

# Vote électronique: informatiser au service des électeurs

Chantal Enguehard<sup>1</sup>, Walter de Abreu Cybis<sup>2</sup>, Gabriel Michel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>LINA - UMR CNRS 6241

2, rue de la Houssinière, BP 92208, 44322 Nantes Cedex 03 – France

<sup>2</sup>Ecole Polytechnique de Montréal

2500, chemin de Polytechnique, C.P. 6079, succ. Centre-ville - Montréal - Canada.

<sup>3</sup>ETIC - Université Paul Verlaine.

Ile du Saulcy, 57045, Metz Cedex01– France

chantal.Enguehard@univ-nantes.fr, walter.cybis@polymtl.ca,  
gabriel.michel@univ-metz.fr

**Abstract.** *Based on the results of research activities accomplished in France and in Brazil, this paper proposes some reflections about the overall electoral process automation. Poll offices organization, ergonomics and accessibility, counting process's transparency are important research directions to follow in order to get electoral automation profitable to voters. This paper offers some advising associated to these points.*

**Résumé.** *À partir des résultats d'activités de recherche menées en France et au Brésil, cet article propose quelques réflexions sur l'informatisation du processus électoral. L'organisation des bureaux de votes, leurs ergonomie et accessibilité, la transparence du processus de comptage des votes sont des axes de recherche peu explorés pour que l'informatisation électorale soit au service des électeurs. Cet article avance quelques pistes associées à ces axes de recherche.*

## 1. Introduction

Le vote électronique se présente sous différentes formes selon qu'il s'agit d'un vote en milieu contrôlé ou par correspondance, et selon que les dispositifs sont reliés ou pas à un réseau. Nous traitons ici des ordinateurs de vote de type DRE (Direct-Recording Electronic) non connectés à un réseau et équipant les bureaux de vote.

Tous les constructeurs de ces systèmes affirment que ces dispositifs facilitent l'exercice du droit de vote, favorisent le vote des personnes exclues des technologies (personnes handicapées, seniors et plus globalement celles qui ont des problèmes avec les technologies) et fournissent des résultats précis et justes. Nous examinerons ces questions.

## 2. L'évaluation de la justesse

Le caractère démocratique d'une élection peut être établi selon le respect de plusieurs principes, en voici quelques-uns : chaque électeur doit pouvoir s'exprimer sans subir de pressions (confidentialité), son vote doit rester secret (anonymat), il doit pouvoir exercer un contrôle direct sur le processus, depuis la collecte des voix jusqu'à la proclamation des résultats, afin de lui accorder sa confiance (transparence).

Lors d'un vote électronique, les choix des électeurs sont confiés à un processus

automatisé qui fournit des résultats à la clôture de l'élection. Ce processus est, par nature, opaque : le choix de chaque électeur, initialement exprimé par une pression de quelques joules sur un bouton, est transformé en une impulsion électrique, puis codé en une série de bits qui sera ajoutée à d'autres choix ainsi transformés. La nature électronique de ces multiples mutations les rend inobservables pour l'œil humain.

Il ne peut être exclu qu'une erreur d'exécution des programmes, ou une fraude, modifie des votes lors de leur enregistrement, d'un traitement intermédiaire, ou de leur addition. La vérification de la justesse des résultats énoncés par le dispositif électronique apparaît indispensable pour entretenir la confiance des électeurs.

Il existe trois voies d'évaluation de la justesse des résultats :

— *la vérification par approximation* : Les résultats sont comparés à des estimations statistiques concurrentes au vote (sondages de sortie d'urnes). Il est alors demandé à un échantillon de l'ensemble des électeurs de révéler son choix. Cette procédure présente des biais : l'échantillon, de taille réduite, ne représente pas tous les segments de la population ; le vote étant révélé, des personnes peuvent ne pas répondre à la question posée, ou mentir ; etc.

Les résultats peuvent aussi être comparés à des estimations statistiques antérieures au vote (intentions de vote pondérées, résultats lors de précédentes élections). Les intentions de vote pondérées connaissent les mêmes biais que les sondages de sorties d'urnes, auxquels il faut ajouter la possibilité que des électeurs changent d'avis entre le moment de sondage et le jour de l'élection. La conformité des résultats d'un vote avec les résultats obtenus lors d'une précédente élection ne peut pas non plus constituer une procédure de vérification acceptable car elle nie la possibilité d'alternance politique qui est le fondement de toute démocratie.

— *les garanties apportées par les traitements* : Cette démarche exige de prouver que le système réalise correctement les traitements attendus. Il doit donc être immune de faute et inaltérable. Il apparaît difficile de déterminer qu'un système est immune de fautes alors qu'écrire un programme sans aucun bug reste considéré comme un exploit. La démarche de preuve formelle s'attache à résoudre cette question, mais elle reste cantonnée à quelques briques logicielles et ne peut prendre en compte tous les composants intervenant dans un système de vote électronique (drivers, micro-code, compilateurs, etc.). Enfin, un système de vote peut être modifié volontairement de manière très subtile (branchement d'une imprimante par exemple), ou involontairement (erreur hardware) sans que ces modifications, pourtant susceptibles d'altérer les traitements appliqués aux choix des électeurs, ne soient remarquées.

— *la preuve de résultat* : Une preuve de résultat est établie en calculant le résultat d'un système à partir de ses entrées, indépendamment du système à évaluer. Cette démarche est impraticable pour un ordinateur de vote de type DRE car les entrées du vote, dématérialisées, ne sont pas collectées indépendamment du système de vote et le respect de l'anonymat interdit de tracer le processus de vote de bout en bout afin de les reconstituer. Il est donc impossible de confronter les résultats énoncés aux votes qui ont été émis et dont la teneur reste inconnue.

Il existe une nouvelle génération d'ordinateurs de vote dits VVAT (Voter Verifiable Audit Trail - utilisés aux Etats Unis et au Venezuela.) dont le fonctionnement prévoit que chaque vote enregistré est également imprimé et collecté dans une urne à des fins d'éventuelles vérifications. On prévoit cependant que seuls quelques dispositifs soient vérifiés afin de valider l'ensemble du parc d'ordinateurs de

vote mis en service. Cette démarche présente plusieurs défauts rédhibitoires : la sélection d'un échantillonnage en vue de la vérification de certains paramètres, courante en contrôle qualité, n'est valide que si les matériels testés ont subi exactement les mêmes traitements, ce qui n'est pas le cas d'ordinateurs de vote ayant servi pendant une ou plusieurs journées de vote ; le décompte différé des bulletins collectés facilite les atteintes à leur intégrité ; juridiquement, prouver le dysfonctionnement des ordinateurs équipant quelques bureaux de vote ne constitue pas une preuve du dysfonctionnement des ordinateurs dont le décompte n'a pas été formellement vérifié (Enguehard 2007). Le raisonnement est le même en ce qui concerne le comptage automatique de bulletins scannés ou munis de codes à barres.

Il apparaît donc que le comptage automatique des voix est un processus dont les résultats ne sont pas vérifiés, même s'ils sont théoriquement vérifiables.

L'utilisation de logiciels libres ne constitue pas une solution : l'ensemble du système de vote (systèmes d'exploitation, compilateur) ne peut être scruté dans sa totalité ; le système n'est pas stable (brancher un périphérique - imprimante, casque audio, etc. - le modifie) ; les électeurs et les partis politiques sont démunis des compétences nécessaires, comme l'ont remarqué les observateurs des élections estoniennes de 2007 [OSCE/ODIHR 2007].

### **3. L'utilisabilité et l'accessibilité des ordinateurs de vote en France**

L'accessibilité caractérise la capacité des personnes handicapées à percevoir une interface, à la comprendre, à l'utiliser pour naviguer et interagir [W3C 2005]. L'utilisabilité est définie par la Norme ISO 9241:11 comme « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». Dans les cas où cette population est constituée de personnes handicapées, l'utilisabilité et l'accessibilité se confondent.

Une évaluation ergonomique des trois ordinateurs de vote utilisés en France a été effectuée en deux étapes en 2007 : une évaluation de la conformité à des recommandations puis des tests utilisateurs menés auprès de personnes aveugles et de personnes vieillissantes. L'évaluation des interfaces a été réalisée par des experts en ergonomie et en accessibilité sur la base d'un ensemble de critères d'évaluation du vote électronique [MICHEL et al. 2008]. Elle a identifié des problèmes importants de ces ordinateurs de vote tels que des problèmes de compatibilité et de flexibilité modale qui ne permettent pas une accessibilité aux différentes catégories d'exclus, des problèmes de compatibilité avec les connaissances informatiques et les outils technologiques de l'électeur, des problèmes de lisibilité et de correction intuitive des erreurs. Des tests utilisateurs menés sur un de ces ordinateurs ont donné les résultats suivants :

— Sur 7 seniors (faisant partie des catégories socioprofessionnelles favorisées), placés dans des conditions idéales (pas de bruit, de pression, pas de contraintes de temps), seuls 3 ont réussi à voter. Sur les 4 échecs, 3 correspondent à une erreur de vote (vote pour un autre candidat), le quatrième n'ayant pas réussi à voter. La durée moyenne de vote a été 3,5 fois plus longue que pour le groupe de contrôle.

— Sur 5 déficients visuels (dont 3 peu habitués à la technologie) un seul a réussi à voter. Les 4 autres ont dû abandonner car l'interface vocale était trop complexe (le temps de vote moyen était en moyenne dix fois supérieur de celui du groupe de contrôle).

Cette étude a mis en évidence que ces trois ordinateurs de votes constituaient un facteur important de discrimination [Michel et al., 2008].

#### **4. L'utilisabilité et l'accessibilité de l'ordinateur de vote au Brésil**

Une série d'études concernant l'ergonomie et l'accessibilité de l'ordinateur de vote utilisé au Brésil a été accomplie en 1997 [Cybis et al., 2009]. L'évaluation heuristique de son interface a mis en évidence des problèmes ergonomiques tels que ; guidage affaibli ; manque de feedback global sur les contenus des deux votes accomplis (conseillers et maire) ; manque de protection contre les erreurs, etc. Les tests d'utilisabilité ont révélé des problèmes d'accessibilité majeurs des groupes sensibles à l'exclusion technologique (aveugles et seniors) : la majorité des participants (13 sur 20) n'a pas conclu les deux votes. Cette série d'études s'est achevée par une analyse comparative des résultats des élections de 1992 et de 1996 pour sept villes de l'état de Santa Catarina au sud du Brésil (900 000 électeurs). Les élections étaient informatisées pour 3 d'entre elles (400 000 électeurs). On a pu constater des tendances opposées en ce qui concerne les votes blancs (-41,7% contre +33,4%) et pour les partis politiques (+65,7% contre -55,5%) entre 1992 et 1996 pour les villes informatisées et non informatisées. Ces mêmes auteurs ont étudié l'évolution de l'interface de ce dispositif. Ils ont jugé timides et inefficaces les modifications mises en place sur l'interface de l'ordinateur de vote brésilien au fil des années. Il semble évident que le niveau d'interférence de ce dispositif sur les intentions de vote des électeurs sensibles aux NTIC a encore augmenté lors des élections présidentielles de 2002 et 2006.

#### **5. Propositions**

Nous avons démontré que les résultats des ordinateurs de type DRE sont invérifiables, et que, quand un dispositif de vérification est installé, cette possibilité n'est finalement pas correctement mise en oeuvre. Il apparaît donc que l'utilisation de systèmes de vote électronique effectuant automatiquement le comptage des voix érode la confiance des électeurs et, finalement la légitimité des candidats. Inversement, améliorer la transparence directe du processus électoral permet de renforcer la confiance des électeurs.

Nous proposons donc d'équiper les bureaux de vote de systèmes susceptibles de renforcer la sécurité, l'accessibilité et la transparence directe. Il convient de ne dématérialiser les bulletins de vote (faible bien identifiée des systèmes DRE), de systématiser l'usage d'urnes transparentes et le comptage humain des bulletins. Des progrès sont envisageables en ce qui concerne l'accessibilité.

En France et au Brésil les usages sont différents. En France, on vote en choisissant un bulletin parmi plusieurs. Au Brésil, on vote avec des bulletins australiens (cases à cocher ou saisie d'un identifiant numérique). Ces deux cas seront distingués dans les trois propositions exposées ci-dessous. Ces trois propositions sont le résultat d'une étude préliminaire. Des travaux complémentaires devraient permettre de conceptualiser de nouvelles avancées, en particulier en exploitant les opportunités offertes par la reconnaissance de la parole.

##### **5.1 - Présentation des candidats**

En France, les bulletins sont fournis par les candidats. Les candidats non affiliés à de grands partis politiques ne sont pas toujours en mesure de fournir des bulletins dans tous les bureaux de vote du pays, ce qui les désavantage (lors des élections européennes 2009

certain candidats proposaient aux électeurs d'imprimer leur bulletin de vote mis à disposition sur internet).

Les bureaux de vote peuvent être munis d'imprimante permettant d'imprimer quelques exemplaires des bulletins de vote des candidats non soutenus par les partis politiques afin que tous les choix soient proposés dans tous les bureaux de vote.

## **5.2 - vote des handicapés**

### *a - confidentialité pour les aveugles et mal-voyants*

Il existe des dispositifs de lecture capables de lire un texte et de le restituer grâce à la synthèse de la parole.

En France ce dispositif peut être utilisé directement dans l'isoloir (avec un casque audio pour la confidentialité) pour choisir le bulletin de vote qui porte le nom du candidat ou de la liste choisie.

Au Brésil ce dispositif pourrait être adapté pour que les aveugles puissent remplir puis relire leur bulletin de vote seuls et sans assistance.

### *b - confidentialité pour les handicapés moteurs voyants*

Les handicapés moteurs peuvent voter de manière confidentielle en se faisant assister d'une personne rendue aveugle pour l'occasion.

En France, cette personne présente les bulletins aux handicapés, le handicapé signifie son choix simplement en disant : "non, ce n'est pas ce bulletin" ou "oui, c'est le bulletin que je vois que je choisis". Il est en mesure de contrôler que c'est bien le bulletin de son choix qui est glissé dans l'enveloppe ensuite déposée sur ses genoux et qui finira dans l'urne.

Au Brésil, à cause de l'usage du bulletin australien, il faut munir les isoloirs d'un dispositif présentant à l'écran les choix dans un ordre aléatoire et permettant de cocher des cases ou de saisir des numéros par un système capable de reconnaissance vocale ou manipulé par une personne rendue aveugle. Le bulletin, imprimé, peut alors être mis sous enveloppe et déposé dans l'urne en toute confidentialité. Ce dispositif doit être utilisé par d'autres électeurs (pas forcément tous) pour que les votes des handicapés ne puissent être systématiquement distingués des autres. Plusieurs bulletins peuvent être imprimés avant le choix définitif

Ces dispositifs pour les handicapés ne sont pas d'un usage obligatoire. Ils ne sont donc pas susceptibles de générer files d'attente et stress peu compatibles avec une sereine prise de décision.

## **5.3 - centralisation des résultats**

Cette proposition vise à rendre transparent le processus de centralisation des résultats.

Les résultats détaillés des élections pourraient être publiés sur les sites des communes en présentant un niveau de détail homogène

— présenter les résultats détaillés par bureaux de vote

— pour chaque bureau de vote, présenter le nombre de votes obtenus par chaque candidat/liste, ainsi que le nombre de votes blancs ou nuls, mais aussi le nombre d'inscrits, le nombre d'émargements et le nombre de procurations.

Des facilités doivent être offertes afin de pouvoir disposer facilement de l'ensemble de tous les résultats détaillés.

## 6. Conclusions

L'examen des principaux ordinateurs de vote employés dans le monde (Brésil, France, EUA, Inde, Venezuela, Suisse) confirme les analyses théoriques que nous avons menées. Nous constatons que ces dispositifs sont difficiles à utiliser pour de nombreux handicapés, exclus de la technologie et seniors, qu'ils semblent introduire des biais importants dans les résultats des élections et que le contrôle populaire de la sincérité des élections ne peut plus être mis en oeuvre.

Nous proposons une approche nouvelle pour informatiser les bureaux de vote. Il s'agit de conserver les points positifs du vote avec urne et bulletins (en particulier la transparence du décompte manuel des bulletins de vote) et de suivre les recommandations et critères ergonomiques d'accessibilité qui avaient été établis pour les ordinateurs de vote [Cybis et al., 2009] afin d'améliorer les différentes phases : choix de candidat, expression du vote. L'objectif est de permettre à tous les électeurs (y compris les handicapés, les seniors et les exclus de la technologie) de voter en confidentialité et d'améliorer la transparence du système électoral pour tous.

Ce renouveau des bureaux de vote doit prendre en compte les différents contextes législatifs (bulletin unique comme en France ou bulletin australien avec des cases à marquer et des saisies de chiffres) et sociaux (sécurisation des bureaux de vote dans les pays où les élections donnent lieu à des fraudes). Il existe des pistes pour améliorer, pour tous, la sécurité, l'ergonomie, l'accessibilité des bureaux de vote et le droit à voter en confidentialité sans pour autant dégrader la nécessaire transparence des élections sur laquelle se fonde la légitimité des élus.

Des pistes de recherches de partenaires académiques au Brésil sont en ce moment à l'étude.

## 7. Références

- CYBIS, W.A., MICHEL, G. BRANGIER, E.. L'ergonomie dans l'enjeu démocratique du vote électronique des citoyens : éléments d'utilisabilité électorale. In DUBOIS, M., BOBILLIER-CHAUMON M-E. ,RETOUR D.,(eds) Relations de services : Nouveaux usages, nouveaux usagers. Editions De Boeck, 2009 (à paraître).
- MICHEL, G., KLEIN, M. Utilisabilité et discrimination : étude préliminaire des machines à voter françaises, IHM 2008, 235-238, Librairie digitale des ACMs, Metz, 2-5 décembre 2008.
- ENGUEHARD C. Vote électronique et preuve papier. Actes du 14ème Colloque international "De l'insécurité numérique à la vulnérabilité de la société", Paris, 14 et 15 juin 2007.
- OSCE/ODIHR. Republic of Estonia parliamentary elections 4 March 2007 OSCE/ODIHR Election Assessment Mission Report, 28 June 2007.
- W3C. Web Accessibility Initiative, September 2005.
- MICHEL, G. CYBIS, W.A. BRANGIER, E. Nomenclature de critères ergonomiques pour les urnes de votes électroniques. Revue d'Interaction Homme-machine/Journal of Human-Machine Interaction, Vol 8, n°3, 125-148, 2008.