  $v_i$  pour une solution  $B$  correspond à l'utilité du plus grand sous-ensemble de projets en commun entre  $B$  et son ensemble d'approbation  $A_i$ , que l'on note également  $B_i = A_i \cap B$ . On cherche à retourner une solution qui maximise la somme des satisfactions des votants.

Le but de cet article est d'une part de déterminer des fonctions d'utilité qui prennent en compte les synergies entre les projets et qui respectent certains axiomes naturels. D'autre part, on étudie la complexité de ce problème et on cherche à le résoudre.

### 3 Fonctions d'utilité

Notre but étant d'utiliser les préférences des votants pour détecter les potentielles synergies, on définit plusieurs propriétés qui encapsulent le comportement souhaité de nos fonctions. Elle peuvent être résumées ainsi : (1) si certains projets apparaissent systématiquement ensemble dans les préférences des votants, alors la fonction d'utilité doit valoriser cette synergie (2) si des projets n'apparaissent jamais ensemble alors la fonction d'utilité doit pénaliser cette interaction négative (3) toutes choses égales par ailleurs, le fait de regrouper des projets dans les préférences des votants devrait augmenter l'utilité du groupe de projets.

On propose deux fonctions d'utilité  $u_r$  et  $u_M$  basées sur une approche probabiliste. Si deux projets  $x$  et  $y$  sont indépendants, alors la probabilité d'observer la paire  $(x, y)$  devrait être le produit des probabilités d'observer  $x$  et  $y$ . On appelle  $taux(S)$  la fraction des préférences des votants où le sous-ensemble  $S$  apparaît. On peut alors calculer le ratio  $taux(S) / \prod_{s \in S} taux(s)$  comme un indicateur de la synergie entre les projets de  $S$ . Si ce rapport est égal à 1 alors les projets sont considérés comme indépendants. Si le rapport est inférieur à 1 les projets sont en synergie négative, et s'il est supérieur à 1, ils sont en synergie positive. Plus le rapport s'éloigne de 1, plus la synergie est forte.

### 4 Complexité et résolution

Nous prouvons que déterminer un ensemble de projets maximisant la somme des satisfactions des votants est NP-difficile en présence de synergies (pour des fonctions de synergies très générales) et ce, même si tous les projets ont le même coût.

On peut noter que les synergies rendent le problème plus difficile puisque le cas où tous les projets sont de même coût se résout en temps polynomial lorsqu'on ne tient pas compte des synergies.

Nous avons implémenté un algorithme de branch and bound pour résoudre ce problème. Il repose sur des extensions des bornes supérieures et inférieures des bornes utilisées pour le problème du Sac-à-dos. Cet algorithme permet de résoudre des instances jusqu'à une vingtaine de projets, sur des instances réelles issues de la bibliothèque Pabulib [5]. Nous avons également implémenté une heuristique rapide et performante pour résoudre de plus grandes instances.

### Références

- [1] Haris Aziz and Nisarg Shah *Participatory budgeting : Models and approaches*. In Pathways Between Social Science and Computational Social Science, 215–236, 2021.
- [2] Dominik Peters, Grzegorz Pierczyński and Piotr Skowron *Proportional participatory budgeting with additive utilities*. NEURIPS, 2021.
- [3] Pallavi Jain, Krzysztof Sornat and Nimrod Talmon *Participatory Budgeting with Project Interactions*. IJCAI, 2020.
- [4] Gerdus Benade, Swaprava Nath, Ariel D Procaccia and Nisarg Shah *Preference elicitation for participatory budgeting*. Management Science, 2021.
- [5] Dariusz Stolicki, Stanisław Szufa and Nimrod Talmon *Pabulib : A Participatory Budgeting Library* arXiv preprint, 2020.
- [6] Ashish Goel, Anilesh K Krishnaswamy, Sukolsak Sakshuwong and Tanja Aitamurto *Knapsack voting for participatory budgeting*. ACM Transactions on Economics and Computation (TEAC), 2019.