

# Décision collective : de l'éthique à l'axiomatique

Jérôme Lang

LAMSADE, CNRS, Université Paris-Dauphine, PSL

# Collective decision making

- ▶ Social choice : *designing and analysing methods for collective decision making*
- ▶ Some examples :
  - ▶ finding a date for a meeting. **Voting**
  - ▶ deciding of a set of collective projects to fund. **Multiwinner voting**
  - ▶ deciding how to divide a budget between projects, party lists, etc. **Portioning**
  - ▶ in a high school : deciding who gets which class and who teaches when. **Fair division**
  - ▶ in a company : finding a partition of employees in groups of people who will work together. **Coalition structure formation**
  - ▶ assigning students to universities (*Parcoursup* etc.). **Matching**
  - ▶ deciding which Covid-19 patients should get a vaccine. **Matching**

# Social choice rules

- ▶ **input** : agents have preferences over possible alternatives
- ▶ **output** : an alternative

What are alternatives ?

- ▶ in **voting** : candidates, or sets of candidates
- ▶ in **fair division** : assignments from resources to agents
- ▶ in **matching** : assignment of agents of class 1 (students) to agents of class 2 (universities)
- ▶ in **coalition formation** : agents have preferences over sets of agents, an alternative is a partition of agents into groups
- ▶ in **portioning** : a division of a total budget between projects, lists etc.

Social rules must be

- ▶ **designed**
- ▶ **studied** axiomatically (which properties do they satisfy ?).
- ▶ **computed** (communication protocols + algorithms)

Axioms give guarantee on the behaviour of the rule. They are a way of ensuring some fairness or other ethical guarantees.

# Budget participatif

Principe :

- ▶ un ensemble de projets candidats, chacun d'entre eux ayant un coût
- ▶ un budget maximal
- ▶ les électeurs votent sur les projets

→ sélectionner un ensemble de projets

# Budget participatif

Principe :

- ▶ un ensemble de projets candidats, chacun d'entre eux ayant un coût
- ▶ un budget maximal
- ▶ les électeurs **votent** sur les projets **(oui mais comment ?)**

→ sélectionner un ensemble de projets

# Budget participatif

Principe :

- ▶ un ensemble de projets candidats, chacun d'entre eux ayant un coût
- ▶ un budget maximal
- ▶ les électeurs **votent** sur les projets **(oui mais comment ?)**

→ **sélectionner** un ensemble de projets **(oui mais comment ?)**

# Un exemple typique : le budget participatif de Paris

Chaque citoyen peut voter pour :

- ▶ au maximum 4 projets de son arrondissement
- ▶ et au maximum 4 projets concernant tout Paris

# Un exemple typique : le budget participatif de Paris

Utilise la **méthode descendante** :

- ▶ chaque arrondissement a un budget maximal ;
- ▶ les projets sont classés par nombre de votes décroissant...
- ▶ ... et sont financés tant qu'il reste assez d'argent,
- ▶ tout en respectant certains quotas pour les quartiers populaires

	coût	votes	sélection ?
Amélioration de la cour du Collège Charlemagne	350 000	1 066	oui
Rénovation de la fontaine Niki de Saint Phalle	900 000	996	oui
Aménagement du préau de l'école (...)	325 000	825	oui
Aménagement des balcons terrasses de l'école (...)	150 000	807	—
Un arbre de la laïcité dans le 4eme arrondissement	5 000	756	—
Valorisation de la rue de Venise (...)	20 000	740	—
Des vidéoprojecteurs interactifs pour l'école (...)	18 000	591	—
Création de mezzanines de stockage à l'école (...)	150 000	404	—

Quatrième arrondissement, 2018



# Méthode descendante vs. méthode globale

	votent pour
17 électeurs	A et B
17 électeurs	A et C
17 électeurs	A et D
17 électeurs	B et C
16 électeurs	B et D
16 électeurs	C et D

	coût	votes	desc.
A	50	51	oui
B	20	50	–
C	20	50	–
D	20	49	–

budget maximal : 60

Méthode descendante :

- ▶ 49 électeurs ne voient financer aucun des projets pour lesquels ils ont voté
- ▶ dictature de la majorité, non équitable, non proportionnel

# Méthode descendante vs. méthode globale

	votent pour
17 électeurs	A et B
17 électeurs	A et C
17 électeurs	A et D
17 électeurs	B et C
16 électeurs	B et D
16 électeurs	C et D

	coût	votes	desc.	glob.
A	50	51	oui	–
B	20	50	–	oui
C	20	50	–	oui
D	20	49	–	oui

budget maximal : 60

Méthode globale :

- ▶ pour chaque électeur qui a voté pour un projet financé : un point
- ▶ sélection de projets à financer : celle qui a le plus de points
- ▶ sélection  $\{A\}$  : 51 points ; sélection  $\{B, C, D\}$  : 149 points
- ▶ méthode globale plus équitable, plus proportionnelle (oui mais ?)

(Une forme forte de) proportionnalité : si une fraction  $\alpha$  de l'électorat est en accord sur un ensemble de projets  $P$  qui représente au plus une proportion  $\alpha$  du coût total, alors les projets choisis doivent satisfaire ses membres au moins autant que  $P$ .

	<b>coût</b>	<b>votes</b>	<b>desc.</b>	<b>glob.</b>
Amélioration de la cour du Collège Charlemagne	350 000	1 066	oui	oui
Rénovation de la fontaine Niki de Saint Phalle	900 000	996	oui	–
Aménagement du préau de l'école (...)	325 000	825	oui	oui
Aménagement des balcons terrasses de l'école (...)	150 000	807	–	oui
Un arbre de la laïcité dans le 4eme arrondissement	5 000	756	–	oui
Valorisation de la rue de Venise (...)	20 000	740	–	oui
Des vidéoprojecteurs interactifs pour l'école (...)	18 000	591	–	oui
Création de mezzanines de stockage à l'école (...)	150 000	404	–	oui

Quatrième arrondissement, 2018

	coût	votes	des.	glo.
Rénover les tennis du Centre Sportif B. Dauvin	1 600 000	1400	+	+
Rénovons l'équipement sportif du Centre B. Dauvin	1 300 000	2029	+	+
Améliorons les jardins Eole, Hermite et (...)	565 000	1682	+	-
Des parcours sportifs dans l'espace public	550 000	1786	-	-
Ré-ouvrir une Ressourcerie dans le 18e	500 000	3034	+	+
Cinéma sous chapiteau à Clignancourt	385 000	1898	+	+
Moins de bruit, plus de qualité de vie à (...)	370 000	1916	+	+
Mettons en valeur l'église Saint-Bernard !	340 000	887	-	-
Une salle dédiée aux Sports de Combat dans le 18e	300 000	2895	+	+
Montmartre accessible à tous - Phase 3	300 000	1898	+	+
Restaurons les grilles du square Louise Michel	250 000	231	-	-
Ciné-Collège BERLIOZ	200 000	877	-	-
Une déchetterie moins bruyante, mieux végétalisée	150 000	1193	-	+
Mail(s) en vert : améliorons les mails Huchart (...)	130 000	629	-	+
Confort dans les maternelles De Maistre (...)	120 000	649	-	-
Améliorons la circulation piétonne rue de l'Évangile	100 000	641	-	+
Des couleurs éclatantes à la Goutte d'Or (..)	100 000	1566	+	+
+ 14 autres projets	572 000	~10000	+1	+13

18ème arrondissement, 2018

53% du budget

	coût	votes	des.	glo.
Rénover les tennis du Centre Sportif B. Dauvin	1 600 000	1400	+	+
Rénovons l'équipement sportif du Centre B. Dauvin	1 300 000	2029	+	+
Améliorons les jardins Eole, Hermite et (...)	565 000	1682	+	-
Des parcours sportifs dans l'espace public	550 000	1786	-	-
Ré-ouvrir une Ressourcerie dans le 18e	500 000	3034	+	+
Cinéma sous chapiteau à Clignancourt	385 000	1898	+	+
Moins de bruit, plus de qualité de vie à (...)	370 000	1916	+	+
Mettons en valeur l'église Saint-Bernard !	340 000	887	-	-
Une salle dédiée aux Sports de Combat dans le 18e	300 000	2895	+	+
Montmartre accessible à tous - Phase 3	300 000	1898	+	+
Restaurons les grilles du square Louise Michel	250 000	231	-	-
Ciné-Collège BERLIOZ	200 000	877	-	-
Une déchetterie moins bruyante, mieux végétalisée	150 000	1193	-	+
Mail(s) en vert : améliorons les mails Huchart (...)	130 000	629	-	+
Confort dans les maternelles De Maistre (...)	120 000	649	-	-
Améliorons la circulation piétonne rue de l'Evangile	100 000	641	-	+
Des couleurs éclatantes à la Goutte d'Or (..)	100 000	1566	+	+
+ 14 autres projets	572 000	~10000	+1	+13

59%  
du  
budget

18ème arrondissement, 2018

# Budget participatif : pas si simple

Comment évaluer une méthode de budget participatif :

- ▶ formats possibles des bulletins : approbations, classements ou évaluations ? Comment concilier simplicité et expressivité ?
- ▶ comment concilier efficacité et équité vis-à-vis des groupes (représentation proportionnelle) ?

# Allocation de ressources médicales en tension

Comment allouer des respirateurs artificiels lorsque la demande dépasse l'offre ? (Et comment allouer des vaccins ?) Quatre grands principes :

1. **utilitarisme** : maximiser la somme des satisfactions individuelles (bien-être social).
  - 1.1 maximiser l'espérance du nombre de vies sauvées
  - 1.2 maximiser l'espérance du nombre d'années de vie sauvées
2. **égalitarisme *ex ante*** : mêmes chances d'accès *a priori* aux ressources
  - 2.1 premiers arrivés, premiers servis
  - 2.2 tirer au hasard les patients bénéficiaires
3. **récompense et mérite** : par exemple privilégier les personnels de santé. Deux interprétations :
  - ▶ récompenses pour actions passées ou à venir
  - ▶ maximisation de la valeur instrumentale
4. **égalitarisme *ex post***, ou compensation : privilégie les patients qui sont les plus à plaindre, notamment les plus jeunes (qui auraient les vies les plus courtes s'ils mouraient de la maladie).

# Allocation de ressources médicales en tension

Comment allouer des respirateurs artificiels lorsque la demande dépasse l'offre ? (Et comment allouer des vaccins ?) Quatre grands principes :

1. utilitarisme
2. égalitarisme *ex ante*
3. récompense et mérite
4. égalitarisme *ex post*

- ▶ comment agréger les quatre principes ?
- ▶ qui décide de la façon de les agréger ?
  - ▶ les médecins ?
  - ▶ l'État ?
  - ▶ les citoyens ?
- ▶ apprentissage de préférences sociétales ?
  - ▶ pour les greffes de rein : Freedman, Schaich Borg, Sinnott-Armstrong, Dickerson, Conitzer : Adapting a kidney exchange algorithm to align with human values. *Artif. Intell.* (2020)
  - ▶ pour le problème du trolley (→ voitures autonomes) : Awad, Dsouza, Bonnefon, Shariff, Rahwan : Crowdsourcing moral machines. *Commun. ACM* 63(3) : 48-55 (2020)



# Partage équitable d'objets indivisibles

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
<i>Ann</i>	1	1	0	1	0
<i>Bob</i>	1	1	0	1	0
<i>Charles</i>	0	0	1	0	1

Propriétés d'une allocation :

**absence d'envie** aucun individu ne préfère la part d'un d'autre à la sienne  
**efficacité** il n'est pas possible de satisfaire chaque individu au moins aussi bien et au moins un individu strictement mieux

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
<i>Ann</i>	1	1	0	1	0
<i>Bob</i>	1	1	0	1	0
<i>Charles</i>	0	0	1	0	1

- ▶  $[a|bc|de]$  : sans envie mais pas efficace
- ▶  $[a|bd|ce]$  et  $[ab|d|ce]$  : efficaces mais pas sans envie
- ▶ etc.
- ▶ ici, aucune allocation n'est à la fois efficace et sans envie

## Partage équitable d'objets indivisibles

- ▶ pour chaque individu  $i$ , la valeur *maximin fair share* de  $i$  est la valeur qu'il donne à la pire part de la meilleure partition possible

$$\text{MaxMinFS}(i) := \max_{\pi} \min_j u_i(\pi(j))$$

	$a$	$b$	$c$	$d$
$Ann$	10	5	7	0
$Bob$	9	6	7	2

- ▶  $\text{MaxMinFS}(Ann) = 10$
- ▶  $\text{MaxMinFS}(Bob) = 11$

	$a$	$b$	$c$	$d$
$Ann$	10	5	7	0
$Bob$	9	6	7	2

- ▶  $\pi$  satisfait la propriété de *maximin fair share* si chaque individu obtient au moins sa valeur maximin fair share.
- ▶  $[bc|ad]$  est maximin fair share et efficace (mais pas sans envie)
- ▶ pour des préférences additives, absence d'envie  $\Rightarrow$  maximin fair share

# Vote en-ligne (ou pas)

Trois mécanismes de vote :

1. **scrutin majoritaire à deux tours** (“plurality with runoff”)
2. **Borda** : chaque électeur classe tous les candidats (il y en a  $m$ ). Son vote donne  $m - 1$  points au candidat qu’il classe premier,  $m - 2$  à celui qu’il classe second, etc.
3. **vote unique transférable (STV)** : chaque électeur classe tous les candidats ; puis :

## Repéter

- ▶  $x :=$  candidat classé premier le moins souvent ;
- ▶  $x$  est éliminé de tous les votes  
{les votes pour  $x$  sont transférés au candidat préféré parmi ceux qui n'ont pas été éliminés }

**Jusqu'à** ce qu'un candidat soit classé premier dans une majorité de votes.

# Vote en-ligne (ou pas) : propriétés normatives

Un exemple important : **résistance au clonage de candidats**

- ▶ scrutin majoritaire à deux tours :

48	$abc$	24	$aa'bc$
27	$bac$	24	$a'abc$
25	$cab$	27	$baa'c$
		25	$caa'b$
<hr/>		<hr/>	
finalistes $a, c$		finalistes $b, c$	
vainqueur $a$		vainqueur $b$	

Mais 75 voters préfèrent  $a$  (et  $a'$ ) à  $b$ ...

- ▶ Borda : également vulnérable au clonage, mais dans une moindre mesure
- ▶ STV : résistant au clonage

# Vote en-ligne (ou pas) : communication, simplicité, explicabilité

- ▶ scrutin majoritaire à deux tours :
  - ▶ simple à comprendre ;
  - ▶ faible coût de communication : chaque votant envoie  $\log m$  bits au premier tour et un bit au second tour
- ▶ Borda : un seul tour, chaque votant envoie  $O(m \log m)$  bits.
- ▶ STV :
  - ▶ version à  $m - 1$  tours ; compliquée à mettre en œuvre
  - ▶ version à un seul tour : chaque votant envoie  $O(m \log m)$  bits
  - ▶ ni vraiment simple ni vraiment compliqué
  - ▶ Australie, Irlande