

La science des budgets participatifs

avec application au budget de la Mairie de Toulouse en 2019

Arianna Novaro et Umberto Grandi



IRIT, Université Toulouse 1 Capitole

Juillet 2020

Qui sommes nous ?



Umberto Grandi

Maître de Conférences en Informatique



Arianna Novaro

Docteure en Informatique

Notre **domaine de recherche** est la théorie du *Choix Social Computationnel* :
l'étude d'algorithmes pour la prise de décisions collectives.

Phases communes des Budgets Participatifs



Une institution **alloue** une partie de son budget au BP.



Les citoyens **proposent** des projets à financer avec le BP.



Les projets sont pre-sélectionnés par un **étude de faisabilité**.



Les citoyens **votent** leurs projets (faisables) préférés.



Les projets à financer sont **choisis** à partir du résultat du vote.

La théorie du *Choix Social Computationnel* étudie
principalement les **deux dernières** phases.



Phase de vote



Choix du type de bulletin de vote

a. Un votant **approuve** tous les projets qu'il aime.

Variantes: le nombre d'approbations doit être = ou \leq à un nombre k ; le coût total des projets approuvés doit être inférieur ou égal au budget disponible ; . . .

b. Un votant donne un **ordre** de préférence sur les projets.

c. Un votant a x **points** à "dépenser" sur les projets.

Projets	P1	P2	P3	P4	P5
Bulletin de type <i>a</i>	✓			✓	✓
Bulletin de type <i>b</i>	1 ^{er}	5 ^{eme}	3 ^{eme}	2 ^{eme}	4 ^{eme}
Bulletin de type <i>c</i>	♥♥♥		♥	♥	♥♥



Phase d'allocation

Comment mesurer la satisfaction des votants ?

Trois mesures proposées :



Cardinalité : la satisfaction d'un votant correspond au nombre de projets financés qu'il a approuvé.¹



Coût : la satisfaction d'un votant correspond au coût total des projets financés qu'il a approuvé.²



Binaire : la satisfaction d'un votant est 0 si aucun des projets qu'il a approuvé est financé (et 1 sinon).

N. Talmon, P. Faliszewski. *A Framework for Approval-Based Budgeting Methods*. The 33rd AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2019).

^{1,2} Pour le bulletin de type c, cela doit être multiplié par le nombre de cœurs qu'il a donnés aux projets financés.

Quelle procédure pour allouer le budget ?

Trois procédures proposées (le budget ne doit pas être dépassé) :

- (G) **Greedy** : (procédure itérative) à chaque pas, ajouter le projet qui maximise la *[satisfaction]* totale des votants.
- (P) **Proportionnelle** : (procédure itérative) à chaque pas, ajouter le projet qui maximise la *[satisfaction]* totale des votants (par rapport à la satisfaction actuelle), divisé par son coût.
- (M) **Maximisation** : entre toutes les combinaisons de projets possibles, choisir celle qui maximise la *[satisfaction]* des votants.

N. Talmon, P. Faliszewski. *A Framework for Approval-Based Budgeting Methods*. The 33rd AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2019).

9 règles d'allocation possibles

Différentes règles d'allocations du budget sont possibles, en combinant chaque mesure de satisfaction avec chaque procédure :

Procédure \ Satisfaction	Greedy	Prop.	Max.
Cardinalité	 + (G)	 + (P)	 + (M)
Coût	 + (G)	 + (P)	 + (M)
Binaire	  + (G)	  + (P)	  + (M)

Attention : Cardinalité+Greedy et Coût+Proportionnelle sont équivalentes.

Un exemple avec les règles

Comprendre les règles : un exemple simple

- ▶ Nous avons 5 projets (P2, P3, P4, P5 et P6), dont le coût est égal à leur numéro de projet. La limite du budget est 10.
- ▶ Les 5 votants envoient les bulletins de type *a* ci-dessous : par exemple, le Votant 4 approuve les projets P4 et P5.

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓

Limite du budget : 10

Cardinalité + Maximisation (M)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓
Satisfaction 	2	2	3	4	2

Limite du budget : 10

Allocation	Coût	Satisfaction totale
P2, P3, P4	9	$(2 + 2 + 3) = 7$
P2, P3, P5	10	$(2 + 2 + 4) = 8$
P4, P5	9	$(3 + 4) = 7$
P4, P6	10	$(3 + 2) = 5$

La règle Cardinalité+Maximisation choisit les projets **P2, P3, P5**.

Cardinalité + Greedy (G)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓
Satisfaction 	2	2	3	4	2

Limite du budget : 10

étape 1 Ajouter P5, car il maximise la satisfaction (4).

étape 2 Ajouter P4, car il maximise la satisfaction (3) entre les projets restants.

étape 3 Le coût total des projets est 9 : aucun autre projet peut être ajouté.

fin

La règle Cardinalité+Greedy choisit les projets **P5, P4**.

Cardinalité + Proportionnelle (P)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓
Satisfaction  / Coût projet	2/2	2/3	3/4	4/5	2/6

Limite du budget : 10

étape 1 Ajouter P2, car il maximise satisfaction/coût (1).

étape 2 Ajouter P5, car il maximise satisfaction/coût ($4/5$) des projets restants.

étape 3 Ajouter P3, car il maximise satisfaction/coût ($2/3$) des projets restants.

étape 4 Le coût total des projets est 10 : aucun autre projet peut être ajouté.

fin

La règle Cardinalité+Proportionnelle choisit les projets P2, P5, P3.

Coût + Maximisation (M)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓
Satisfaction  (=  × Coût projet)	4	6	12	20	12

Limite du budget : 10

Allocation	Coût	Satisfaction totale
P2, P3, P4	9	$(4 + 6 + 12) = 22$
P2, P3, P5	10	$(4 + 6 + 20) = 30$
P4, P5	9	$(12 + 20) = 32$
P4, P6	10	$(12 + 12) = 24$

La règle Cardinalité+Maximisation choisit les projets **P4, P5**.

Coût + Greedy (G)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓
Satisfaction  (=  × Coût projet)	4	6	12	20	12

Limite du budget : 10

étape 1 Ajouter P5, car il maximise la satisfaction (20).

étape 2 Ajouter P4, car il maximise la satisfaction (12) des projets restants.

étape 3 Le coût total des projets est 9 : aucun autre projet peut être ajouté.

fin

La règle Coût+Greedy choisit les projets **P5, P4**.

Coût + Proportionnelle (P)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓
Satisfaction  (=  × Coût projet)	4	6	12	20	12

Limite du budget : 10

Rappel : La règle est équivalente à Cardinalité+Greedy.

(= la satisfaction multiplie la Cardinalité par le Coût, et ensuite la règle divise cela par le Coût)

La règle Coût+Proportionnelle choisit les projets **P5, P4**.

Binaire + Maximisation (M)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓

Limite du budget : 10

Allocation	Coût	Satisfaction totale
P2, P3, P4	9	(Votants : 1, 2, 3, 4) = 4
P2, P3, P5	10	(Votants : 1, 2, 3, 4) = 4
P4, P5	9	(Votants : 1, 2, 3, 4) = 4
P4, P6	10	(Votants : 1, 2, 3, 4, 5) = 5

La règle Binaire+Maximisation choisit les projets **P4, P6**.

Binaire + Greedy (G)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓

Limite du budget : 10

étape 1 Ajouter P5, car il maximise la satisfaction (Votants : 1, 2, 3, 4).

Idéalement, on voudrait satisfaire le Votant 5, mais P6 dépasse le budget.

étape 2 Ajouter soit P4, soit P3 et P2.

étape 3 Le coût total des projets est 9 ou 10 : aucun autre projet peut être ajouté.

fin

La règle Binaire+Greedy choisit les projets **P5, P4** ou **P5, P3, P2**.

Binaire + Proportionnelle (P)

Projets	P2	P3	P4	P5	P6
Coût	2	3	4	5	6
Votant 1	✓			✓	✓
Votant 2	✓	✓	✓	✓	
Votant 3		✓	✓	✓	
Votant 4			✓	✓	
Votant 5					✓

Limite du budget : 10

La satisfaction à un étape correspond aux nouveaux votants satisfaits si on ajoute ce projet (divisé par son coût).

étape 1 Ajouter P2, car il maximise satisfaction (Votants : 1, 2)/(Coût : 2) = 1.

étape 2 Ajouter P4, car il permet de satisfaire 2 nouveaux votants (Votants : 3, 4) et il coûte moins cher de P5.

étape 3 Ajouter P3, car il est le seul à rentrer dans le budget.

étape 4 Le coût total des projets est 9 : aucun autre projet peut être ajouté.

fin

La règle Binaire+Proportionnelle choisit les projets **P2, P4, P3**.

Pistes de réflexion (en relation au budget participatif de Toulouse 2019)

Quelque considération générale sur les règles

Règles de **maximisation** :

- ▶ Par définition, elles trouvent la **meilleure solution** possible par rapport à la mesure de satisfaction choisie.
- ▶ Par contre, vu le nombre de solutions possibles à comparer, elles sont **difficiles à calculer** et elles demandent une certaine “foi” dans le résultat par les participants (difficile d’expliquer pourquoi ce résultat est en effet le meilleur).

Quelque considération générale sur les règles

Règles **greedy** :

- ▶ Elles sont en général **faciles** à comprendre, calculer et vérifier.
- ▶ Par contre, elles **ne donnent pas forcément la solution optimale** (par rapport à la mesure de satisfaction choisie) ; de plus, elles ne tiennent **pas en compte du coût des projets**.

Quelque considération générale sur les règles

Règles **proportionnelles** :

- ▶ Elles ont les **mêmes avantages** que les règles **greedy** et elles **tiennent en compte le coût des projets** dans le calcul du résultat.
- ▶ Comme les règles greedy, elles **ne donnent pas forcément la solution optimale** (par rapport à la mesure de satisfaction choisie).

BP de Toulouse du 2019

Bulletin de type c ("cumulatif").

Règle d'allocation  = Cardinalité  + Greedy (G).

Projet	♥	Coût	Total	Projet	♥	Coût	Total
23	1090	390000	390000	...	...	...	...
28	877	45000	435000	24	265	15000	940000
2	654	107000	542000	4	263	164000	1104000
21	551	199000	741000	3	256	241000	1181000
1	513	168000	909000	22	219	110000	1050000
8	497	2000	911000	5	186	20000	960000
16	453	5000	916000	6	174	44000	1004000
13	415	2000	918000	18	156	10000	970000
11	369	100000	1018000	19	146	50000	1020000
12	320	7000	925000	10	145	5000	975000
...	...	...	...	17	125	85000	1060000
				9	111	25000	1000000

Le cas des projets 14 et 30

- ▶ Les projets 14 (coût : 29000 €) et 30 (coût : 10000 €) ont reçu le même nombre de cœurs (48).
 - ▶ Avec un budget de 30000 €, la règle Cardinalité+Greedy est indifférente entre les deux projets.
 - ▶ Par contre, la règle Cardinalité+Proportionnelle choisit le projet 30, car il va générer autant de “bonheur” que le projet 14, mais pour moins cher.
- ⇒ Elle laisse 20000 € pour financer d'autres projets.

Le cas du projet 23



- ▶ Le projet 23 a beaucoup plu (1090 cœurs, donnés par 471 participants) mais il est aussi le plus cher (390000 €).
- ▶ Une règle qui accepte le projet 23 dépense de suite le 40% du budget (390000 € sur 1 Million) pour contenter le 31% des votants (471 participants sur 1493).

Conclusions

- ▶ Il n'y a pas qu'une seule façon de concevoir une expérience de budget participatif : du type de bulletin de vote choisi jusqu'à la règle d'allocation utilisé, **les options sont multiples.**
- ▶ Même si le processus du BP partage certains éléments d'une élection politique, le fait que chaque candidat (projet) ait un poids différent (son coût) lui est spécifique : chaque instance démocratique demande des **règles adaptées.**
- ▶ **La règle "parfaite" n'existe pas** : pour choisir laquelle utiliser, il faut tenir en compte les priorités (scientifiques, sociales, politiques, etc.) qu'on souhaite mettre en avant.

Informations et contacts

Cette présentation est basée sur le travail effectué par Sanaa BASRAOUI, Xiaowei FAN, Yumeng SHAO, Deyi REN, et Rui ZHANG, étudiant.e.s du Master 1 MIAGE Ingénierie Métier 2019-2020 (Université Toulouse 1 Capitole).

Nous contacter :

Umberto Grandi (umberto.grandi@irit.fr | umberto.grandi@ut-capitole.fr)

Arianna Novaro (arianna.novaro@irit.fr | ariannanovaro@gmail.com)