



UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

M1 INFORMATIQUE - RECHERCHE

*GitHub*

RAPPORT

---

# Comparaison des vainqueurs d'élections avec différents modes de vote

---

*Élèves :*

Nathan GRIMAULT

Rémi MICHALLON

Léo GONDOUIN

Mathis GOURRET

*Enseignant :*

Antoine ROLLAND

16 janvier 2023

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Problématique</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Étude de l’art</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Électeurs et candidats</b>	<b>3</b>
4.1	Calculer des préférences . . . . .	3
4.2	Données . . . . .	4
4.3	Distributions . . . . .	4
4.4	Échiquier Politique . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Solutions</b>	<b>7</b>
5.1	Méthodes . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Résultats</b>	<b>10</b>
6.1	Différences de résultats entre les distributions . . . . .	10
6.2	Résultats bêta trop homogènes . . . . .	11
6.3	Classification . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Bibliographie/Webographie</b>	<b>12</b>

# 1 Introduction

Lors notre premier semestre de Master 1 Informatique, nous avons eu pour objectif d'effectuer un travail de recherche . Intrigués par la simulation et la comparaison de méthodes de vote, nous avons alors choisi le sujet sans pour autant réellement connaître la complexité du travail attendu .

En effet avant la découverte de ce domaine de recherche, nous ne connaissions que très peu de méthodes de votes et nous n'avions pas une réelle idée de l'importance du sujet. Pour aucun d'entre nous il n'était aisé d'entrevoir d'autres modes de scrutins, il nous paraissait instinctif de supposer que le scrutin uninominal à deux autres était admis partout a travers le monde.

Suite à de rapides recherches nous avons été surpris de l'engouement persistant autour de cette recherche d'une méthode idéale et nous nous sommes rapidement intéressés à ce sujet qui revêt non seulement un aspect juridique mais également un aspect communautaire et social indiscutable .

Trouver la méthode de vote la plus efficace n'est pas une chose simple à faire, il s'agit d'un débat qui perdure depuis plusieurs centaines d'années. Il s'agit de trouver un consensus entre plusieurs millions d'électeurs, qui ont chacun leurs propres convictions. Cependant certaines caractéristiques dégradent cette synthèse, nous pouvons citer le *Spoiler Effect* ,cette propriété est notamment attribuée au scrutin majoritaire uninominale à deux tours, deux candidats similaires voient leurs nombres de voix divisé, les votants ne pouvant alors voter que pour une seule personne, c'est entre deux candidats que le choix se restreint rapidement. Les électeurs ont connaissance de ce mécanisme et ne votent donc plus par conviction mais par stratégie. En votant pour le candidat de leur bord qui a le plus de chance de gagner l'élection, ils procéderont à un vote utile.

La notion démocratique élection, qui stipule que chacun puisse pleinement exprimer ses convictions est alors impactée.

C'est pour cela que depuis deux cents ans, avec les travaux de Condorcet et Borda, le domaine est beaucoup étudié et de nombreux chercheurs travaillent sur les méthodes de votes ainsi que sur la comparaison de leurs caractéristiques.

## 2 Problématique

Notre tâche, en tant qu'étudiant en informatique, consistait donc à créer un outils permettant de générer des situations de votes, par la création de votants et de candidat dans le but de simuler l'opinion politique des électeurs puis d'analyser et de comparer les résultats de différentes méthodes de votes par rapport à ces situations.

On peut donc se poser la question :

**A travers quel critère établir une classification entre différentes méthodes de votes ?**

## 3 Étude de l'art

Au XVIII<sup>e</sup> siècle un débat a vu le jour entre deux méthodes de vote. La méthode formalisée par Jean-Charles de Borda est un système à vote par points dont le modèle a existé jusqu'à l'an 105 par le sénat romain qui est opposée à la méthode de vote de vote initiée par Nicolas de Condorcet, celui-ci estime que « si un choix est préféré à tout autre par une majorité ou une autre, alors ce choix doit être élu ». Cette méthode de Condorcet vient affirmer que le vainqueur est le candidat qui gagnera l'ensemble de ses duels. L'opposition de ces deux méthodes a alimenté les débats accentuant l'engouement autour de la recherche d'une meilleure méthode de vote.

Nous avons lu "Comment être élu à tous les coups ? Petit guide mathématique des modes de scrutin", il s'agit d'un livre écrit par Jean-Baptiste Aubin et Antoine Rolland, ce livre synthétise et explique de nombreuses méthodes de vote, de plus un aspect historique permet de comprendre les différentes évolutions sociétales .

Voting Procedures for Electing a Single Candidate Proving Their (In)Vulnerability to Various Voting Paradoxes, édition 2018, Dan S. Felsenthal, il s'agit d'un livre plutôt scolaire à destination d'un public averti, il est assez complexe et détermine les différents paradoxes (notamment de Condorcet) dans des cas particuliers.

Une **étude** sur différentes méthodes de vote s'appliquant aux élections de 2017 a été menée par l'équipe « Voter Autrement ». Leurs résultats sont basés sur un échantillon de 37739 votants questionnés sur les 11 candidats de 2017, avant que l'élection ne se déroule. Le groupe de recherche s'est également intéressé aux élections de 2022, cependant l'échantillon de votants est 30 fois moins élevé. En portant un intérêt aux résultats, nous avons pu discerner la différence entre des données de recherche brutes et des données corrigées. Dans cette étude les données ont été corrigées en comptabilisant uniquement les électeurs qui avaient répondu à une question en particulier.

Nous étudierons différentes méthodes de votes dans le but de les comparer aux résultats présentés par cette étude.

## 4 Électeurs et candidats

### 4.1 Calculer des préférences

La première tâche pour générer des situations de votes était de simuler des électeurs et des candidats. Après quelques recherches et discussions, nous avons vu qu'il était possible de placer son opinion politique dans un **Échiquier Politique** (ou Political Compass en anglais), si cela est possible pour nous, humains, alors pourquoi ne pas faire de même avec l'opinion de nos électeurs et candidats ?

Nous avons donc eût l'idée de créer un échiquier politique où l'opinion des électeurs et le positionnement politique des candidats par rapport à leur bord est représenté par un point et donc par des coordonnées dans un ensemble  $[-1, 1]$ .

En considérant que, plus un point électeur est proche d'un candidat, plus il se rapproche de ses idées, nous avons utilisé la **distance euclidienne** comme moyen de déterminer les préférences de vote de chaque électeur parmi les candidats.

$$d = \sqrt{|x - x'|^2 + |y - y'|^2}$$

Soit l'opinion d'un électeur E de coordonnées (0.5, - 0.3), ainsi qu'un candidat C de coordonnées (0.8, 0.4), la distance est donc égale à :

$$d(E, C) = \sqrt{|0.5 - 0.8|^2 + |-0.3 - 0.4|^2}$$

Alors la distance qui sépare ces deux points est de :

$$d(E, C) = 0.76$$

Ainsi nous pouvons déterminer pour chaque électeur quels sont les candidats les plus proche graphiquement et donc politiquement pour en déduire ses préférences.

## 4.2 Données

Pour placer nos candidats dans notre échiquier politique, nous nous sommes inspirés d'échiquier politique existants, présent sur des sites ou subreddits spécialisés tel que :

- [r/PoliticalCompass](#)
- [politicalcompass.org](#)

En prenant pour base de simulation l'échiquier politique des élections présidentielles françaises de 2022, cela veut dire que pour la création des simulations, les candidats restent fixes, seulement les électeurs sont régénéré à chaque nouvelle simulation.

## 4.3 Distributions

Afin de générer la position des d'électeurs dans l'échiquier, nous sommes penché sur différentes lois :

- Uniforme
- Normale
- Bêta

Le but étant de simuler des élections, et de tester des méthodes de votes, il était primordiale de trouver une distribution permettant de bien retranscrire la réalité. Nous savons que dans la majorité des cas la majorité des électeurs se trouve autour de la partie centrale et que les extrêmes sont peu nombreux.

Nous avons commencé par implémenter la loi uniforme .

Rapidement nous avons pu observer que ce n'est pas représentatif de la réalité, générer des coordonnées qui suivent une loi uniforme n'était donc pas adapté à notre recherche.

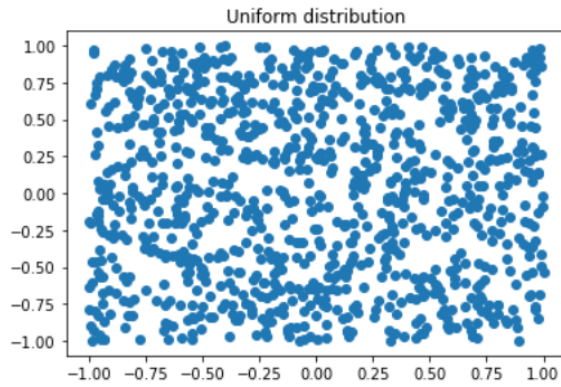


FIGURE 1 – Distribution Uniforme

Nous avons par la suite établie une loi normale :

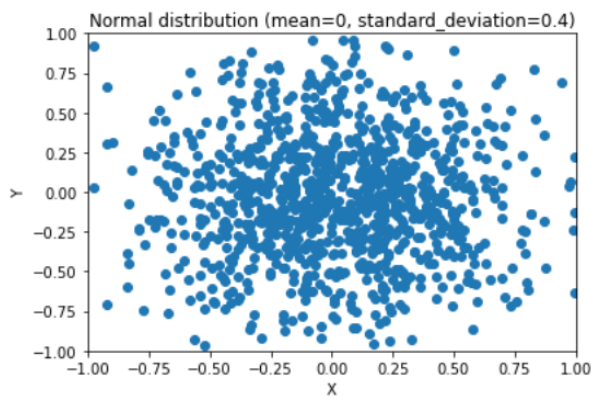


FIGURE 2 – Distribution Normale

Cette distribution, avec les bons paramètres est beaucoup plus adaptée à nos recherches, la majorité des électeurs se trouve aux alentours du centre, et les grands extrêmes dans les coins ou au bord du graphique sont peu fréquents.

Après quelques recherches, nous avons testé la loi Bêta, c'est celle-ci que nous avons retenus.

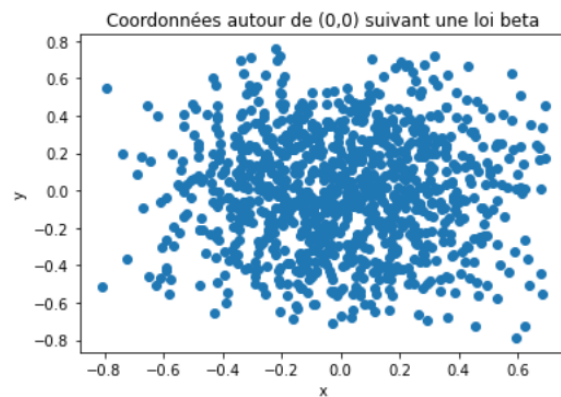


FIGURE 3 – Distribution Bêta, alpha et beta = 5

Assez proche de la loi normale, c'est celle qui, de notre point de vue et avec les bons paramètres, représente le mieux la position politique des électeurs dans une population.

## 4.4 Échiquier Politique

En concaténant toutes nos données, les coordonnées des candidats et ceux des électeurs suivant une loi bêta, nous avons obtenu un grand échiquier politique qui nous servira à déterminer le résultat de chaque méthode de vote.

Chaque électeurs est représenté par un point *bleu*, et chaque candidat par une croix *rouge*

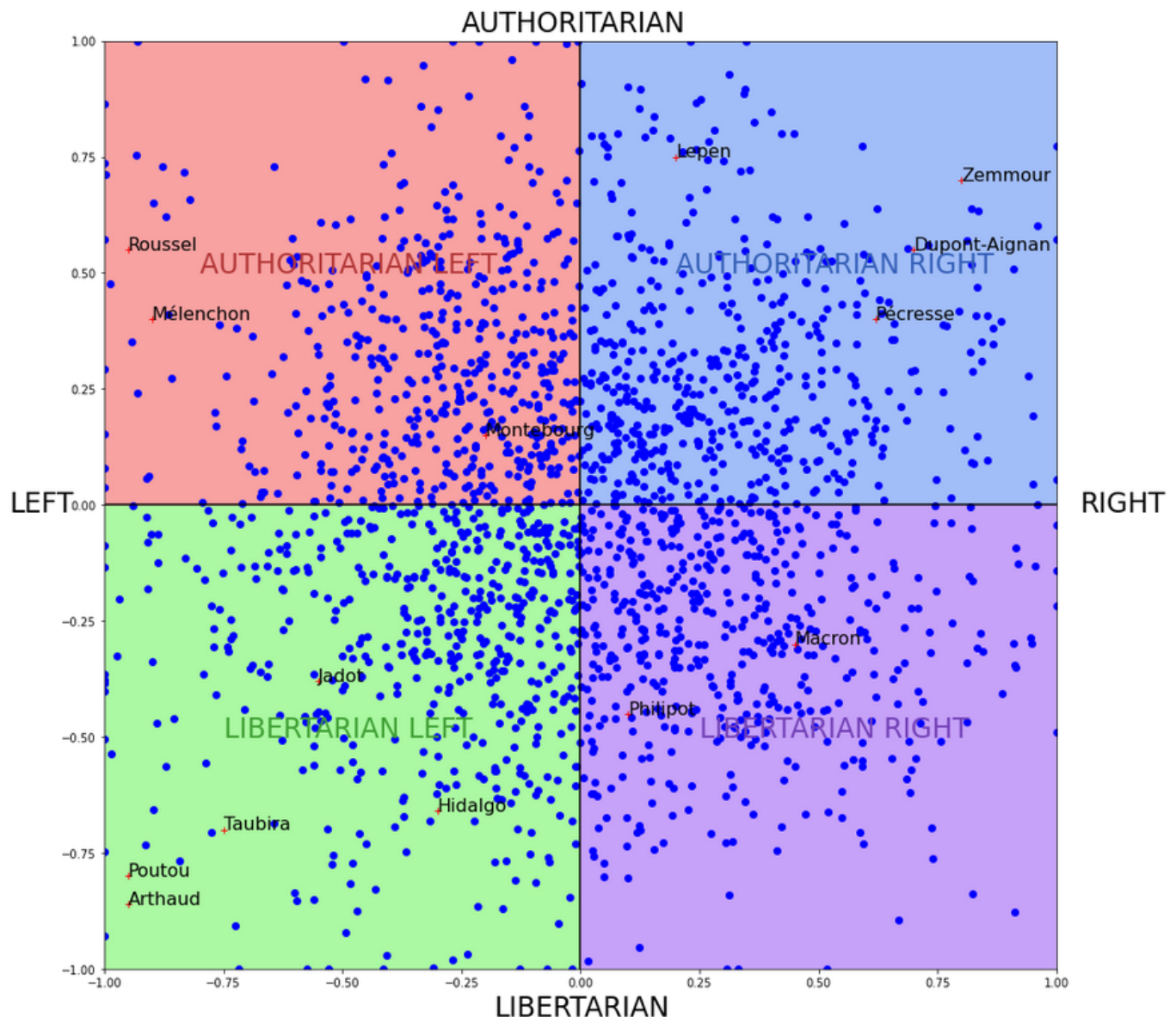


FIGURE 4 – Échiquier Politique avec 14 candidats et 2000 électeurs

L'axe des abscisses représente le niveau d'intérêt économique, plus un candidat est à droite plus son programme porte sur l'aspect économique du pays, plus il est à gauche



moins l'aspect économique est une préoccupation majeure. L'axe des ordonnées représente l'aspect social abordé dans le programme du candidat, ainsi plus le candidat est placé sur la partie supérieure de l'ordonnée, plus son programme vise des aspects sociaux. Les candidats de bord de gauche sont sur la partie gauche et les candidats du bord de droite plus à droite. Plus un candidat est proche d'une bordure extérieure moins il est convaincu par l'axe qui s'y réfère.

Par exemple Mr Poutou est très proche de la bordure extérieure gauche, si nous nous référons à l'axe de abscisse, son programme se soucie très peu des aspects économiques, en revanche l'aspect social est une réelle préoccupation pour un potentiel mandat.

Nous remarquons également que la majorité des votants sont concentrés sur la zone centrale, il semblerait qu'ils soient majoritairement soucieux de manière équilibrée des aspects économiques et sociaux, en théorie les partis centristes devraient alors être avantagés.

## 5 Solutions

### 5.1 Méthodes

Afin de mener à bien nos recherches, plusieurs méthodes de votes ont été programmées :

- La méthode de Condorcet

Nous avons ensuite mis en place nos différentes méthodes de vote, en commençant par la méthode de vote de Condorcet. Cette méthode de vote confronte l'ensemble des candidats sous forme de multiples duels, le candidat qui gagnera l'ensemble de sa confrontation sera élu vainqueur de Condorcet.

Dans notre cas le vainqueur de Condorcet est Mr Montebourg, il s'agit du candidat de gauche le plus proche du centre. Notre représentation graphique semble donc confirmer nos premières intuitions.

- La méthode de Borda La méthode de vote de Borda est une méthode de vote par classement, assez similaire à la méthode par notation en son application. Le votant classe les différents candidats en fonction de ses préférences, plus le candidat sera classé haut dans la liste plus l'électeur sera convaincu par ses engagements et plus sa note sera élevée. Nous avons alors implémenté cette méthode de manière à ce que plus le candidat soit proche de l'électeur, plus sa place dans la liste est haute.

```
Résultats => {'Montebourg': 10416, 'Philipot': 9489, 'Jadot': 9205, 'Macron': 8764, 'Pécresse': 8530, 'Hidalgo': 8510, 'Lepen': 7962, 'Mélenchon': 7241, 'Dupont-Aignan': 7157, 'Taubira': 6947, 'Roussel': 6012, 'Zemmour': 5616, 'Poutou': 5063, 'Arthaud': 4088}
```

```
Gagnant : Montebourg
```

```
La méthode de Borda élit le vainqueur de Condorcet : ( Montebourg )
```

FIGURE 5 – Méthode de vote de Borda avec 14 candidats et 1000 votants

Nous remarquons une nouvelle fois que le vainqueur de cette méthode et pour ce nombre de candidats est également notre vainqueur de Condorcet.

- Le scrutin majoritaire uninominal à deux tours

Nous avons poursuivi avec l'implémentation d'une méthode de vote uninominal à

deux tours. Il s'agit de la méthode de vote utilisée en France et dans de nombreux pays occidentaux, plusieurs candidats se présentent, cependant chaque votant ne peut voter que pour un seul et unique candidat.

Le second tour est une ultime confrontation entre les deux candidats ayant perçus le plus de voix. Nous avons dans un premier temps appliqué cette méthode de vote à un échantillon de 1000 votants pour 14 candidats.

```

résultats 1er tour =>
{'Macron': 158, 'Lepen': 128, 'Montebourg': 117, 'Pécresse': 96, 'Jadot': 86, 'Hidalgo': 84, 'Philipot': 76, 'Mélenchon': 75, 'Roussel': 61, 'Zemmour': 47, 'Taubira': 34, 'Dupont-Aignan': 26, 'Poutou': 7, 'Arthaud': 5}

résultats 2eme tour =>
{'Macron': 562, 'Lepen': 438}

Gagnant du vote uninominal à 2 tours : Macron avec 56.2 %

```

FIGURE 6 – Méthode de vote uninominal à 2 tours avec 14 candidats et 1000 votants

Comme le démontre ce résultat le vainqueur est Emmanuel Macron face à Marine Le Pen, celui-ci a obtenu 56 % des voix.



CANDIDAT	SCORE
 <b>Emmanuel MACRON</b> La République en marche	<b>58,55 %</b> 18 768 639
 <b>Marine LE PEN</b> Rassemblement national	<b>41,45 %</b> 13 288 686

FIGURE 7 – Résultat du second tour de 2022

Cette ultime simulation est assez proche des résultats de 2022 en termes de pourcentage. Nous estimons alors que notre représentation de l'électorat avec un nombre de représentants moins important est plutôt en adéquation avec la réalité.

- Le scrutin majoritaire uninominal à un tour  
Le vote uninominal à un tour, renvoie à des résultats différents du vote à un tour, en effet dans ce cas c'est Mr Montebourg qui est vainqueur, nous pouvons en conclure que le nombre de tour a un réel impact sur les résultats finaux.  
Notre implémentation vise à faire en sorte que le vote des électeurs soit en fonction

```

résultats 1er tour =>
{'Montebourg': 145, 'Philipot': 85, 'Macron': 79, 'Pécresse': 46, 'Jadot': 42, 'Lepen': 33, 'Hidalgo': 31, 'Mélenchon': 21, 'Dupont-Aignan': 7, 'Roussel': 6, 'Zemmour': 3, 'Taubira': 2}

Gagnant du vote uninominal à 1 tour: Montebourg avec 29.0 %

```

FIGURE 8 – Scrutin uninominal à un tour

du candidat le plus proche de sa position.

— Le vote par approbation

La méthode de vote par approbation en un tour consiste à laisser au votant la possibilité de voter pour plusieurs candidats, il peut voter pour l'ensemble des candidats mais également pour aucun.

```
{'Macron': 283, 'Philipot': 281, 'Pécresse': 271, 'Montebourg': 236, 'Jadot': 196, 'Lepen': 196, 'Hidalgo': 195, 'Du pont-Aignan': 192, 'Mélenchon': 151, 'Roussel': 137, 'Taubira': 133, 'Zemmour': 93, 'Poutou': 74, 'Arthaud': 46}
```

```
Gagnant(s) du vote par approbation: Macron  
La méthode par approbation n'élit pas le vainqueur de Condorcet ( Montebourg )
```

FIGURE 9 – Vote par approbation à 1 tour avec 14 candidats et 1000 votants

Cette méthode de vote a une nouvelle fois sorti Mr Macron en tant que gagnant, cependant il n'y a que 2 votes d'écart avec Mr Philippot qui arrive en seconde place. Le vainqueur de Condorcet, Mr Montebourg n'est à nouveau pas élu.

— Le vote par élimination successives

Il s'agit ici de tours successifs, à chaque tour le candidat qui obtient le moins de voix est éliminé.

La distance euclidienne est convertie en note, ce qui détermine un classement, plus un candidat sera proche, plus l'appréciation du votant sera élevée

Ensuite notre code prend en compte l'élimination du dernier candidat et calcul les nouvelles préférences en fonction du nouveau candidat le plus proche.

— Le jugement majoritaire

Le jugement majoritaire est entre la méthode de Borda et la méthode de vote par notation, l'électeur pourra attribuer une appréciation.

Nous avons implémenté cette méthode de vote en attribuant à la distance entre un électeur et un candidat une appréciation. Par exemple lorsque le votant sera à une distance inférieure ou égale à 0.2, nous estimons qu'il attribuera la mention "excellent" soit premier dans son classement personnel et pour une distance supérieure à 1.4 il estimera que la candidat est trop loin de ses convictions politiques et lui attribuera la mention "A rejeter".

— Le vote à la moyenne

Cette méthode consiste à faire une moyenne des distances entre un candidats et les électeurs.

Nous avons estimé qu'une distance inférieure ou égale à 0.05 donnait une note de 10/10 et qu'une distance supérieure à 1.6 donnait une note de 0/10.

L'ensemble des distances a donc été traduit en note puis en moyenne, ce qui nous a permis d'établir un classement en fonction de la meilleure moyenne.

— Le vote de Copeland

Cette méthode est une variante de la méthode de vote par Condorcet.

Il s'agit ici de compter le nombre de duels que remporte chaque candidat celui qui

a le plus de victoire remporte les élections.

Nous avons récupéré les distances des votants en fonction du candidat, le candidat le plus proche remporte donc la voix du candidat, par la suite nous avons fait la somme de l'ensemble des victoires de chaque candidat, ainsi le candidat qui cumule le plus de victoire est élu.

## 6 Résultats

Notre programme génère automatiquement les résultats de toutes les méthodes de votes implémentées pour des nombres de candidats allant de 2 à 14 et des nombres d'électeurs allant de 10 à 10 000. Ce qui permet de comparer plus facilement les méthodes de votes entre-elles et si ils changent en fonction du nombre de candidats ou de votants. Ces fichiers générés sont disponibles dans le répertoire `/output_results` du dépôt GitHub.

### 6.1 Différences de résultats entre les distributions

Lors de nos expérimentations, nous avons remarqué que les différences de résultats entre les différentes distribution étaient importantes. Notamment que pour des électeurs placés selon une loi uniforme, souvent il n'y a pas de vainqueur de Condorcet et les opinions étant très dispersés, les résultats le sont plus que pour d'autres distributions.

nCandidates:	8						10						12			
nVoters:	10	50	100	500	1000	10000	10	50	100	500	1000	10000	10	50	100	500
Methods																
Condorcet	Montebourg	None	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	None	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	None	Montebourg	Montebourg
Uninomial 1 tour	Montebourg	Macron	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Macron	Macron	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Macron	Macron	Macron	Macron
Uninomial 2 tours	Montebourg	Macron	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Pécresse	Macron	Macron	Macron	Macron	Jadot	Pécresse	Macron	Macron	Macron
Approbation	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Lepen	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Borda	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Éliminations successives	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Jadot	Jadot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Jadot	Montebourg
Jugement Majoritaire	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg
Vote à la moyenne	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Vote de Copeland	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg

FIGURE 10 – Tableau de résultats avec loi uniforme

Pour des électeurs placés selon une loi bêta, le même vainqueur revient plus souvent, l'opinion des électeurs étant centré vers l'origine, les préférences de chaque votants se tournent alors vers dans candidats plus proche du centre.

nCandidates:	8						10						12			
nVoters:	10	50	100	500	1000	10000	10	50	100	500	1000	10000	10	50	100	500
Methods																
Condorcet	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Uninomial 1 tour	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Uninomial 2 tours	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Approbation	Pécresse	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Borda	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Éliminations successives	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Macron	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Jugement Majoritaire	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Vote à la moyenne	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Vote de Copeland	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg

FIGURE 11 – Tableau de résultats avec loi bêta

Une autre chose aussi, c'est que plus le nombre de votants est grand plus les résultats des différentes méthodes de votes est probable de s'accorder ensemble sur un même centriste. Alors que lorsque que nombre n'est que peu élevé, on a davantage de chance d'avoir des vainqueurs qui ne sont pas des centristes. On peut facilement l'expliquer car les candidats centristes ont la moyenne de distance euclidienne avec tous les électeurs la

moins élevée par rapport aux autres candidats. Lorsque le nombre d'électeurs est donc plus élevée, plus le consensus entre tous les électeurs a beaucoup plus de chance d'être un candidat au centre de l'échiquier.

Ce consensus est aussi appelé vainqueur de Condorcet or nous pouvons voir que toutes les méthodes ne s'accordent pas à élire dans chacun des cas le vainqueur de Condorcet.

## 6.2 Résultats bêta trop homogènes

Pour remarquer ces différences nous avons privilégié les résultats qui ont été généré avec des électeurs suivant une loi uniforme, car il même si cela est moins représentatif de la réalité, il est beaucoup plus facile de remarquer des différences de résultats entre des méthodes quand les électeurs sont moins centrés sur l'origine de l'échiquier.

nCandidates:	2						4						6			
nVoters:	10	50	100	500	1000	10000	10	50	100	500	1000	10000	10	50	100	500
Methods																
Condorcet	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Uninomial 1 tour	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Uninomial 2 tours	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Approbation	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Borda	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
éliminations successives	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Jugement Majoritaire	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Vote à la moyenne	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg
Vote de Copeland	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Jadot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Philipot	Montebourg	Montebourg	Montebourg	Montebourg

FIGURE 12 – Résultats identiques avec une loi bêta

Les résultats des différentes méthodes de votes avec la loi bêta ont tendance à être très identiques, donc cela devient compliqué de déterminer des similarités selon les résultats quand ils sont presque tous identiques. Bien sûr ce n'est pas toujours le cas mais dans une majorité ça l'est.

## 6.3 Classification

Après avoir effectué suffisamment de simulations et en analysant les résultats, nous avons pu trouver des similitude entre des méthodes, certaines élisent le même vainqueur. Par exemple ce que l'on peut voir dans la figure 10, où le scrutin majoritaire uninominal à un et deux tours élisent plusieurs fois le même candidat tandis que les autres méthodes en élisent un autre, ceci se produit très souvent pour ces deux méthodes, même lorsque le nombre de votants est élevé, le vainqueur de Condorcet est plus rarement élu (environ 50% des cas ).

Le vote à éliminations successives aussi à très souvent cette propriété et élit le même vainqueur que les scrutins majoritaires uninominaux, sauf dans les cas où il y a beaucoup d'électeurs ou très peu, le plus souvent il élit le vainqueur de Condorcet.

En revanche, les méthodes de votes qui donnent les meilleurs résultats, c'est à dire basés sur le vainqueur de Condorcet, sont le vote à la moyenne, le Jugement Majoritaire et le vote de Copeland.

Nous avons essayé de classer les méthodes de vote en fonction de leur efficacité, en fonction de leur habilité à rejoindre le résultat de la méthode de Condorcet.

Cette classification a été créée à partir de simulations effectuées avec un nombre allant de 10 à 10 000 votants et entre de 2 à 14 candidats.

Classification		
Méthode	% Vainqueur Condorcet	Classement
Vote à la moyenne	93%	1
Jugement Majoritaire	91%	2
Vote de Copeland	90%	3
Approbation	89%	4
Borda	87%	5
Élimination Successives	75%	6
SM Uninominal à 2 tours	70%	7
SM Uninominal à 1 tour	66%	8

## 7 Conclusion

En conclusion, même si, selon Kenneth Arrow, prix Nobel d'économie, *"le mode de scrutin parfait n'existe pas"*, nous avons pu grâce à nos recherches, simuler des élections, selon un nombre d'électeurs et de candidats variables, catégoriser les méthodes de votes selon le taux de d'élection du vainqueur de Condorcet. Nous avons également pu observer de grandes différences entre plusieurs distributions de points et donc des résultats différents.

Ce projet d'initiation à la recherche nous a appris qu'il n'existait pas qu'une seule et unique méthode de scrutin et que déterminer une méthode de vote plus égalitaire et représentative des opinions d'une majorité était envisageable.

Nous ne savons toujours pas Comment être élu à tous les coups cependant nous estimons que certaines méthodes de votes se valent plus que d'autres.

## 8 Bibliographie/Webographie

- Système électoral
- Vote par approbation, vote par note
- Un autre vote
- Political compass
- "Comment être élu à tous les coups? Petit guide mathématique des modes de scrutin", par Jean-Baptiste Aubin et Antoine Rolland
- "Voting Procedures for Electing a Single Candidate Proving Their(In)Vulnerability to Various Voting Paradoxes", édition 2018, Dan S. Felsenthal
- "Simulations in Models of Preference Aggregation", par Mostapha Diss and Eric Kamwa
- "A Note on Data Simulations for Voting by Evaluation", par Antoine Rolland, Jean-Baptiste Aubin , Irène Gannaz and Samuela Leoni