UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

APPRENTISSAGE ET COMPLEXITÉ DES SYSTÈMES DE VOTE : UNE ANALYSE EXPÉRIMENTALE

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

ANNABELLE FOURNIER

AOÛT 2024

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mes directeurs de recherche, Arnaud Dellis et Sabine Erika Kröger, pour leur générosité, leur présence, leur disponibilité, le temps précieux qu'ils m'ont consacré, et l'accompagnement qu'ils m'ont offert tout au long de ce projet. Leur patience et la richesse de leurs enseignements m'ont été d'une aide incommensurable dans l'accomplissement de ce mémoire.

Je suis également infiniment reconnaissante envers mon mari et meilleur ami, Vincent Boulay, pour sa patience inébranlable, sa tolérance, son acceptation sans faille et son soutien indéfectible tout au long de mes études. Un merci particulier à mon ami et collègue, Christophe Barrette. Les centaines d'heures de *brainstorming* et de discussions sur une panoplie de sujets économiques que nous avons eu ont grandement enrichi mon expérience académique. Ta capacité à me rappeler l'importance des pauses a été un soutien crucial dans les moments les plus intenses de notre parcours.

Je remercie le Conseil de recherche en sciences humaines du Canada (CRSH) pour son soutien financier essentiel à la réalisation de ce projet. Mes remerciements vont également à mes directeurs de recherche, Arnaud Dellis et Sabine Erika Kröger, pour leur aide financière tout au long de ma maîtrise. Je suis tout aussi reconnaissante pour la Bourse Robert-Robillard, ainsi que pour la bourse Hélène et Jean-Louis-Tassé obtenues à travers la Fondation de l'UQÀM. Ce soutien financier a joué un rôle clef dans la facilitation de mon projet de mémoire.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES iv

LISTE DES TABLEAUX v

RÉSUMÉ vii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I REVUE DE LITTÉRATURE 8

CHAPITRE II CADRE EXPÉRIMENTAL 13
2.1 Description de l'expérience 13
2.2 Déroulement des séances en laboratoire 17

CHAPITRE III RÉSULTATS 23
3.1 Comportements agrégés 24
3.1.1 Comportements de vote 24
3.1.2 Apprentissage entre les essais 30
3.1.3 Changement de bulletins 35
3.1.4 Apprentissage d'une situation à l'autre 39
3.1.5 Transfert d'apprentissage 41
3.2 Comportements individuels 46
3.2.1 Changement de bulletins 47
3.2.2 Vote optimal 57

CONCLUSION 68

ANNEXE A Gains espérés et probabilités d'élection selon les heuristiques 71

ANNEXE B Coefficients des contrôles des modèles probit sur le changement de bulletin entre les essais 73

ANNEXE C Résultat des élections selon les bulletins optimal et non optimal 76

ANNEXE D Modèles probits sur le vote optimal au premier essai . . 77

ANNEXE E Questionnaires de l'expérience 81

Bibliographie 86

LISTE DES FIGURES

Figure Page

2.1 Exemple d'un écran de vote 19
2.2 Exemple d'un écran de résultats : Borda 20
2.3 Exemple d'un écran de résultats : Vote préférentiel 20

E.1 Questionnaire I : Informations générales sur le participant 81
E.2 Questionnaire II : Berlin Numeracy Test - Question 1 81
E.3 Questionnaire II : Berlin Numeracy Test - Question 2 82
E.4 Questionnaire II : Tolérance au mensonge 82
E.5 Questionnaire III : Tolérance à l'inégalité - Question 1 83
E.6 Questionnaire III : Tolérance à l'inégalité - Question 2 83
E.7 Questionnaire III : Tolérance à l'inégalité - Question 3 84
E.8 Questionnaire IV : Tolérance au risque - Page 1 84
E.9 Questionnaire IV : Tolérance au risque - Page 2 85
E.10 Présentation de la loterie déterminant le gain des participants . . 85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau Page

2.1 Résumé des profils de vote 16
2.2 Statistiques descriptives des variables continues 21
2.3 Statistiques descriptives des variables dichotomiques 22

3.1 Fréquence relative des comportements de vote 25
3.2 Fréquence relative (%) de bulletins optimaux selon l'essai et la règle de vote. 31
3.3 Fréquence relative (%) des heuristiques selon l'essai et la règle de vote. 32
3.4 Changement de bulletin relatif (%) 36
3.5 Distance de Hamming moyenne entre les bulletins du premier et second essai, conditionnellement à avoir changé de bulletin 37
3.6 Changement de bulletin non optimal à optimal et optimal à non optimal (%), selon le nombre de candidats 38
3.7 Fréquence relative (%) de bulletins optimaux selon l'ordre des scénarios de vote 40
3.8 Fréquence relative de bulletins optimaux, selon la règle et la série d'élection. 42
3.9 Fréquence relative des heuristiques de vote, selon la règle et la série d'élections 44
3.10 Coefficients des régressions sur le changement de bulletin de vote . 48
3.11 Effets marginaux moyens des régressions sur le changement de bulletin de vote 49
3.12 Coefficients des régressions sur le vote optimal 57
3.13 Effets marginaux moyens des régressions sur le vote optimal . . . 59

A.1 Gain espéré et probabilité d'élection : Inversion vers le haut . . . 71
A.2 Gain espéré et probabilité d'élection : Conformité 72

B.1 Coefficients des contrôles des régressions sur le changement de bulletin 73
B.2 Effets marginaux moyens des contrôles des régressions sur le changement de bulletin 74

C.1 Fréquence relative (%) des bulletins de vote optimal et non optimal, selon le candidat élu 76

D.1 Coefficients des régressions sur le vote optimal, premier essai . . . 77

D.2 Effets marginaux moyens des régressions sur le vote optimal, premier essai 78

RÉSUMÉ

À travers une analyse approfondie de données expérimentales, mon mémoire explore l'effet de la complexité des règles de vote sur le comportement des électeurs, avec un regard particulier sur l'apprentissage de ces comportements. Plus spécifiquement, je compare les comportements de vote sous deux règles distinctes : le vote préférentiel et la règle de Borda. Celles-ci exigent toutes deux que les participants à l'expérience établissent un classement complet des candidats, mais le mécanisme d'allocation des voix diffère entre elles, le vote préférentiel étant plus complexe que la règle de Borda. Les élections font voter un comité composé du participant et de trois électeurs robots dont l'ensemble des bulletins de vote ont été prédéfinis afin d'assurer que le participant puisse être un électeur pivot, en plus de faire varier les stratégies optimales. Les résultats révèlent que la complexité associée au vote préférentiel constitue effectivement un obstacle à l'apprentissage du comportement de vote optimal par les participants. Ces derniers sont en mesure d'apprendre en répétant une même situation de vote sous les deux règles, bien que cette capacité soit plus prononcée sous la règle de Borda. En outre, j'observe que les participants sont en mesure d'effectuer un apprentissage continu et progressif au travers des situations de vote sous la règle de Borda, alors que cet apprentissage se manifeste uniquement entre le premier et le dernier scénario de vote sous le vote préférentiel. Enfin, les données suggèrent qu'un transfert d'apprentissage s'est produit du vote préférentiel vers la règle de Borda. Cependant, ce transfert ne se produit pas dans l'autre sens, ce qui suggère que la complexité du vote préférentiel peut constituer un obstacle au transfert d'apprentissage d'une règle relativement simple (Borda) vers une règle plus complexe (vote préférentiel).

Mots clefs : Vote préférentiel, complexité, apprentissage, expérience, heuristique.

INTRODUCTION

Les élections jouent un rôle essentiel dans la démocratie en permettant à un électorat de participer activement à la prise de décisions politiques. De manière plus générale, elles jouent un rôle primordial dans différentes formes de choix collectifs. En effet, les élections permettent de combiner les préférences individuelles d'un groupe dans le but de produire un classement sur un ensemble donné de choix sociaux. Ce classement représente donc les préférences collectives du groupe au moment de l'élection. Par exemple, les élections politiques permettent à la population de choisir le prochain gouvernement chargé de définir les politiques publiques, mais elles sont également utilisées dans de nombreux autres contextes non politiques. Notamment, un comité de sélection à l'embauche peut passer au vote pour choisir quel candidat pourvoira un poste vacant, et un conseil d'administration peut voter pour sélectionner un plan parmi plusieurs options qui déterminera l'avenir d'une organisation.

Un des rôles importants des élections est donc d'agréger les préférences d'un groupe donné afin de sélectionner les politiques publiques (ou choix sociaux) qui seront mises en œuvre. Dans ce contexte, l'interprétation des résultats d'une élection est davantage transparente en termes de préférences sociales lorsque les électeurs soumettent un vote qui représente leurs vraies préférences, soit un bulletin de vote sincère. Cependant, un des résultats fondamentaux de la littérature sur le choix social est que toute règle de vote non dictatoriale, c'est-à-dire pour laquelle

aucun électeur ne peut individuellement et systématiquement décider de l'issue de l'élection, est nécessairement vulnérable à la manipulation dès lors qu'il faut choisir entre au moins trois alternatives. Ce résultat est connu comme étant le théorème de Gibbard-Satterthwaite (Gibbard, 1973; Satterthwaite, 1975). Cette manipulation survient lorsqu'au moins un électeur soumet un vote différent de ses vraies préférences dans le but de modifier l'issue de l'élection en sa faveur. D'ailleurs, cette manipulation est considérée comme individuellement optimale lorsqu'elle consiste à soumettre le bulletin de vote maximisant le gain espéré de l'électeur. Ces comportements de vote stratégique induisent des distorsions dans le signal que les élections devraient fournir sur les préférences de l'électorat, ce qui complique l'interprétation des résultats d'une élection pour le décideur public.

Bien que toutes les règles de vote non dictatoriales soient vulnérables à la manipulation, le degré de vulnérabilité diffère selon la règle. Une règle largement reconnue pour sa difficulté inhérente à la manipulation est la règle du vote préférentiel. [1] Cette propriété a d'ailleurs été confirmée à maintes reprises dans la littérature académique (Bartholdi et Orlin, 1991; Van der Straeten *et al.*, 2010; Eggers et Nowacki, 2023). Sous cette règle, l'électeur doit soumettre un classement complet des alternatives sur son bulletin de vote. Le candidat qui obtient une majorité stricte de premières positions dans les bulletins de vote remporte l'élection. Si aucun candidat n'obtient cette majorité, celui avec le moins de premières positions

1. Le vote préférentiel a été utilisé dans certaines provinces du Canada, comme l'Alberta et le Manitoba, pour l'élection des députés provinciaux entre les années 1920 et 1950. Cette règle a également été proposée comme alternative au système de vote à la pluralité des voix lors de la campagne fédérale canadienne de 2015, et dans les années suivant l'élection du premier gouvernement libéral de Justin Trudeau. Les discussions sur cette réforme ont depuis été abandonnées par le gouvernement libéral, bien qu'elles subsistent au sein de certains groupes de pression (entre autres, Fair Vote Canada et Animal Protection Canada). Par ailleurs, le parti libéral du Québec (PLQ) a récemment proposé de considérer la mise en place de ce mode de scrutin pour le Québec. Le vote préférentiel est utilisé dans certains pays pour élire les représentants publics, comme la chambre basse de l'Australie, le président de l'Irlande et en République de Malte.

est éliminé de tous les bulletins soumis. Les candidats qui étaient classés sous ce dernier gagnent donc une position sur les bulletins de vote soumis. Ce processus est répété jusqu'à ce qu'un candidat atteigne la majorité des premières positions. La règle du vote préférentiel présente des mécanismes qui rendent la manipulation plus difficile. En attribuant des positions aux candidats plutôt que d'en choisir un seul, les électeurs doivent exprimer leurs préférences de manière détaillée. Cette caractéristique du bulletin de vote complexifie la tâche de manipuler l'issue de l'élection en altérant simplement un vote, comparativement au vote uninominal. De plus, le processus d'élimination progressive des candidats et de réaffectation des positions constitue un aspect supplémentaire qui rend la manipulation plus complexe.

En contraste, la règle de Borda est une autre règle de vote qui nécessite de soumettre un classement complet des candidats. Le mécanisme d'allocation des voix de cette règle de vote est reconnu pour être substantiellement plus simple que celui du vote préférentiel, ainsi que pour être facilement manipulable (Ludwin, 1978; Felsenthal, 1996; Béhue *et al.*, 2009). Sous cette règle, pour une élection avec N candidats, le candidat classé en première position reçoit N-1 voix, le deuxième reçoit N-2 voix, et ainsi de suite, jusqu'au dernier candidat qui n'en reçoit aucune. Le candidat qui cumule le plus grand nombre de voix remporte l'élection.

Encore peu d'études se sont intéressées à la relation entre la complexité associée aux règles de vote et l'apprentissage des électeurs. C'est dans ce contexte que ce mémoire vise à répondre à la question suivante : comment la complexité de la règle de vote influence-t-elle la capacité des électeurs à apprendre à voter de manière stratégique ? Cette question de recherche est pertinente pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il est essentiel de comprendre les implications comporte-

mentales d'une règle de vote avant de la proposer comme alternative à d'autres modes de scrutin. Plusieurs études ont montré que le vote préférentiel est relativement robuste face à la manipulation, mais peu d'attention a été accordée à l'aspect dynamique de l'apprentissage du comportement stratégique sous cette règle. Ensuite, le choix d'une règle de vote a des répercussions sur le bien-être collectif, car celle-ci influence la sélection des politiques publiques ou, de façon générale, les choix collectifs.

Pour répondre à cette question de recherche, j'ai mené une étude de données provenant d'une expérience en laboratoire. Dans le cadre de cette expérience, les participants ont dû compléter deux séries d'élections en comité composé de quatre membres. Chaque série se déroule sous le vote préférentiel ou sous la règle de Borda. Le comité est composé du participant et de trois électeurs automatisés dont les bulletins de vote ont été prédéterminés afin de composer six scénarios de vote, que j'appellerai *profils*. Ceux-ci ont été déterminés selon deux critères. D'abord, le bulletin soumis par le participant doit pouvoir être pivotal, c'est-à-dire qu'il doit pouvoir modifier l'issue de l'élection. Ensuite, les profils doivent capturer différents types de stratégies de vote optimales. Le participant a pu observer les bulletins de vote des électeurs automatisés avant de soumettre son propre vote ; les élections se déroulent donc dans une structure d'information parfaite.

La structure de l'expérience m'a permis d'analyser directement, et dans diverses situations, les comportements de vote adoptés par les participants. En utilisant une structure d'information parfaite, j'ai pu contrôler le processus de formation des croyances des participants sur le vote des autres électeurs. J'ai comparé dans quelle mesure la complexité de la règle de vote influence la fréquence de bulletins

optimaux soumis par les participants sous le vote préférentiel et sous la règle de Borda. L'expérience permet également d'évaluer la complexité associée à une variation du nombre de candidats à classer.

J'ai d'abord étudié les comportements de vote agrégés à partir des données expérimentales en utilisant des tests non paramétriques. Ces tests statistiques ont l'avantage de ne pas imposer d'hypothèses sur la forme de la distribution des variables dans la population. Les résultats de ces tests indiquent que les participants soumettent plus souvent un bulletin de vote optimal sous Borda que sous le vote préférentiel. De plus, en accord avec l'argument populaire soutenant que la complexité du vote préférentiel incite les électeurs à voter sincèrement, je retrouve que les participants ont plus souvent opté pour un vote sincère lorsqu'il n'était pas optimal de le faire sous le vote préférentiel que sous la règle de Borda. Toutefois, ce comportement de vote ne représente qu'un peu plus d'un cinquième des bulletins de vote soumis au cours de l'expérience sous le vote préférentiel. Plutôt que d'adopter massivement le vote sincère, les participants ont eu recours à des heuristiques de vote en réponse à la complexité du vote préférentiel. Ces heuristiques sont des comportements de vote basés sur un processus de décision simplifié. Les heuristiques identifiées dans ce mémoire sont le vote d'inversion vers le haut, qui consiste à inverser les deux candidats préférés sur le bulletin de vote, et le vote de conformité, qui consiste à soumettre le bulletin de vote le plus similaire à ceux des autres électeurs. [2]

J'ai ensuite étudié l'apprentissage des comportements de vote à l'aide des tests non paramétriques, ainsi qu'avec l'estimation de modèles empiriques. Je sépare

2. Une définition plus rigoureuse de ces heuristiques est présentée dans la section des résultats.

le concept d'apprentissage en trois sous-concepts. D'abord, les participants ont pu apprendre en répétant une même situation de vote. En effet, chaque scénario électoral est répété à deux reprises. Ensuite, les participants ont pu apprendre d'un scénario électoral à l'autre sous une même règle de vote, grâce aux différents profils qu'ils devaient compléter dans une même série d'élections. Finalement, les participants ont dû compléter deux séries d'élections successivement, chacune sous une règle différente. Cette caractéristique de l'expérience permet d'étudier comment les participants ont transféré l'apprentissage d'une règle à l'autre.

Je trouve que les participants sont capables d'apprendre à soumettre le bulletin de vote optimal lorsqu'ils répètent un même scénario de vote. Ce résultat est présent pour les deux règles de vote, bien que son importance soit plus marquée sous la règle de Borda. Malgré cette capacité à apprendre de la répétition d'une situation identique, les participants ne semblent pas en mesure de mobiliser l'expérience acquise lorsque la situation de vote est modifiée sous le vote préférentiel. Ils sont toutefois capables de le faire sous la règle de Borda. Finalement, l'expérience acquise sous le vote préférentiel permet aux participants d'apprendre à voter optimalement sous Borda, tandis que celle acquise sous Borda ne semble pas avoir d'effet sur la performance des participants lorsqu'ils doivent voter sous le vote préférentiel. En somme, les résultats de l'expérience indiquent que l'apprentissage à voter de façon optimale est plus difficile sous le vote préférentiel que sous la règle de Borda.

Les données analysées ont été recueillies dans le cadre du projet « Complexité du Vote » conduit par Arnaud Dellis et Sabine Kröger avec le support financier du Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH) (Dellis et Kröger, 2023). [3]

3. CRSH : 435-2020-1298

Ce mémoire est organisé de la manière suivante : le premier chapitre expose la revue des principaux articles de la littérature pertinente à ma problématique de recherche. Le second chapitre est dédié à la présentation détaillée du cadre expérimental de l'expérience ayant généré les données. Le troisième chapitre se consacre à l'analyse détaillée des résultats obtenus. Finalement, une conclusion résume les résultats principaux et explore des pistes de recherches futures.

CHAPITRE I

REVUE DE LITTÉRATURE

Mon mémoire est étroitement lié à l'article de Van der Straeten *et al.* (2010), qui étudie le rôle de la complexité dans l'adoption de différents comportements de vote. Pour explorer cette relation, les auteurs ont réalisé une expérience en laboratoire où des groupes de 21 ou 63 participants doivent voter à quatre reprises sur un ensemble de cinq candidats sous diverses règles (uninominal à un tour, [4] uninominal à deux tours, [5] vote par approbation [6] et vote préférentiel). Tout comme cet article, je trouve que la complexité de la règle de vote influence les comportements des électeurs. Toutefois, mon mémoire apporte plusieurs contributions significatives à cet article. En plus d'étudier l'adoption des différents comportements de vote, j'investigue comment les différentes sources de complexité affectent l'apprentissage du comportement optimal par les électeurs. J'explore donc un aspect supplémentaire et distinct des comportements de vote. De plus, je profite d'une structure d'information parfaite qui me permet de me concentrer uniquement sur la complexité de calcul liée à la détermination du bulletin de vote optimal, en

4. Les électeurs soumettent un vote pour un seul candidat. Celui qui reçoit le plus grand nombre de voix remporte l'élection.

5. Les électeurs soumettent un vote pour un seul candidat au premier tour. Si un candidat reçoit une majorité stricte des voix, il remporte l'élection. Sinon, les deux candidats en tête passent au deuxième tour et les électeurs votent à nouveau. Le candidat avec le plus grand nombre de voix remporte l'élection.

6. Les électeurs doivent approuver le nombre de candidats qu'ils veulent. Celui avec le plus grand nombre d'approbations remporte l'élection.

éliminant le processus de formation de croyance sur le vote des autres électeurs. Cette simplification du cadre expérimental permet d'étudier plus en profondeur le rôle de la complexité sur le choix du comportement de vote adopté par les électeurs. Tout comme l'article de Van der Straeten *et al.* (2010), j'étudie l'effet de la complexité découlant des règles de vote. Par contre, j'explore une source de complexité additionnelle liée à la variation du nombre de candidats à classer sur le bulletin de vote. D'ailleurs, mon mémoire porte sur des élections en comité, c'est-à-dire avec un nombre restreint d'électeurs. Dans un autre ordre d'idée, les règles de vote que j'étudie diffèrent de celles de Van der Straeten *et al.* (2010). Je me concentre exclusivement sur la règle du vote préférentiel et la règle de Borda, qui nécessitent toutes deux un classement complet des candidats, afin de comprendre comment la méthode d'allocation des voix influence les comportements de vote. En outre, mon mémoire apporte également une contribution significative par rapport à la compréhension des heuristiques de vote. Celles-ci consistent en des processus décisionnels simplifiés, c'est-à-dire qui ne résultent pas de la maximisation du gain espéré. Elles sont généralement utilisées comme raccourcis cognitifs, en particulier dans des situations décisionnelles complexes. Tout comme l'article de Van der Straeten *et al.* (2010), j'étudie le vote stratégique et sincère. Toutefois, j'approfondis l'analyse en identifiant deux nouvelles heuristiques : le vote d'inversion vers le haut et le vote de conformité. Ce même type d'analyse n'a pas été produit dans Van der Straeten *et al.* (2010) pour diverses raisons.[7] Bref, mon mémoire permet d'approfondir la compréhension de la relation entre la complexité et la capacité d'apprentissage des électeurs à l'aide d'un contexte électoral simplifié.

7. Les auteurs étudient uniquement le vote sincère pour la règle de vote préférentiel. Ce choix est motivé par l'impossibilité de déterminer le bulletin de vote optimal en l'absence d'information sur les croyances des participants au moment de soumettre leur bulletin de vote.

Mon mémoire est également relié à une série d'articles examinant les comportements de vote en laboratoire sous la règle de Borda. Certains de ces articles mettent en évidence la relation positive entre le vote stratégique et le niveau et la précision de l'information disponible (Kube et Puppe, 2009; Granić, 2017). Bien que je n'explore pas les modifications de la structure de l'information, ma contribution à cette série d'articles réside dans l'étude de l'influence des règles de vote sur les comportements dans un contexte d'information parfaite. Plus précisément, j'étudie comment celle-ci influence la capacité des participants à déterminer le vote optimal, sans que ceux-ci aient besoin de former des croyances sur le vote des autres électeurs. D'autres travaux ont également été consacrés à l'étude de la manipulabilité de la règle de Borda (Béhue *et al.*, 2009; Bassi, 2015). Ces articles montrent que les électeurs sont capables d'apprendre à manipuler la règle de Borda assez facilement. Tout comme Granić (2017), j'adopte une approche paramétrique à l'aide de modèles d'estimation empiriques. Ce type d'approche n'est pas largement répandu dans la littérature sur les expériences de vote en laboratoire. Ainsi, j'apporte une contribution à la littérature sur les règles de vote en fournissant une application supplémentaire de l'analyse paramétrique. Je complète cette approche à l'aide de l'utilisation systématique de tests non-paramétriques pour évaluer comment différentes formes de complexité influencent les comportements de vote.

Dans un autre ordre d'idée, une série d'articles examine à l'aide de modèles théoriques ou de données empiriques la possibilité et les incitations à manipuler les résultats des élections sous la règle de Borda (Felsenthal, 1996; Lehtinen, 2007) et sous le vote préférentiel (Bartholdi et Orlin, 1991; Crisp *et al.*, 2012; Eggers et Nowacki, 2023; Buisseret et Prato, 2023). Ces articles montrent qu'il est relativement

facile de manipuler les élections sous la règle de Borda, tandis que la manipulation est plus difficile sous le vote préférentiel. Tout comme ces articles, j'explore comment le mécanisme d'attribution des voix de la règle de vote influence la fréquence de manipulation de l'élection par les participants par un vote stratégique non sincère. De plus, ma contribution réside dans l'analyse du degré d'apprentissage de cette manipulation stratégique selon la règle de vote. L'approche expérimentale me permet d'observer directement ce que font les participants dans un contexte électoral, plutôt que de faire des hypothèses sur les comportements probables d'un électeur, comme le font les travaux théoriques. Par rapport aux études empiriques, l'approche expérimentale me permet de connaître et de contrôler les véritables préférences des électeurs. En effet, le cadre expérimental permet d'ignorer les potentielles heuristiques de vote basées sur les caractéristiques qualitatives des candidats qui sont présentes dans le contexte empirique (voir Lau et Redlawsk (2001) pour une description détaillée de ces heuristiques). Les seules considérations des participants devraient donc être de maximiser leur gain monétaire.

Finalement, mon mémoire s'inspire des articles traitant des comportements dans des situations de complexité (Murawski et Bossaerts, 2016; Oprea, 2020). Ces articles explorent la relation entre la complexité d'une règle de décision et la performance des participants dans un contexte expérimental. Ils montrent que les participants sont capables d'améliorer leur performance avec le temps d'implémentation, même lorsque la tâche est complexe. Ils montrent également que la familiarité avec une règle de décision réduit son coût rapporté en termes de complexité, mais que cet apprentissage n'est pas transférable d'une règle à l'autre. Dans le cadre de mon mémoire, j'explore également les transferts d'apprentissage d'une règle à l'autre. Ainsi, je contribue en fournissant un exemple concret et

appliqué de ce transfert d'apprentissage entre différentes règles de vote.

CHAPITRE II

CADRE EXPÉRIMENTAL

L'analyse effectuée dans ce mémoire se base sur les données d'une expérience en laboratoire. Cette section vise à décrire le design expérimental de cette expérience.

2.1 Description de l'expérience

L'expérience consiste en une série d'élections par un comité composé de quatre électeurs. Je considère des élections à trois candidats où les électeurs doivent élire un parmi les candidats A, B ou C, et des élections à quatre candidats où est ajouté le candidat D. [8] Ces deux types d'élections permettent d'étudier l'effet de l'ajout d'un candidat sur les décisions de vote des participants. En effet, un plus grand nombre de candidats est associé à une plus grande complexité computationnelle du scénario de vote.

Chaque participant complète deux séries d'élections successivement sous deux règles de vote, soit le vote préférentiel et la règle de Borda. Bien que ces deux règles nécessitent de soumettre un classement complet des candidats, elles diffèrent dans

8. Afin d'employer une terminologie neutre, et comme il est habituellement fait dans les expériences de vote, les candidats ont été désignés aux participants comme des alternatives au cours de l'expérience et sont chacun associé à une couleur. Le candidat A est donc l'alternative Bleue, B l'Orange, C la Verte et D la Grise. Aucune mention n'est faite à propos du candidat D pour les élections à trois candidats.

leur règle d'allocation des voix. Le vote préférentiel est réputé pour son niveau de complexité. Sous cette règle, le candidat ayant une majorité de premières positions au travers des bulletins gagne l'élection. Si aucun ne récolte cette majorité, le candidat avec le moins de premières positions est éliminé de tous les bulletins soumis. Les candidats ayant été classés sous ce dernier gagnent donc une position sur les bulletins soumis. Ce processus est répété jusqu'à ce qu'un candidat ait la majorité des premières positions. La seconde règle de vote étudiée est la règle de Borda. Pour une élection à N candidats, la première position sur le bulletin confère N-1 voix, la seconde N-2, et ainsi de suite jusqu'à la dernière position qui en vaut zéro. Le candidat récoltant le plus grand nombre de voix gagne l'élection. [9] Le vote préférentiel est davantage complexe que la règle de Borda. Cette dernière est donc employée en guise de contrôle dans l'étude de la complexité induite par la règle de vote sur le comportement des électeurs.

Chaque comité est composé d'un participant et de trois électeurs automatisés. La même préférence sur l'ensemble des candidats a été induite chez tous les participants à l'aide de gains monétaires advenant le résultat de chaque élection. Ces gains monétaires déterminent partiellement le paiement du participant à l'expérience (voir section 2.2 pour plus de détails sur le paiement des participants). En ce sens, la structure de gains est donnée pour l'ordonnancement des candidats du plus au moins préféré, soit : A (40$), B (30$), C (20$) et D (10$). Connaissant

9. Dans le cadre des deux règles de vote, une situation d'égalité parmi les candidats peut se présenter, déclenchant alors un processus spécifique de sélection. Trois scénarios sont envisageables : premièrement, sous le vote préférentiel, une égalité peut survenir dans le processus d'élimination de candidats avec le moins de premières positions au travers des bulletins de vote. Deuxièmement, une égalité peut également apparaître quand plusieurs candidats accumulent le plus de premières positions, toujours sous le vote préférentiel. Troisièmement, sous la règle de Borda, l'égalité peut se manifester lorsque plusieurs candidats récoltent un nombre identique de voix au travers des bulletins de vote. Dans ces situations d'égalité, un tirage aléatoire est effectué par l'ordinateur pour déterminer le ou les candidats gagnants ou perdants, en attribuant à chaque candidat en situation d'égalité une probabilité égale de sélection de $1/n$, où n représente le nombre total de candidats en situation d'égalité.

ses préférences, le participant observe l'ensemble des bulletins soumis par les électeurs automatisés avant de prendre sa décision de vote. Les élections se déroulent donc dans une structure d'information parfaite. Ce design expérimental permet d'éliminer la complexité stratégique liée à la formation de croyance sur le vote des autres électeurs, et donc, de se concentrer sur la complexité computationnelle du processus de vote.

Les différents ensembles de bulletins soumis par les électeurs automatisés ont été prédéterminés afin de composer six scénarios de vote (que j'appellerai *profils*) selon deux critères. Tout d'abord, le bulletin soumis par le participant doit pouvoir être pivotal sous chacune des deux règles de vote, c'est-à-dire qu'il doit pouvoir par son vote changer les résultats de l'élection. Ensuite, les profils doivent permettre de capturer différents types de stratégies optimales. Le tableau 2.1 présente et résume la structure de ces profils.

Un bulletin est optimal sous un profil lorsqu'il permet de maximiser le gain espéré du participant. Un tel bulletin peut répondre à différents types de stratégie. Le plan expérimental permet de capturer les stratégies optimales suivantes : la sincérité ($Sinc$), l'inversion vers le haut (Inv), l'inversion vers le bas ($InvB$), et l'inversion simultanée vers le haut et vers le bas ($InvHB$). Un bulletin est sincère lorsqu'il correspond au classement réel des préférences du participant. L'inversion vers le haut consiste quant à elle à surévaluer une alternative dans le but d'augmenter ses probabilités d'élection, tandis que l'inversion vers le bas consiste à sous-évaluer une alternative afin de réduire ses probabilités d'élection. Finalement, l'inversion simultanée vers le haut et vers le bas (portant seulement sur un profil à quatre candidats) consiste à jumeler ces deux stratégies.

Par exemple, un participant votant sous le profil Sinc-Sinc-3 observe que les électeurs automatisés ont soumis les bulletins BAC, CAB et CAB. Sous les deux règles de vote, le seul bulletin optimal qu'il peut soumettre est le bulletin sincère, soit ABC. Sous la règle de Borda, ce bulletin garantit l'élection du candidat A avec une probabilité de 1, tandis que les candidats B et C ont une probabilité de 0. En revanche, sous le vote préférentiel, ce même bulletin donne une probabilité de 1/4 pour l'élection du candidat A, 1/4 pour le candidat B, et 1/2 pour le candidat C.

Tableau 2.1 – Résumé des profils de vote

Profils	Bulletins soumis par les électeurs automatisés	Bulletins optimaux pour le participant	
		Borda	Préférentiel
Sinc-Sinc-3	(BAC, CAB, CAB)	ABC (1, 0, 0)	ABC (1/4, 1/4, 1/2)
InvB-Sinc-3	(BAC, BAC, CAB)	ACB (1, 0, 0)	ABC (1/4, 3/4, 0)
InvB-Sinc-4	(BADC, CDAB, DBAC)	ACBD (1, 0, 0, 0)	ABCD, ABDC (5/16, 7/16, 0, 1/4)
Inv-Inv-3	(BCA, CAB, CBA)	BAC (0, 1/2, 1/2)	BAC, BCA (0, 1/2, 1/2)
Inv-Inv-4	(BCDA, DBAC, DACB)	BACD, BCAD (0, 1, 0, 0)	B- (0, 1/2, 0, 1/2)
InvHB-Inv-4	(DBCA, CBAD, CABD)	BADC, BDAC (0, 1, 0, 0)	BACD, BCAD, BCDA (0, 1/4, 3/4, 0)

Le tableau présente les bulletins soumis par les électeurs automatisés, les bulletins optimaux pour le participant sous chacune des règles de vote ainsi que les probabilités d'élections des candidats A, B, C et D entre parenthèses. Le bulletin B- signifie que tous les bulletins où B est classé en premier sont optimaux sous ce profil.

Les profils sont nommés afin de désigner la stratégie optimale sous Borda, sous le vote préférentiel, ainsi que le nombre de candidats considéré. De cette manière, le profil Sinc-Sinc-3 porte sur des élections à trois candidats dont le bulletin optimal est le même sous les deux règles et correspond au vote sincère. Les profils

InvB-Sinc-3 et InvB-Sinc-4 se caractérisent tout deux par une stratégie optimale d'inversion vers le bas sous la règle de Borda, et de sincérité sous le vote préférentiel. Ce couple de profils permet donc d'étudier des situations pour lesquelles le bulletin et la stratégie optimale ne sont pas les mêmes au travers des règles. Ensuite, les profils Inv-Inv-3 et Inv-Inv-4 nécessitent chacun de soumettre un bulletin optimal d'inversion vers le haut, et ce, sous les deux règles de vote. La stratégie optimale est donc la même sous les deux règles, de même que les bulletins optimaux (bien qu'il y ait une plus grande multiplicité de bulletins optimaux sous le vote préférentiel que sous Borda). Ces deux couples de profils permettent également d'étudier la complexité computationnelle induite par l'ajout d'un candidat supplémentaire, tout en conservant le même type de stratégie optimale pour chaque couple. Finalement, le profil InvHB-Inv-4 porte sur des élections à quatre candidats. La stratégie optimale sous la règle de Borda est l'inversion vers le haut et le bas, tandis qu'elle consiste en une inversion vers le haut sous le vote préférentiel.

2.2 Déroulement des séances en laboratoire

Au total, quinze séances en laboratoire ont permis de recueillir les bulletins de vote soumis par 104 participants. Ces séances se sont déroulées à l'automne 2019 au laboratoire d'économie expérimentale de l'Université Laval et au laboratoire d'économie expérimentale du CIRANO. À leur arrivée, un espace de travail équipé d'une tablette programmée a été assigné à chaque participant. Ceux-ci ont d'abord reçu les instructions sur le déroulement de l'expérience, sur la structure des gains et sur le fonctionnement de la règle de vote initiale. En effet, chaque par-

ticipant complète la série d'élections sous les six profils pour une première règle de vote avant de pouvoir entamer la seconde série sous l'autre règle. Ces traitements sur les profils et les règles de vote sont donc *intrasujet* (*within-subject*) puisque chaque participant soumet des bulletins de vote sous tous les profils, et ce, pour les deux règles. Toutefois, 56 participants ont d'abord voté sous le vote préférentiel, les 48 autres ayant d'abord voté sous la règle de Borda. Ce traitement sur la règle de vote initiale permet d'éviter un biais systématique d'apprentissage lié à l'expérience que peut acquérir un participant pendant la première série d'élections.

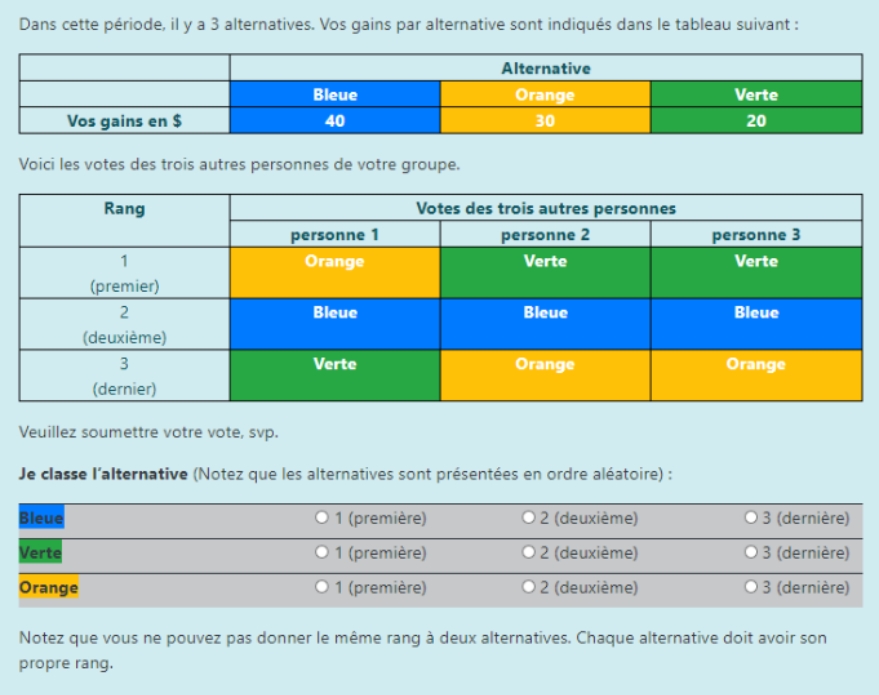
Avant que l'expérience ne puisse débuter, les participants ont dû réussir un test visant à confirmer leur compréhension de la première règle de vote et de la structure des gains (représentant leur préférence sur l'ensemble de candidats). Une fois le test de compréhension réussi, les participants doivent soumettre des bulletins de vote sous chacun des six profils. [10] Dans un premier temps, le participant observe les bulletins de vote soumis par les trois électeurs automatisés. Il doit ensuite soumettre son propre bulletin de vote en assignant une position à chaque candidat (voir la figure 2.1 pour un exemple). [11] Une fois le bulletin soumis, le participant est informé du candidat gagnant ainsi que du gain associé. Il est également informé du nombre total de points par candidat si le vote a eu lieu sous la règle de Borda. S'il a eu lieu sous le vote préférentiel, il est plutôt informé de la séquence d'éliminations des candidats. Les figures 2.2 et 2.3 montrent un exemple d'écran de révision des résultats sous la règle de Borda et le vote préférentiel, respectivement. Le participant est ensuite invité à procéder au second

10. L'ordre de présentation des six profils de vote est aléatoire pour chaque participant afin de ne pas induire de biais d'apprentissage systématique. Cet ordre est le même sous les deux règles de vote.

11. L'ordre dans lequel apparaissent les candidats à classer est aléatoire pour chaque élection.

essai sous le même profil, et obtient les mêmes informations qu'au premier essai après avoir soumis son bulletin de vote. Ce processus est répété pour les six profils de vote. Ensuite, le participant reçoit les instructions sur la seconde règle de vote. Il doit à nouveau réussir un test de compréhension sur la règle avant de pouvoir soumettre ses bulletins de vote sous les six profils. Chaque participant complète un total de 24 élections (6 profils X 2 essais X 2 règles), représentant un total de 2 496 bulletins de vote au travers de l'expérience.

FIGURE 2.1 – Exemple d'un écran de vote


Dans cette période, il y a 3 alternatives. Vos gains par alternative sont indiqués dans le tableau suivant :

	Alternative		
	Bleue	Orange	Verte
Vos gains en $	40	30	20

Voici les votes des trois autres personnes de votre groupe.

Rang	Votes des trois autres personnes		
	personne 1	personne 2	personne 3
1 (premier)	Orange	Verte	Verte
2 (deuxième)	Bleue	Bleue	Bleue
3 (dernier)	Verte	Orange	Orange

Veuillez soumettre votre vote, svp.

Je classe l'alternative (Notez que les alternatives sont présentées en ordre aléatoire) :

Bleue	1 (première)	2 (deuxième)	3 (dernière)
Verte	1 (première)	2 (deuxième)	3 (dernière)
Orange	1 (première)	2 (deuxième)	3 (dernière)

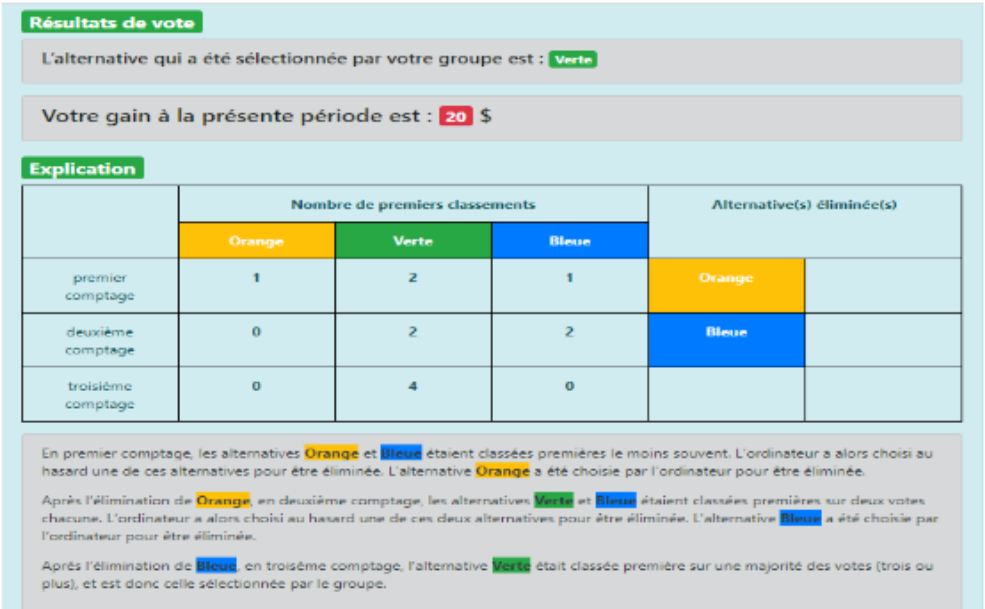
Notez que vous ne pouvez pas donner le même rang à deux alternatives. Chaque alternative doit avoir son propre rang.

Après avoir terminé les deux séries d'élections, les participants sont invités à compléter une série de questionnaires et de tests. Les tableaux 2.2 et 2.3 présentent certaines statistiques descriptives ainsi recueillies. Le premier questionnaire collige des informations sociodémographiques et invite le participant à expliquer son processus décisionnel au cours des élections. Ensuite, des tests de numératie [12],

12. La numératie est mesurée à l'aide du *Berlin Numeracy Test* (Cokely *et al.*, 2012). Ce test mesure la capacité à effectuer des calculs probabilistes.

FIGURE 2.2 – Exemple d'un écran de résultats : Borda

FIGURE 2.3 – Exemple d'un écran de résultats : Vote préférentiel



d'aversion au mensonge [13], d'aversion à l'inégalité [14] et de tolérance au risque [15] sont administrés. L'annexe E présente chacun de ces questionnaires.

À la fin de l'expérience, une des vingt-quatre élections est tirée au hasard afin de déterminer le paiement du participant. Ce dernier reçoit le gain associé au résultat de l'élection tirée, en plus du paiement initial de 15$. La durée moyenne de l'expérience a été de 51 minutes, avec un gain moyen de 39,62$, incluant le paiement initial.

TABLEAU 2.2 – Statistiques descriptives des variables continues

Variable	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Âge	36,76	12,47	18,00	69,00
Numératie	2,13	1,12	1,00	4,00
Tolérance au risque	48,79	30,32	0,00	100,00
Tolérance au mensonge	2,86	1,67	1,00	10,00
Tolérance à l'inégalité	33,75	21,72	0	100

13. Les questions sont tirées du questionnaire du *World Value Survey* et demandent dans quelle mesure il est acceptable de mentir pour diverses situations. Pour ce mémoire, j'utiliserai la réponse à la question « Veuillez nous dire si vous pensez que *mentir de manière générale* peut toujours être justifiée, ne peut jamais être justifiée, ou quelque chose entre les deux en choisissant le bon degré.» L'échelle de réponse varie entre 0 (jamais) et 10 (toujours).

14. Mesuré à l'aide d'un jeu du dictateur où le participant doit décider de quelle manière il partage une somme d'argent entre lui et une autre personne. Pour ce mémoire, j'utiliserai la réponse au jeu : « Considérez la situation hypothétique suivante. Vous recevez 100$ que vous pouvez partager avec une autre personne qui participe à la même expérience. Autrement dit, si vous offrez Y$ à l'autre participant, vous garderez donc (100-Y)$ pour vous et l'autre participant recevrait Y$.»

15. Le participant doit indiquer quel montant d'argent le rend indifférent entre la réception certaine de ce montant ou la participation à une loterie dont le gain espéré est de 25.

Tableau 2.3 – Statistiques descriptives des variables dichotomiques

Variable	Fréquence	(%)
Femme	49	47,12
Homme	54	51,92
Préfère ne pas répondre	1	0,96
Baccalauréat	43	41,35
Cycles supérieurs	43	41,35
Autres	18	17,31
18 à 26 ans	23	22,12
27 à 34 ans	28	26,92
35 à 44 ans	26	25,00
45 ans et plus	27	25,96

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse des données expérimentales. La première section se penche sur les comportements agrégés des participants au cours de l'expérience. À cette fin, j'expose dans un premier lieu les comportements de vote adoptés au cours de l'expérience. J'analyse ensuite les différents types d'apprentissages considérés dans ce mémoire. La seconde section considère les comportements de vote individuels des participants à l'aide d'estimation de modèles empiriques. Afin de mieux comprendre l'impact de la complexité sur l'apprentissage des électeurs, il est important de clarifier les concepts clefs de cette analyse. Tout d'abord, dans le cadre de ce mémoire, j'utilise le terme «apprentissage» pour décrire les transitions dans le comportement de vote des électeurs. Je distingue trois types de transitions. Premièrement, je considère l'apprentissage lorsque les participants répètent un même scénario de vote, que je mesure en observant les changements de comportements entre le premier et le deuxième essai d'un même profil et règle de vote. Deuxièmement, l'apprentissage peut se produire d'une situation de vote à l'autre sous une même règle. J'observe cette évolution en examinant les transitions dans les comportements d'un profil à l'autre, dans l'ordre où les participants les ont expérimentés. Troisièmement, je considère le transfert de l'apprentissage d'une règle à une autre, que je mesure en comparant les deux séries d'élections, chacune se déroulant sous une règle de vote différente.

3.1 Comportements agrégés

3.1.1 Comportements de vote

Cette première section vise à exposer les comportements de vote adoptés par les participants au cours de l'expérience. À cet effet, j'ai regroupé les deux essais et examiné la fréquence relative de ces comportements selon la règle et le profil. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.1. Pour évaluer l'effet de la règle de vote sur le type de comportements adoptés, j'utilise des tests statistiques non paramétriques. Toutes les valeurs p présentées sont pour les tests des deux côtés (*two-sided*). J'ai comparé les distributions agrégées à l'aide de *Wilcoxon signed rank test* exact. L'hypothèse nulle de ces tests stipule que la médiane des différences dans le nombre de bulletins conformes à une heuristique particulière entre les deux règles est égale à zéro. En d'autres termes, ces tests visent à vérifier s'il existe une différence globale dans l'adoption des comportements en fonction de la règle de vote. J'ai également utilisé des tests de McNemar sur mes variables binaires pour comparer les distributions des comportements de vote par profil. L'hypothèse nulle de ces tests est que la règle de vote n'entraîne pas de différence systématique dans l'adoption des comportements de vote, ce qui implique que les différences observées sont dues au hasard.

Tout d'abord, la fréquence agrégée de bulletins optimaux soumis est significativement plus élevée sous la règle de Borda (51,36%) que sous le vote préférentiel (37,10%) ($p < 0{,}01$). Cette différence n'est pas observable pour tous les profils. En effet, elle concerne spécifiquement les profils à trois candidats où le bulletin de

Tableau 3.1 – Fréquence relative des comportements de vote

	Optimal	Sincère	Inversion[a]	Conformité	Indéfini
Tous					
Borda	51,36	18,43	28,69	20,59	13,78
Préférentiel	37,10	20,59	36,70	21,79	22,44
Valeur p	0,00	0,54	0,00	0,03	0,00
Sinc-Sinc-3					
Borda	57,21	57,21	8,65	20,67	13,46
Préférentiel	24,04	24,04	33,17	21,15	21,63
Valeur p	0,00	0,00	0,00	0,72	0,06
InvB-Sinc-3					
Borda	49,52	18,27	29,33	29,33	2,88
Préférentiel	29,33	29,33	51,92	51,92	18,75
Valeur p	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
InvB-Sinc-4					
Borda	38,94	14,90	13,46	11,54	21,15
Préférentiel	26,92	24,52	33,17	5,29	34,62
Valeur p	0,54	0,02	0,00	0,16	0,00
Inv-Inv-3					
Borda	55,29	5,29	55,29	25,96	13,46
Préférentiel	50,48	19,23	40,87	17,79	12,50
Valeur p	0,58	0,00	0,10	0,34	0,68
Inv-Inv-4					
Borda	63,94	8,17	55,29	9,13	18,75
Préférentiel	62,02	12,50	42,31	7,69	17,79
Valeur p	0,34	0,21	0,07	0,78	0,86
InvHB-Inv-4					
Borda	43,27	6,73	10,10	26,92	12,98
Préférentiel	29,81	13,94	18,75	26,92	29,33
Valeur p	0,37	0,01	0,01	0,72	0,00

Les catégories de comportement ne sont pas nécessairement exclusives, les lignes peuvent donc sommer à plus de 100%. De plus, certains profils peuvent avoir plusieurs bulletins de vote optimaux, ce qui peut entraîner une discordance entre la fréquence relative des bulletins optimaux et l'heuristique de vote optimale, comme c'est le cas pour le profil InvB-Sinc-4 sous le vote préférentiel. Les valeurs p pour la section "Tous" est pour un test exact de rang signé de Wilcoxon entre les règles. Les valeurs p pour les profils sont pour un test de McNemar.

[a] : Inversion vers le haut, consistant à mettre B en premier rang et A en second rang sur le bulletin de vote.

vote optimal est sincère sous le vote préférentiel. Dans ces profils, la proportion de bulletins optimaux soumis sous Borda varie entre 49,52% et 57,21%, tandis que

sous le vote préférentiel, elle se situe entre 24,04% et 29,33%. Je n'observe aucune différence significative selon la règle de vote concernant le vote optimal pour tous les profils où le bulletin d'inversion vers le haut correspond au bulletin optimal sous les deux règles, ainsi que pour tous les profils à quatre candidats. Cependant, cette absence de différence selon la règle semble être due à des mouvements différents.

Dans le cas des profils à quatre candidats (à l'exception de Inv-Inv-4), l'absence de significativité semble être causée par une diminution relative de la proportion de bulletins optimaux soumis sous la règle de Borda. En effet, celle-ci chute jusqu'à 38,94%. En revanche, pour le vote préférentiel, cette proportion reste similaire à celle des profils Sinc-Sinc-3 et InvB-Sinc-3, se situant autour de 27,00%. Dans les profils où le bulletin d'inversion vers le haut est optimal sous les deux règles, j'observe une augmentation du nombre de bulletins optimaux tant sous la règle de Borda (atteignant jusqu'à 63,94%) que sous le vote préférentiel (atteignant jusqu'à 62,02%). Les participants semblent donc avoir été en mesure d'identifier le bulletin optimal d'inversion vers le haut sous Borda, mais pas sous le vote préférentiel où la proportion de bulletins d'inversion demeure élevée pour tous les profils. Bref, tout ceci suggère que les participants ont plus souvent soumis le bulletin optimal sous la règle de Borda que sous le vote préférentiel, bien que cette différence s'estompe dans les profils à quatre candidats et lorsque l'heuristique d'inversion vers le haut est optimale sous le vote préférentiel.

L'argument selon lequel la complexité du vote préférentiel inciterait les électeurs à voter de manière sincère est souvent avancé dans le débat public. Les résultats de l'expérience semblent confirmer cette relation, bien qu'elle ne soit pas significative lorsqu'on examine la totalité des bulletins soumis au cours de l'expérience.

Cette absence de significativité est due à deux tendances distinctes observées dans les profils. Lorsque le vote sincère n'est pas optimal sous la règle de Borda, les participants soumettent davantage de bulletins de ce type sous le vote préférentiel, qu'il soit optimal (allant de 24,52% à 29,33% selon le profil) ou non optimal (allant de 13,94% à 19,23% selon le profil). Toutefois, il demeure important de souligner que le vote sincère non optimal représente au mieux 38,83% du complément au vote optimal sous le vote préférentiel. Ceci suggère que les participants ont adopté d'autres types de stratégies face à la complexité de cette règle de vote.

Pour le profil Sinc-Sinc-3, où le vote sincère est optimal sous la règle de Borda, j'observe plutôt que la proportion de bulletins sincères est significativement plus élevée sous cette règle (atteignant 57,21%) que sous le vote préférentiel (24,04%). D'ailleurs, l'adoption de l'heuristique de sincérité lorsqu'elle est non optimale sous la règle de Borda semble dépendre du type de stratégie qui y est optimale. Pour les profils InvB-Sinc-3 et InvB-Sinc-4, où l'inversion vers le bas est optimale, la proportion de bulletins sincères atteints en moyenne 26,92%. Pour les profils Inv-Inv-3 et Inv-Inv-4, où l'inversion vers le haut est optimale, cette proportion chute en moyenne à 6,73%. Les participants semblent donc se tourner vers le bulletin sincère lorsque la stratégie optimale consiste à sous-évaluer une alternative dans le but de lui nuire. En somme, bien que la complexité induite par le vote préférentiel semble conduire à une plus grande adoption de la sincérité, la majorité des participants a eu recours à d'autres heuristiques de vote.

La principale heuristique de vote adoptée par les participants face à la complexité du vote préférentiel est l'inversion vers le haut. Cette heuristique consiste à inverser l'ordre des candidats A et B par rapport aux vraies préférences de l'électeur.

Ainsi, le bulletin d'inversion vers le haut consiste à soumettre le bulletin BAC [16] pour les profils à trois candidats, et BACD [17] pour les profils à quatre candidats. Dans l'ensemble, les participants soumettent davantage de bulletins conformes à cette heuristique sous le vote préférentiel (36,70%) que sous Borda (28,69%) ($p < 0{,}01$). De plus, le nombre de bulletins soumis correspondant à une heuristique d'inversion vers le haut est significativement plus élevé sous le vote préférentiel lorsque cette heuristique n'est pas optimale pour les deux règles de vote. Cette proportion varie entre 33,17% et 51,92% pour le vote préférentiel, tandis qu'elle se situe entre 8,65% et 29,33% sous Borda. Ces différences entre les règles sont toutes significatives à un seuil de 1%. Cependant, la situation est différente lorsque cette heuristique est optimale sous Borda. Dans cette situation, la proportion de bulletins d'inversion vers le haut soumis sous borda atteints 55,29%, dépassant celle observée sous le vote préférentiel (qui varie entre 40,87% et 42,31%). Ces deux différences sont significatives au seuil de 10%. Il semble donc que les participants aient réussi à identifier les scénarios dans lesquels l'heuristique d'inversion vers le haut était optimale sous la règle de Borda. Cependant, ils l'ont utilisé de manière abondante sous le vote préférentiel, même lorsque ce n'était pas la stratégie optimale.

Enfin, une dernière heuristique mérite d'être mentionnée : la conformité. Cette heuristique consiste à soumettre un bulletin de vote similaire à ceux des électeurs automatisés. Plus précisément, le bulletin de conformité est défini comme celui ayant la plus faible distance de Hamming moyenne avec les bulletins soumis par les électeurs automatisés. La distance de Hamming désigne le nombre de paires de candidats qui n'ont pas été classées selon le même ordre entre deux bulletins de

16. Soit un bulletin où B est classé premier, A deuxième et C dernier.

17. Soit un bulletin où B est classé premier, A deuxième, C troisième et D dernier.

vote. L'ensemble des paires est {AB, AC, BC} pour les élections à trois candidats, et {AB, AC, AD, BC, BD, CD} pour les élections à quatre candidats. Ainsi, la distance de Hamming peut prendre une valeur maximale de 3 dans le premier cas, et de 6 dans le second. Pour déterminer cette distance, je compte le nombre de paires de candidats qui ne sont pas classées selon le même ordre entre deux bulletins de vote. Je vais illustrer le calcul de la distance de Hamming à l'aide de deux exemples. Si un participant soumet les bulletins ABC et ACB, les paires AB et AC ne sont pas inversées, et la paire BC est inversée. La distance de Hamming est donc de 1. Autrement, si un participant soumet les bulletins DCBA et DACB, les paires AB et AC ont été inversées, tandis que les paires AD, BC, BD et CD ne le sont pas. La distance de Hamming est donc de 2.

Tout d'abord, les bulletins cohérents avec cette heuristique représentent un peu plus d'un cinquième des bulletins soumis au cours de l'expérience. La valeur p du *Wilcoxon signed rank test* indique qu'elle a été adoptée dans une plus large mesure sous le vote préférentiel. Cependant, ce résultat semble être principalement soutenu par le profil InvB-Sinc-3, pour lequel le bulletin de conformité est identique au bulletin d'inversion vers le haut. L'étude de tous les autres profils semble plutôt indiquer que l'adoption de cette heuristique n'entretient pas de relation avec la règle de vote. Ces résultats suggèrent que les participants ont soumis une quantité appréciable de bulletins de conformité, sans toutefois être en lien avec la complexité du scénario de vote.

Cette première analyse des comportements de vote adoptés au cours de l'expérience indique que la complexité du vote préférentiel nuit partiellement à la capacité de voter de manière optimale. Les participants ont davantage recours à l'heuristique d'inversion vers le haut face à cette complexité, plutôt que de

soumettre le bulletin correspondant à leurs préférences induites, soit le bulletin sincère. L'heuristique de conformité représente également une proportion non négligeable des bulletins soumis au cours de l'expérience, sans toutefois présenter une relation claire avec la complexité de la règle de vote.

3.1.2 Apprentissage entre les essais

Maintenant que les comportements de vote agrégés ont été présentés, cette section vise à décrire l'apprentissage qui se produit en répétant un même scénario de vote, c'est-à-dire entre les deux essais. [18] Pour évaluer cet apprentissage, j'examine la fréquence relative des différents comportements de vote selon la règle de vote et l'essai. Je vérifie s'il existe un effet d'apprentissage à l'aide des mêmes tests que la section précédente.

Dans un premier temps, j'examine la fréquence de bulletins optimaux qui ont été soumis par les participants. Le tableau 3.2 présente ces résultats pour chaque règle et profil de vote séparément. Tous profils confondus, la fréquence de bulletins optimaux soumis augmente significativement entre les essais, quelle que soit la règle de vote. Sous la règle de Borda, la fréquence de bulletins optimaux passe de 49,20% à 53,53% ($p < 0{,}01$) et sous le vote préférentiel, de 35,42% à 38,78% ($p = 0{,}03$). Ces résultats indiquent que les participants sont en mesure d'apprendre à voter de manière optimale en répétant les scénarios de vote, quelle que soit la règle.

18. Après avoir consulté l'écran des résultats du premier essai, les participants peuvent passer au second essai, où ils sont informés qu'il s'agit du même profil de vote que lors du premier essai, mais sans rappel de leur vote précédent ni des gains associés.

TABLEAU 3.2 – Fréquence relative (%) de bulletins optimaux selon l'essai et la règle de vote.

	Essai 1	Essai 2	Valeur p
Tous			
Borda	49,20	53,53	0,00
Préférentiel	35,42	38,78	0,03
Sinc-Sinc-3			
Borda	54,81	59,62	0,06
Préférentiel	22,12	25,96	0,32
InvB-Sinc-3			
Borda	48,08	50,96	0,18
Préférentiel	25,00	33,65	0,04
InvB-Sinc-4			
Borda	36,54	41,35	0,03
Préférentiel	26,92	26,92	1,00
Inv-Inv-3			
Borda	51,92	58,65	0,03
Préférentiel	49,04	51,92	0,56
Inv-Inv-4			
Borda	62,50	65,38	0,44
Préférentiel	62,50	61,54	0,85
InvHB-Inv-4			
Borda	41,35	45,19	0,16
Préférentiel	26,92	32,69	0,22

La valeur p pour "Tous" est pour un test exact de rang signé de Wilcoxon entre les essais. Les valeurs p pour les profils sont pour un test de McNemar.

Cependant, une analyse plus approfondie des différents profils révèle des différences entre les deux règles de vote. Sous le vote préférentiel, j'observe une augmentation dans la fréquence de bulletins optimaux pour tous les profils, bien que l'effet d'apprentissage soit uniquement significatif pour le profil InvB-Sinc-3, où les participants ont augmenté la proportion de bulletins optimaux soumis de 25,00% à 33,65% (p = 0,03) entre les essais. Il n'est pas possible de conclure que cette amélioration est due au fait que le vote optimal y soit sincère. En effet, aucune amélioration significative n'a été observée sous le profil Sinc-Sinc-3, qui partage le même bulletin optimal. En revanche, les participants ont significative-

ment augmenté la proportion de bulletins optimaux qu'ils soumettent entre les essais dans plusieurs situations sous la règle de Borda. Par exemple, pour le profil Sinc-Sinc-3, cette proportion est passée de 54,81% à 59,62% (p = 0,06). De même, pour les profils InvB-Sinc-4 et Inv-Inv-3, les augmentations ont été de 36,54% à 41,35% (p = 0,03) et de 51,92% à 58,65% (p = 0,03) respectivement. Ces résultats indiquent que les participants ont été capables d'apprendre à voter optimalement pour diverses situations sous Borda, ce qui n'est pas observé sous le vote préférentiel. De surcroît, cet apprentissage sous Borda survient alors que la fréquence de bulletins optimaux tend déjà à y être plus élevée que sous le vote préférentiel dès le premier essai. Par conséquent, l'apprentissage de la répétition d'un même scénario de vote serait plus effectif sous Borda que sous le vote préférentiel.

TABLEAU 3.3 – Fréquence relative (%) des heuristiques selon l'essai et la règle de vote.

	Sincère			Inversion			Conformité		
	Essai 1	Essai 2	Valeur p	Essai 1	Essai 2	Valeur p	Essai 1	Essai 2	Valeur p
Tous									
Borda	18,59	18,27	0,76	28,04	29,33	0,31	22,44	18,75	0,01
Préf.	20,03	21,15	0,82	38,46	34,94	0,09	23,40	20,19	0,05
Sinc-Sinc-3									
Borda	54,81	59,62	0,06	9,62	7,69	0,48	22,12	19,23	0,37
Préf.	22,12	25,96	0,32	35,58	30,77	0,30	22,12	20,19	0,59
InvB-Sinc-3									
Borda	18,27	18,27	1,00	30,77	27,88	0,18	30,77	27,88	0,18
Préf.	25,00	33,65	0,04	56,73	47,12	0,04	56,73	47,12	0,04
InvB-Sinc-4									
Borda	15,38	14,42	0,76	12,50	14,42	0,53	14,42	8,65	0,06
Préf.	25,96	23,08	0,51	35,58	30,77	0,35	6,73	3,85	0,37
Inv-Inv-3									
Borda	5,77	4,81	0,71	51,92	58,65	0,03	29,81	22,12	0,02
Préf.	18,27	20,19	0,65	39,42	42,31	0,55	18,27	17,31	0,82
Inv-Inv-4									
Borda	9,62	6,73	0,41	53,85	56,73	0,55	9,62	8,65	0,76
Préf.	9,62	15,38	0,16	46,15	38,46	0,16	7,69	7,69	1,00
InvHB-Inv-4									
Borda	7,69	5,77	0,53	9,62	10,58	0,76	27,88	25,96	0,64
Préf.	19,23	8,65	0,02	17,31	20,19	0,53	28,85	25,00	0,39

Pour approfondir l'étude de l'apprentissage des comportements de vote, j'ai également examiné la fréquence relative des différentes heuristiques de vote selon l'essai. Le tableau 3.3 présente ces résultats pour les heuristiques de sincérité, d'inversion vers le haut et de conformité.

Je constate que la proportion de votes sincères reste relativement stable entre les essais, représentant environ un cinquième des bulletins soumis au cours de l'expérience, quelle que soit la règle de vote. Néanmoins, des dynamiques dans les profils quant à l'adoption de cette heuristique peuvent être observées. Sous la règle de Borda, la fréquence de vote sincère augmente uniquement lorsque le vote sincère est optimal, c'est-à-dire sous le profil Sinc-Sinc-3. Cette proportion augmente de 54,81% à 59,62% ($p = 0{,}06$). En ce qui concerne le vote préférentiel, le vote sincère est optimal pour les profils Sinc-Sinc-3, InvB-Sinc-3 et InvB-Sinc-4. Les participants augmentent uniquement la proportion de bulletins sincères pour le second profil, passant de 25,00% à 33,65% ($p = 0{,}04$). Pour les profils où le vote sincère n'est pas optimal, j'observe une proportion similaire de bulletins sincères soumis entre les essais, à l'exception du profil InvHB-Inv-4 où elle chute de 19,23% à 8,65% ($p = 0{,}02$) sous le vote préférentiel. Ainsi, il tend à ne pas y avoir un effet d'apprentissage évident de l'heuristique de sincérité entre les essais lorsque le vote sincère n'est pas optimal.

J'observe des schémas d'apprentissage différents selon la règle de vote concernant l'heuristique d'inversion vers le haut. Sous la règle de Borda, la proportion de bulletins d'inversion vers le haut reste généralement stable entre les essais. Ceci est vrai pour l'ensemble des profils, à l'exception du profil Inv-Inv-3 où l'inversion vers le haut est un comportement de vote optimal. Pour ce cas particulier, la proportion augmente de 51,92% à 58,65% ($p = 0{,}03$) entre les essais. Sous le

vote préférentiel, j'observe une diminution de 38,46% à 34,94% (p = 0,09) dans la fréquence globale des bulletins d'inversion. Bien que cette diminution soit observable dans la majorité des profils, elle est significative uniquement pour le profil InvB-Sinc-3 où l'inversion vers le haut n'est pas optimale.

Quant à l'heuristique de conformité, son adoption diminue systématiquement entre les essais, pour les deux règles de vote. Cette diminution est significative dans la proportion globale, passant de 22,44% à 18,75% (p = 0,01) sous Borda et de 23,40% à 20,19% (p = 0,05) sous le vote préférentiel. La réduction dans la fréquence de bulletins de conformité soumis entre les essais suggère que les participants ont agi de manière partiellement rationnelle. En effet, le bulletin de conformité conduit à des probabilités d'élection nulles du candidat préféré (A), et conduit généralement plutôt à l'élection des candidats les moins préférés (C ou D). [19]

En somme, les résultats de cette section indiquent que les participants ont été capables d'apprendre et d'ajuster leur comportement de vote en répétant un même scénario électoral sous les deux règles de vote. Ils ont réussi à augmenter la fréquence des bulletins optimaux soumis, en particulier sous la règle de Borda. J'observe un effet global d'apprentissage sous le vote préférentiel, mais cet effet n'est pas statistiquement significatif lorsque j'étudie les profils séparément. En outre, les données suggèrent une certaine rationalité dans les comportements, puisque je n'observe pas de renforcement des heuristiques lorsqu'elles ne résultent pas en un vote optimal. Leur fréquence soit reste stable, soit diminue entre les essais. Ces résultats mettent en évidence la capacité d'apprentissage des partici-

19. Le tableau A.2 en annexe A présente le gain espéré ainsi que les probabilités d'élection des bulletins de conformité.

pants sous les deux règles de vote ainsi que d'une certaine rationalité dans leur prise de décision.

3.1.3 Changement de bulletins

Après avoir établi que les participants soumettent moins de bulletins optimaux sous le vote préférentiel que sous Borda, et qu'ils ont plus de difficulté à apprendre à soumettre un bulletin de vote optimal en répétant une même situation de vote, j'étudie le changement de bulletins entre les essais. Une telle décision pourrait être motivée par la volonté d'améliorer l'issue de l'élection au premier essai. Pour quantifier le changement de bulletins, j'utilise deux mesures : la marge extensive et la marge intensive. La marge extensive correspond à la décision de changer de bulletin de vote entre les essais, tandis que la marge intensive correspond à l'intensité du changement de bulletin de vote. Cette intensité est mesurée par la distance de Hamming qui est définie comme le nombre total de paires de candidats inversées entre deux bulletins de vote. [20]

Dans un premier temps, j'étudie la marge extensive que je mesure par la fréquence de changement de bulletins entre les essais. Le tableau 3.4 présente cette fréquence selon la règle, le profil et le nombre de candidats à classer. Dans l'ensemble, les participants ont effectué un plus grand nombre de changements de bulletins entre les essais sous le vote préférentiel (46,96%) que sous Borda (26,12%) ($p < 0{,}01$). Cette différence entre les règles est significative pour tous les profils.

De plus, j'observe une fréquence de changement plus importante sous le vote pré-

20. Voir la section 3.1.1 pour une définition de la distance de Hamming.

TABLEAU 3.4 – Changement de bulletin relatif (%)

	Borda	Préférentiel	Valeur p
Tous	26,12	46,96	0,00
Par profil			
Sinc-Sinc-3	19,23	36,54	0,01
InvB-Sinc-3	8,65	31,73	0,00
InvB-Sinc-4	29,81	56,73	0,00
Inv-Inv-3	22,12	43,27	0,00
Inv-Inv-4	42,31	54,81	0,09
InvHB-Inv-4	34,62	58,65	0,00
Par nombre de candidats			
3 candidats	16,67	37,18	0,00
4 candidats	35,58	56,73	0,00
Valeur p	0,00	0,00	.

Les valeurs p sont pour un test exact de rang signé de Wilcoxon entre les essais.

férentiel que sous Borda, peu importe le nombre de candidats à classer. Au sein d'une même règle, l'ajout d'un candidat supplémentaire entraîne une augmentation significative de la fréquence de changements de bulletins, que ce soit pour le vote préférentiel (de 37,18% à 56,73%) ou pour Borda (de 16,67% à 35,58%). Ces deux différences sont significatives à un seuil de 1%. Ainsi, autant la complexité liée à la règle de vote que celle liée au nombre de candidats semblent augmenter la fréquence de changement de bulletins entre les essais.

La fréquence plus élevée de changements de bulletins sous le vote préférentiel pourrait s'expliquer par une plus faible fréquence de vote optimal au premier essai sous cette règle, par rapport à Borda. Pourtant, les participants ont plus souvent changé de bulletin sous le vote préférentiel, même à performance égale au premier essai. En effet, le tableau 3.2 indique que les participants ont soumis une quantité similaire de bulletins optimaux sous les deux règles pour les profils Inv-Inv-3 et Inv-Inv-4. Malgré cela, ils ont davantage changé de bulletin de vote sous le vote préférentiel que sous Borda. Cette observation suggère que les participants

ont eu plus de difficulté à réaliser qu'ils votaient de manière optimale sous le vote préférentiel, comparativement à Borda.

TABLEAU 3.5 – Distance de Hamming moyenne entre les bulletins du premier et second essai, conditionnellement à avoir changé de bulletin

	Borda	Préférentiel	Valeur p
Tous	1,67	1,69	0,71
Par profil			
Sinc-Sinc-3	1,55	1,45	1,00
InvB-Sinc-3	1,44	1,42	1,00
InvB-Sinc-4	2,00	1,59	0,79
Inv-Inv-3	1,43	1,27	0,11
Inv-Inv-4	1,84	2,18	0,16
InvHB-Inv-4	1,47	1,95	0,40

Les valeurs p sont pour un test exact de rang signé de Wilcoxon entre les essais.

Dans un second temps, j'étudie la marge intensive que je mesure à l'aide de la distance de Hamming. Le tableau 3.5 présente cette distance conditionnellement à avoir changé de bulletin de vote entre les essais selon la règle (c'est-à-dire pour des distances de Hamming non nulles). J'observe que les différences dans le changement de bulletin ne sont plus apparentes lorsque je mesure le changement à la marge intensive. En effet, une distance de Hamming similaire est parcourue entre les bulletins sous les deux règles, peu importe le profil. Il semble donc que la complexité liée à la règle de vote n'influence pas l'intensité du changement de bulletins d'un essai à l'autre, bien qu'elle soit liée à la décision de changer de bulletin.

Comme mentionné précédemment, la règle du vote préférentiel ainsi que l'ajout d'un candidat augmentent la fréquence de changement de bulletins. Ces changements peuvent refléter différents types de transitions. Je considère les transitions d'un bulletin non optimal à un bulletin optimal, ainsi que d'un bulletin optimal à un bulletin non optimal dans le tableau 3.6. Ces transitions sont présentées selon

TABLEAU 3.6 – Changement de bulletin non optimal à optimal et optimal à non optimal (%), selon le nombre de candidats

	Nombre de candidats			
	Tous	3	4	Valeur p
Non-opt → Opt				
Borda	12,30	12,58	12,05	0,50
	(39)	(19)	(20)	
Préf.	19,60	18,40	20,94	0,73
	(79)	(39)	(40)	
Valeur p	0,00	0,92	0,20	
Opt → Non-opt				
Borda	3,91	2,48	5,48	1,00
	(12)	(4)	(8)	
Préf.	26,24	23,00	28,93	0,33
	(58)	(23)	(35)	
Valeur p	0,00	0,05	0,01	

Les participants ayant uniquement soumis des bulletins optimaux sont exclus de la première partie, tandis que ceux ayant soumis uniquement des bulletins non optimaux sont exclus de la seconde partie. La fréquence des transitions est présentée entre parenthèses.

la règle de vote et selon le nombre de candidats afin de mieux explorer l'influence de ces sources de complexité sur le type de transition qui est fait entre les essais.

D'abord, il y a significativement plus de transitions d'un bulletin non optimal à un bulletin optimal sous le vote préférentiel (19,60%) que sous Borda (12,30%) ($p < 0{,}01$). Le nombre de candidats n'influence pas ce type de transition, car sa fréquence est presque la même au sein d'une même règle, indépendamment du nombre de candidats. Néanmoins, ce résultat ne signifie pas que l'apprentissage est plus facile sous le vote préférentiel. En effet, sous cette règle, un peu plus du quart (26,24%) des participants qui ont voté optimalement au premier essai transitionne vers un bulletin de vote non optimal au second essai. En revanche, cette proportion se situe à 3,91% sous Borda. Ces proportions ne sont pas significativement différentes selon le nombre de candidats dans le scénario de vote, indiquant que cette source de complexité n'influence pas le type de transition qui

est fait de manière systématique. Ces résultats viennent renforcer l'idée que les participants ont eu plus de difficulté à réaliser qu'ils votaient de manière optimale sous le vote préférentiel, tandis qu'ils en ont été capables sous la règle de Borda.

3.1.4 Apprentissage d'une situation à l'autre

Les résultats de la section précédente révèlent que les participants ont partiellement réussi à apprendre comment soumettre le bulletin de vote optimal lorsqu'ils répètent une même situation de vote. À présent, j'examine l'apprentissage entre différents scénarios de vote, c'est-à-dire comment les participants apprennent à voter optimalement en passant d'une situation de vote à une autre pour une même règle.

Chaque participant a complété les six profils de vote dans un ordre aléatoire. Cette section se penche sur l'apprentissage qui a lieu entre le premier et le dernier scénario de vote que les participants ont expérimentés sous une même règle, indépendamment de la séquence des profils. À cet égard, cette séquence pour un participant en particulier est la même sous les deux règles de vote. Les différences révélées dans cette section ne peuvent donc pas être attribuées à une différence dans l'ordre d'apparition des différents profils. Le tableau 3.7 présente la fréquence de vote optimal selon l'ordre des scénarios de vote pour les deux règles.

Deux observations peuvent être faites à partir du tableau 3.7. Premièrement, les participants soumettent systématiquement moins de bulletins optimaux sous le vote préférentiel que sous Borda, quel que soit l'ordre du scénario. Cette différence

TABLEAU 3.7 – Fréquence relative (%) de bulletins optimaux selon l'ordre des scénarios de vote

Ordre du scénario	Borda	Préférentiel
1	42,31	31,73
2	44,71	40,87
3	54,81	36,06
4	56,73	39,42
5	50,00	34,13
6	59,62	40,38

souligne que les participants ont eu plus de facilité à déterminer le bulletin de vote optimal sous la règle de Borda que sous le vote préférentiel, peu importe leur expérience avec la règle de vote.

Deuxièmement, les dynamiques d'apprentissage d'un scénario à l'autre diffèrent selon la règle de vote. Sous le vote préférentiel, je n'observe pas de tendance positive dans l'apprentissage d'un scénario de vote à l'autre. Plutôt, la fréquence de bulletins optimaux oscille entre les scénarios, prenant des valeurs comprises entre 31,73% et 40,87%. En contraste, j'observe une tendance presque monotone croissante sous la règle de Borda en ce qui concerne la fréquence de bulletins optimaux soumis. En effet, cette dernière passe de 42,31% à 59,62% entre le premier et le dernier scénario de vote. La fréquence de bulletins optimaux augmente entre tous les scénarios, à l'exception du cinquième où elle passe de 56,73% à 50,00%, avant de remonter à 59,62% pour le dernier scénario de vote. Cette tendance positive suggère que les participants ont été en mesure d'instrumentaliser l'expérience acquise d'un scénario de vote à l'autre sous la règle de Borda, tandis que cette forme d'apprentissage ne s'est pas manifestée sous le vote préférentiel.

Ces premiers résultats dénotent que les participants n'ont pas été en mesure d'ap-

prendre d'une situation de vote à une autre sous le vote préférentiel. En revanche, ils semblent avoir été capables de le faire sous la règle de Borda. Pour approfondir l'étude de cet aspect de l'apprentissage, j'estime des modèles empiriques dans la section 3.2. Ces modèles empiriques permettent une analyse plus rigoureuse.

3.1.5 Transfert d'apprentissage

Je considère maintenant la capacité des participants à transférer l'apprentissage qu'ils ont acquis sous une première règle de vote vers une seconde. Pour étudier cette dynamique, j'utilise les deux séries d'élections qui se déroulent chacune sous une règle différente. L'ordre dans lequel les règles ont été expérimentées a été assigné de manière aléatoire aux participants, de sorte que chaque règle a été testée soit dans la première, soit dans la seconde série d'élections. Je me concentre dans un premier temps sur le transfert d'apprentissage du vote optimal. Pour ce faire, j'examine le tableau 3.8 qui présente la fréquence relative de bulletins optimaux en fonction de la règle de vote, de l'essai et de l'ordre dans lequel les participants ont expérimenté les règles de vote. Le tableau présente également les valeurs p bilatérales des Wilcoxon signed-rank tests entre les essais, et des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney entre les séries.

Premièrement, les participants semblent capables de mobiliser une partie de l'expérience acquise sous la règle du vote préférentiel pour augmenter la fréquence des bulletins optimaux soumis sous Borda. Deux observations appuient cette proposition. Tout d'abord, la fréquence de bulletins optimaux soumis par les participants semble plus élevée lors du premier essai de la seconde série d'élections (55,36%) par rapport au premier essai de la première série (42,01%) (p = 0,09). Cette

TABLEAU 3.8 – Fréquence relative de bulletins optimaux, selon la règle et la série d'élection.

	Essai 1	Essai 2	Valeur p
Borda			
Série 1	42,01	47,22	0,01
Série 2	55,36	58,93	0,01
Valeur p	0,09	0,13	*0,03*
Préférentiel			
Série 1	34,82	37,80	0,19
Série 2	36,11	39,93	0,10
Valeur p	0,39	0,43	*0,13*

Les valeurs p entre les essais sont pour un test de rang signé de Wilcoxon exact. Les valeurs p en italique sont pour un test de Wilcoxon-Mann-Whitney entre la première série à l'essai 1 et la seconde série à l'essai 2. Tous les autres valeurs p sont pour des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney exact.

différence suggère que les participants ayant préalablement expérimenté la série d'élections sous le vote préférentiel ont probablement pu mobiliser cette expérience pour soumettre davantage de bulletins optimaux sous la règle de Borda. Cette différence n'est pas observable lors du deuxième essai. Ce résultat suggère que l'expérience acquise avec le vote préférentiel ne semble pas améliorer substantiellement la capacité d'apprentissage lorsque les participants passent à la seconde règle de vote, soit Borda. Autrement dit, l'expérience avec une règle de vote plus complexe n'offre pas nécessairement un avantage pour apprendre et s'adapter sous une règle de vote plus simple, comparativement à ne pas avoir cette expérience.

Ensuite, je remarque la présence d'un effet global d'apprentissage sous la règle de Borda. En effet, la fréquence de bulletins optimaux soumis lors du premier essai de la première série d'élections se situe à 42,01%, alors qu'elle atteint 58,93% lors du deuxième essai de la seconde série d'élections. Un test de Wilcoxon-Mann-Whitney identifie une différence significative entre ces distributions ($p = 0{,}03$). En somme, ces observations laissent envisager que les participants ayant déjà

acquis de l'expérience avec le vote préférentiel sont capables de transférer une partie de cet apprentissage lorsqu'ils passent à la règle de Borda.

Je n'observe toutefois pas le même transfert d'apprentissage de la règle de Borda vers le vote préférentiel. Lorsqu'ils passent à la série d'élections sous le vote préférentiel, les participants qui ont acquis de l'expérience sous la règle de Borda soumettent une proportion similaire de bulletins optimaux à celle des participants qui n'ont pas cette même expérience, peu importe l'essai. Cette proportion se situe entre 34,82% et 36,11% lors du premier essai et entre 37,80% et 39,93% lors du deuxième essai. Je ne constate d'ailleurs pas d'effet global d'apprentissage sous la règle du vote préférentiel ; bien que la proportion de bulletins optimaux augmente entre le premier essai de la première série d'élections et le deuxième essai de la seconde série, cette augmentation n'est pas statistiquement significative.

En résumé, les participants semblent capables de transférer une partie de l'apprentissage qu'ils ont acquis sous le vote préférentiel lorsqu'ils passent à la série d'élections sous la règle de Borda. Ce transfert ne se produit pas dans le sens inverse, soit de la règle de Borda vers le vote préférentiel, bien que les participants démontrent une meilleure capacité d'apprentissage du comportement de vote optimal sous cette règle. Ainsi, la capacité à transférer l'apprentissage d'une règle de vote à une autre ne serait pas fonction de la capacité d'apprentissage sous la première règle. Plutôt, elle semble être fonction de la complexité de la première règle de vote expérimentée.

Le tableau 3.9 collige les fréquences relatives des différentes heuristiques de vote selon la règle, l'essai et la série d'élections. Similairement aux résultats de la section 3.1.2, les participants ne démontrent pas de dynamique de renforcement ou

TABLEAU 3.9 – Fréquence relative des heuristiques de vote, selon la règle et la série d'élections

	Sincère			Inversion			Conformité		
	E1	E2	Valeur p	E1	E2	Valeur p	E1	E2	Valeur p
Borda									
Série 1	19,44	18,40	0,77	24,65	29,51	0,03	25,00	21,88	0,07
Série 2	17,86	18,15	1,00	30,95	29,17	0,36	20,24	16,07	0,06
Valeur p	0,93	0,81	*0,84*	0,02	0,91	*0,07*	0,18	0,18	*0,06*
Préférentiel									
Série 1	20,83	20,24	0,51	35,12	33,93	0,71	25,00	21,43	0,12
Série 2	19,10	22,22	0,35	42,36	36,11	0,04	21,53	18,75	0,24
Valeur p	0,31	0,73	*0,96*	0,25	0,97	*0,89*	0,64	0,90	*0,23*

d'abandon de l'heuristique de sincérité. En effet, je n'observe aucune différence systématique dans la fréquence de bulletins sincères soumis entre les séries d'élections, pour tout essai et règle de vote. Au lieu de cela, l'heuristique de sincérité représente environ un cinquième des bulletins soumis, peu importe l'essai, la règle et la série d'élections. Cela indique que les participants ayant de l'expérience avec une règle de vote ne soumettent pas une proportion différente de bulletins sincère sous une nouvelle règle que les participants n'ayant pas d'expérience avec cette règle. De même, je n'observe aucun effet global de renforcement de la sincérité pour les deux règles de vote.

Il semble toutefois y avoir un transfert d'apprentissage des heuristiques d'inversion et de conformité de la règle du vote préférentiel vers Borda. Les participants ayant déjà complété la série d'élections sous le vote préférentiel soumettent davantage de bulletins d'inversion lorsqu'ils votent sous Borda (30,95%) que ceux qui n'ont aucune expérience avec cette règle (24,65%) au premier essai ($p = 0{,}02$). Cette différence disparaît lors du deuxième essai, où la fréquence des bulletins d'inversion atteint presque 30% pour les deux séries d'élections. Je constate également un effet global positif d'apprentissage de l'heuristique d'inversion sous

Borda (p = 0,07). L'heuristique d'inversion vers le haut est renforcée sous Borda par l'expérience acquise sous le vote préférentiel, même si elle n'est optimale que pour deux profils. Ceci pourrait être dû au fait que l'inversion vers le haut a été largement adoptée sous le vote préférentiel, créant une certaine familiarité avec ce type de bulletin de vote. En revanche, je n'observe aucune dynamique de transfert de cette même heuristique de la règle de Borda vers le vote préférentiel.

En ce qui concerne l'heuristique de conformité, je remarque un effet global négatif d'apprentissage sous la règle de Borda (p = 0,06), où la fréquence des bulletins conformes à cette heuristique passe de 25,00% lors du premier essai de la première série à 16,07% lors du deuxième essai de la seconde série d'élections. Je n'observe aucune dynamique d'apprentissage ou de transfert de cette heuristique de Borda vers le vote préférentiel.

En somme, les résultats de cette section indiquent qu'il y a effectivement eu un transfert d'apprentissage de la règle du vote préférentiel vers Borda. Ce transfert se traduit par un apprentissage positif du vote optimal, un renforcement de l'heuristique d'inversion vers le haut et un abandon de l'heuristique de conformité. Parallèlement, je n'observe aucun transfert d'apprentissage de la règle de Borda vers le vote préférentiel, quel que soit le type de comportement de vote considéré. Il semble donc que la complexité de la règle de vote constitue un obstacle au transfert d'apprentissage vers le vote préférentiel.

3.2 Comportements individuels

Dans cette section, je présente les résultats provenant de l'analyse de deux modèles empiriques. Le premier modèle évalue les facteurs déterminants la décision d'un participant p de modifier son bulletin de vote entre les essais d'une même situation de vote i définie par l'ensemble de la règle de vote et du profil, où $Y_{ip} = 1$ indique que le bulletin a changé entre les essais. Le second modèle examine les conditions sous lesquelles le participant p a soumis un bulletin de vote considéré comme optimal pour un scénario de vote spécifique i défini par l'ensemble de la règle, du profil et de l'essai, avec $Y_{ip} = 1$ indiquant qu'un vote optimal a été soumis. Les deux modèles incluent quatre groupes de variables. Le premier groupe, noté EXP_{ip}, inclue toutes les mesures associées à l'accumulation d'expérience de vote du participant, tel que l'essai, l'ordre des scénarios de vote et le nombre de séries d'élections. Le deuxième groupe, noté S_i, comprend les contrôles relatifs aux caractéristiques du scénario de vote i (nombre de candidats, profil, règle de vote, etc.). Le troisième groupe, noté P_{ip}, rassemble différentes mesures de performance du participant (temps de décision, temps de révision, heuristique de vote adoptée, candidat gagnant, etc.). Enfin, la quatrième composante notée C_p regroupe les contrôles relatifs aux caractéristiques individuelles du participant p (âge, genre, éducation, traits de personnalités, etc.). Les modèles empiriques sont estimés à l'aide d'un modèle probit avec effets aléatoires (α_p) afin de tenir compte de l'hétérogénéité inobservable entre les participants. De plus, un terme d'erreur regroupé (*clustered standard errors*) est utilisé pour tenir compte de la dépendance entre les observations générées par un même participant.

$$P(Y_{ip} = 1|\alpha_p, X_{ip}) = \Phi(\alpha_p + X_{ip}\beta) \tag{3.1}$$

Avec :

$$\alpha_p \sim N(0, \sigma_p^2)$$

$$X_{ip} = \begin{bmatrix} EXP_{ip}, & S_i, & P_{ip}, & C_p \end{bmatrix}$$

3.2.1 Changement de bulletins

Le premier modèle empirique que j'estime porte sur la décision de modifier le bulletin de vote entre les essais d'une même situation de vote. Sous l'hypothèse que les participants ont agi de manière à maximiser leurs gains espérés, une telle décision implique la volonté d'améliorer le résultat de l'élection par rapport au premier essai. Le tableau 3.10 présente les coefficients estimés à l'aide de l'équation 3.1. La première colonne présente les coefficients sur l'ensemble des participants et des scénarios de vote. Dans le but d'explorer si la règle de vote est une source d'hétérogénéité dans la décision de modifier le bulletin de vote entre les essais, j'estime également des panels pour chacune des règles de vote individuellement. La seconde colonne présente les coefficients du panel pour la règle de Borda, tandis que la troisième présente ceux du panel pour le vote préférentiel.

TABLEAU 3.10 – Coefficients des régressions sur le changement de bulletin de vote

	Tous (1)	Borda (2)	Préférentiel (3)
Mesures d'apprentissage			
Ordre des scénarios de vote			
2	0,056	0,065	0,008
	(0,177)	(0,240)	(0,213)
3	0,205	0,093	0,297
	(0,171)	(0,216)	(0,214)
4	0,139	0,013	0,237
	(0,159)	(0,241)	(0,187)
5	0,093	-0,244	0,358*
	(0,154)	(0,225)	(0,199)
6	0,051	-0,184	0,221
	(0,170)	(0,234)	(0,222)
Seconde série d'élections	-0,124	-0,392**	0,109
	(0,089)	(0,154)	(0,169)
Caractéristiques individuelles			
Universitaire, cycles supérieurs	-0,189	-0,277*	-0,199
	(0,139)	(0,149)	(0,191)
Tolérance au risque	-0,001	-0,004*	0,001
	(0,002)	(0,002)	(0,002)
Contrôle sur les caractéristiques individuelles	OUI	OUI	OUI
Nombre d'erreurs moyen : tests de compréhension des règles			
Borda	0,016	0,032**	
	(0,019)	(0,014)	
Vote préférentiel	0,034*		0,050*
	(0,018)		(0,028)
Caractéristique du premier essai			
4 candidats	0,379***	0,501***	0,328**
	(0,112)	(0,136)	(0,138)
Temps de décision E1	0,001	-0,001	0,001
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Temps de révision E1	0,006**	0,002	0,009***
	(0,003)	(0,004)	(0,003)
Inversion vers le haut E1	-0,242*	-0,084	-0,363*
	(0,145)	(0,185)	(0,213)
Optimal E1		-1,113***	-0,361**
		(0,285)	(0,157)
Pref × Optimal E1	-0,134		
	(0,151)		
Gagnant : A	-0,718***	-0,834***	0,084
	(0,181)	(0,225)	(0,402)
Gagnant : C	0,171	0,178	0,212
	(0,110)	(0,168)	(0,143)
Gagnant : D	0,495***	0,290	0,592***
	(0,140)	(0,242)	(0,193)
Contrôle sur les heuristiques	OUI	OUI	OUI
Constante	-0,386	0,433	-0,490
	(0,396)	(0,496)	(0,457)
$\log(\sigma^2)$	-1,585***	-3,257*	-1,220***
	(0,245)	(1,782)	(0,352)
Observations	1248	624	624
ρ	0,170	0,037	0,228

Les écarts types sont présentés entre parenthèses.
* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

TABLEAU 3.11 – Effets marginaux moyens des régressions sur le changement de bulletin de vote

	Tous (1)	Borda (2)	Préférentiel (3)
Mesures d'apprentissage			
Ordre des scénarios de vote			
2	0,015	0,015	0,002
	(0,047)	(0,056)	(0,064)
3	0,056	0,022	0,091
	(0,046)	(0,050)	(0,065)
4	0,037	0,003	0,073
	(0,043)	(0,056)	(0,057)
5	0,025	-0,053	0,110*
	(0,041)	(0,050)	(0,060)
6	0,014	-0,041	0,068
	(0,045)	(0,052)	(0,068)
Seconde série d'élections	-0,034	-0,090**	0,034
	(0,024)	(0,035)	(0,052)
Caractéristiques individuelles			
Universitaire, cycles supérieurs	-0,051	-0,062*	-0,062
	(0,038)	(0,034)	(0,058)
Tolérance au risque	-0,000	-0,001*	0,000
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Contrôle sur les caractéristiques individuelles	OUI	OUI	OUI
nombre d'erreurs moyen : tests de compréhension des règles			
Borda	0,004	0,007**	
	(0,005)	(0,003)	
Vote préférentiel	0,009*		0,016*
	(0,005)		(0,009)
Caractéristique du premier essai			
4 candidats	0,105***	0,115***	0,104**
	(0,031)	(0,032)	(0,044)
Temps de décision E1	0,000	-0,000	0,000
	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Temps de révision E1	0,002**	0,000	0,003***
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Inversion vers le haut E1	-0,066*	-0,019	-0,114*
	(0,040)	(0,042)	(0,066)
Optimal E1	-0,170***	-0,265***	-0,112**
	(0,037)	(0,067)	(0,049)
Règle de vote : Vote préférentiel	0,118***		
	(0,028)		
Gagnant : A	-0,176***	-0,165***	0,027
	(0,038)	(0,038)	(0,128)
Gagnant : C	0,050	0,047	0,068
	(0,033)	(0,045)	(0,046)
Gagnant : D	0,150***	0,078	0,189***
	(0,044)	(0,068)	(0,062)
Contrôle sur les heuristiques	OUI	OUI	OUI
Observations	1248	624	624

Les écarts types sont présentés entre parenthèses.
* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Apprentissage entre les essais

J'étudie dans un premier temps les variables susceptibles de fournir des informations sur l'apprentissage entre les essais. Le premier indicateur qui semble évident est l'amélioration du gain espéré entre les essais. Toutefois, cette variation implique que le participant modifie le bulletin soumis entre les essais, faisant de cette variable un prédicteur parfait du changement de bulletin. Par conséquent, nous étudions d'autres indicateurs secondaires de l'apprentissage entre les essais, tel que le temps consacré à la décision sur le bulletin à soumettre, ainsi que le temps de révision des résultats au premier essai. Ces deux variables peuvent servir de contrôles pour le niveau d'effort et d'engagement des participants envers l'expérience. Parmi eux, seul le temps de révision est significativement relié à la probabilité de modifier le bulletin de vote entre les essais, et cela en contrôlant pour l'alternative sélectionnée. [21] L'étude des panels révèle que cet effet est entièrement soutenu par les élections sous le vote préférentiel. Ainsi, les participants qui consacrent plus de temps à la révision sous cette règle ont une probabilité plus élevée de modifier le bulletin de vote entre les essais. Cette même révision n'a toutefois aucun effet sous la règle de Borda, possiblement parce que l'écran des résultats contient plus d'info pour les élections sous le vote préférentiel que pour celles sous Borda.

Par ailleurs, les participants semblent réagir de manière rationnelle au signal fourni par le gagnant de l'élection lors du premier essai. Je choisis d'utiliser l'élection du candidat B comme niveau de référence pour plusieurs raisons. Tout

21. En contrôlant pour l'alternative sélectionnée, je peux écarter l'explication que les participants ayant eu un mauvais résultat passent plus de temps à réviser les résultats de l'élection du premier essai, ce qui augmente la probabilité qu'ils modifient le bulletin de vote entre les essais.

d'abord, le candidat A est rarement élu dans les élections sous le vote préférentiel, ce qui suscite des inquiétudes quant à la possibilité que le niveau de référence A capture également l'effet de voter sous la règle de Borda. En outre, l'élection du candidat D ne peut pas être utilisée comme référence, car il n'apparaît que dans les élections à quatre candidats.

Toutes règles confondues, observer le candidat D remporter l'élection au premier essai augmente significativement la probabilité de modifier le bulletin de vote, par rapport à l'élection du candidat B. De même, l'élection du candidat A au premier essai est associée à une réduction significative de cette même probabilité, indépendamment de l'optimalité du bulletin soumis.[22] Toutefois, les résultats d'estimations des panels mettent en évidence l'hétérogénéité induite par les règles de vote. L'effet du candidat D est significatif uniquement pour le panel du vote préférentiel, tandis que l'effet du candidat A est significatif uniquement pour le panel de Borda. Il est important de souligner que ces différences selon la règle de vote sont probablement causées par le faible nombre d'élections qui voit le candidat D remporter sous Borda, et le candidat A sous le vote préférentiel. Ces résultats indiquent néanmoins que les participants réagissent au signal que leur fournissent les résultats de l'élection au premier essai. Ils tendent à conserver le bulletin de vote entre les essais lorsque ce dernier conduit à l'élection du candidat préféré (A) sous Borda, et à déserter le bulletin qui fait élire le candidat le moins préféré (D) sous le vote préférentiel.

22. En raison de la nature probabiliste de l'attribution des voix dans le vote préférentiel, ainsi que du processus aléatoire utilisé pour déterminer le gagnant en cas d'égalité pour les deux règles de vote (voir la section 2.1 pour plus de détails), le vote optimal ne mène pas systématiquement à l'élection du candidat A. Inversement, un vote non optimal peut parfois aboutir à l'élection de ce candidat. Dans ce cadre, il est possible de distinguer l'effet de l'observation de la victoire du candidat A de l'effet de soumission d'un bulletin de vote optimal sur la probabilité de modifier son choix de vote dans les essais ultérieurs. L'annexe C fournit un tableau de fréquence d'élection pour chaque candidat, en fonction du caractère optimal ou non du bulletin de vote.

Le type d'heuristique adopté au premier essai n'influence pas la décision de modifier le bulletin de vote au second essai. Ce résultat suggère que les participants n'ont pas renforcé ou abandonné une heuristique en particulier en répétant une même situation de vote. Cette conclusion rejoint celle tirée dans la section 3.1.2. Cependant, voter de manière optimale lors du premier essai réduit la probabilité de modifier le bulletin de vote lors du second essai. Dans l'ensemble des données, j'observe que les participants ont relativement moins changé de bulletin lorsqu'ils votent de manière optimale au premier essai sous Borda, comparativement à ne pas avoir voté optimalement. De plus, la probabilité de changer de bulletin de vote est plus élevée sous le vote préférentiel lorsque le bulletin soumis au premier essai n'est pas optimal, comparativement à une situation similaire sous Borda. Les panels indiquent qu'au sein d'une même règle, soumettre un vote optimal réduit la probabilité de modifier le bulletin de vote entre les essais pour les deux règles de vote. Cependant, l'effet au niveau individuel est plus important sous la règle de Borda que sous le vote préférentiel. Sous l'hypothèse que les participants ont agi de manière à maximiser leur gain espéré, ceci suggère encore une fois qu'ils ont eu moins de facilité à réaliser qu'ils soumettaient le bulletin optimal sous le vote préférentiel que sous la règle de Borda.

Apprentissage d'une situation à l'autre

Je vais maintenant aborder l'apprentissage d'une situation à l'autre en utilisant l'ensemble des indicateurs sur l'ordre des scénarios, c'est-à-dire la séquence dans laquelle les participants ont expérimenté les scénarios de vote, indépendamment de la séquence de présentation des différents profils de vote.

Globalement, l'expérience accumulée sous une même règle au fil des scénarios de vote n'influence pas la probabilité de changer de bulletin de vote entre les essais pour les deux règles. Seul le coefficient du panel sur le vote préférentiel associé au fait de voter sous le cinquième scénario de vote, comparativement au premier, est significatif et associé à une augmentation de la probabilité de modifier le bulletin de vote entre les essais. Autrement, je n'observe pas que les participants aient significativement modifié la fréquence de modification de bulletins selon qu'ils complétaient les différents scénarios de vote.

Apprentissage d'une règle à l'autre

Je me penche maintenant sur le transfert d'apprentissage d'une règle à une autre. À cette fin, j'inclus un indicateur pour la seconde série d'élections, ce qui permet d'explorer comment l'accumulation d'expérience sous une première règle de vote peut influencer la décision de changer de bulletin sous une seconde règle par rapport à l'absence d'une telle expérience. En d'autres termes, elle permet d'étudier si le transfert d'expérience d'une règle à l'autre influence la décision de modifier le bulletin de vote entre les essais. L'expérience acquise sous une première règle de vote ne semble pas influencer la probabilité de modifier le bulletin de vote soumis entre les essais sous la seconde règle de vote. Cependant, les panels sur les règles révèlent des effets différents. Le coefficient de la seconde série d'élections associé au panel de Borda indique qu'il y a un transfert d'apprentissage du vote préférentiel vers cette règle qui entraîne une diminution significative de la probabilité de modifier le bulletin de vote entre les essais. En revanche, avoir accumulé de l'expérience sous Borda n'a aucun effet sur cette même probabilité une fois que les participants complètent la série d'élections sous le vote préférentiel. Ce

résultat concorde avec l'analyse de la section 3.1.5, qui conclut que les participants sont en mesure de transférer l'apprentissage acquis sous le vote préférentiel vers la règle de Borda de manière à y soumettre davantage de bulletins optimaux, mais pas l'inverse. Ainsi, il est possible que ces mêmes participants aient identifié qu'ils soumettaient le bulletin optimal sous la règle de Borda. Comme je contrôle pour le type de comportement de vote et pour le résultat de l'élection du premier essai, le résultat observé n'est pas expliqué par un processus de rétroaction lié à une meilleure performance sous Borda, comparativement à celle sous le vote préférentiel.

En général, certaines caractéristiques des scénarios de vote peuvent avoir un impact sur la décision de modifier le bulletin de vote entre les essais. Par exemple, la présence d'un candidat supplémentaire augmente significativement la probabilité de modifier le bulletin de vote entre les essais, quelle que soit la règle considérée. Ce résultat est conforme avec les tests statistiques menés à la section 3.1.3. À cet égard, le coefficient associé au panel de Borda est plus élevé que celui du vote préférentiel, indiquant que l'effet au niveau individuel est plus important pour les élections sous la règle de Borda que pour celles sous le vote préférentiel. Toutefois, l'effet marginal moyen est relativement similaire pour les deux panels. Ceci suggère que la réaction individuelle à l'ajout d'un candidat est plus marquée sous la règle de Borda, bien que cet effet devienne similaire entre les règles lorsqu'on considère l'effet aléatoire individuel agrégé sur l'ensemble des participants. En d'autres termes, la complexité associée à un plus grand nombre de candidats influence différemment les participants sous Borda, bien que l'hétérogénéité dans les caractéristiques individuelles non observées compenserait cet effet différentiel lorsqu'on étudie l'ensemble des participants. Ainsi, l'effet d'ajouter un

candidat supplémentaire est similaire pour les deux règles de vote une fois que l'on considère toutes les observations de manière groupées, bien qu'il soit un peu plus important pour les élections sous la règle de Borda.

Caractéristiques des participants

Dans un autre ordre d'idée, les caractéristiques sociodémographiques ont peu d'impact sur la décision de modifier le bulletin de vote entre les essais. Seule la tolérance au risque est associée à une réduction de la probabilité de changer de bulletin de vote entre les essais sous la règle de Borda. [23]

De plus, le nombre moyen d'erreurs commises lors des tests de compréhension sur les règles de vote entretient une relation positive avec la probabilité de changer de bulletin entre les essais. Toutes règles confondues, seul le nombre moyen d'erreurs associé à la règle du vote préférentiel augmente significativement la probabilité de modifier le bulletin de vote entre les essais. Cependant, les panels sur les règles de vote révèlent que l'augmentation du nombre moyen d'erreurs lors des tests de compréhension des règles de vote a un impact positif sur la probabilité de modifier le bulletin soumis au sein des deux règles de vote. L'ampleur des coefficients indique que l'effet individuel est relativement plus important sous le vote préférentiel que sous Borda, bien qu'il y soit également plus variable. En outre, l'effet marginal moyen associé à l'augmentation du nombre moyen d'erreurs sur les tests de la règle courante est plus élevé pour le vote préférentiel que pour

23. Comme je contrôle pour les types de comportements de vote, ainsi que pour les gagnants à l'élection du premier essai, l'interprétation de ce résultat n'est pas évidente. Une conjecture possible serait que les personnes plus tolérantes au risque cherchent à aller plus rapidement, ne se préoccupant pas de trouver le meilleur bulletin possible. Ils choisissent donc un bulletin et ne révisent pas leur choix.

Borda. Un plus grand nombre d'erreurs dans les tests de compréhension peut s'expliquer de plusieurs manières. Notamment, il se peut que certains participants ne possèdent pas les facultés nécessaires pour acquérir une compréhension solide des règles de vote au fur et à mesure qu'ils les expérimentent. Quoi qu'il en soit, une moins bonne performance dans les tests de compréhension sur les règles de vote est associée à une augmentation de la probabilité de modifier le bulletin de vote entre les essais, même lorsque je contrôle pour le vote optimal.

En résumé, les résultats des modèles d'estimation suggèrent que l'accumulation d'expérience, telle qu'acquise en complétant les différents scénarios de vote sous une même règle, ne modifie pas significativement la probabilité de modifier le bulletin de vote soumis entre les essais pour les deux règles de vote. Néanmoins, il est intéressant de noter que les participants ayant commencé par le vote préférentiel ont tendance à modifier moins fréquemment leur bulletin lorsqu'ils passent à la règle de Borda. Ce phénomène n'est pas observé dans le cas inverse, c'est-à-dire lorsque les participants débutent avec la règle de Borda avant de passer au vote préférentiel. Cette observation suggère que l'expérience initiale avec le vote préférentiel pourrait renforcer la confiance des participants dans leurs choix de vote lorsqu'ils complètent ensuite les élections sous la règle de Borda. Dans un autre ordre d'idée, la décision de changer de bulletin de vote est cohérente avec une tentative de la part des participants d'améliorer leur gain espéré. Sous la règle de Borda, les participants ont davantage maintenu leur décision de vote lorsque leur candidat préféré était élu, tandis qu'ils ont modifié cette décision lorsque leur candidat le moins préféré était élu sous le vote préférentiel. Tant la complexité liée au vote préférentiel qu'au nombre de candidats semble augmenter la probabilité de modifier sa décision de vote.

3.2.2 Vote optimal

À présent, j'estime de nouveaux modèles empiriques afin de comprendre quels sont les déterminants du vote optimal. Pour examiner la présence d'hétérogénéité selon la règle de vote, j'estime le modèle sur l'ensemble des données, ainsi que sur des panels selon la règle. Pour chacun de ces panels, j'estime un sous-panel sur le premier essai pour voir si les déterminants du vote optimal sont les mêmes en l'absence de répétition d'un même scénario de vote. Comme les résultats ne varient pas entre les élections du premier essai et l'ensemble des élections, ces premières sont présentées à l'annexe D.

TABLEAU 3.12 – Coefficients des régressions sur le vote optimal

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Mesures d'apprentissage			
Second essai	0,154***	0,293***	0,135**
	(0,047)	(0,112)	(0,069)
Ordre des scénarios de vote			
2	0,178	-0,010	0,259
	(0,118)	(0,265)	(0,169)
3	0,332***	0,540*	0,275
	(0,122)	(0,277)	(0,180)
4	0,359***	0,628**	0,276
	(0,116)	(0,258)	(0,181)
5	0,184	0,186	0,176
	(0,127)	(0,278)	(0,188)
6	0,447***	0,893***	0,338**
	(0,111)	(0,294)	(0,163)
Seconde série d'élections	0,273**	0,072	0,225
	(0,123)	(0,474)	(0,150)
Caractéristiques individuelles			
27 à 34 ans	-0,149	-0,513	-0,121
	(0,260)	(0,593)	(0,232)
35 à 44 ans	-0,656**	-1,980***	-0,290
	(0,269)	(0,693)	(0,226)
45 ans et plus	-0,637*	-1,458**	-0,446*
	(0,326)	(0,718)	(0,250)
Homme	0,072	0,780	-0,090
	(0,206)	(0,529)	(0,166)
Universitaire, cycles supérieurs	0,340*	0,557	0,358**
	(0,190)	(0,500)	(0,154)

TABLEAU 3.12 – Coefficients des régressions sur le vote optimal (suite)

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Tolérance au risque	-0,004	-0,020***	0,001
	(0,003)	(0,007)	(0,002)
Aversion au mensonge	0,061	0,160	0,031
	(0,061)	(0,132)	(0,049)
Aversion à l'inégalité	-0,003	-0,021**	0,000
	(0,004)	(0,010)	(0,003)
Numératie 1	-0,245	-0,979*	-0,074
	(0,205)	(0,546)	(0,160)
Numératie 3	0,113	-0,350	0,230
	(0,246)	(0,656)	(0,199)
nombre d'erreurs moyen : test de compréhension des règles			
Borda	-0,004	-0,065	
	(0,020)	(0,045)	
Vote préférentiel	-0,040**		-0,041*
	(0,019)		(0,023)
Caractéristiques du scénario de vote			
4 candidats	-0,437***	-0,639***	-0,620***
	(0,083)	(0,136)	(0,141)
Nombre de bulletins optimaux	0,312***	0,703***	0,315***
	(0,044)	(0,182)	(0,049)
Règle de vote : Vote préférentiel	-0,782***		
	(0,136)		
Performance			
Temps de décision	0,001	0,004**	0,000
	(0,001)	(0,002)	(0,001)
Temps de révision	-0,002	-0,040***	0,004*
	(0,002)	(0,014)	(0,002)
Constante	-0,512	0,040	-1,469***
	(0,473)	(1,048)	(0,419)
$\log(\sigma^2)$	-0,385*	1,404***	-1,114***
	(0,220)	(0,282)	(0,286)
Observations	2496	1248	1248
ρ	0,405	0,803	0,247

Les écarts-types sont affichés entre parenthèses.
* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

TABLEAU 3.13 – Effets marginaux moyens des régressions sur le vote optimal

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Mesures d'apprentissage			
Second essai	0,042***	0,042**	0,040**
	(0,013)	(0,016)	(0,020)
Ordre des scénarios de vote			
2	0,047	-0,001	0,075
	(0,031)	(0,038)	(0,049)
3	0,089***	0,078**	0,079
	(0,033)	(0,039)	(0,052)
4	0,096***	0,091**	0,080
	(0,032)	(0,037)	(0,052)
5	0,049	0,027	0,050
	(0,034)	(0,040)	(0,053)
6	0,120***	0,128***	0,099**
	(0,030)	(0,041)	(0,047)
Seconde série d'élections	0,074**	0,010	0,067
	(0,033)	(0,068)	(0,044)
Caractéristiques individuelles			
27 à 34 ans	-0,042	-0,074	-0,038
	(0,073)	(0,085)	(0,072)
35 à 44 ans	-0,181**	-0,295***	-0,088
	(0,076)	(0,098)	(0,069)
45 ans et plus	-0,176*	-0,218**	-0,132*
	(0,090)	(0,107)	(0,074)
Homme	0,019	0,113	-0,027
	(0,056)	(0,075)	(0,049)
Universitaire, cycles supérieurs	0,091*	0,080	0,106**
	(0,050)	(0,070)	(0,044)
Tolérance au risque	-0,001	-0,003***	0,000
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Aversion au mensonge	0,017	0,023	0,009
	(0,016)	(0,019)	(0,014)
Aversion à l'inégalité	-0,001	-0,003**	0,000
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Numératie 1	-0,066	-0,141*	-0,021
	(0,055)	(0,076)	(0,046)
Numératie 3	0,031	-0,050	0,070
	(0,067)	(0,093)	(0,060)
Nombre d'erreurs moyen : test de compréhension des règles			
Borda	-0,001	-0,009	
	(0,005)	(0,006)	
Vote préférentiel	-0,011**		-0,012*
	(0,005)		(0,007)

TABLEAU 3.13 – Effets marginaux moyens des régressions sur le vote optimal (suite)

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Caractéristiques du scénario de vote			
4 candidats	-0,116***	-0,091***	-0,174***
	(0,021)	(0,021)	(0,035)
Nombre de bulletins optimaux	0,084***	0,101***	0,093***
	(0,011)	(0,025)	(0,013)
Règle de vote : Vote préférentiel	-0,211***		
	(0,035)		
Performance			
Temps de décision	0,000	0,001**	0,000
	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Temps de révision	-0,001	-0,006***	0,001**
	(0,001)	(0,002)	(0,001)
Observations	2496	1248	1248

Les écarts-types sont affichés entre parenthèses.
* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Apprentissage entre les essais

Tout d'abord, les modèles d'estimation permettent de confirmer la capacité des participants à apprendre à voter de manière optimale en répétant un même scénario de vote. En effet, les coefficients associés au second essai sont positifs et significatifs tant pour les données agrégées que pour les deux panels sur les règles de vote. Toutefois, l'effet au niveau individuel est plus prononcé sous la règle de Borda que sous le vote préférentiel, indiquant que les participants ont davantage matérialisé l'apprentissage par la répétition des scénarios de vote sous la règle de Borda. Ces résultats appuient les conclusions tirées de l'analyse du tableau 3.2 quant à la capacité d'apprentissage des électeurs lorsqu'ils répètent un même scénario de vote pour les deux règles. Par ailleurs, les effets marginaux moyens sont relativement similaires dans l'ensemble des élections et pour les deux règles

de vote. Cette observation suggère que l'effet d'apprentissage qui se produit grâce à la répétition des scénarios de vote est relativement homogène entre les règles, une fois que je tiens compte des caractéristiques individuelles non observées.

Apprentissage d'une situation à l'autre

Ensuite, j'ai intégré l'ensemble des indicateurs relatifs à l'ordre des scénarios de vote dans mes modèles d'estimation, c'est-à-dire, l'ordre dans lequel chaque participant a expérimenté les différents profils. Cette méthode me permet d'examiner l'effet non-paramétrique d'apprentissage au fil des différentes situations de vote. De manière globale, les résultats indiquent un effet d'apprentissage significatif entre le premier scénario complété par les participants et le dernier. Cet apprentissage est significatif pour les deux règles de vote étudiées, à la fois ensemble et séparément, bien qu'il soit plus marqué sous la règle de Borda, comme le témoigne le coefficient plus élevé sous cette règle. L'effet marginal moyen y est d'ailleurs plus élevé que sous le vote préférentiel.

L'apprentissage diffère entre les deux règles lorsque je considère les scénarios de vote de manière séquentielle. En observant les règles conjointement, un effet d'apprentissage significatif est observé dès le deuxième scénario de vote, par rapport au premier. Cet effet persiste pour tous les scénarios suivants, à l'exception du cinquième, où aucun effet significatif n'est détecté. L'ensemble de ces effets d'apprentissage sont soutenus par les élections sous la règle de Borda ; sous le vote préférentiel, l'apprentissage d'un scénario à l'autre est significatif uniquement pour le dernier scénario expérimenté par les participants. Ceci suggère que les participants ont été capables d'utiliser leur expérience acquise sous la règle de

Borda pour optimiser leur vote dans différentes situations, mais n'ont pas réussi à faire de même sous le vote préférentiel.

Transfert d'apprentissage

Les modèles d'estimations sur le vote optimal permettent de mieux étudier l'effet d'apprentissage global qui s'est produit tout au long de l'expérience, tel que présenté à la section 3.1.5. Les tests non paramétriques ont permis de déceler l'existence d'un effet global d'apprentissage du comportement de vote optimal uniquement pour la règle de Borda. Cet effet peut être décomposé en deux sous-effets. Premièrement, une part de l'apprentissage a eu lieu entre les essais pour chacune des séries d'élections sous cette règle de vote. [24] Deuxièmement, les participants qui ont d'abord voté sous le vote préférentiel soumettent plus de bulletins optimaux au premier essai lorsqu'ils votent sous la règle de Borda, par rapport à ceux n'ayant pas eu cette expérience (p = 0,09). Cela suggère qu'il y a bel et bien eu une forme de transfert de l'apprentissage du vote préférentiel vers Borda.

Pourtant, le coefficient de la seconde série d'élections sous le panel de Borda, qui représente l'effet de transfert, n'est pas significatif. Il est donc possible que les tests non-paramétriques aient capté une association qui est causée par d'autres facteurs, puisque la relation n'est plus significative dans les modèles d'estimation, qui contrôlent pour les caractéristiques des participants. D'ailleurs, les modèles d'estimation sur le changement de bulletins entre les essais révèlent que le transfert d'expérience du vote préférentiel vers la règle de Borda réduit la probabilité individuelle de modifier le bulletin de vote entre les essais, tandis que les modèles

24. En guise de rappel, les participants ont augmenté la fréquence de bulletins optimaux soumis entre les essais pour les deux séries sous la règle de Borda (p = 0,01).

sur le vote optimal indiquent que ce même transfert ne se traduit pas en une augmentation du vote optimal. Ces résultats pourraient signifier que les participants qui ont d'abord expérimenté sous le vote préférentiel ont été satisfaits des résultats découlant de leur vote sous la règle de Borda, même si celui-ci n'était pas optimal.

Caractéristiques des participants

Contrairement à la décision de changer de bulletin de vote, soumettre un bulletin de vote optimal dépend en partie des caractéristiques individuelles des participants. En premier lieu, l'âge entretient une relation négative avec la probabilité de soumettre un bulletin de vote optimal. Cet effet devient significatif à partir de 35 ans sous la règle de Borda et à partir de 45 ans sous le vote préférentiel. Ainsi, l'expérience que les participants ont potentiellement acquise au cours de véritables élections ne semble pas les aider à déterminer le bulletin optimal sous les deux règles de vote de l'expérience. En ce qui concerne le genre, il ne semble pas avoir un impact significatif, à l'exception des hommes qui ont une plus grande probabilité de voter optimalement sous Borda que les femmes (cette relation est toutefois significative à un seuil de 10%). Cette différence entre les genres s'atténue et disparaît sous le vote préférentiel.

Ensuite, l'éducation est associée à la capacité à voter de manière optimale. En effet, avoir complété un diplôme universitaire de cycles supérieurs augmente la probabilité de voter de manière optimale, comparativement à avoir complété un niveau d'éducation inférieur. Les panels sur les règles de vote et les essais permettent de conclure que cet effet est significatif uniquement sous le vote préfé-

rentiel.

La tolérance au risque est associée à une diminution de la probabilité de soumettre un bulletin optimal dans l'ensemble des élections. Les panels sur les règles dévoilent que cet effet est significatif uniquement pour les élections sous Borda. Une régression sur les différentes heuristiques et la tolérance au risque permet d'identifier que cette caractéristique est significativement associée à l'heuristique de conformité. Étant donné que les bulletins de vote conformes à cette heuristique ne sont jamais optimaux, la tolérance au risque est associée à une diminution de la probabilité de soumettre un bulletin de vote optimal. En revanche, l'aversion au mensonge et l'aversion à l'inégalité n'entretiennent pas de relation avec le vote optimal. De manière surprenante, le niveau de numératie n'est pas non plus associé avec une augmentation du vote optimal, et ce, sous les deux règles de vote. [25] La numératie représente la capacité à effectuer des calculs probabilistes. Il aurait donc été raisonnable de s'attendre à ce que le coefficient sur les niveaux avancés de numératie soit associé à une augmentation de la capacité à voter optimalement.

Caractéristique du scénario de vote

En ce qui concerne les caractéristiques du scénario de vote, toutes sont fortement associées avec le vote optimal. Les coefficients associés à l'indicateur sur les élections à quatre candidats sont tous négatifs et significatifs, quel que soit le panel considéré. L'ajout d'un candidat constitue donc une source de complexité qui nuit au vote optimal, peu importe la règle de vote. Bien que l'effet au niveau individuel soit similaire selon la règle de vote, l'effet marginal moyen est plus im-

25. À l'exception du panel de Borda qui montre que le niveau intermédiaire de numératie a un effet positif, comparativement au niveau plus faible.

portant sous le vote préférentiel que sous la règle de Borda. La complexité induite par l'ajout d'un candidat a donc un effet plus marqué sous le vote préférentiel lorsque je considère la performance de l'ensemble des participants simultanément. Finalement, le fait de voter sous le vote préférentiel est associé à une réduction importante de la probabilité de soumettre un bulletin optimal.

La performance dans les tests de compréhension sur les règles de vote permet de contrôler pour le niveau d'attention déployé par les participants, mais également de leur capacité à déterminer le vote optimal. Il est possible que certains participants aient voulu compléter l'expérience le plus rapidement possible en dédiant un niveau d'attention moindre lors de la lecture des consignes, ce qui aurait pu entraîner davantage d'erreurs dans les tests de compréhension. Le nombre moyen d'erreurs commises lors du test de compréhension de la règle du vote préférentiel est associé à une réduction de la capacité à voter optimalement pour l'ensemble des élections de l'expérience, tandis que celles commises pour le test de compréhension de la règle de Borda n'ont pas d'impact sur le vote optimal. Les panels sur les règles de vote indiquent qu'un nombre moyen d'erreurs plus élevé est associé avec la probabilité de soumettre un vote optimal uniquement pour les élections sous le vote préférentiel. Par ailleurs, le temps nécessaire pour soumettre un bulletin de vote peut être considéré comme une mesure indirecte de l'effort investi dans l'expérience, ainsi que de l'habileté des participants à comprendre les règles de vote. Cette variable est associée à une augmentation du vote optimal uniquement pour les élections sous la règle de Borda. Ceci suggère que le temps dédié à déterminer le bulletin de vote à soumettre ne permet pas de contourner la complexité du vote préférentiel. Ensuite, le temps de révision des résultats de l'élection au premier essai entretient une relation différente avec le vote optimal

selon les règles de vote. Pour les élections sous le vote préférentiel, chaque seconde passée à réviser l'issue de l'élection au premier essai est associée à une augmentation de la probabilité de soumettre un bulletin de vote optimal. Par contre, sous la règle de Borda, cette relation est négative. Les participants ont généralement passé très peu de temps à réviser l'issue des élections sous cette dernière règle. Il est donc possible que les participants qui ont pris plus de temps à réviser l'issue des élections sous Borda aient également une compréhension moins précise du fonctionnement de cette règle. Ceux qui ont une compréhension plus solide n'ont peut-être pas jugé nécessaire de réviser, ne contribuant donc pas positivement à cette variable.

En résumé, répéter un même scénario de vote favorise l'apprentissage sous les deux règles de vote, tandis que l'accumulation de l'expérience sous une même règle de vote à l'aide des divers scénarios n'a de bénéfice continu que pour la règle de Borda, bien que cet effet soit observable pour les deux règles entre le premier et le dernier scénario de vote. L'effet est néanmoins plus important sous la règle de Borda que sous le vote préférentiel. Je n'observe pas de transfert d'apprentissage qui soit dû à l'accumulation d'expérience sous une règle particulière, bien que certains participants aient été capables d'utiliser cette expérience pour voter de manière optimale sous une règle différente. Les caractéristiques individuelles des participants jouent un certain rôle dans la capacité à voter optimalement, tandis que les différentes mesures de la performance des participants soulignent que la compréhension des règles de vote et le niveau d'attention qu'ils accordent à l'expérience influencent la capacité à soumettre un bulletin de vote optimal. Enfin, la complexité associée au vote préférentiel et au nombre de candidats à classer dans le bulletin de vote nuisent toutes deux à la probabilité de voter de manière

optimale.

CONCLUSION

Dans le cadre de ce mémoire, j'ai exploré la relation entre l'apprentissage du comportement de vote optimal et la complexité de la règle de vote. Pour ce faire, j'ai analysé les données provenant d'une expérience en laboratoire où des participants ont dû compléter une série d'élections sous deux règles, à savoir le vote préférentiel et la règle de Borda. Bien que ces deux règles nécessitent de soumettre un classement complet de l'ensemble des candidats, la complexité du mécanisme d'allocation des voix est davantage complexe sous le vote préférentiel que sous la règle de Borda. Le cadre expérimental permet d'étudier quels types de comportement de vote sont adoptés sous des règles qui varient en complexité. En effet, le vote préférentiel est réputé pour la complexité de sa règle d'allocation des voix, comparativement à la règle de Borda. Au cours de l'expérience, les participants ont dû compléter deux séries d'élections, chacune sous une des règles de vote. Le comité électif était composé d'un participant à l'expérience et trois électeurs automatisés dont les bulletins de vote ont été prédéterminés afin de composer six profils de vote différents.

Les résultats indiquent que la complexité associée au vote préférentiel constitue effectivement un frein à l'apprentissage du comportement optimal par les participants. Bien que ceux-ci ont été en mesure d'apprendre à voter optimalement en répétant un même scénario de vote sous les deux règles, l'effet d'apprentissage est davantage important sous la règle de Borda que sous le vote préférentiel. La

complexité de cette dernière règle semble plutôt avoir poussé les participants à avoir recours à des heuristiques de vote, notamment l'inversion vers le haut. Plus précisément, les participants ne se sont pas réfugiés dans le vote sincère face à la complexité du vote préférentiel, contrairement à ce qui est souvent soutenu dans le discours public. En contraste, la règle de Borda semble avoir favorisé l'apprentissage du comportement de vote optimal, autant en répétant un même scénario de vote qu'au fil des différents scénarios de vote. Sa complexité moindre aurait donc permis aux participants d'ajuster et affiner leurs stratégies de vote au fil de l'expérience.

L'analyse de cette expérience en laboratoire a également permis de mieux comprendre le transfert d'apprentissage entre différentes règles de vote. En effet, les données suggèrent un transfert partiel d'apprentissage du vote préférentiel vers la règle de Borda, un transfert qui n'est pas observé dans le sens inverse. Ce résultat sous-entend que la complexité des règles de vote peut agir comme barrière dans le transfert d'apprentissage d'une règle relativement simple vers une plus complexe.

Ce mémoire illustre comment la complexité des règles de vote impacte les comportements électoraux, notamment l'apprentissage du vote optimal par les électeurs. L'approche expérimentale se révèle un outil indispensable dans l'étude des comportements de vote, étant donné l'impossibilité d'étudier ceux-ci dans de vraies élections sans compromettre leur confidentialité. Qui plus est, l'approche expérimentale m'a permis d'étudier dans quelle mesure certaines caractéristiques sociodémographiques et certains traits de personnalités sont associés à l'apprentissage du comportement de vote optimal. Elle permet l'étude de l'interaction entre la complexité de la règle et du scénario de vote de manière granulaire, une caractéristique qui serait impossible dans une étude empirique. Les résultats obtenus

offrent des pistes pour l'élaboration de modèles théoriques sur les comportements de vote, soulignant notamment que l'apprentissage du vote optimal est fortement influencé par la complexité du scénario de vote. Cette complexité ne conduit pas nécessairement les électeurs vers un vote sincère, mais plutôt à explorer diverses heuristiques de vote. Néanmoins, il serait pertinent pour les recherches futures d'explorer l'effet de la taille de l'électorat sur l'apprentissage du vote optimal, afin d'établir un lien entre les petites élections de comité et les grands scrutins. Bien que mes résultats soient spécifiques au contexte des expériences en laboratoire, ils enrichissent la compréhension de la dynamique entre la complexité des règles de vote et les comportements électoraux, en particulier dans les élections en comité. Ces résultats mettent en évidence que, bien que la complexité du vote préférentiel puisse entraver l'apprentissage du vote optimal, elle ne constitue pas une manière d'encourager les électeurs à soumettre le bulletin de vote qui représente leurs vraies préférences.

ANNEXE A

Gains espérés et probabilités d'élection selon les heuristiques

TABLEAU A.1 – Gain espéré et probabilité d'élection : Inversion vers le haut

Profils	Gain espéré du bulletin d'inversion vers le haut	
	Borda	Préférentiel
Sinc-Sinc-3	30 (1/3 , 1/3 , 1/3)	25 (0 , 1/2 , 1/2)
InvB-Sinc-3	30 (0 , 1 , 0)	30 (0 , 1 , 0)
InvB-Sinc-4	30 (0, 1 , 0 , 0)	25 (0 , 3/4 , 0 , 1/4)
Inv-Inv-3	25 (0 , 1/2 , 1/2)	25 (0 , 1/2 , 1/2)
Inv-Inv-4	30 (0, 1 , 0 , 0)	20 (0 , 1/2 , 0 , 1/2)
InvHB-Inv-4	25 (0 , 1/2 , 1/2 , 0)	22,5 (0 , 1/4 , 1/2 , 1/4)

Les chiffres entre parenthèses présente les probabilités d'élections des candidats A, B, C (et D s'il y a lieu).

Tableau A.2 – Gain espéré et probabilité d'élection : Conformité

Profils	Gain espéré du bulletin de conformité	
	Borda	Préférentiel
Sinc-Sinc-3	20 (0 , 0 , 1)	20 (0 , 0 , 1)
InvB-Sinc-3	30 (0 , 1 , 0)	30 (0 , 1 , 0)
InvB-Sinc-4	10 (0 , 0 , 0 , 1)	10 (0 , 0 , 0 , 1)
Inv-Inv-3	20 (0 , 0 , 1)	20 (0 , 0 , 1)
Inv-Inv-4	10 (0 , 0 , 0 , 1)	10 (0 , 0 , 0 , 1)
InvHB-Inv-4	20 (0 , 0 , 1 , 0)	20 (0 , 0 , 1 , 0)

Les chiffres entre parenthèses présente les probabilités d'élections des candidats A, B, C (et D s'il y a lieu).

ANNEXE B

Coefficients des contrôles des modèles probit sur le changement de bulletin entre les essais

TABLEAU B.1 – Coefficients des contrôles des régressions sur le changement de bulletin

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Contrôle sur les caractéristiques individuelles			
27 à 34 ans	0,071	-0,134	0,164
	(0,206)	(0,263)	(0,267)
35 à 44 ans	-0,031	-0,253	0,115
	(0,209)	(0,243)	(0,241)
45 ans et plus	0,009	-0,065	-0,060
	(0,225)	(0,256)	(0,262)
Homme	-0,249	-0,286*	-0,183
	(0,152)	(0,168)	(0,191)
Universitaire, cycles supérieurs	-0,189	-0,277*	-0,199
	(0,139)	(0,149)	(0,191)
Tolérance au risque	-0,001	-0,004*	0,001
	(0,002)	(0,002)	(0,002)
Aversion au mensonge	-0,002	0,025	-0,024
	(0,047)	(0,042)	(0,065)
Aversion à l'inégalité	0,001	0,001	-0,000
	(0,003)	(0,003)	(0,004)
Numératie 1	-0,049	-0,240	0,118
	(0,152)	(0,191)	(0,193)
Numératie 3	-0,113	-0,098	-0,110
	(0,179)	(0,195)	(0,220)

Tableau B.1 – Coefficients des contrôles des régressions sur le changement de bulletin (suite)

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Contrôle sur les heuristiques adoptées au premier essai			
Sincère E1	-0,038	0,059	-0,194
	(0,186)	(0,308)	(0,260)
Inversion vers le haut E1	-0,242*	-0,084	-0,363*
	(0,145)	(0,185)	(0,213)
Conformité E1	-0,217	-0,444	-0,155
	(0,177)	(0,314)	(0,231)
Indéfini E1	0,206	0,289	0,081
	(0,212)	(0,301)	(0,272)
Observations	1248	624	624

Les écarts-types sont affichés entre parenthèses.

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tableau B.2 – Effets marginaux moyens des contrôles des régressions sur le changement de bulletin

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Contrôle sur les caractéristiques individuelles			
27 à 34 ans	0,019	-0,031	0,051
	(0,056)	(0,060)	(0,082)
35 à 44 ans	-0,008	-0,056	0,035
	(0,056)	(0,055)	(0,074)
45 ans et plus	0,002	-0,015	-0,018
	(0,061)	(0,059)	(0,080)
Homme	-0,068*	-0,065*	-0,057
	(0,041)	(0,037)	(0,059)
Universitaire, cycles supérieurs	-0,051	-0,062*	-0,062
	(0,038)	(0,034)	(0,058)
Tolérance au risque	-0,000	-0,001*	0,000
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Aversion au mensonge	-0,001	0,006	-0,007

TABLEAU B.2 – Effets marginaux moyens des contrôles des régressions sur le changement de bulletin (suite)

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
	(0,013)	(0,009)	(0,020)
Aversion à l'inégalité	0,000	0,000	-0,000
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Numératie 1	-0,013	-0,054	0,037
	(0,042)	(0,043)	(0,060)
Numératie 3	-0,031	-0,023	-0,034
	(0,049)	(0,045)	(0,068)
Contrôle sur les heuristiques adoptées au premier essai			
Sincère E1	-0,010	0,013	-0,060
	(0,050)	(0,071)	(0,080)
Inversion vers le haut E1	-0,066*	-0,019	-0,114*
	(0,040)	(0,042)	(0,066)
Conformité E1	-0,058	-0,096	-0,048
	(0,047)	(0,064)	(0,071)
Indéfini E1	0,057	0,070	0,025
	(0,061)	(0,077)	(0,085)
Observations	1248	624	624

Les écarts-types sont affichés entre parenthèses.

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

ANNEXE C

Résultat des élections selon les bulletins optimal et non optimal

TABLEAU C.1 – Fréquence relative (%) des bulletins de vote optimal et non optimal, selon le candidat élu

Candidat	Bulletin non optimal	Bulletin optimal	Total
A	4.81	30.07	15.99
B	34.77	44.84	39.22
C	44.18	17.66	32.45
D	16.24	7.43	12.34
Total	100	100	100

ANNEXE D

Modèles probits sur le vote optimal au premier essai

TABLEAU D.1 – Coefficients des régressions sur le vote optimal, premier essai

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Mesures d'apprentissage			
Ordre des scénarios de vote			
2	0,164	-0,077	0,212
	(0,141)	(0,269)	(0,206)
3	0,328**	0,614**	0,232
	(0,141)	(0,288)	(0,225)
4	0,327**	0,706**	0,162
	(0,144)	(0,288)	(0,228)
5	0,258*	0,393	0,215
	(0,144)	(0,298)	(0,221)
6	0,431***	0,771**	0,305
	(0,132)	(0,301)	(0,222)
Seconde série d'élections	0,272**	0,006	0,217
	(0,130)	(0,395)	(0,167)
Caractéristiques individuelles			
27 à 34 ans	-0,210	-0,471	-0,259
	(0,235)	(0,500)	(0,254)
35 à 44 ans	-0,644**	-1,539**	-0,315
	(0,254)	(0,605)	(0,268)
45 ans et plus	-0,670**	-1,503**	-0,504*
	(0,287)	(0,597)	(0,271)
Homme	0,051	0,612	-0,231
	(0,193)	(0,458)	(0,186)
Universitaire, cycles supérieurs	0,251	0,494	0,229
	(0,178)	(0,445)	(0,171)
Tolérance au risque	-0,004	-0,015**	0,002
	(0,003)	(0,006)	(0,002)
Aversion au mensonge	0,045	0,138	0,006
	(0,052)	(0,109)	(0,048)
Aversion à l'inégalité	-0,003	-0,015	-0,000
	(0,004)	(0,009)	(0,004)
Numératie 1	-0,243	-0,572	-0,168

TABLEAU D.1 – Coefficients des régressions sur le vote optimal, premier essai (suite)

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
	(0,189)	(0,473)	(0,186)
Numératie 3	0,076	-0,158	0,209
	(0,227)	(0,567)	(0,225)
nombre d'erreurs moyen : test de compréhension des règles			
Borda	0,012	-0,083	
	(0,023)	(0,063)	
Vote préférentiel	-0,102*		-0,042
	(0,053)		(0,027)
Caractéristiques du scénario de vote			
4 candidats	-0,440***	-0,681***	-0,633***
	(0,096)	(0,170)	(0,169)
Nombre de bulletins optimaux	0,322***	0,706***	0,330***
	(0,045)	(0,173)	(0,054)
Règle de vote : Vote préférentiel	-0,740***		
	(0,138)		
Performance			
Temps de décision	0,002*	0,008***	0,001
	(0,001)	(0,003)	(0,001)
Temps de révision	-0,002	-0,039***	0,006**
	(0,003)	(0,013)	(0,002)
Constante	-0,499	-0,393	-1,354***
	(0,449)	(0,882)	(0,473)
$\log(\sigma^2)$	-0,740***	0,880***	-1,361***
	(0,261)	(0,302)	(0,435)
Observations	1248	624	624
ρ	0,323	0,707	0,204

Les écarts-types sont affichés entre parenthèses.
* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

TABLEAU D.2 – Effets marginaux moyens des régressions sur le vote optimal, premier essai

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Mesures d'apprentissage			
Ordre des scénarios de vote			
2	0,046	-0,013	0,063
	(0,040)	(0,045)	(0,061)
3	0,092**	0,103**	0,069
	(0,040)	(0,047)	(0,066)
4	0,092**	0,119**	0,048
	(0,041)	(0,047)	(0,067)

TABLEAU D.2 – Effets marginaux moyens des régressions sur le vote optimal, premier essai (suite)

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
5	0,073*	0,066	0,064
	(0,041)	(0,050)	(0,065)
6	0,121***	0,130***	0,090
	(0,038)	(0,050)	(0,065)
Seconde série d'élections	0,077**	0,001	0,064
	(0,036)	(0,066)	(0,049)
Caractéristiques individuelles			
27 à 34 ans	-0,059	-0,079	-0,077
	(0,066)	(0,084)	(0,074)
35 à 44 ans	-0,181**	-0,259***	-0,093
	(0,070)	(0,095)	(0,079)
45 ans et plus	-0,189**	-0,253***	-0,149*
	(0,079)	(0,096)	(0,079)
Homme	0,014	0,103	-0,068
	(0,054)	(0,076)	(0,054)
Universitaire, cycles supérieurs	0,071	0,083	0,068
	(0,049)	(0,072)	(0,050)
Tolérance au risque	-0,001	-0,002**	0,000
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Aversion au mensonge	0,013	0,023	0,002
	(0,015)	(0,018)	(0,014)
Aversion à l'inégalité	-0,001	-0,003*	-0,000
	(0,001)	(0,001)	(0,001)
Numératie 1	-0,068	-0,096	-0,050
	(0,053)	(0,078)	(0,055)
Numératie 3	0,021	-0,027	0,062
	(0,064)	(0,095)	(0,067)
nombre d'erreurs moyen : test de compréhension des règles			
Borda	0,003	-0,014	
	(0,007)	(0,011)	
Vote préférentiel	-0,029*		-0,013
	(0,015)		(0,008)
Caractéristique du scénario de vote			
4 candidats	-0,124***	-0,114***	-0,187***
	(0,027)	(0,030)	(0,048)
Nombre de bulletins optimaux	0,091***	0,119***	0,098***
	(0,012)	(0,029)	(0,014)
Règle de vote : Vote préférentiel	-0,208***		
	(0,037)		
Performance			
Temps de décision	0,000*	0,001***	0,000
	(0,000)	(0,000)	(0,000)

TABLEAU D.2 – Effets marginaux moyens des régressions sur le vote optimal, premier essai (suite)

	Tous	Borda	Préférentiel
	(1)	(2)	(3)
Temps de révision	-0,001	-0,007***	0,002***
	(0,001)	(0,002)	(0,001)
Observations	1248	624	624

Les écarts-types sont affichés entre parenthèses.
* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

ANNEXE E

Questionnaires de l'expérience

FIGURE E.1 – Questionnaire I : Informations générales sur le participant

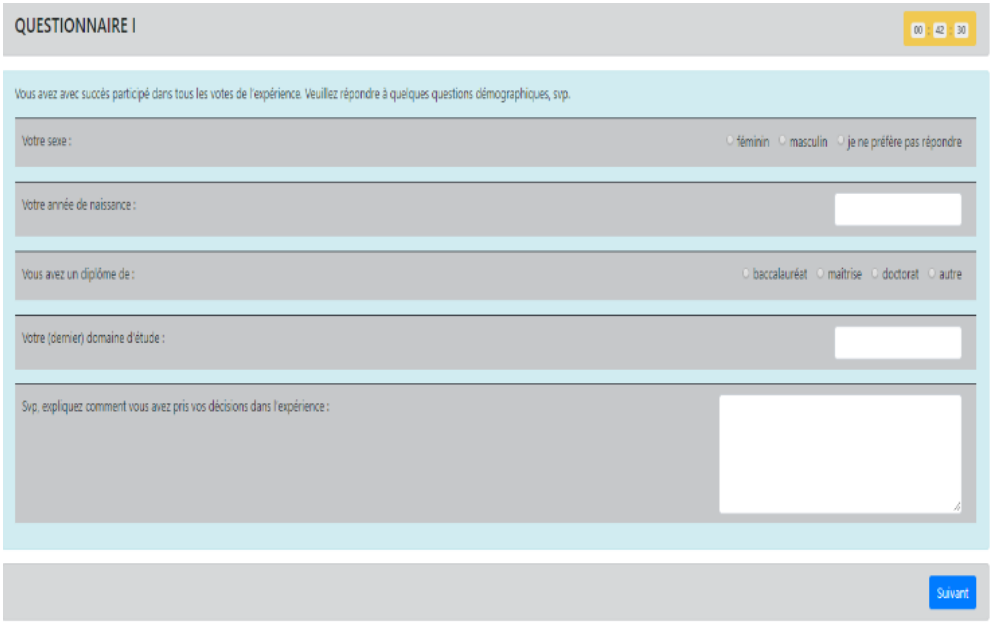


FIGURE E.2 – Questionnaire II : Berlin Numeracy Test - Question 1

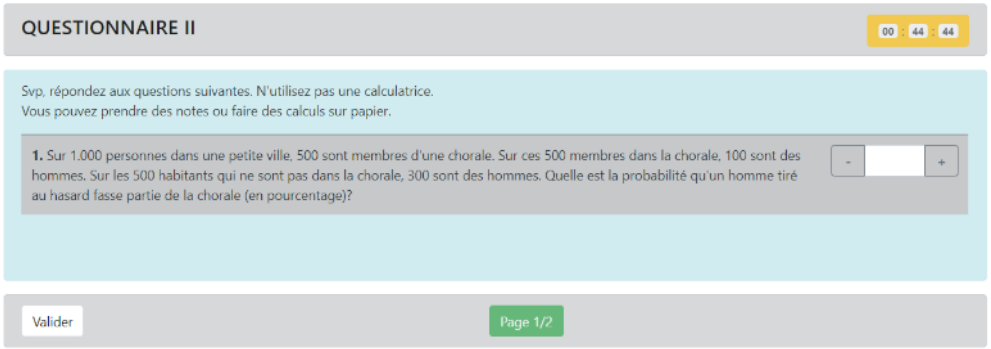


FIGURE E.3 – Questionnaire II : Berlin Numeracy Test - Question 2

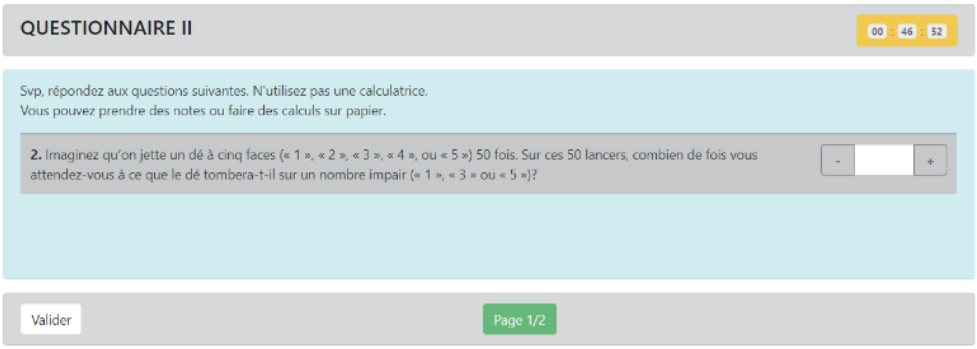


FIGURE E.4 – Questionnaire II : Tolérance au mensonge

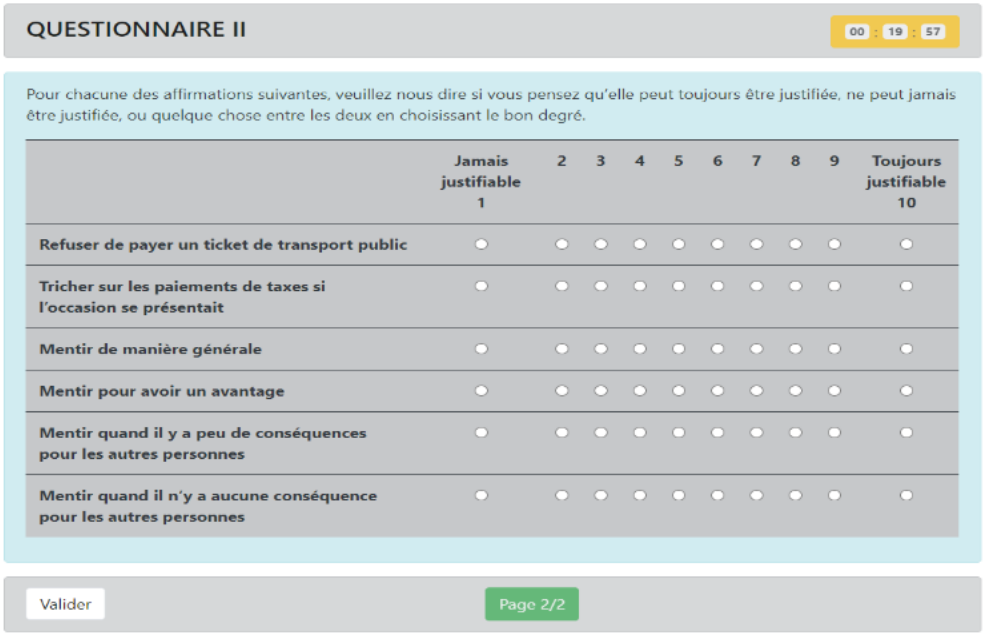


FIGURE E.5 – Questionnaire III : Tolérance à l'inégalité - Question 1

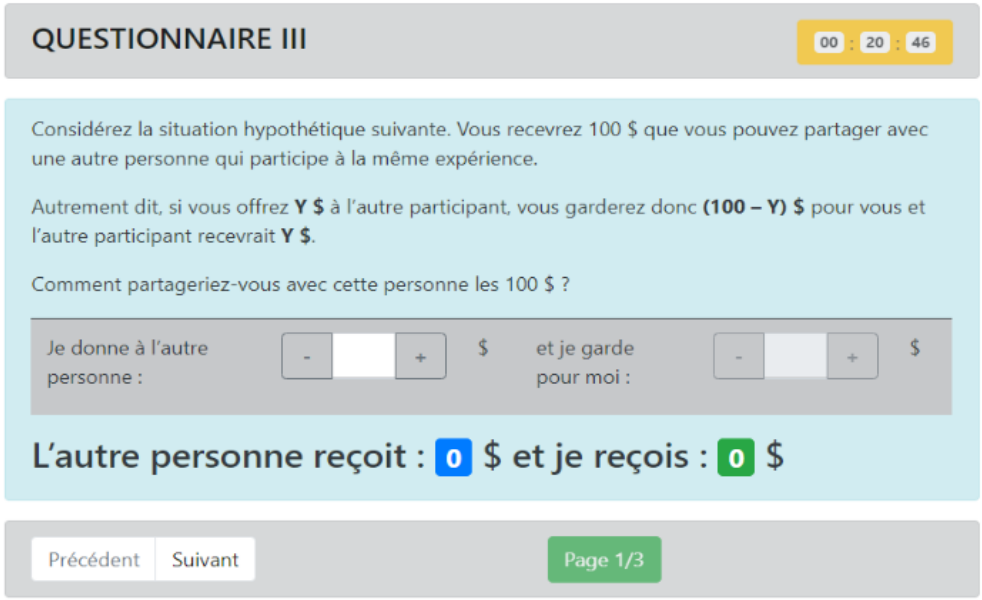


FIGURE E.6 – Questionnaire III : Tolérance à l'inégalité - Question 2

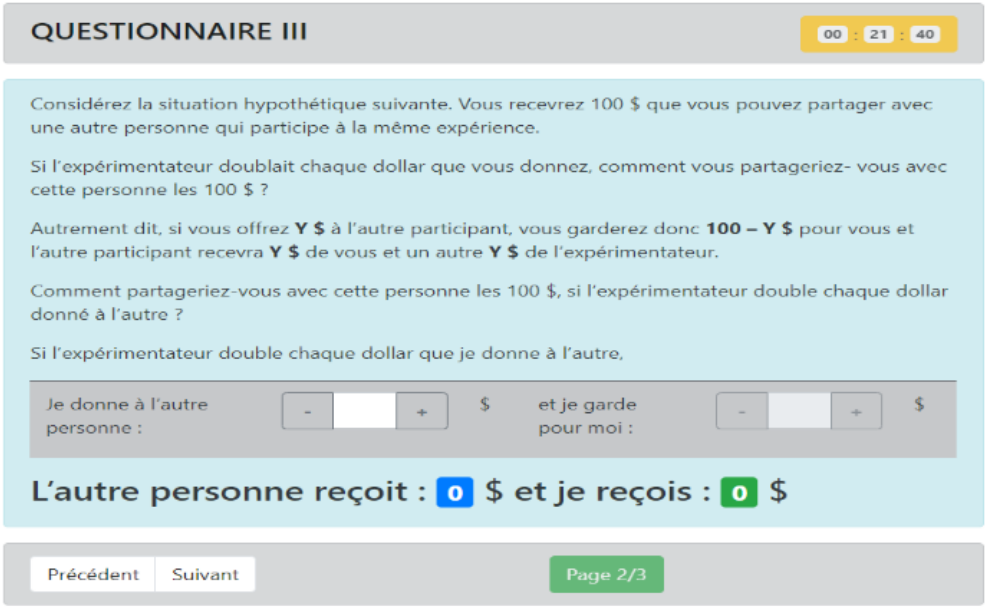


FIGURE E.7 – Questionnaire III : Tolérance à l'inégalité - Question 3

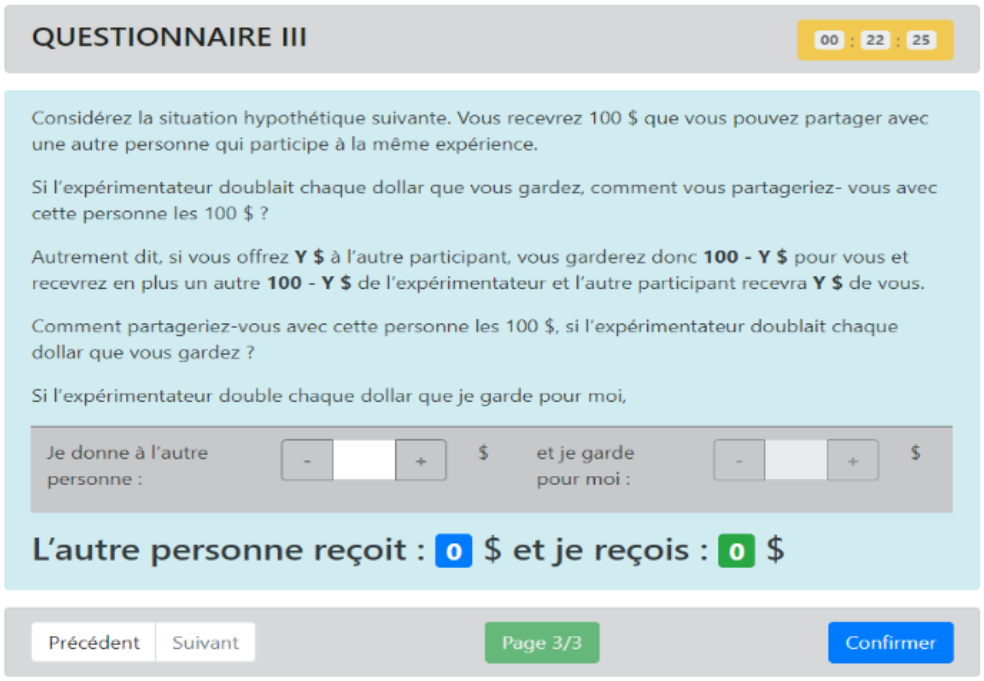


FIGURE E.8 – Questionnaire IV : Tolérance au risque - Page 1

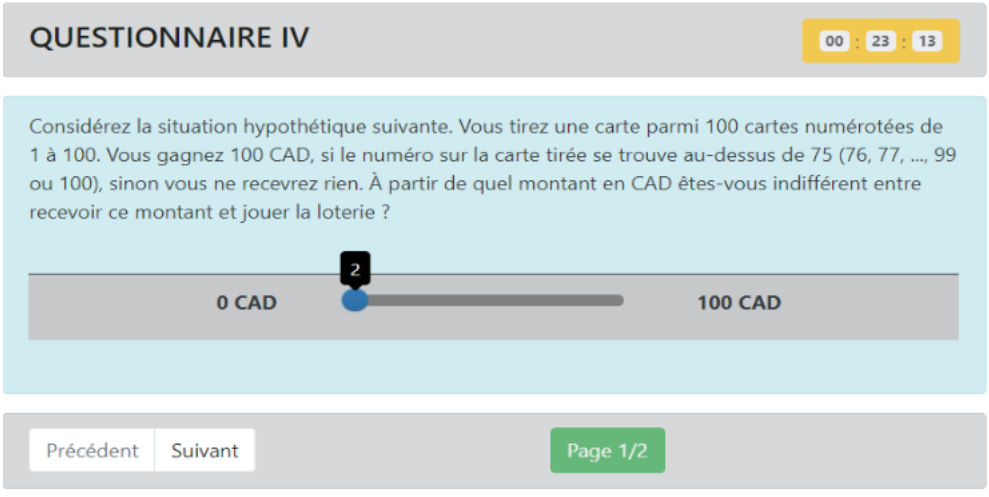


FIGURE E.9 – Questionnaire IV : Tolérance au risque - Page 2

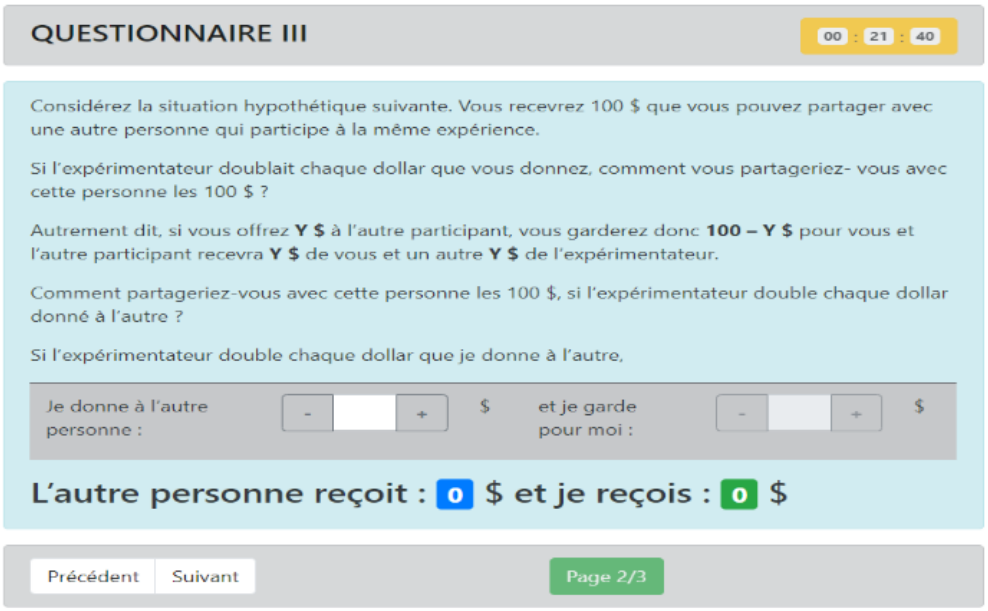
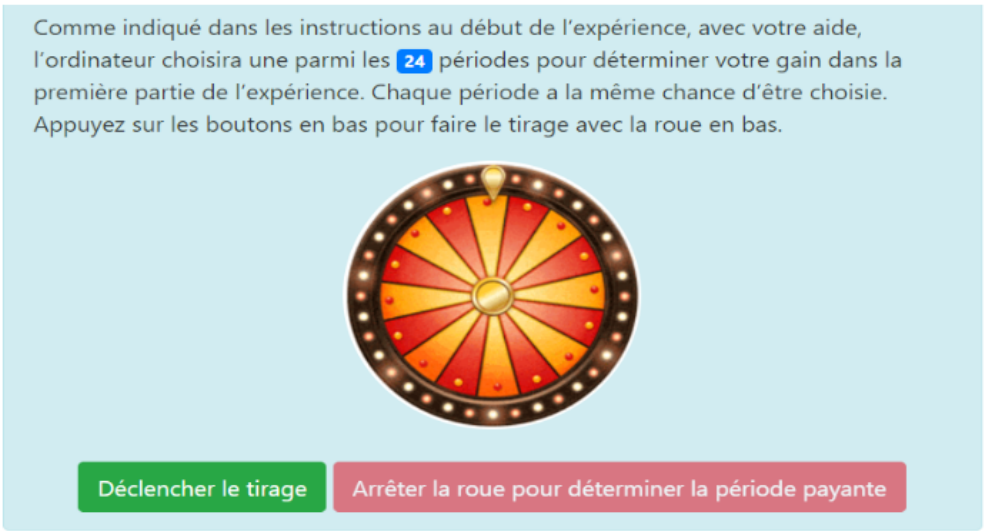


FIGURE E.10 – Présentation de la loterie déterminant le gain des participants



Bibliographie

Bartholdi, J. J. et Orlin, J. B. (1991). Single transferable vote resists strategic voting. *Social Choice and Welfare*, *8*(4), 341–354.

Bassi, A. (2015). Voting systems and strategic manipulation : An experimental study. *Journal of Theoretical Politics*, *27*(1), 58–85.

Buisseret, P. et Prato, C. (2023). Politics transformed ? how ranked choice voting shapes electoral strategies. Cambridge, MA.

Béhue, V., Favardin, P. et Lepelley, D. (2009). La manipulation stratégique des règies de vote : une étude expérimentale. *Recherches Économiques de Louvain*, *75*(4), 503–516.

Cokely, E. T., Galesic, M., Schulz, E., Ghazal, S. et Garcia-Retamero, R. (2012). Measuring risk literacy : The berlin numeracy test. *Judgment and Decision Making*, *7*(1), 25–47.

Crisp, B. F., Olivella, S. et Potter, J. D. (2012). Electoral contexts that impede voter coordination. *Electoral Studies*, *31*(1), 143–158. Special Symposium : Germany's Federal Election September 2009.

Dellis, A. et Kröger, S. (2023). How Do People Vote Under Instant Runoff Voting ? An Experiment on Complexity and Voting Behavior. *SSRN Electronic Journal*. `http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4602773`

Eggers, A. C. et Nowacki, T. M. (2023). Susceptibility to strategic voting : a comparison of plurality and instant-runoff elections. *Journal of Politics*, (À paraître).

Felsenthal, D. S. (1996). Setting the record straight : A note on sophisticated voting under borda's method. *Public Choice*, *89*(1/2), 17–25.

Gibbard, A. (1973). Manipulation of voting schemes : A general result. *Econometrica*, *41*(4), 587–601.

Granić, D.-G. (2017). The problem of the divided majority : Preference aggregation under uncertainty. *Journal of Economic Behavior and Organization*, *133*, 21–38.

Kube, S. et Puppe, C. (2009). (when and how) do voters try to manipulate ? experimental evidence from borda elections. *Public Choice*, *139*(1/2), 39–52.

Lau, R. R. et Redlawsk, D. P. (2001). Advantages and disadvantages of cognitive heuristics in political decision making. *American Journal of Political Science*, *45*(4), 951–971.

Lehtinen, A. (2007). The borda rule is also intended for dishonest men. *Public Choice*, *133*(1/2), 73–90.

Ludwin, W. G. (1978). Strategic voting and the borda method. *Public Choice*, *33*(1), 85–90.

Murawski, C. et Bossaerts, P. (2016). How humans solve complex problems : The case of the knapsack problem. *Scientific Reports*, p. 34851.

Oprea, R. (2020). What makes a rule complex ?. *American Economic Review*, *110*(12), 3913 – 3951.

Satterthwaite, F. E. (1975). Strategy-proofness and arrow's conditions : Existence and correspondence theorems for voting procedures and social welfare functions. *Journal of Economic Theory*, *10*(2), 187–217.

Van der Straeten, K., Laslier, J.-F., Sauger, N. et Blais, A. (2010). Strategic, sincere, and heuristic voting under four election rules : an experimental study. *Social Choice and Welfare*, *35*(3), 435–472.