



REPUBLIQUE DU BURUNDI
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



**INSTITUT SUPERIEUR DE POLYTECHNIQUE, INFORMATIQUE,
TELECOMMUNICATIONS ET TECHNOLOGIES AVANCEES**

INITELEMATIQUE/BUJUMBURA

Option : Génie Informatique et Télécommunications

B.P: 6019

**CONCEPTION ET REALISATION D'UNE
PLATEFORME DE VOTE ELECTRONIQUE**

'E-VOTING'

CAS DE LA CENI BURUNDI

Sous la direction de:

MSc KWIZERIMANA Amédée

Présenté et soutenu par :

Steven CIBAMBO M

&

Diane KARAMAGA

**Pour l'obtention du diplôme de
Baccalauréat Ingénieur**

BUJUMBURA, AVRIL 2016

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

A mon regretté père Célestin CIBAMBO et à ma mère ASTRID M'KAGIZI, pour leur patience infinie, leur soutien sans faille et leur amour sans limite. Ce mémoire est autant le fruit de vos efforts que de mon travail,

A Mes frères et grandes sœurs qui n'ont cessé de m'encourager tout le long de mes études,

A tous ceux qui me sont chers,

A tous mes amis et à toute personne qui me connaît. À toute personne qui m'a aidé un jour à réussir jusque-là, en espérant être toujours à la hauteur de leurs attentes et de leurs espérances,

A toutes mes connaissances.

Je dédie ce mémoire

Steven CIBAMBO M.

Je dédie ce mémoire à :

Mon époux NDEREYIMANA Jean B, mes trois enfants : CUBAHIRO Sindy Keit, AKIMANA Elsa Lussa et IRANTANGAJE Dany Elo, mon regretté père KARAMAGA Stanislas, ma mère MUKANTAGARA Julienne, mon grand frère KARAMAGA Apollinaire en ma grande affection et éternelle gratitude. En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par vous pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Mes frères et sœurs qui m'ont toujours témoigné leur amour et soutien depuis toujours,

Mes oncles et tantes, mes cousins et cousines, mes neveux et nièces,

Et Tous mes chers amis et professeurs, et tous ceux, qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de mon mémoire de fin d'études.

Je dédie ce mémoire

KARAMAGA Diane

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout Puissant, l'Omniprésent qui nous a donné la force et la volonté de réaliser chaque étape de notre vie avec conscience et satisfaction.

Au terme de ce travail, nous adressons nos remerciements les plus vifs et chaleureux à nos parents qui ont investi d'énormes efforts pour assurer notre formation de l'école primaire à l'Université.

Nous tenons à exprimer particulièrement notre gratitude et nos sincères remerciements à MSc KWIZERIMANA Amédée pour son encadrement, nous ayant fait profiter de ses conseils judicieux, accompagnés d'une grande efficacité et de la patience dont il a su faire preuve à notre égard. Qu'il soit rassuré de notre plus profonde reconnaissance.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'honneur d'avoir voulu examiner et évaluer cette modeste contribution en lui apportant de l'intérêt.

Nous aimerions profiter de cette occasion pour présenter nos sincères remerciements au Directeur de l'INITELEMATIQUE et à travers lui, à tout le personnel de l'INITELEMATIQUE en particulier à nos professeurs qui nous ont formés durant tout le cycle universitaire.

Pour finir, nos pensées vont à toute personne ayant aidé de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail notamment nos aînés et chers collègues : Jean Claude SADI, MWINYI SEKA Séraphin, Gentille MPAWENIMANA, P. MIBURO Jean, NYABENDA Urlich alias Youri, NYANDWI Léonard.

A tout un chacun, nous disons sincèrement GRAND MERCI !

Steven CIBAMBO

Et

KARAMAGA Diane

SIGLES ET ABREVIATIONS

ADSL	: Asymmetric Digital Subscriber Line
AFNIC	: Association Française pour le Nommage Internet en Coopération
AJAX	: Asynchronous JavaScript and XML
ARPANET	: Advanced Research Projects Agency Network
ATM	: Asynchronous Transfer Mode
BD	: Base de Données
BDR	: Base de Données Relationnelle
BI	: Bureau d’Inscription
CECI	: Commission Electorale Communale Indépendante
CENI	: Commission Electorale Nationale Indépendante
CEPI	: Commission Electorale Provinciale Indépendante
CERN	: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
CSS	: Cascading Style Sheets
DARPA	: Defense Advanced Research Projects Agency
DNS	: Domain Name System
DSL	: Digital Subscriber Line
EDGE	: Enhanced Data Rates for GSM Evolution
FAI	: Fournisseur d’Accès Internet
FGI	: Forum Gouvernance Internet
FTP	: File Transfer Protocol
GNU	: GNU’s Not Unix
GPL	: General Public License
GPRS	: General Packet Radio Service
GSM	: Global System for Mobile communications
HTML	: HyperText Markup Language
HTTP	: HyperText Transfer Protocol
HTTPS	: HyperText Transfer Protocol Secure
IAB	: Internet Architecture Board
IANA	: Internet Assigned Numbers Authority
IBM	: International Business Machines
ICANN	: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
ICCB	: Internet Configuration Control Board
ICMP	: Internet Control Message Protocol
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	: Internet Engineering Task Force
IMAP	: Internet Message Access Protocol
INRIA	: Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
IoT	: Internet of Things
IP	: Internet Protocol
IPv4	: Internet Protocol version 4
IPv6	: Internet Protocol version 6
IRC	: Internet Relay Chat
IRTF	: Internet Research Task Force
ISOC	: Internet SOCIety
ISP	: Internet Service Provider
LTE	: Long Term Evolution
M2M	: Machine To Machine
MAG	: Multistakeholder Advisory Group

MEMS	: MicroElectroMechanical Systems
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
MVC	: Model View Controller
NCP	: Network Control Protocol
NCSA	: National Center for Supercomputing Applications
NNTP	: Network News Transfer Protocol
NSF	: National Science Foundation
NTIC	: Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication
ONU	: Organisation des Nations Unies
OSI	: Open Systems Interconnection
P2P	: Peer to Peer
PC	: Personal Computer
PDA	: Personal Digital Assistant
PHP	: Personal Home Page
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
POP	: Post Office Protocol
POP3	: Post Office Protocol version 3
PPP	: Point to Point Protocol
PPPoX	: Point to Point Protocol over X
PSTN	: Public Switched Telephone Network
RFC	: Request For Comments
RNIS	: Réseau Numérique à Intégration de Services
RSA	: Rivest Shamir Adleman
RSS	: Really Simple Syndication
RTC	: Réseau Téléphonique Commuté
SGBD	: Système de Gestion de Base de Données
SGBDR	: Système de Gestion de Base de Données Relationnelle
SMSI	: Sommet Mondial sur la Société de l'Information
SMTP	: Simple Mail Transfer Protocol
SQL	: Structured Query Language
SSL	: Secure Sockets Layer
STL	: Standard Template Library
TCP	: Transmission Control Protocol
TELNET	: TERminal NETwork/ TELEcommunication NETwork
TLC	: Trust Level Control
UDP	: User Datagram Protocol
UIT	: Union Internationale des Télécommunications
UML	: Unified Modeling Language
UMTS	: Universal Mobile Telecommunications System
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation
VoIP	: Voice over Internet Protocol
VSAT	: Very Small Aperture Terminal
W3C	: World Wide Web Consortium
WAIS	: Wide Area Information Servers
WAP	: Wireless Application Protocol
WG	: Working Group
WIFI	: Wireless Fidelity
WIMAX	: Worldwide Interoperability for Microwave Access
WWW	: World Wide Web

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Internet	7
Figure 1.2 : Internet dans le monde	8
Figure 1.3 : Accès à Internet.....	14
Figure 1.4 : Le Web.....	15
Figure 1.5 : Le Web 2.0.....	19
Figure 1.6 : Client et serveur	19
Figure 1.7 : Principe du modèle client/serveur.....	20
Figure 1.8 : Internet des objets	22
Figure 1.9 : Gouvernance de l'Internet.....	24
Figure 2.1 : Le e-voting	27
Figure 2.2 : La machine à voter	30
Figure 2.3 : Machine à voter en Belgique	31
Figure 2.4 : Machine à voter utilisée au Brésil.....	32
Figure 2.5 : Machine à voter en Inde.....	33
Figure 3.1 : Diagramme des cas d'utilisation	50
Figure 3.2 : Diagramme de classes.....	51
Figure 3.3 : Diagramme de séquence pour la connexion d'un Administrateur.....	52
Figure 3.4 : Diagramme de séquence pour l'enregistrement d'un nouvel électeur	53
Figure 3.5 : Diagramme de séquence Voter pour un candidat	54
Figure 3.6 : Diagramme d'activité pour l'enregistrement d'un nouveau candidat.....	55
Figure 3.7 : Diagramme d'activité pour l'enregistrement d'un nouvel électeur	56
Figure 3.8 : Diagramme d'activité Voter pour un candidat.....	57
Figure 4.1 : Une fenêtre de Notepad++	59
Figure 4.2 : StarUML	60
Figure 4.3 : La relation entre les objets MVC	62
Figure 4.4 : Page d'Accueil électeur	63
Figure 4.5 : Page d'Authentification électeur.....	63
Figure 4.6 : Types d'élections à effectuer	64
Figure 4.7 : Message d'erreur quand on a déjà voté.....	65
Figure 4.8 : Liste des candidats à la présidentielle	65
Figure 4.9 : Visualisation des électeurs	66
Figure 4.10 : Liste des CEPI.....	67
Figure 4.11 : Les CECI de BUJUMBURA	67
Figure 4.12 : Centres d'inscription de la Commune MUKAZA	68
Figure 4.13: Ajout d'un nouveau centre d'inscription	68
Figure 4.14 : Enregistrement d'un nouveau candidat.....	69
Figure 4.15 : Ajout d'un électeur.....	70

TABLE DES MATIERES

DEDICACES.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS	iv
LISTE DES FIGURES	vi
0. INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 1 : Généralités sur Internet.....	7
1.0.Introduction	7
1.1.Internet	7
1.1.3. Services offerts par l’Internet	10
1.1.4. Protocoles d’Internet	11
1.1.5. Les moyens d’accès à Internet	13
1.2. Le Web.....	14
Chapitre 2 : Le Système de vote électronique	26
2.0.Introduction	26
2.1.Processus élecctoral.....	27
2.1.1.Terminologie	27
2.1.2.Cadre conceptuel du processus	28
2.2.L’e-votting	29
2.2.1.Définition	29
2.2.2.Historique.....	30
2.2.3.Quelques pays ayant utilisés l’e-voting	30
2.2.3.1.Belgique	30
2.2.3.2.Brezil.....	31
2.2.3.3.Inde	32
2.2.3.4.Allemagne	33
2.2.3.5.Canada.....	33
2.2.3.6.Estonie.....	34
2.2.4..Propriétés	34
2.2.5.Sécurisation	36
2.2.6.Avantages et Inconvénients	36
2.2.6.1.Avantages	36
2.2.6.2.Inconvénients et risques	39

2.2.7.Adaptabilité	41
2.5.Conclusion	42
Chapitre 3 : Conception et Modélisation de l'application	43
3.0. Introduction	43
3.1. Analyse du système	43
3.2. Spécification des besoins.....	44
3.2.1.Besoins non fonctionnels.....	44
3.2.2.Besoins fonctionnels.....	45
3.3. Conception du nouveau Système.....	47
3.3.1.Présentation du langage UML	47
3.3.2.Diagramme des cas d'utilisation.....	49
3.3.3.Diagramme des classes	51
3.3.4.Diagramme de séquence.....	51
3.3.5.Diagramme d'activités.....	55
3.4.Conclusion.....	57
Chapitre 4 : Réalisation de l'application et présentation des résultats	58
4.0. Introduction	58
4.1.Outils matériels.....	58
4.2.Outils logiciels.....	58
4.2.1.WAMP.....	58
4.2.2.Notepad++	59
4.2.3. StarUML.....	59
4.2.4.Langages de programmation	60
4.3.Technologies utilisées.....	61
4.3.1.Bootstrap.....	61
4.3.2.MVC	61
4.4.Interface de l'application	63
4.4.1. Page d'accueil électeur	63
4.4.2.Page d'authentification électeur	63
4.4.3.Page type élections	64
4.4.5.Engrestrement d'un candidat.....	66
4.4.6.Enregistrement d'un électeur.....	69
4.5.Conclusion.....	70

Conclusion générale et recommandations	71
BIBLIOGRAPHIE	73

0. INTRODUCTION GENERALE

L'interconnexion des réseaux et l'expansion rapide du Web ont permis le développement d'un grand nombre d'applications que l'utilisateur peut exécuter à distance sans se déplacer physiquement.

L'une des applications qui devait profiter actuellement de ces avancées technologiques est le vote. En effet, les élections et les référendums traditionnels nécessitent le déplacement de tous les participants au vote. Or il est difficile de convaincre tout le monde de faire le déplacement alors qu'il serait si facile de voter de chez soi, de façon électronique.

Les avantages seraient multiples : un plus grand nombre de participants grâce à l'aisance de cette opération impliquée par le non-déplacement et la simplicité du processus, le dépouillement automatisé et donc plus rapide, le coût d'organisation réduit à cause de l'élimination des dépenses associées à l'établissement des bureaux de vote et le personnel qu'ils requièrent, etc.

0.1. Contexte

Aux carillons des cloches d'église martelant les heures, aux tic-tacs des aiguilles d'une montre, se substituent aujourd'hui les nanosecondes silencieuses des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC).

Autrefois régulateur du travail de l'homme, le temps devient à l'aube du XXI^{ème} siècle cette instance insaisissable, se décompte et régule la plupart des activités de l'homme au travail. L'ordinateur accule l'individu au «zéro délai», les nouvelles formes de communication créent une demande de « l'immédiat », le temps qui file devient un facteur de management, les technologies fragmentent le temps obligeant l'homme aux exercices mentaux du « zapping » et de la « commutation ».

La communication est un facteur de développement dans toute organisation pour l'atteinte des informations depuis un certain temps réel, de façon précise et à moindre coût.

Cependant beaucoup d'entreprises et organisations ne parviennent plus à atteindre leurs objectifs par suite des contraintes liées à l'accès aux informations nécessaires en temps utile. Il se pose alors de sérieux problèmes comme celui d'**incertitude** de la source, du **coût élevé** d'acheminement du message (données) et de **manque de contrôle** sur les échanges des informations entre les membres d'une communauté ou d'une organisation.

La Commission Electoral Nationale Indépendante du Burundi ne fait pas exception de ces situations malsaines qui frappent aujourd'hui la plupart des communautés africaines en général et Burundaise en particulier.

Elle inclut en son sein une hiérarchie bien définie : CENI – CEPI – CECI – BI tant rapprochée qu'éloignée, la population ainsi que d'autres partenaires entre lesquels les informations doivent circuler.

Par ailleurs, comme il existe une large hiérarchie répandue sur l'étendue nationale et qu'à son sein s'observe un flux d'informations qui circulent, d'où la conception d'une plateforme facilitant ces échanges d'information s'avère indispensable.

0.2. Problématique

Pour la CENI, la non numérisation du processus électoral constitue un désavantage tant pour toute la hiérarchie (CENI, CEPI, CECI, BI) que pour la population en général.

En effet, des irrégularités sont observées tout au long du processus électoral entre autres :

Pour les **électeurs** :

- Erreur lors de l'enregistrement d'un électeur (l'électeur ne retrouve pas son nom sur la liste de votants après la publication de cette dernière) ;
- L'obligation d'être physiquement présent dans sa circonscription le jour de scrutin afin de s'exprimer ;
- Pour quelques électeurs, difficulté de se déplacer jusqu'au bureau de vote le jour des élections et en plus de cela, la plupart du temps, une file d'attente à respecter ;
- Etc.

Pour la **CENI** :

- Un retard de publication des résultats dû au dépouillement et à la vérification des bulletins ;
- Un électeur qui se prononce plus d'une fois pour une même élection ;
- Les erreurs de comptage dues à la nature humaine qui est dotée des imperfections ;
- Le temps d'acheminement des résultats et autres dossiers à la hiérarchie directe : BI vers CECI, CECI vers CEPI, CEPI vers CENI ;
- Etc.

La contrainte spatiale est un élément majeur qui peut se révéler de l'information entre les différentes branches de la CENI, tout comme entre cette dernière et la population.

D'ailleurs, pour le moment, aucune organisation ne peut ignorer que l'usage des nouvelles technologies de l'information et de communication (NTIC) présente un avantage capital pour mieux rentabiliser ses ressources et atteindre les objectifs qui lui sont assignés.

Le souci primordial de la CENI est de rendre un service de qualité pour la population mais aussi aux hautes institutions du pays, en veillant sur le bon déroulement du processus électoral, c'est-à-dire l'enrôlement des électeurs, le dépôt et l'analyse des candidatures, déroulement de la campagne, déroulement du scrutin mais aussi la proclamation et la gestion des résultats.

Face aux problèmes exposés en quelques volets ci-haut que connaissent la CENI et la population lors du processus électoral, il nous a semblé injuste de rester indifférents sans apporter notre contribution afin de trouver une solution qui peut aider la CENI d'atteindre son objectif.

Mais comment y parvenir ?

Grâce à notre formation académique, nous avons bien compris que la mise en place d'une plateforme de « Vote Electronique » au sein de cette institution, soit la numérisation du scrutin, peut contribuer à la résolution de ces problèmes.

0.3.Objectifs

*** Objectif global**

L'objectif global du présent travail est de pouvoir numériser le processus électoral.

*** Objectifs spécifiques**

Pour atteindre l'objectif global, nous allons mettre en place une plate-forme permettant graduellement de :

- Voter pour un candidat en étant n'importe où sur le globe équipé d'un outil connecté à l'internet ;
- Obtenir les résultats de l'élection dans un bref délai soit juste après le vote ;
- Archiver les données de l'ensemble du processus automatiquement.

0.4.Délimitation du travail

Délimiter un sujet revient à le situer dans le temps, dans l'espace et aussi dans le domaine.

- * **Dans l'espace** : notre travail est circonscrit au niveau de la Commission Electorale Nationale Indépendante Burundaise ;
- * **Dans le domaine** : comme l'indique son intitulé, il s'agit d'une Conception et Réalisation d'une plateforme de vote électronique chapeauté par la CENI citée ci-haut ;
- * **Dans le temps** : ce travail tient compte de la situation prévalant à partir d'Avril 2016 jusqu' au changement du découpage géographique (circonscription) du territoire national burundais, mais aussi des scrutins organisés habituellement.

0.5.Intérêts du sujet

« Rien ne se fait sans cause ni intérêt, car l'intérêt est le moteur des actes », disait le psychologue OVIDE Descroly dans son livre *The political in society* (Paris, 1967).

Ainsi ; ce travail présente un intérêt à plusieurs niveaux : intérêt personnel, intérêt pour la CENI, intérêt pour l'électeur et aussi intérêt scientifique et académique.

a) Intérêt personnel

Ce travail présente un grand intérêt pour nous parce qu'il va nous permettre d'appliquer et de perfectionner les connaissances acquises en classe durant notre cursus universitaire. Il va aussi nous permettre d'acquérir des nouvelles connaissances et surtout une bonne maîtrise des outils qui seront utilisés tout au long de nos recherches.

b) Intérêt pour la CENI

L'adoption d'une telle plateforme présente un intérêt multiple pour la CENI entre autres la réduction de coûts liés au vote à support papier, moins de personnel possible, l'archivage automatique de données, la crédibilité face aux partenaires, etc.

c) Intérêt pour l'Electeur

Une fois que la plateforme est mise en place, l'électeur a la possibilité de se prononcer face à l'un ou l'autre candidat partout où il veut.

d) Intérêt scientifique et académique

Notre sujet sera aussi avantageux sur le plan académique et scientifique pour autant que d'autres chercheurs puissent s'en inspirer dans leurs travaux scientifiques le moment venu.

0.6. Méthodologie et techniques de recherche utilisées

Dans tout travail de recherche, les données ne se ramassent pas dans l'oisiveté, elles exigent des techniques et méthodes appropriées selon le genre d'interlocuteurs.

Pour ce travail de recherche, nous avons fait recours aux techniques et méthodes suivantes :

a) La technique d'Interview

Elle implique une rencontre physique entre le chercheur que nous sommes et la personne ressource chez qui le chercheur trouve des informations. Dans notre recherche, nous avons interviewé le Responsable chargée des Archives de la CENI ainsi que celui chargé des Opérations Electorales.

Nous avons aussi eu l'occasion d'échanger avec un député élu de la province RUYIGI et autres personnes qui ont un jour ou l'autre participé ou assisté à un quelconque processus électoral.

Les entretiens libres avec ces personnes nous ont permis de mieux comprendre le fonctionnement d'un cycle électoral.

b) La technique documentaire

Il s'agit de faire une fouille documentaire dans les différentes bibliothèques, sur Internet et dans les différentes notes des cours en rapport avec la méthode d'analyse utilisée.

C'est dans cette optique que nous avons eu accès à certains documents de la CENI en rapport avec le scrutin, des ouvrages dans différentes bibliothèques et certains travaux de mémoires, aussi l'Internet a apporté sa contribution.

c) La méthode d'observation

Selon J. AMOS Comenius, dans *Le principe d'Intuition*, il dit : « *Tout ce que le chercheur entend, voit par ses propres yeux et palpe en même temps s'interprète mieux qu'une histoire sur un support* ».

Nous avons eu l'occasion de passer une grande partie de notre temps de recherche à côté des membres de ladite Commission en train d'observer leur mode de communication ce qui nous a permis de bien mener ce travail.

0.7. Subdivision du travail

Pour permettre une bonne compréhension de notre travail, nous nous sommes proposé de le diviser en 4 chapitres, lesquels sont précédés d'une introduction générale et bouclés par une conclusion générale et recommandations.

Au cours du premier chapitre, nous allons découvrir les concepts de base de l'Internet: Généralités, Terminologies, Historique, Gouvernance, ... ;

Le deuxième chapitre sera réservé au Système de e-voting proprement dit, où nous décrirons les propriétés du vote électronique en insistant sur les exigences de sécurité et la description des machines de vote utilisées dans certains pays, mais aussi nous présenterons le vote ordinaire avec sa terminologie et ses phases;

Tout au long du troisième chapitre, nous parlerons de l'Analyse et de la Conception du Système d'information proposé, grâce au langage UML ;

Le quatrième chapitre englobe la mise en œuvre de l'application de vote électronique.

Et enfin, nous passerons à la conclusion générale où nous évaluerons notre prototype et proposerons les éventuelles extensions.

Chapitre 1 : Généralités sur Internet

1.0. Introduction

Encore inconnu du grand public il y a une dizaine d'années, l'Internet s'est progressivement intégré dans la société afin de devenir aujourd'hui un outil communément utilisé pour communiquer et échanger tout type d'information.

Chaque jour, dans le monde entier, des millions de personnes se connectent pour consulter leurs courriers électroniques, pour chercher des informations pratiques, pour enrichir leurs connaissances ou plus simplement pour discuter avec d'autres internautes.



Figure 1.1 : Internet

1.1. Internet

1.1.1. Définition

L'Internet est par définition un ensemble de réseaux d'ordinateurs interconnectés, utilisant le protocole TCP/IP.

L'Internet n'est pas en lui-même un réseau primitif d'ordinateurs mais représente plutôt une multitude de réseaux reliés entre eux au fil du temps pour constituer un réseau de réseaux (**INTER**connected **NET**works).

La suite de protocoles de communication TCP/IP peut être considérée comme un langage commun adopté par des ordinateurs aux architectures diverses pour échanger des informations sur un réseau.

La démocratisation d'Internet depuis une quinzaine d'années est due en grande partie au succès rencontré par l'un de ses services, le World Wide Web (WWW), mais l'histoire de l'Internet débute bien avant, pendant la guerre froide.

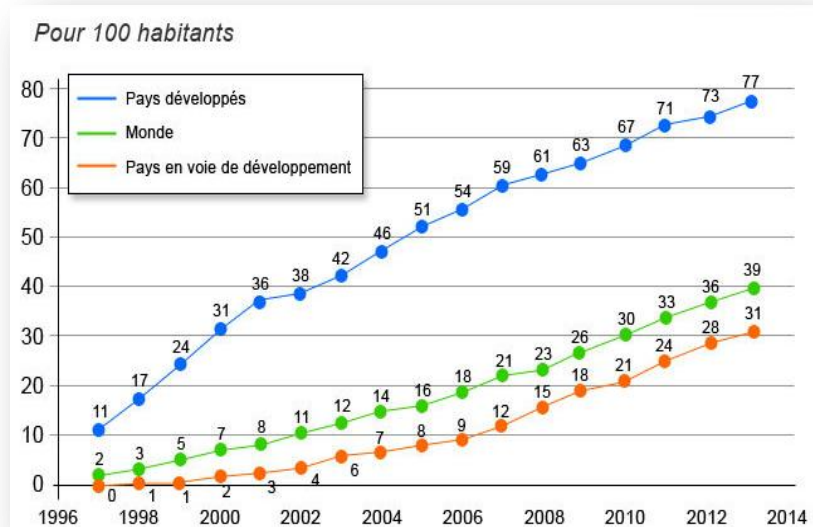


Figure 1.2 : Internet dans le monde

1.1.2. Historique

À la fin des années 50, le département de la défense Américaine met au point l'Advanced Research Project Agency (ARPA) en vue d'établir une suprématie technologique sur le concurrent Russe qui vient de lancer le premier satellite artificiel.

En 1962, l'US Air Force demande à l'ingénieur Paul BARAN de réfléchir à un système qui pourrait aider les militaires à continuer de transmettre les données informatiques en cas d'attaque nucléaire. BARAN met au point la division des données en paquets (ou datagrammes) avec pour chaque paquet la possibilité de retrouver son chemin en cas de coupure du réseau.

En 1968, des ingénieurs vont réaliser la première connexion réseau entre trois universités (Los Angeles, Santa Barbara, Utah) et le Stanford Research Institute, créant ainsi le premier réseau des réseaux nommé ARPA-Net. Le protocole utilisé est alors le Network Control Protocol (NCP).

Alors que les connexions entre les Etats-Unis et l'Europe commencent à apparaître, Ray TOMLINSON met au point en 1972 le premier programme de courriel tandis que Vint CERF et Bob KAHN développent le protocole TCP/IP basé sur les travaux d'un français Louis POUZIN. Ce protocole sera amené à remplacer NCP dix ans plus tard.

En 1979, le réseau Usenet, support des forums de discussion est élaboré à l'Université de Duke.

En 1981, la National Science Foundation (NSF) met au point un nouveau réseau CSN et que Vint CERF propose de relier avec ARPA-Net. La connexion devient effective deux ans plus tard avec l'adoption universelle de TCP/IP.

En 1984, détachement de la branche militaire d'ARPA-Net qui forme son propre réseau (MIL-Net) et mise en place de lignes à haut débit (1.5 Mbps) pour le nouveau réseau de la NSF-Net.

En 1986, Création de l'Internet Engineering Task Force (IETF), organisme chargé d'établir les standards de communication et de maintenir la documentation technique sous la forme des Request For Comments (RFC).

En 1989, alors qu'une centaine de milliers de machines sont connectées entre elles, Tim BERNERS-LEE, un ingénieur du Centre Européen de Recherche Nucléaire (CERN) de Genève met au point une interface basée sur la notion d'hyper texte, le World Wide Web (WWW).

En 1990, NSF-Net englobe ARPA-Net et augmente son débit (45 Mbps).

En 1993, Mark ANDRESEN et Eric BINA, deux chercheurs du NCSA (National Center for Supercomputing Applications) élaborent le programme Mosaic qui permet de naviguer aisément sur le Web. Mosaic adopte par la suite une interface multimédia et devient le logiciel de navigation de référence : Netscape Navigator.

L'année 1995 marque la dissolution du NSF-Net et l'ouverture commerciale du réseau aux différents fournisseurs d'accès.

1.1.3. Services offerts par l'Internet

Comme de nombreux réseaux locaux, l'architecture logicielle du réseau Internet fonctionne sur le mode client/serveur, c'est-à-dire qu'un ordinateur relié au réseau Internet peut demander des informations à un ordinateur serveur, envoyer des informations à un ordinateur client ou encore faire les deux à la fois.

Le type de service délivré par un serveur à un client est différent selon le protocole de communication établi entre les deux ordinateurs.

L'Internet met à la disposition de ses utilisateurs toute une gamme de services, parmi lesquels on peut citer:

- * Le **courrier électronique** (e-mail) : c'est sans doute le service le plus largement utilisé. Il permet de correspondre avec des millions de gens, un peu partout dans le monde.
- * Le **World Wide Web** (le web en abrégé) : le www ou le web est l'outil principal d'Internet. C'est un système d'informations multimédias.
- * La **messagerie instantanée** (le chat) : réservée il y a une quinzaine d'années à quelques privilégiés, le dialogue en direct (tchat) s'est vu démocratisé par le développement de connexions Internet permanentes.
- * La **téléphonie par Internet** : service permettant de converser vocalement entre deux ordinateurs.
- * Les **forums de discussion** : l'ensemble des services permettant le rassemblement d'opinions sur un sujet particulier est regroupé sous la dénomination commune de forums, le but étant de constituer une communauté virtuelle où chaque participant peut être lecteur (passif) et rédacteur (actif).
- * Le **transfert de fichiers** : l'envoi et le rapatriement de fichiers, rassemblés sous le terme « téléchargement », représentent une des activités les plus anciennes des utilisateurs d'Internet. Initialement utilisé par les informaticiens pour échanger leurs programmes, ce principe a été peu à peu détourné pour favoriser le partage de fichiers illégaux, expliquant son succès actuel et la polémique qui entoure cet usage. Le protocole utilisé est le FTP (File Transfer Protocol).

- * La **recherche d'informations** : beaucoup de sites informatiques proposent des bases de données documentaires dont l'accès est gratuit. Comme les moteurs de recherche.
- * La **connexion à distance Telnet** : tout utilisateur d'Internet peut se relier à un ordinateur sur lequel il dispose d'un compte en utilisant TELNET, système de terminal virtuel, qui permet l'accès distant aux applications.
- * Le **commerce électronique**: l'Internet donne à chacun la possibilité de vendre ses produits et d'être concurrentiel par rapport au marché traditionnel. L'Internet se transforme progressivement en boutique virtuelle. Les achats se font le plus souvent par carte de crédit.
- * **Intranets et extranets**: l'intranet, c'est l'internet limité au cadre d'une seule entreprise (un internet interne). Certaines entreprises utilisent leur réseau pour travailler avec leurs clients, fournisseurs et autres partenaires professionnels. On appelle cela, des extranets.
- * **Jeux** : plutôt que de jouer contre son ordinateur, on peut jouer contre d'autres joueurs situés n'importe où dans le monde.

1.1.4. Protocoles d'Internet

Les protocoles logiciels utilisés sur Internet sont les conventions structurant les échanges d'informations nécessaires au transfert des contenus applicatifs pour l'utilisateur final. Ils permettent notamment d'identifier les interfaces (donc les machines), de s'assurer de la réception des données envoyées, et de l'interopérabilité.

L'Internet fonctionne suivant un modèle en couches, similaire au modèle OSI. Les éléments appartenant aux mêmes couches utilisent un protocole de communication pour s'échanger des informations.

Lorsque deux ordinateurs communiquent pour s'échanger des informations, il faut qu'ils utilisent une méthode commune de conversation. On parle alors d'un protocole informatique.

En informatique, un protocole est un ensemble de règles suivies par deux ordinateurs lors de l'échange de l'information.

Chaque protocole a des fonctions propres et, ensemble, ils fournissent un éventail de moyens permettant de répondre à la multiplicité et à la diversité des besoins sur Internet.

Il existe de nombreux protocoles différents comme :

- * **IP** (Internet Protocol): protocole réseau qui définit le mode d'échange élémentaire entre les ordinateurs participants au réseau en leur donnant une adresse unique sur le réseau. La version de ce protocole largement utilisée aujourd'hui est la version 4 (IPv4) permettant un adressage sur 32 bits et donc un nombre d'adresses s'élevant à environ 4,3 milliards. Mais en vue du nombre d'internautes qui est de plus en plus grand, une nouvelle norme voit le jour, appelée IPv6 qui permet d'accueillir un plus grand nombre d'utilisateurs (adressage sur 128 bits).
- * **TCP**: responsable de l'établissement de la connexion et du contrôle de la transmission. C'est un protocole de remise fiable. Il s'assure que le destinataire a bien reçu les données, au contraire d'UDP.
- * **HTTP** (HyperText Transfer Protocol) : protocole mis en œuvre pour le chargement des pages web et qui sert à gérer les liaisons entre les serveurs et les clients Web.
- * **HTTPS** (HTTP Secure) : appelé également HTTP Sécurisé, c'est la version sécurisée du protocole HTTP. Ce protocole de communication est utilisé pour accéder à un serveur Web sécurisé.
- * **FTP** (File Transfer Protocol) : protocole utilisé pour le transfert de fichiers sur Internet. Il permet une transmission, indépendante de toute plate-forme, de fichiers entre deux machines. Le service correspondant, également appelé FTP, met à disposition le protocole, ainsi qu'une série de commandes permettant de piloter la machine à distance pour le téléchargement. Les fichiers stockés sur les sites FTP sont la plupart du temps compressés. Une fois le fichier récupéré sur votre ordinateur, il va vous falloir le décompresser pour l'exploiter.
- * **SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol) : mode d'échange du courrier électronique en envoi.
- * **POP3** (Post Office Protocol version 3) : mode d'échange du courrier électronique en réception.
- * **IMAP** (Internet Message Access Protocol) : un autre mode d'échange de courrier électronique.

- * **IRC** (Internet Relay Chat): protocole de discussion instantanée.
- * **NNTP** (Network News Transfer Protocol) : protocole de transfert de message utilisé par les forums de discussion *Usenet*.
- * **SSL ou TLC** : protocoles de transaction sécurisée, utilisés notamment pour le paiement sécurisé.
- * **UDP** (User Datagram Protocol) : permet de communiquer, de façon non fiable mais légère, par petits datagrammes.
- * **DNS** (Domain Name System) : système de résolution de noms Internet.
- * **ICMP** : le protocole ICMP (*Internet Control Message Protocol*, RFC 792), permet d'informer d'une erreur réseau (*message d'erreur*) ou de formuler une demande d'état à un système (*message d'information*). Les messages ICMP sont encapsulés dans un datagramme IP (Protocole = 1). Le protocole ICMP ne fiabilise pas IP, c'est un protocole d'information.

1.1.5. Les moyens d'accès à Internet

L'accès à Internet est souvent vendu sous la forme d'offre commerciale de services, avec un abonnement fixe ou un paiement aux données consommées. Certaines organisations, notamment les universités européennes, disposent de leurs propres réseaux.

Pour accéder à Internet il faut disposer d'un équipement IP ainsi que d'une connexion à un fournisseur d'accès Internet (FAI). Pour cela, l'utilisateur emploie les matériels et logiciels suivants :

- * Un ordinateur personnel ou tout autre équipement terminal d'un réseau :
 - Assistant personnel (PDA) ;
 - Tablette numérique ;
 - Console de jeux vidéo ;
 - Téléphone mobile ;
- * Un canal de communication vers le fournisseur d'accès :
 - Fibre optique,
 - Ligne téléphonique fixe : ligne analogique (RTC, RNIS, PSTN), xDSL,
 - Ligne téléphonique mobile : 2G (GSM), GPRS, EDGE, 3G (UMTS), 3G+, 4G (LTE), WIMAX, ...
 - Internet par satellite : VSAT, ...

- * Un système (logiciel/matériel) client pour le protocole réseau utilisé (PPP, PPPoX, Ethernet, ATM, etc.) ;
- * Un fournisseur d'accès à Internet (FAI) (en anglais ISP pour *Internet Service Provider*).

Des logiciels sont, eux, nécessaires pour exploiter Internet suivant les usages :

- * Courrier électronique : un client SMTP et POP (ou POP3) ou IMAP (ou IMAP4) ;
- * Transferts de fichiers : un client ou un serveur FTP (*File Transfer Protocol*) ;
- * World Wide Web : un navigateur web ;
- * Pair à pair : l'un des nombreux logiciels de P2P en fonction de l'usage (partage de fichiers en pair à pair, calcul distribué, P2P VoIP, etc.).



Figure 1.3 : Accès à Internet

1.2. Le Web

1.2.1. Création

Internet s'ouvre véritablement au grand public avec la création du World Wide Web vers le début des années 1990 au CERN (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire) par Tim Berners-Lee.

Il s'agit d'un système d'interface graphique, très ergonomique et très facile d'utilisation, qui permet de passer d'une page ou d'un site à un autre en "cliquant" sur un lien dit "hypertexte". La navigation sur la "Toile" devient ainsi extrêmement aisée.

Le Web ouvre donc le réseau à de nouveaux utilisateurs peu familiarisés avec l'informatique. En quelques mois, les sites Web se multiplient. Phénomène technique et social de grande ampleur, le World Wide Web a dû se doter, en 1994, d'un consortium

Et les outils et techniques continuent d'évoluer, avec le développement des réseaux haut débit filaires (ADSL) ou sans fil (WIFI et Bluetooth) ou de l'Internet mobile (WAP), ou encore avec les technologies et produits du **Web 2.0** qui renouvellent les modes d'usages et d'appropriation des services Internet par les utilisateurs (RSS, blogs, wikis, outils de partage de photos, de vidéos, réseaux sociaux tels Facebook, LinkedIn, Twitter, Tuponet, etc.).

1.3. Web 2.0

1.3.1. Origine et principes

L'expression a été médiatisée en août 2004 par Dale Dougherty de la société O'Reilly Media lors d'une conversation avec Craig Cline de MediaLive en vue de préparer une conférence. Il a suggéré que le Web était dans une période de renaissance ou de mutation, avec un changement de paradigmes et une évolution des modèles d'entreprise.

Dougherty a donné des exemples au lieu des définitions : « *DoubleClick*, c'était le Web 1.0. *Google AdSense*, c'est le Web 2.0. *Ofoto*, c'était le Web 1.0. *Flickr*, c'est le Web 2.0. », et recruté John Battelle.

Puis, O'Reilly Media, Battelle et MediaLive ont lancé la première conférence Web 2.0 en octobre 2004. La seconde conférence annuelle a eu lieu en octobre 2005.

O'Reilly et Battelle résument comme suit les principes-clés des applications Web 2.0 :

- * Le Web comme plate-forme ;
- * Les données comme « connaissances implicites » ;
- * Les *effets de réseau* entraînés par une « architecture de participation », l'innovation comme l'assemblage de systèmes et de sites distribués et indépendants ;
- * Des modèles d'entreprise poids plume grâce à la syndication de contenus et de services ;
- * La fin du cycle d'adoption des logiciels (« la version bêta perpétuelle »).

O'Reilly cite également les propriétés suivantes caractérisant le web 2.0 :

- * Plus le nombre d'utilisateurs d'un service augmente, plus le service s'améliore, automatiquement (acquiert de la valeur).
- * De la valeur est générée par les utilisateurs.

Il énonce des recommandations pour concevoir des services 2.0, parmi lesquelles "*Design for "hackability" and "remixability."*".

Le Web 2.0 fait ainsi partie du quotidien de chacun, oscillant entre technologies et usages, en devenir permanent. Il se rapproche peut-être de l'Internet, tel qu'il avait été construit, autour du partage de connaissances. Mais les évolutions technologiques se poursuivent et bientôt peut être, avec le "web sémantique" dont les contours sont en train de se dessiner, parlerons-nous du web 3.0 ?

1.3.2. Le Web 2.0, une (r)évolution ?

Evolution ou révolution, le Web 2.0 est bien là. L'expression fondamentale « **Web 2.0** » désigne l'ensemble des techniques, des fonctionnalités et des usages du *World Wide Web* qui ont suivi la forme originelle du Web, caractérisée par plus de simplicité et d'interactivité.

Elle concerne en particulier les interfaces et les échanges permettant aux internautes ayant peu de connaissances techniques de s'approprier de nouvelles fonctionnalités du Web. Les internautes peuvent d'une part contribuer à l'échange d'informations et interagir (partager, échanger, etc.) de façon simple, à la fois au niveau du contenu et de la structure des pages, et d'autre part entre eux, créant notamment le **Web social**. L'internaute devient, grâce aux outils mis à sa disposition, une personne active sur la toile.

Le **Web 2.0** est donc l'évolution du Web vers l'interactivité à travers une complexification interne de la technologie mais permettant plus de simplicité d'utilisation, les connaissances techniques et informatiques n'étant pas indispensables pour les utilisateurs.

Les caractéristiques et ce qui fait d'abord sa dimension sociale : Ecrire, commenter, copier-coller, mixer, publier, partager ou échanger des photos, vidéos, liens et tags, sur des sites de présentation de soi et de ses univers relationnels, développer des expérimentations cartographiques ou de *moblogging* articulant le Web et le mobile dans un "espace augmenté", la dimension massive de l'usage des technologies sociales est frappante.

Ces dispositifs et agencements machiniques, ces pratiques et expérimentations forment désormais un continuum socio-technique appréhendé actuellement sous le terme discutable et discuté du Web 2.0, désignant le deuxième âge d'Internet et du Web et son tournant d'expressivité.

Depuis, le terme a été décliné, d'une part en ajoutant 2.0 à tout concept pour signifier s'appuyant sur le Web 2.0 (Marketing 2.0, Entreprise 2.0, Administration 2.0, Média 2.0, Banque 2.0, Médecine 2.0, Gouvernement 2.0, Forum 2.0, etc.).

De même, pour décrire l'évolution du Web, de nombreux numéros de versions ont été proposés certains pour tenter d'établir une terminologie cohérente, d'autres par parodie :

- * **Web 0.0** : expression ironique désignant les phases de développement précédant l'existence réelle du Web, le fait que certaines personnes ne disposent pas d'Internet ou u effet d'annonce sans aucun contenu ;
- * **Web 0.5** : expression plaisante désignant un site Internet employant des méthodes dépassées, ou les services déployés sans être vraiment mûrs (en particulier le Web par téléphonie mobile),
- * **Web 1.0** : Web statique ;
- * **Web 1.5** : Web dynamique ;
- * **Web 2.0** : Web participatif, social et intelligence collective,
- * **Web 2.1** : Web 2.0 rendu plus facile d'accès, l'expression est surtout une réflexion sur les améliorations à apporter au Web 2.0 dans un futur proche ;
- * **Web 2.5** : pour certains, désigne le Web transformé en plateforme pour les applications en ligne. Expression également utilisée par l'entreprise Criteo pour sa méthode de filtrage intelligent du contenu (le Web 2.0 étant vu comme l'apport de contenu sans discrimination des participants) ;
- * **Web 2.B** : Web 2.0 orienté pour le commerce (Business) ;
- * **Web 3.0** : expression désignant la prochaine évolution majeure du Web. Attendue comme étant le *Web sémantique* ou *Web des données*, d'autres pensent que ce sera le *Web3D*. Finalement en 2011, le Web 3.0 désigne également le Web par P2P d'un ordinateur à l'autre sans serveur.
- * **Web 4.0** : le Web 4.0 n'est pas encore une réalité concrète (on estime son arrivée aux environs des années 2020) mais les spécialistes sont nombreux à estimer savoir comment il pourrait se profiler. Nova Spivack, un spécialiste du Web et PDG de l'entreprise Radar Networks, désignait le Web 4.0 comme« ***le Web où il sera possible de travailler avec des outils uniquement en ligne*** ». Et avec les nombreux services de *Cloud* (OneDrive, Google Drive et bien d'autres), nous marchons tout droit vers cette tendance. L'autre aspect de ce Web 4.0 sera, *a priori*, l'être humain en tant qu'acteur central. L'Internet des objets, soit cette faculté de prolonger l'expérience du Web dans des objets, pourrait également faire partie intégrante de cette génération. Reste que le danger de la sécurité de nos données est toujours d'actualité et le Web 4.0 va devoir reformaliser tout cela pour être pleinement accepté.

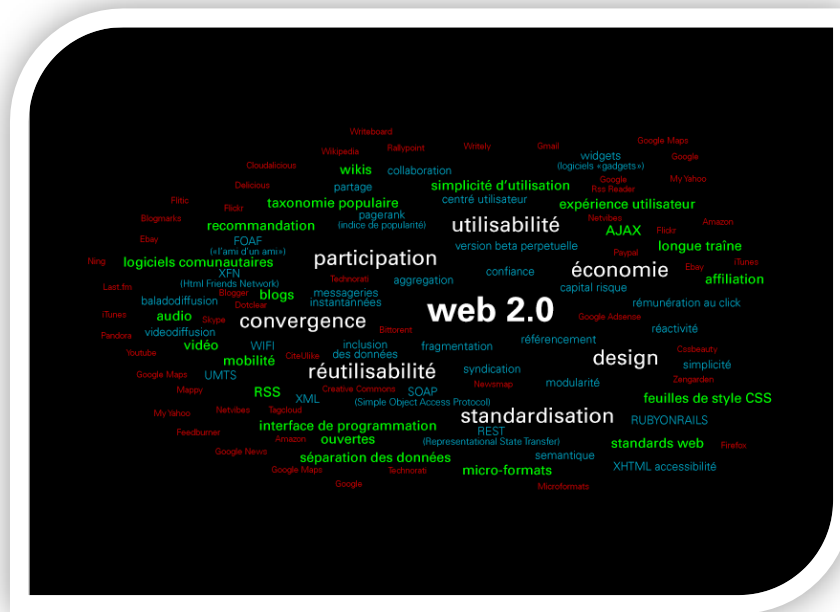


Figure 1.5: Le Web 2.0

1.4. Présentation de l'architecture client/serveur

1.4.1. Définitions

Un **client** est une application qui émet une requête vers une autre application atteignable par le réseau et qui attend sa réponse.

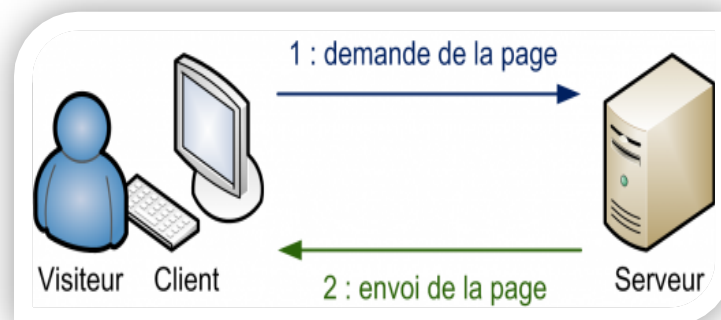


Figure 1.6 : Client et serveur

Un **serveur** est une application qui traite les requêtes émises par le client sur un port dédié. Lorsqu'une requête est reçue, il la traite et envoie une réponse au client. Les termes clients et serveurs sont également employés pour désigner les ordinateurs qui comportent respectivement l'application cliente et l'application serveur.

1.4.2. Fonctionnement d'un système client/serveur

Le WWW utilise le modèle classique client/serveur, c'est-à-dire que d'un côté se pose une requête (demande) par le client, et de l'autre le serveur répond à cette dernière. Ce modèle est différent de TELNET (le service qui permet de faire une connexion distante interactive entre deux ordinateurs) ou FTP (le service de transfert de fichiers) où le client est passif.

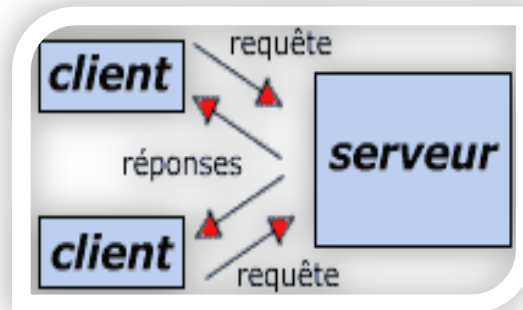


Figure 1.7 : Principe du modèle client/ serveur

Un serveur W3 est un programme (résident) qui tourne sur un ordinateur dans le but de répondre à des requêtes de logiciels clients W3 tournant sur d'autres ordinateurs. Ces requêtes peuvent être le transfert d'un fichier ou plus récemment le résultat de l'exécution d'un programme indépendant du logiciel client (cette nouveauté est très originale). Parmi ces programmes, on peut citer Webstar sur les Macs et APACHE sur les stations SUN et les PCs.

Un **document** est l'unité fournie par le serveur en réponse à une requête. On utilise aussi le terme ressource. Une ressource peut être un fichier hypertexte, un fichier normal ou le contenu d'un répertoire obtenu par FTP.

Un **client W3** est un programme qui permet à un utilisateur de soumettre des requêtes à un serveur W3 et de visualiser les résultats. Ce programme est capable également de dialoguer avec d'autres types de serveurs : FTP, GOPHER, WAIS en utilisant leur propre protocole. Le client W3 peut s'appeler visualiseur ou navigateur (browser en anglais) par exemple Chrome, Mozilla, Internet Explorer.

Le protocole utilisé entre un client et un serveur est le protocole de transfert hypertexte ou HTTP (**HyperText Transfer Protocol**) : d'un côté, on a le **client** qui effectue des requêtes en direction du serveur, de l'autre le **serveur** qui exécute ces requêtes et renvoie le résultat au client.

Client et serveur sont, en pratique, deux logiciels différents communiquant avec le même protocole à travers le réseau. Le rôle d'un programme client est :

- * de traduire les messages utilisateur en messages conformes à un protocole d'échange avec un serveur ;
- * de contacter le serveur demandé et de lui transmettre la requête ;
- * d'attendre la réponse du serveur ;

- * de mettre en forme cette réponse et de la présenter de façon convenable à l'utilisateur.

Le serveur renvoie en effet un fichier brut au client et c'est ce dernier qui est responsable de sa mise en page et de sa mise en forme.

1.5. Internet des objets (IoT)

L'Internet des objets, ou IoT (*Internet of Things*), est un scénario dans lequel les objets, les animaux et les personnes se voient attribuer des identifiants uniques, ainsi que la capacité de transférer des données sur un réseau sans nécessiter aucune interaction humain-à-humain ou humain-à-machine.

L'IoT est issu de la convergence des technologies sans fil, des systèmes microélectromécaniques (MEMS) et d'Internet.

Dans l'Internet des objets, un « objet » peut être une personne équipée d'un *pacemaker*, un animal de ferme qui porte une puce (*transpondeur*), une voiture qui embarque des *capteurs* pour alerter le conducteur lorsque la pression des pneumatiques est trop faible, ou encore tout objet naturel ou fabriqué par l'être humain auquel peuvent être attribuées une adresse IP et la capacité de transférer des données sur un réseau.

Pour le moment, l'Internet des objets est étroitement associé à la communication machine-à-machine (M2M, Machine-to-Machine) dans les domaines de la fabrication et de l'énergie (électricité, pétrole et gaz).

La forte hausse de l'espace d'adressage qu'autorise le protocole IPv6 constitue un facteur important du développement de l'Internet des objets. Selon Steve Leibson, qui se qualifie lui-même de « guide occasionnel du Musée de l'histoire de l'informatique », l'extension de l'espace d'adressage nous permet « d'affecter une adresse IPv6 à chaque atome à la surface de la Terre, tout en conservant suffisamment d'adresses en réserve pour 100 planètes Terre supplémentaires ».

En d'autres termes, l'être humain peut facilement affecter une adresse IP à chaque « objet » sur Terre. Par ailleurs, une hausse du nombre de nœuds intelligents, ainsi que de la quantité de données amont que génèrent ces nœuds, créent de nouvelles préoccupations en termes de confidentialité des données, de souveraineté des données et de sécurité.



Figure 1.8 : Internet des objets

1.6. Gouvernance de l'Internet

1.6.1. Définition

Le *Sommet Mondial sur la Société de l'Information* (SMSI) est parvenu à la définition pratique suivante de la Gouvernance de l'Internet :

« La Gouvernance de l'Internet est le développement et l'application par les Gouvernements, le secteur privé et la société civile, dans leurs rôles respectifs, de principes partagés, de normes, de règles, de procédures décisionnelles et de programmes qui modèlent l'évolution et l'usage de l'Internet ».

1.6.2. Qui dirige Internet ?

La réponse à cette question se trouve dans la structure technique d'Internet et dans l'usage qu'on en fait. En tant qu'union de réseaux, chaque réseau est libre de s'y connecter à condition d'utiliser TCP/IP et d'obtenir des adresses IP pour ses machines.

Il est probable qu'il lui faille aussi payer la connexion auprès d'un fournisseur d'accès à Internet. Les utilisateurs de ce réseau sont libres d'y faire ce qu'ils veulent tant qu'ils respectent les lois de leur pays voire les lois d'autres pays si leur activité sur Internet déborde de leur pays. Enfin, il leur est vivement recommandé de respecter les usages et coutumes de l'Internet.

On a donc, non pas un gouvernement de l'Internet, mais 4 pouvoirs qui contribuent au bon fonctionnement de l'Internet :

a) Le pouvoir technique gère la stabilité et le développement technique d'Internet

À partir du moment où le réseau a offert des possibilités d'applications et d'interconnexion, il a été nécessaire de se mettre d'accord sur des protocoles permettant l'interopérabilité.

Aussi des groupes de travail, *Working Group* – WG, ont été créés en même temps que l'ancêtre d'Internet, ARPANET. Ces groupes de travail sont devenus des groupes de travail sur Internet puis des organismes plus ciblés ont été créés.

Ainsi l'*Internet Configuration Control Board* (ICCB), mis en place en 1979, a eu pour mission de conseiller le responsable de la DARPA, fondateur et principal responsable à l'époque du réseau, sur les aspects techniques. Ce comité, devenu aujourd'hui l'*Internet Architecture Board* (IAB), est toujours la référence technique de nos jours même si la DARPA ne gère plus Internet.

De leur côté les groupes de travail se sont scindés en deux parties avec d'un côté les groupes de travail en rapport avec la recherche, rassemblés aujourd'hui au sein de l'IRTF, et ceux en rapport avec l'écriture des protocoles, les RFC, rassemblés au sein de l'IETF.

Enfin, devant l'importance du Web, le World Wide Web Consortium a été créé en 1994 pour gérer l'évolution des protocoles du Web.

b) Le pouvoir d'adressage distribue les adresses IP et les noms de domaine

Le pouvoir d'adressage découle directement du pouvoir technique. Ce pouvoir est lié à l'unicité des identifiants nécessaires au bon fonctionnement de TCP/IP, du DNS mais aussi de nombreux autres protocoles.

A la création d'ARPANET, la gestion de ces identifiants a été attribuée à Jon Postel, responsabilité qu'il a gardée jusqu'à sa mort en 1998. En concentrant la distribution de tous ces identifiants entre ses seules mains, Jon était de fait, le point central du fonctionnement de l'Internet. Pour certain il en était le Dieu.

A sa mort, l'*Internet Assigned Number Authority*, IANA, qui lui servait de cadre pour l'exercice de cette mission, a été intégrée dans la naissante ICANN, organisme voulu par le gouvernement américain pour gérer les identifiants numériques uniques et les noms de domaines.

c) Le pouvoir économique impose implicitement des modifications

Internet n'est plus le réseau universitaire qu'il a été. Il s'agit aujourd'hui d'une union de réseaux pour la grande majorité privés. Les plus grands de ces réseaux appartiennent à des opérateurs Internet spécialisés dans le déploiement et la gestion des réseaux. L'accès à ces réseaux est ensuite loué aux entreprises ou aux fournisseurs d'accès, ces derniers étant les techniciens de l'Internet les plus visibles. En amont des opérateurs Internet, on trouve les constructeurs de matériel réseau dont le plus connu est Cisco.

L'influence des techniciens sur l'Internet est celle des personnes qui font les choses. Le réseau fonctionne grâce à eux, comme ils le désirent même si pour des raisons

d'interopérabilité ils suivent les directives techniques de l'IETF et des autres organismes techniques (IEEE, UIT, ...). Que les plus gros opérateurs Internet et constructeurs décident de développer ensemble leurs protocoles en dehors de l'IETF et cette dernière perdra bien la moitié de sa raison d'être.

Le pouvoir des propriétaires est celui de permettre l'utilisation de leur réseau. On en a le témoignage actuellement dans le débat sur la neutralité des réseaux. Le coût d'un réseau continental étant de plusieurs milliards d'euros, les propriétaires des grands réseaux savent qu'ils sont difficilement contournables.

d) Le pouvoir politique travaille à maîtriser ce média à la disposition des citoyens

Les Gouvernements ne sont pas impuissants face à l'Internet, loin de là. Ils disposent de lois pour imposer leur volonté dans leur pays et des accords internationaux pour l'imposer sur l'ensemble de l'Internet. Suivant les pays, les Gouvernements ont d'autres leviers nationaux comme la censure, les contraintes techniques comme un passage unique pour sortir du pays, les incitations financières, la pression sur les entreprises, etc.

Les Etats-Unis disposent, en plus du contrôle de l'ICANN, donc du DNS, d'une surreprésentation dans l'ensemble des organismes de gestion de l'Internet.

A côté des Gouvernements, certaines associations disposent d'un poids politique important sur l'Internet, en particulier l'*Internet Society* (ISOC), qui chapeaute l'IAB, l'IETF et l'IRTF.

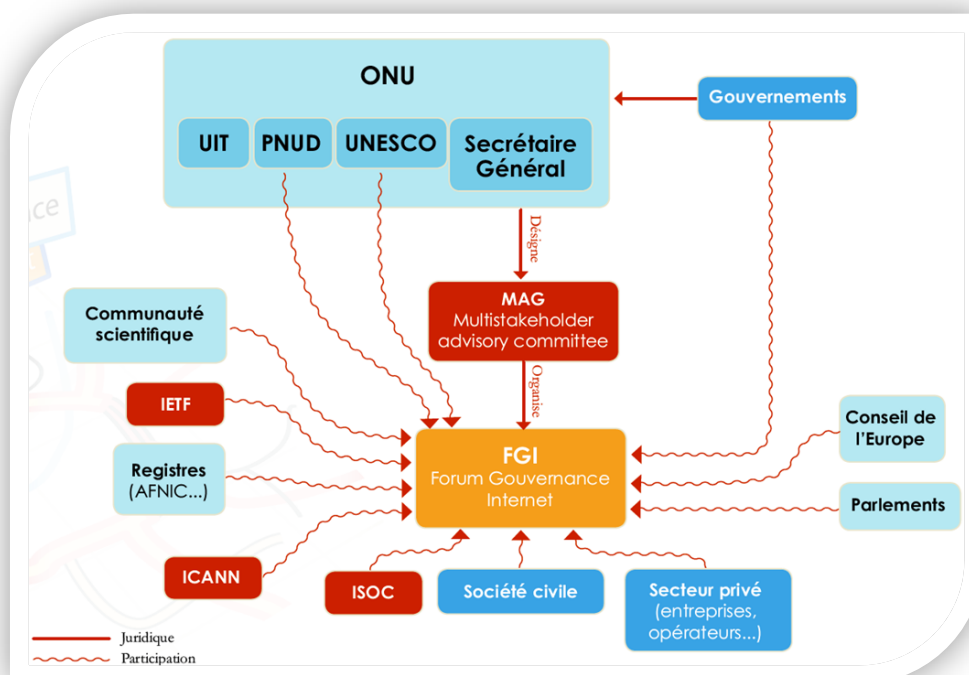


Figure 1.9 : Gouvernance de l'Internet

1.7. Conclusion

De nos jours, le monde s'est transformé en un petit village grâce à Internet qui véhicule à chaque seconde des milliers d'informations sous formes d'échanges de données avec une utilisation plus facile, plus rapide et moins couteuse.

L'Internet permet d'accéder à une multitude de données se présentant sous divers formats : sons, images, textes et essentiellement les bases de données. L'accès est rendu possible par le World Wide Web, l'un de ses services. L'Internet offre de multiples services (e-commerce, e-Learning, télésanté, etc.) aux professionnels comme aux particuliers.

Le succès d'Internet repose sur l'adoption généralisée de protocoles de communication clairement définis (TCP/IP, SMTP, HTTP, etc.).

Il est parfois suggéré que l'*objet* deviendra un acteur autonome de l'Internet, capable de percevoir, analyser et agir de lui-même selon les contextes ou processus dans lesquels il sera engagé. Dans ce cas de figure, l'avènement de l'*Internet des objets* s'associe à celui des technologies ou méthodes de conception logicielle liées à l'Intelligence artificielle.

Chapitre 2 : Le Système de vote électronique

2.0. Introduction

La démocratie telle qu'elle a été pensée dès le XVIII^e siècle et telle que nous la connaissons aujourd'hui a fait du peuple le Souverain.

L'histoire récente nous montre que des institutions qui n'ont plus l'adhésion du peuple ne résistent pas, quelle que soit leur organisation ou leur emprise sur la société. La légitimité institutionnelle tient autant aux règles et structures étatiques qu'à leur capacité de répondre aux attentes de la population. L'évolution est donc inscrite dans les « gènes » des institutions. Les besoins et attentes de la population changent ; les procédures et les constructions institutionnelles ne peuvent l'ignorer.

Internet et l'ensemble des technologies de l'information provoquent des modifications sociales et des comportements d'une ampleur inconnue depuis la Révolution industrielle il y a deux siècles. L'utilisation d'Internet dans le cadre des institutions, en particulier le vote par Internet et la légitimité de ce mode de scrutin, sont à l'ordre du jour : Internet permet-il de garantir le secret du vote ? Offre-t-il une sécurité comparable à celle des modes actuels de scrutin ? Proposer aux électeurs d'exprimer leur choix à travers une infrastructure partiellement virtuelle est-il compatible avec les formes et contrôles nécessaires au fonctionnement démocratique ?

Une étude originale et professionnelle conduite par le professeur Andreas AUER, directeur du Centre d'études et de documentation sur la démocratie directe (C2D) de l'Université de Genève, et son assistant Nicolas Von ARX, examine ces questions à la fois sociologiques, juridiques et philosophiques.

Leur conclusion est positive : oui, le vote par Internet est légitime, pour autant que sa sécurité soit garantie et qu'il soit approuvé par le corps électoral.



Figure 2.1 : L'e-voting

2.1. Processus électoral

Le processus électoral étant une période marquée par la complexité des événements, il serait important de le circonscrire. Ainsi, nous allons commencer par définir les concepts clé en suite définir les différentes étapes ce dernier.

2.1.1. Terminologie

a) Election

Etymologiquement, le mot *élection* vient du verbe latin « *eligere* » et du substantif « *electio* » qui signifie *choisir*.

L'élection signifie un choix sur base de suffrage et le mot *suffrage* veut dire vote ou voix donnée en matière d'élection. Le suffrage est suivi du dépouillement menant vers l'établissement des résultats du scrutin.

L'élection est l'une des possibilités d'accession au pouvoir à côté de la nomination, la conquête (coup d'Etat, coup de force, putsch), la cooptation et l'hérédité et les élections. De tous ces modes, l'élection est le mode démocratique, c'est-à-dire celui qui implique la volonté des gouvernés.

Elle est un mécanisme par lequel les gouvernants sont choisis librement par les gouvernés ou un moyen par lequel un peuple désigne ses représentants qui se chargent, en son nom, et à sa place, de décider des affaires publiques.

b) Circonscription

Une circonscription électorale est une division géographique des votants. Chaque circonscription se voit affecter un ou plusieurs représentants (ou "sièges" à pourvoir) et les électeurs ne pourront choisir qu'entre les candidats (ou les listes de candidats associés) qui se présentent dans leur circonscription.

Ce genre de découpage géographique est utilisé pour les élections à une très grande majorité d'assemblées délibérantes.

2.1.2. Cadre conceptuel du processus électoral

Trois grandes phases sont considérées pour le processus électoral à savoir :

2.1.2.1. La phase pré-électorale

Cette période comprend :

- * Installation de l'organisme de gestion des élections ;
- * Elaboration du cadre juridique des élections ;
- * Inscription des électeurs ;
- * Inscription des candidats et des partis politiques ;
- * Le financement des partis politiques ;
- * La campagne d'éducation civique et électorale ;
- * La Campagne électorale.

2.1.2.2. La phase électorale (le jour du scrutin)

C'est la phase des activités du scrutin à savoir :

- * Le vote proprement dit ;
- * L'observation partisane et non partisane ;
- * Le dépouillement ;
- * L'affichage des premiers résultats dans les bureaux de vote.

2.1.2.3. La Phase post-électorale

C'est la phase qui comprend :

- * La centralisation des résultats ;
- * La publication officielle des résultats ;
- * Les rapports officiels du scrutin.

2.2. L'e-voting

2.2.1. Définitions

Le **vote électronique** est un système de vote dématérialisé, à comptage automatisé, notamment des scrutins, à l'aide de systèmes informatiques. L'expression vote électronique est un terme général désignant une multitude de méthodes de vote faisant appel à la technologie électronique.

Il existe trois principaux types de vote électronique :

- * Le vote par machine de dépouillement ;
- * Le vote par ordinateur ;
- * Le vote par Internet (ou vote en ligne).

En ce qui concerne le dernier, il existe quatre types de vote électronique intégrés à l'Internet :

- * Le vote par borne électronique ;
- * Le vote par Internet à un bureau de scrutin ;
- * Le vote par Internet de circonscription ;
- * Le vote à distance par Internet.

Le vote par borne électronique se fait normalement à l'aide d'un ordinateur dans un lieu contrôlé par des fonctionnaires électoraux; ce processus diffère du vote par machine de dépouillement notamment par le fait que le vote s'effectue sur Internet.

Le vote par Internet à un bureau de scrutin se fait à n'importe quel bureau de scrutin à l'aide d'un ordinateur contrôlé par des administrateurs électoraux.

Le vote par Internet de circonscription est semblable au vote à un bureau de scrutin, sauf que l'électeur doit se rendre au bureau de scrutin auquel il est officiellement rattaché dans sa circonscription.

Le vote à distance par Internet permet à l'électeur de voter de chez lui ou de n'importe quel autre endroit ayant un accès Internet.



Figure 2.2: La machine à voter

2.2.2. Historique

L'ancêtre de l'urne électronique a été inventé en 1910 par Eugenio BOGGIANO. Cette urne automatique-mécanique consistait en un système d'isoloir qui avait pour objectif principal de faire l'économie de bulletins de vote. L'électeur exprime son choix en appuyant sur le bouton correspondant au candidat de son choix. Quant à RUSSO, précurseur du vote électronique, il inventa des cabines de vote fondées sur le même principe que celui de BOGGIANO et qui sont actuellement en service dans de nombreux États américains, où le grand nombre des postes à pourvoir rendrait difficile un dépouillement manuel des bulletins de vote.

2.2.3. Quelques pays ayant utilisé l'e-voting

2.2.3.1. Belgique

Le vote électronique a été expérimenté pour la première fois en Belgique en 1991 dans deux cantons électoraux avec deux systèmes différents. Le premier système, datant de 1991, consistait en un tableau électronique muni de nombreux boutons, un en face de chaque candidat.

C'est le genre de système utilisé actuellement aux Pays-Bas, mais qui n'a pas été retenu en raison de la difficulté d'utilisation en cas d'élections simultanées, ce qui est presque toujours le cas en Belgique.

Le deuxième système de 1991 se base sur une carte magnétique qui remplace le bulletin de vote papier. L'isoloir est un ordinateur muni d'un lecteur de carte magnétique, d'un écran monochrome et d'un crayon optique. L'urne électronique est un lecteur de carte doté d'un récipient pour conserver les cartes magnétiques après lecture.

Dans les années qui ont suivi, des machines à voter de plus en plus performantes ont été utilisées.

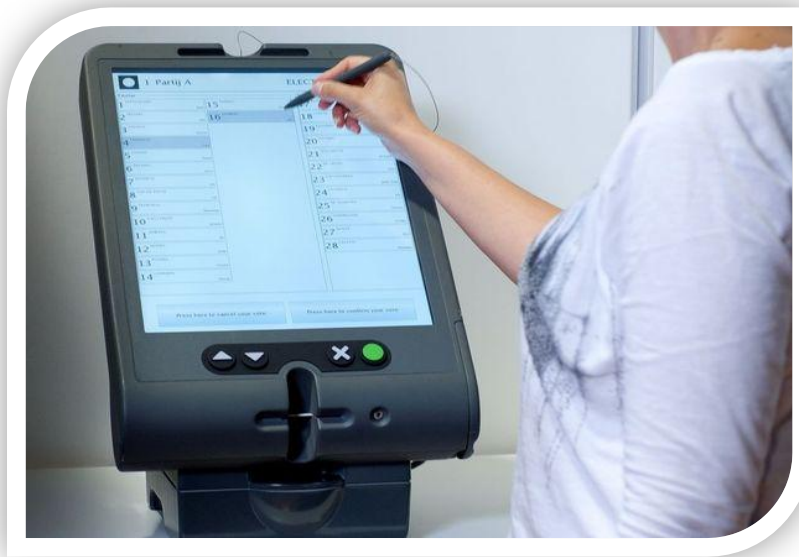


Figure 2.3 : Machine à voter en Belgique

2.2.3.2. Brésil

Le Brésil a lancé en 1996 la mise en place de systèmes de vote électronique. Cette année-là, 32 % des votes furent émis à travers les urnes électroniques. À l'élection présidentielle de 1998, le pourcentage a été porté à 58 % et aux élections de 2002, c'est 100 % des électeurs qui ont utilisé le vote électronique.

Lors du dernier scrutin du 6 octobre 2002, il a été employé un système informatisé qui identifiait chaque candidat par un numéro et une photographie, et dont les données, à la clôture du scrutin, étaient transmises, sans possibilité d'interférence, via un réseau privé

aux instances électorales régionales. Grâce à ce système, utilisant 414 000 « urnes électroniques », il a suffi moins de 24 heures pour connaître les résultats de l'ensemble du territoire national.

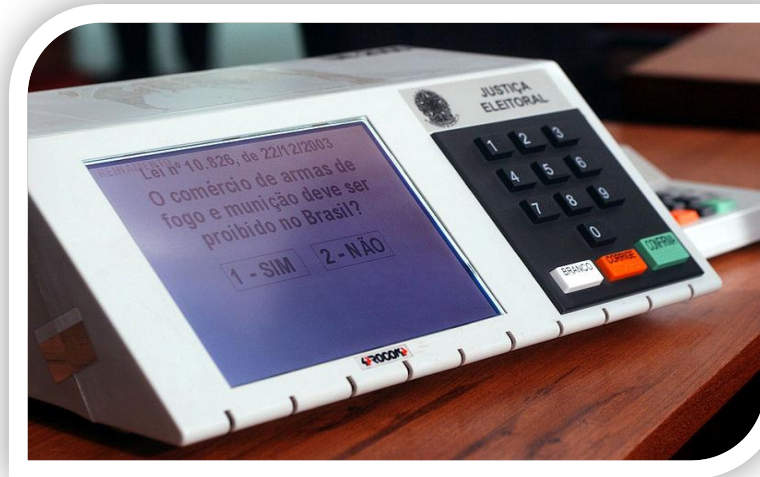


Figure 2.4 : Machine à voter utilisée au Brésil

2.2.3.3. Inde

En Inde, des machines à voter électroniques sans trace papier sont utilisées pour les élections. Ce système a été développé par deux sociétés contrôlées par le gouvernement. Le système n'est toutefois pas protégé contre un éventuel piratage, dont le but serait de frauder.

Toutefois, cette machine peut permettre différents types de fraudes : remplacer l'affichage des résultats, pour afficher les résultats du pirate à la place des résultats officiels avec un téléphone Bluetooth ; ou en changeant directement les résultats dans la carte mémoire en quelques secondes.



Figure 2.5 : Machine à voter en Inde

2.2.3.4. Allemagne

En Allemagne, 1 800 urnes électroniques ont été utilisées lors des élections législatives de 2005. Cependant, dans une décision du 3 mars 2009, le Tribunal constitutionnel fédéral a déclaré inconstitutionnel le décret mettant en place ces ordinateurs de vote, au motif qu'ils ne permettent pas aux citoyens de vérifier le processus de dépouillement sans nécessiter une compétence technique.

2.2.3.5. Canada

Le Canada aborde la question du vote électronique avec pragmatisme et sans précipitation. Un rapport détaille notamment les avantages et les inconvénients du vote électronique dans le cadre du partenariat transatlantique Canada-Union-européenne. Il préconise de bien clarifier les objectifs, d'obtenir un soutien politique et de maintenir une campagne de communication pour promouvoir le système de vote électronique.

Quelques expérimentations ont été menées dans trois communes. Ces trois expérimentations sont basées sur le vote par Internet. Toutes trois ont dû faire l'objet de campagne de communication et de campagne marketing pour convaincre du bien fondé du vote électronique, notamment lorsque des détracteurs critiquaient ouvertement la démarche.

Par ailleurs, en 2014, le vote électronique fait l'objet de vives polémiques au Québec en raison de dysfonctionnements répétés et pénalisants.

2.2.3.6. Estonie

Les estoniens ont voté par Internet pour la première fois lors des élections municipales de 2005. Ils ont renouvelé l'opération pour les législatives de 2007, les européennes de 2009 et les législatives de 2011.

Le succès est croissant, et près d'un quart des électeurs ont utilisés ce mode de scrutin en 2011. Depuis 2012, ils peuvent voter par smartphone.

2.2.4. Propriétés

Le vote électronique est un exemple d'application distribuée qui permet aux élections d'avoir lieu sur des réseaux informatiques ouverts. Dans cette application, un ensemble de votants envoie leurs bulletins à travers le réseau à un centre de dépouillement virtuel responsable de la réception, validation et classification des bulletins.

D'une manière générale, les participants impliqués dans une élection électronique sont un collectif d'électeurs et un ensemble d'autorités de vote. Le nombre et l'utilité de ces autorités sont variables, ils dépendent du schéma de vote considéré.

Le scénario d'une élection électronique peut être divisé en trois phases :

- * **Phase d'enregistrement** : durant cette première étape, l'autorité de vote crée la liste électorale de toutes les personnes éligibles qui sont enregistrées pour cette opération de vote et la publie sur le réseau ;
- * **Phase de vote** : cette phase permet aux votants d'envoyer leurs bulletins de vote en utilisant les facilités de communication offerts par le réseau ;
- * **Phase de décompte** : à la fin de la phase de vote, l'autorité arrête la réception des bulletins, et le processus de décompte des résultats est déclenché. Finalement, les résultats sont publiés et mis à la disposition des votants à travers le réseau.

L'application du vote électronique étant destinée à être exécutée sur le réseau, un bon système de vote électronique doit assurer quelques propriétés qui définissent des exigences concernant sa sécurité et son implémentation.

Les exigences de sécurité pris en compte lors de la conception d'un système d'e-voting performant sont :

- * **Précision** : une élection est précise si elle vérifie les exigences suivantes :
 - Un vote ne doit pas être altéré, par conséquent les résultats du vote ne doivent pas être modifiés en ajoutant des votes invalides ou en changeant le contenu des bulletins par exemple (intégrité) ;
 - Un vote valide doit être compté ;
 - Un vote invalide ne doit pas être compté.
- * **Démocratie** : cette propriété est assurée si :
 - Seuls les votants éligibles peuvent voter ;
 - Chaque votant ne peut voter qu'une seule fois. La propriété de démocratie est généralement liée à l'intégrité de la liste électorale (liste des votants éligibles). Pour cela, quelques mécanismes supplémentaires doivent être ajoutés pour empêcher l'administrateur de cette liste de casser cette propriété.
- * **Confidentialité** : nous qualifions de vote confidentiel, un vote dans lequel :
 - Ni l'autorité du vote ni personne d'autre ne doit pouvoir faire le lien entre un votant et son vote (anonymat) : l'anonymat constitue probablement la pierre angulaire de tout système de vote électronique ;
 - Aucun votant ne peut prouver qu'il a voté dans un chemin particulier : ce dernier facteur de confidentialité est aussi important pour la prévention contre l'achat du vote, en effet les électeurs ne peuvent vendre leurs votes que s'ils sont capables de prouver à l'acheteur qu'ils ont réellement voté d'après leurs vœux.
- * **Vérifiabilité** : il existe deux définitions de cette propriété, la vérifiabilité universelle et la vérifiabilité individuelle. Un système de vote est universellement vérifiable si toute personne peut indépendamment vérifier que tous les bulletins ont été comptés correctement. Un système de vote est individuellement vérifiable (définition plus faible) si chaque votant peut indépendamment vérifier que son propre bulletin a été correctement compté.

2.2.5. Sécurisation

La sécurisation du vote sur Internet concerne l'ensemble de la chaîne de sécurité, du poste de travail du votant aux serveurs : les données émises sont chiffrées, via un algorithme de cryptage (RSA, etc.), sur une partie ou la totalité de la chaîne de transmission. Selon le prestataire de vote sur Internet, les données peuvent être chiffrées au niveau du poste de travail, au niveau du serveur ou utiliser un double chiffrement des données.

Le principe de vérifiabilité du vote sur Internet est un des critères permettant de s'assurer de la sécurisation des bulletins de vote : il permet aux votants de vérifier que le contenu de leur bulletin n'ait pas été modifié par un acte malveillant de type cyber-attaque.

2.2.6. Avantages et inconvénients

2.2.6.1. Avantages

Les partisans du vote électronique, surtout le vote par Internet, invoquent en sa faveur des arguments liés à la technologie, aux problématiques sociales et à l'administration des élections.

- * **Premièrement**, cette nouvelle façon de voter pourrait simplifier le processus électoral et le rendre plus accessible aux électeurs.

Cela est particulièrement vrai pour le vote à distance par Internet ou par téléphone, grâce auquel on peut exercer son droit de vote à partir de n'importe quel ordinateur branché sur Internet ou de n'importe quel téléphone fonctionnel.

Pour de nombreux électeurs, ces méthodes diminuent considérablement les coûts associés au vote, car elles créent de nombreux points d'accès supplémentaires pour voter.

Elles ont le potentiel d'éliminer les longues files d'attente dans les bureaux de vote et de pallier plus efficacement les problèmes d'accessibilité des personnes handicapées ou malades, des militaires, des personnes vivant à l'étranger, des voyageurs ou des retraités migrants, ainsi que d'autres groupes de la population tels que les chefs de famille monoparentale pour qui aller voter de manière traditionnelle peut s'avérer compliqué.

De plus, le vote à distance par Internet, et dans certains cas par borne Internet, offre aux électeurs la possibilité de voter à toute heure, ce qui facilite encore l'exercice du droit de vote.

En ce qui a trait à des groupes particuliers d'électeurs, le vote par Internet (à distance surtout) et par téléphone pourrait aussi favoriser la participation des électeurs considérés comme les plus difficiles à atteindre, particulièrement les jeunes de 18 à 30 ans.

Ces derniers sont les plus familiers avec la technologie, ils en sont les plus fréquents utilisateurs et sont sans doute ceux qui profiteraient le plus de l'expansion du vote à distance.

L'Internet et le téléphone semblent être des moyens particulièrement pratiques d'encourager la participation des jeunes qui, pour leurs études postsecondaires, vivent dans une circonscription autre que la leur.

- * **Deuxièmement**, le vote par Internet ou par téléphone assurerait une plus grande confidentialité aux personnes handicapées (y compris les personnes ayant une déficience visuelle ou auditive).

En votant électroniquement, donc sans l'aide d'autrui, ces électeurs disposent d'un anonymat accru, ce qui favorise l'égalité du vote.

- * **Troisièmement**, l'amélioration de l'accessibilité et la création de possibilités de vote supplémentaires pourraient bien avoir une incidence positive sur le taux de participation.

En général, les écrits universitaires traitant du vote électronique et de la baisse du taux de participation présentent des résultats non concluants quant à l'impact du vote en ligne.

Dans la plupart des cas où les lieux de scrutin étaient équipés de bornes Internet, le taux de participation n'a pas augmenté. Cependant, là où des services de vote à distance avaient été mis en place, les résultats étaient variables.

Bien qu'il n'y ait pas eu de hausses systématiques de participation dans certains endroits, comme au Royaume-Uni, on signale certains cas d'augmentation du taux de participation ailleurs, comme en Estonie, à Genève et dans des municipalités canadiennes.

La période d'accessibilité du vote à distance par Internet semble avoir un effet sur la fréquence d'utilisation de cette méthode ainsi que sur le taux de participation.

- * **Quatrièmement**, le vote par Internet et le vote par téléphone produiraient des résultats électoraux plus rapides et plus fiables.

Ces méthodes de vote accéléreraient le processus de dépouillement officiel et seraient plus fiables que les machines de dépouillement (utilisant des cartes à perforer, par exemple), auxquelles on reproche parfois des erreurs.

- * **Cinquièmement**, à long terme, tous les systèmes de vote par Internet sont potentiellement moins coûteux à exploiter que la méthode traditionnelle avec bulletins de vote, qui requiert l'installation de bureaux de vote avec du personnel. Par contre, les coûts initiaux liés aux appareils et aux bornes peuvent être très élevés.
- * **Enfin**, tous les systèmes de vote par Internet ou téléphone ont le potentiel d'améliorer la qualité générale des bulletins de vote en réduisant ou en éliminant le nombre d'erreurs sur les bulletins et en faisant en sorte que les électeurs soient mieux informés.

En effet, il ne peut y avoir d'erreurs sur les bulletins ni, selon les systèmes, de bulletins annulés, car l'ordinateur ne le permet pas. Si toutefois on désire offrir aux électeurs l'option d'annuler leur vote ou de déposer un vote de protestation, un bouton peut être ajouté dans certains logiciels de manière à ce qu'ils acceptent ces types de vote (ou les refus de voter).

De plus, selon l'architecture des systèmes, il est possible d'afficher des renseignements supplémentaires sur les candidats et leurs positions en vue du vote. Ainsi, les électeurs peuvent avoir sous les yeux de l'information générale sur les candidats et les programmes des partis, et ainsi voter de façon plus éclairée.

2.2.6.2. Inconvénients et risques

Ceux qui s'opposent au vote électronique, ou qui s'en méfient, évoquent plusieurs inconvénients et risques perçus liés aux différentes méthodes de vote par Internet ou téléphone.

- * Le **principal risque** cité concerne la sécurité. Ce sont les menaces de virus informatiques et d'attaques de systèmes orchestrées par des pirates qui inquiètent le plus parmi les problèmes pouvant compromettre une élection et la confiance du public à l'égard du vote électronique.

Cette inquiétude concerne surtout les ordinateurs personnels. La confidentialité du vote devient source de préoccupations lorsque les ordinateurs utilisés sont non protégés, situés dans des lieux publics ou susceptibles d'être la cible de virus.

Parmi les autres problèmes techniques potentiels figurent les pannes d'électricité ou les problèmes de connexion Internet, ainsi que les fermetures ou les pannes de serveur.

La fiabilité des méthodes d'enregistrement et de stockage des votes est aussi un important facteur à prendre en considération.

- * **Deuxièmement**, on soulève les problèmes d'accès. Les écrits sur le vote à distance par Internet parlent du risque d'un « clivage numérique » pouvant se manifester de deux manières.

D'une part, il peut se manifester entre ceux qui disposent d'un ordinateur avec connexion Internet à la maison, et ceux qui n'en ont pas.

D'autre part, il peut résulter de l'écart entre les vitesses de connexion Internet : ceux qui ont une connexion moins rapide ont un moins bon accès. À l'opposé, les personnes à revenu plus élevé peuvent s'offrir un meilleur accès.

De plus, l'accès est souvent moins cher et de meilleure qualité en zone urbaine. Les personnes à faible revenu et celles vivant en zone rurale sont donc désavantagées. Ainsi, l'expansion du vote par Internet pourrait créer des clivages liés à diverses

variables socioéconomiques, dont le revenu, l'éducation, le sexe, la géographie, la race et l'origine ethnique.

Ces clivages potentiels pourraient poser problème sur le plan de la participation et de la représentation.

- * **Troisièmement**, on dit que le vote à distance par Internet ou téléphone est plus propice à la fraude et à la coercition (ou achat de votes).

Il y a fraude lorsque quelqu'un vote au nom d'une autre personne sans en avoir eu la permission, tandis que la coercition se produit lorsqu'un électeur subit des pressions d'autres personnes qui le poussent à voter autrement qu'il l'aurait normalement fait. Dans les deux cas, il y a atteinte à l'intégrité du vote, car il importe que chaque vote comptabilisé reflète l'opinion de l'électeur.

Il y a aussi possibilité de fraude si l'avis de convocation de l'électeur, qui contient un mot de passe unique permettant de voter, est intercepté. Dans le cas où le vote ne se fait pas en personne, il est plus difficile de vérifier l'identité de l'électeur. À distance, l'authentification de ce dernier peut être problématique.

Les signatures et les mots de passe numériques peuvent aider, mais ne sont pas à toute épreuve et pourraient être échangés.

- * **Quatrièmement**, l'aspect éducation électorale suscite aussi des inquiétudes. Beaucoup de temps et d'argent doivent être investis pour s'assurer que le public est au courant de l'existence du vote électronique et qu'il comprend comment l'utiliser.

À défaut d'une bonne stratégie de communication, il sera difficile d'éveiller l'intérêt des électeurs.

- * **Cinquièmement**, la privatisation est source de préoccupation lorsque les administrateurs électoraux cèdent le contrôle à une firme.

L'octroi de contrats à des entreprises privées pour la portion électronique des élections peut être mal perçu par certaines personnes et risque, par conséquent, de miner la confiance du public envers le gouvernement et le processus électoral.

- * **Enfin**, la plus grande préoccupation sociale est peut-être la menace de désintégration de capital social ou de vie civique.

D'après certains, la prolifération de services électroniques pour électeurs pourrait altérer la nature de la participation en encourageant les gens à voter seuls plutôt qu'avec d'autres dans un lieu de vote.

Cela présenterait un risque d'érosion pour la vie civique, les réseaux sociaux locaux et les groupes liés aux élections.

2.2.7. Adaptabilité

Le vote électronique s'adapte à tous types d'élections : assemblées générales (conseil d'administration ou vote de résolution), délégués du personnel, comités d'entreprise, commission administrative, paritaire, vote de résolutions de copropriétés, référendums, ...

Des petites organisations aux grandes communautés, toutes les organisations sont concernées, et plus particulièrement les sociétés, syndicats, fédérations, partis politiques, associations, mutuelles ou copropriétés.

2.3. Conclusion

L'e-voting ne peut être consacré formellement comme modalité de vote supplémentaire de notre démocratie directe que s'il ne compromet pas la forte légitimité dont celle-ci jouit depuis la naissance des Etats modernes vers le milieu du 18^{ème} siècle.

Un élément qui semble parler en faveur de la légitimité du e-voting est le fait que ce dernier est en quelque sorte dans l'air du temps, faisant indiscutablement partie de l'idéologie de progrès émanant de l'expansion continue des nouvelles technologies de communication dans l'Etat et dans la société.

Il s'agit d'un élément certes fragile, mais dont il ne faut pas sous-estimer l'importance. Il faut de bonnes raisons pour exclure *a priori* cette possibilité, qui s'inscrit dans la tendance de faciliter au mieux l'exercice des droits politiques et de l'adapter au mode de vie toujours plus individualiste des citoyens.

La garantie optimale de la sécurité du vote électronique apparaît comme une condition fondamentale de la légitimité de ce dernier. Si cette garantie, qui n'est jamais totale, ne peut être assurée, le sort de la nouvelle modalité de vote est scellé et il faudrait alors y renoncer. Si en revanche la technologie informatique peut fournir les instruments et les mécanismes qui sont à même de faire fonctionner régulièrement le nouveau procédé, et qu'un vote populaire (référendum) favorable à l'introduction du e-voting a eu lieu, alors la consécration de ce dernier comme étant légitime pourrait s'en suivre.

Toutefois, il faut bien reconnaître qu'il n'est pas certain que le vote électronique puisse atteindre le même degré de légitimité que le vote à l'urne. Mais il n'est pas certain non plus que, moyennant quelques aménagements spécifiques de remplacement et de compensation, il ne puisse jamais bénéficier d'aucune légitimité. Pour connaître le goût d'une poire, disait Mao Ze Dong, il faut la croquer. Pour savoir si le e-voting bénéficie de la confiance des citoyens, il n'y a probablement pas d'autre solution que de le rendre possible et de le tester.

Chapitre 3 : Conception et Modélisation de l'application

3.0. Introduction

En réalité, la réalisation d'un logiciel nécessite une phase de conceptualisation, de développement et finalement une phase pendant laquelle on s'assure que le produit développé correspond à ce qui est attendu.

Cette dernière phase permet de se prononcer sur les différentes qualités du logiciel qui sont : la correction, la fiabilité, la robustesse ou encore l'efficacité du logiciel et porte communément le nom de phase de test.

3.1. Analyse du système proposé

Le but de l'activité d'analyse des besoins est d'éviter de développer un logiciel qui ne correspond pas aux attentes et aux besoins des utilisateurs. Elle vise à étudier le domaine d'application ainsi que l'environnement du futur système afin d'en déterminer les frontières, le rôle, les ressources disponibles et requises et les contraintes d'utilisation et de performance.

En ce qui concerne notre travail, l'analyse des besoins a pour objectif la détermination des spécifications du futur logiciel, c'est-à-dire les services qu'il doit rendre.

L'analyse des besoins comprend deux étapes à savoir l'étude de faisabilités et l'expression des besoins.

- Etude de faisabilité :

L'étude de faisabilité a pour but de déterminer si le projet répond à un besoin effectif, et s'il peut se traduire par une application informatique. Elle permet d'améliorer la définition des services à offrir. L'étude de faisabilité est une phase cruciale puisque c'est elle qui permet d'établir les premières définitions du logiciel, du contexte d'utilisation, des fonctionnalités et des services attendus.

- Expression des besoins :

L'expression des besoins consiste à s'accorder sur les fonctionnalités et les contraintes à respecter afin d'obtenir la définition détaillée de ses futures fonctionnalités.

Plusieurs éléments définissent l'expression des besoins :

- Les exigences des utilisateurs qui définissent par la suite les services attendus ;
- Les spécifications globales détaillant les services et contraintes du futur logiciel ;

- Les spécifications de conception détaillée décrivant de manière très précise les fonctions du futur logiciel.

La qualité du produit final dépend en grande partie de la qualité des spécifications globales.

* Difficultés de l'analyse des besoins

L'analyse des besoins est une tâche complexe comprenant différentes activités telles que la compréhension du domaine, la définition des fonctionnalités attendues et des contraintes, la classification des besoins exprimés, la résolution des ambiguïtés, incorrections ou incomplétudes, et finalement la validation de la conformité des spécifications techniques à l'expression des besoins.

Cette démarche est également rendue complexe par le fait que l'utilisateur n'est pas toujours clair et déterminé, ce qui provoque des changements fréquents de besoins. De plus, les intervenants peuvent être indisponibles ou avoir des demandes divergentes, le contexte peut évoluer remettant alors en cause les décisions prises, etc.

3.2. Spécification des besoins

3.2.1. Besoins non fonctionnels

Les besoins non fonctionnels permettent de décrire les contraintes que doivent surmonter les services et les fonctionnalités offertes par le futur logiciel (temps et réponse, plateforme d'exécution, niveau de fiabilité, etc.).

Les besoins non fonctionnels sont souvent plus simples à exprimer, mais, parfois, elles sont aussi plus difficiles à satisfaire que les besoins fonctionnels. Les besoins non fonctionnels ou besoins système ou encore besoins techniques sont les besoins liés directement au système mais non à l'exécution des fonctionnalités.

Pour le cas de notre système, certains critères sont à prendre en considération à savoir :

- **La rapidité** : vu le nombre important de bulletins de vote à compter à la fin de la journée (dépouillement), ce présent logiciel effectue ce travail au même moment de vote et les résultats sont disponibles juste à la fermeture des bureaux de vote.
- **La confidentialité et la sécurité des informations** : l'orientation du choix d'électeur étant secret, ce logiciel permettra ainsi même à l'administration (CENI) de ne jamais savoir pour qui un électeur a voté, mais aussi la loi d'une personne = une voix étant primordiale dans les processus électoraux, ce présent logiciel assure

à ce qu'un électeur ne puisse jamais voter plus d'une fois pour une catégorie d'élection (présidentielles, députation, etc.).

- **La performance** : ce logiciel doit répondre à toutes les exigences des usagers d'une manière optimale.
- **Convivialité** : du côté interface utilisateur, le futur logiciel doit répondre aux critères de facilité, de simplicité et d'adaptabilité envers les utilisateurs.
- **Economie** : la suppression des coûts de fabrication et de destruction des bulletins de vote et des enveloppes, qui pourraient compenser le coût des machines (achat, maintenance, contrôle, ...) et qui ne sont pas d'usage unique. Mais aussi moins de personnel nécessaire au processus électoral. Toutefois, ce personnel doit alors suivre une formation comme pour le vote par bulletin.

3.2.2. Besoins fonctionnels

Les spécifications fonctionnelles ont pour objectif la direction des services et des fonctionnalités que le futur logiciel doit obtenir. Elles doivent préciser comment le logiciel doit réagir lorsque des événements ou des situations particulières arrivent.

Pour ce faire notre application doit permettre entre autres :

- **La mobilité** : l'Etat n'a pas besoin de décréter un jour de congé pour permettre à tous de se rendre au bureau de vote. Ce présent logiciel permet à l'électeur de voter à partir de n'importe où il se trouve, avec son téléphone mobile, sa machine ordinateur ou autre équipement connecté à l'Internet.
- **L'archivage** : la CENI n'a plus besoin d'engager les opérateurs de saisie à la fin du processus d'enrôlement pour la gestion informatique des électeurs. Une opération délicate et coûteuse, car cette dernière s'effectuera désormais au même moment de l'enrôlement des électeurs. Même chose pour les autres données comme les résultats, l'archivage est automatique.

Les besoins fonctionnels ou *functional requirements* en anglais sont des besoins qui décrivent le fonctionnement du système. Ils se rapportent à l'identification des acteurs et l'identification des cas d'utilisation.

- * **L'identification des acteurs** : les acteurs principaux que nous avons identifiés au sein de notre système sont :

- Utilisateur principal :
 - Administrateur évolué
 - Administrateur simple
- Utilisateur secondaire :
 - Electeur

Leur accès aux fonctionnalités du système est décrit dans le dernier chapitre qui s'articule sur la réalisation de l'application.

* **L'identification des cas d'utilisation** : les différents cas d'utilisation identifiés au sein de notre système sont :

- S'authentifier niveau 1 : permet d'assurer la sécurité au niveau de l'espace administration du système ;
- S'authentifier niveau 2 : permet d'afficher les informations et options suivant le niveau de l'Administrateur (évolué ou simple) ;
- Voter pour un candidat : permet à un électeur d'exprimer son choix vers l'un ou l'autre candidat ;
- Entrer votre numéro de la carte d'identité : permet de savoir si l'électeur s'est fait enregistrer (enrôler) lors du recensement ;
- Choisir la langue d'utilisation : permet à l'utilisateur secondaire de décider dans quelle langue il veut que les informations soient affichées (Français, Anglais, Kirundi, Kiswahili);
- Ajouter un nouveau candidat : permet à l'utilisateur principal d'enregistrer un nouveau candidat suivant son degré ;
- Ajouter un centre d'inscription : permet à l'Administrateur évolué d'ajouter un nouveau centre d'inscription dans une circonscription ;
- CEPI : permet à l'Administrateur évolué de visualiser toutes les CEPI du pays ;
- CECI : permet à l'Administrateur évolué et simple de voir toutes les CECI du pays ;
- Capturer : permet à l'utilisateur principal de capturer un nouveau candidat en photo ;
- Ajouter un électeur : permet à un agent de bureau d'inscription d'enregistrer un nouveau électeur ;

- Résultat : permet à l'Administrateur évolué de consulter les résultats de différentes élections.

3.3. Conception du nouveau système

Afin de rendre efficace l'activité d'analyse et d'expression des besoins, il s'avère nécessaire d'utiliser une méthode structurée et de fournir des documents hiérarchisés définissant les spécifications globales et les spécifications de conception détaillée qui sont intimement liées à la phase de programmation.

Le langage de conception que nous avons choisi est le langage UML.

3.3.1. Présentation du langage de modélisation UML

UML (*Unified Modeling Language*) se définit comme un langage de modélisation graphique et textuel destiné à comprendre et à définir des besoins spécifique et documenter des systèmes, esquisser des architectures logicielles, concevoir des solutions et communiquer des points de vue.

Il véhicule en particulier :

- Les concepts des approches par objet : Classe, instance, classification, etc.
- Intégrant d'autres aspects : associations, fonctionnalités, séquences, etc.

UML dans sa version 2.3 propose 14 diagrammes qui peuvent être utilisés dans la description d'un système. Ces diagrammes sont regroupés dans 2 grands ensembles :

- * **Les diagrammes structurels** : ces diagrammes, au nombre de 7, ont vocation à représenter l'aspect statique d'un système (classes, objets, composants...).
- **Diagramme de classes** : ce diagramme représente la description statique du système en intégrant dans chaque classe la partie dédiée aux données et celle consacrée aux traitements. C'est le diagramme pivot de l'ensemble de la modélisation d'un système.
- **Diagramme d'objets** : le diagramme d'objets permet la représentation d'instances des classes et des liens entre instances.
- **Diagramme de composants** : ce diagramme représente les différents constituants du logiciel au niveau de l'implémentation d'un système.

- **Diagramme de déploiement** : ce diagramme décrit l'architecture technique d'un système avec une vue centrée sur la répartition des composants dans la configuration d'exploitation.
 - **Diagramme des paquetages** : ce diagramme donne une vue d'ensemble du système structuré en paquetages. Chaque paquetage représente un ensemble homogène d'éléments du système (classes, composants...).
 - **Diagramme de structure composite** : ce diagramme permet de décrire la structure interne d'un ensemble complexe composé par exemple de classes ou d'objets et de composants techniques. Ce diagramme met aussi l'accent sur les liens entre les sous-ensembles qui collaborent.
 - **Diagramme de profils** : permet de spécialiser, de personnaliser pour un domaine particulier un méta-modèle de référence d'UML.
- * **Les diagrammes de comportement** : ces diagrammes représentent la partie dynamique d'un système réagissant aux événements et permettant de produire les résultats attendus par les utilisateurs. 7 diagrammes sont proposés par UML :
- **Diagramme des cas d'utilisation** : ce diagramme est destiné à représenter les besoins des utilisateurs par rapport au système. Il constitue un des diagrammes les plus structurants dans l'analyse d'un système.
 - **Diagramme états-transitions** : ce diagramme montre les différents états des objets en réaction aux événements.
 - **Diagramme d'activité** : ce diagramme donne une vision des enchaînements des activités propres à une opération ou à un cas d'utilisation. Il permet aussi de représenter les flots de contrôle et les flots de données.
 - **Diagramme de séquence** : ce diagramme permet de décrire les scénarios de chaque cas d'utilisation en mettant l'accent sur la chronologie des opérations en interaction avec les objets.
 - **Diagramme de communication** (anciennement appelé collaboration) : ce diagramme est une autre représentation des scénarios des cas d'utilisation qui met plus l'accent sur les objets et les messages échangés.
 - **Diagramme global d'interaction** : ce diagramme fournit une vue générale des interactions décrites dans le diagramme de séquence et des flots de contrôle décrits dans le diagramme d'activité.

- **Diagramme de temps** : ce diagramme permet de représenter les états et les interactions d'objets dans un contexte où le temps a une forte influence sur le comportement du système à gérer.

Pour la modélisation des besoins, nous nous sommes proposé d'utiliser les diagrammes UML suivants :

- ✓ Diagramme de cas d'utilisation ;
- ✓ Diagramme de classes ;
- ✓ Diagramme de séquence ;
- ✓ Diagramme d'activité.

3.3.2. Diagramme de cas d'utilisation

Sur le présent diagramme chaque utilisateur est associé à un ou plusieurs cas d'utilisation comme le montre la figure suivante :

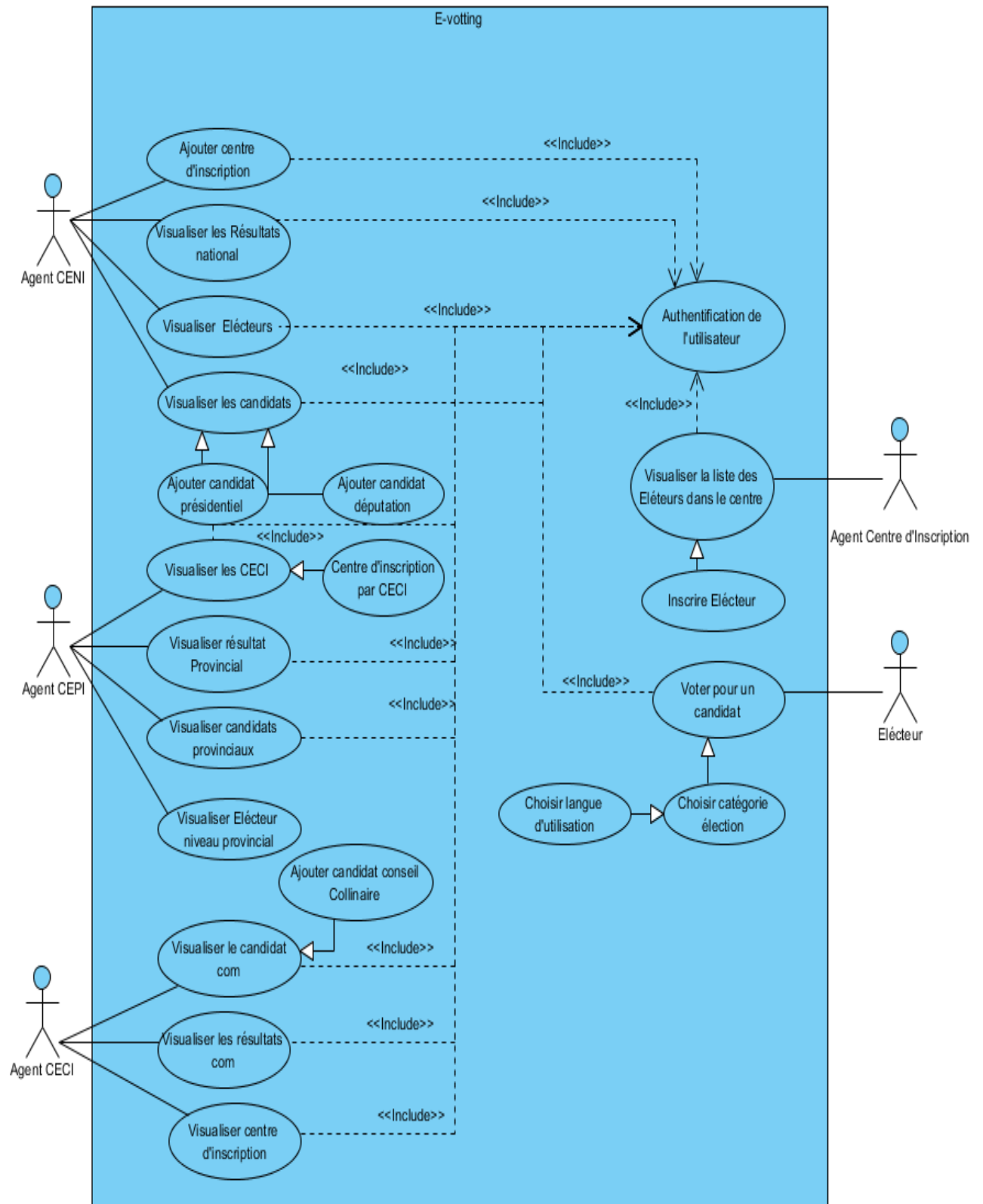


Figure 3.1 : Diagramme de ca d'utilisation

3.3.3. Diagramme de classes

Ce présent diagramme montre les relations qui unissent nos 11 classes, le résultat à la figure suivante :

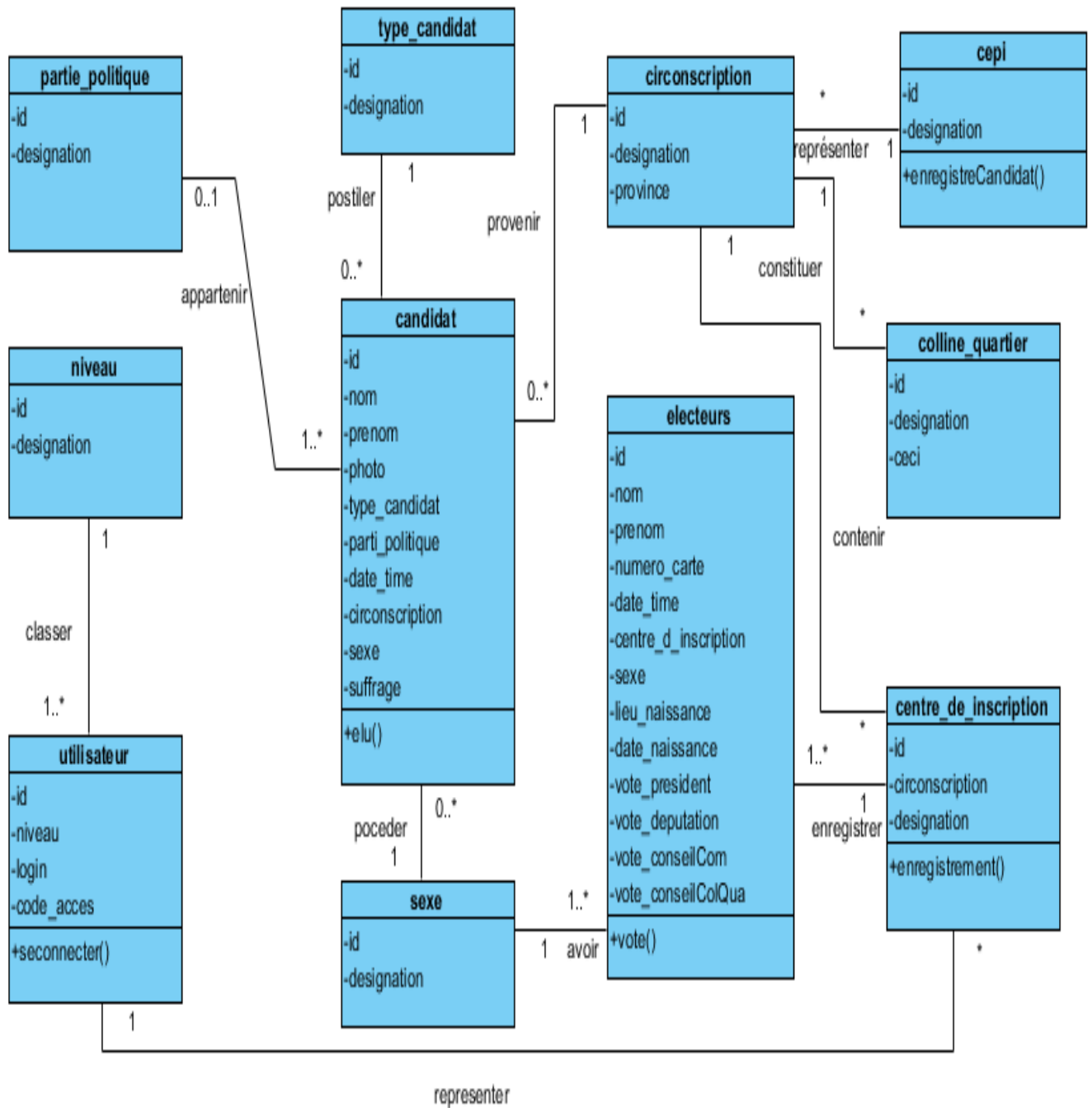


Figure 3.2 : Diagramme de classes

3.3.4. Diagramme de séquence

* Diagramme de séquence (1) : Connexion d'un Administrateur

Pour se connecter en tant qu'Administrateur (CENI, CEPI, CECI ou Bureau d'inscription) l'utilisateur doit entrer le login et mot de passe du premier niveau et puis pour le deuxième niveau pour spécifier son statut, déroulement à la figure suivante :

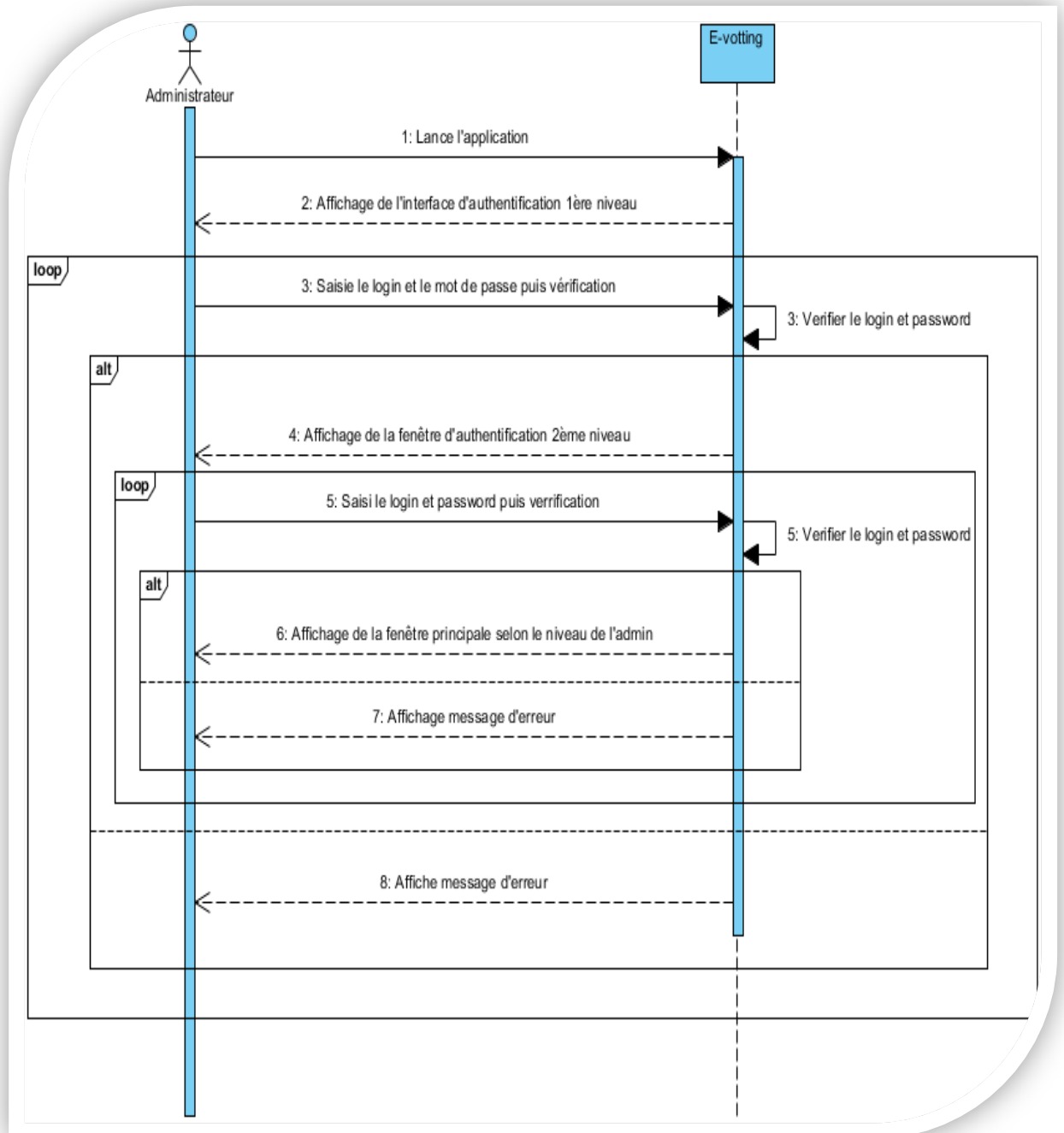


Figure 3.3 : Diagramme de séquence pour la connexion d'un Administrateur

* **Diagramme de séquence (2) : Inscrire un nouveau Electeur**

Ce présent Diagramme permet de décrire les processus pour enregistrer un nouvel électeur, s'il s'est déjà fait enregistrer, il aura signalisation, le résultat à la figure suivante :

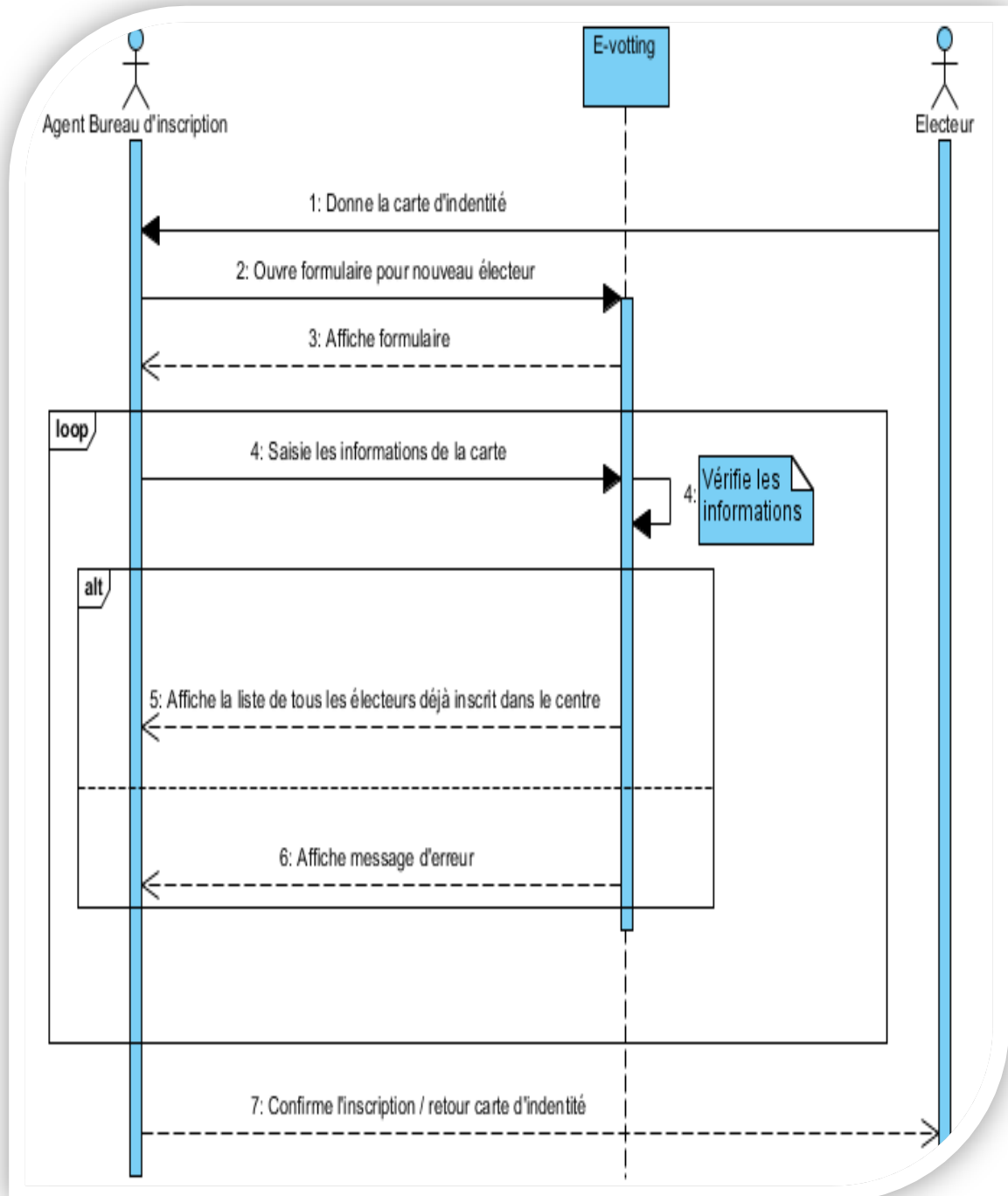


Figure 3.4 : Diagramme de séquence pour l'enregistrement d'un nouvel électeur

* **Diagramme de séquence (3) : Voter pour un Candidat**

Le présent diagramme décrit les processus à respecter pour un électeur afin d'effectuer le suffrage : si l'électeur a déjà voté pour une catégorie quelconque (exemple : les présidentielles), il ne pourra jamais accéder à cette rubrique, mais s'il ne s'est jamais fait enregistrer, il pourra voter, le résultat à la figure suivante :

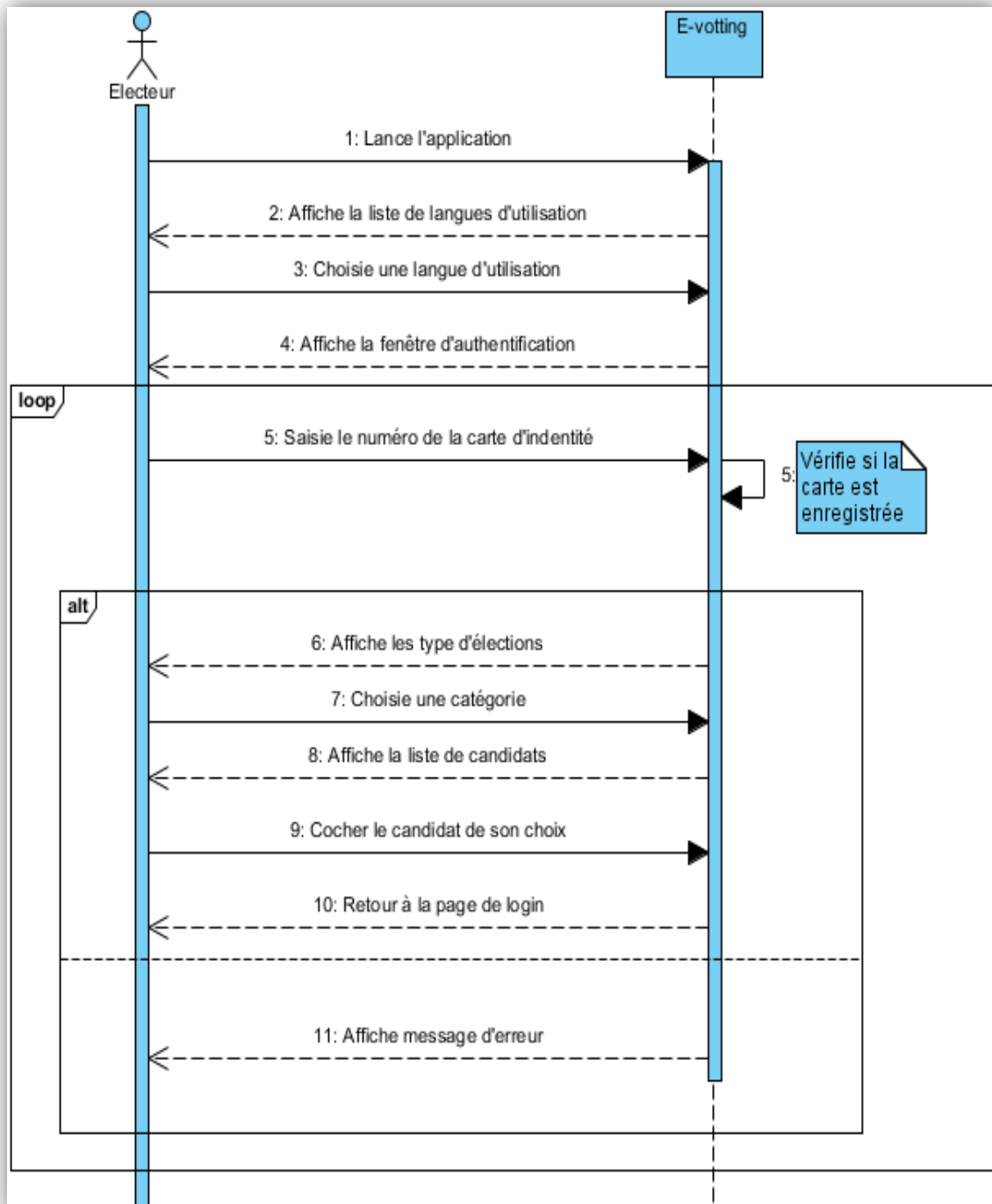


Figure 3.5 : Diagramme de séquence Voter pour un candidat

3.3.5. Diagramme d'activité

* Diagramme d'activité (1) : Enregistrer un nouveau candidat

Le présent diagramme décrit comment un agent de la CENI peut ajouter un nouveau candidat présidentiel ou député après s'être authentifié, le résultat à la figure suivante :

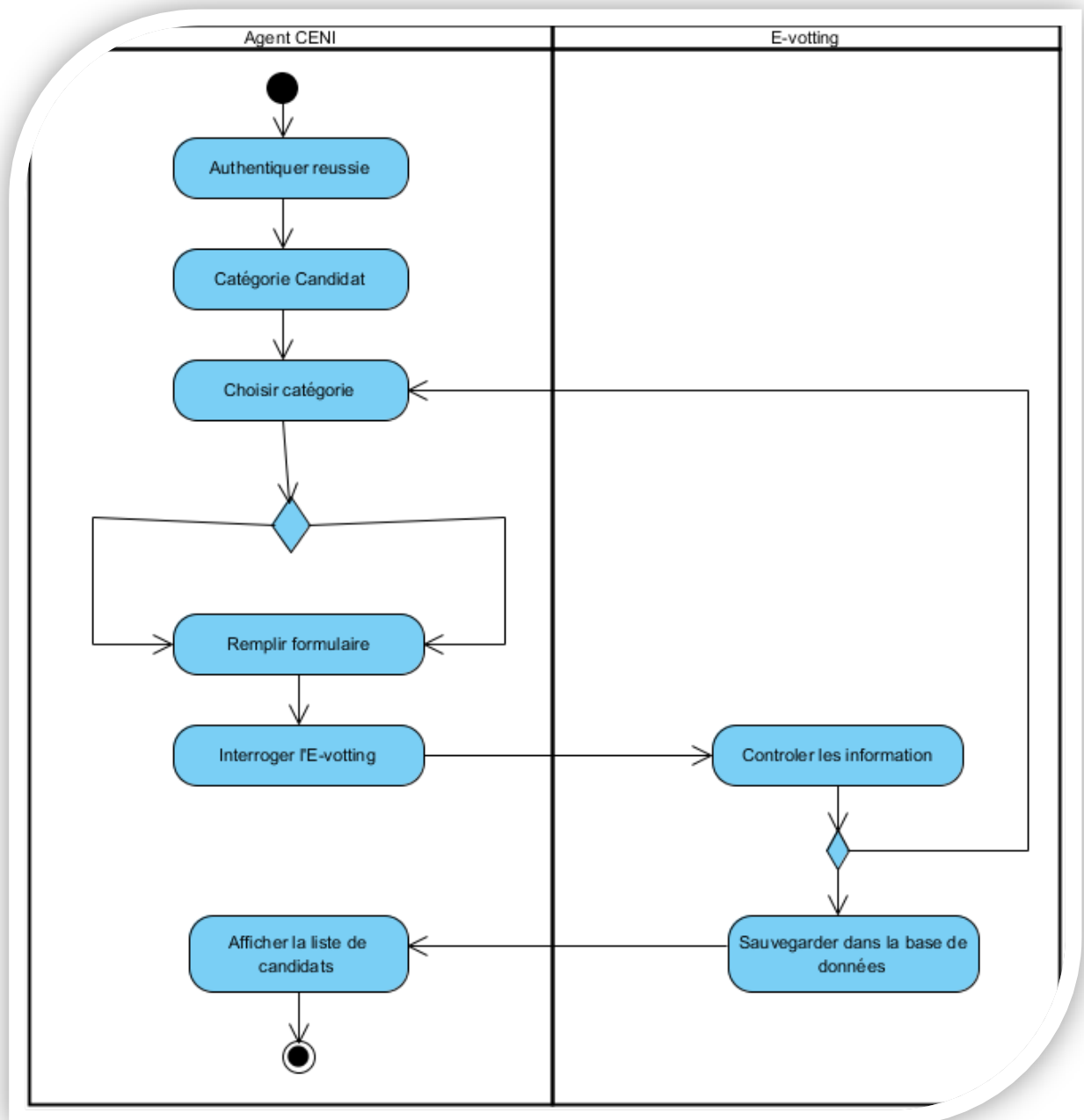


Figure 3.6 : Diagramme d'activité pour l'enregistrement d'un nouveau candidat

*** Diagramme d'activité (2) : Inscrire un nouvel électeur**

Ce présent Diagramme permet de décrire les processus pour enregistrer un nouvel électeur, s'il s'est déjà fait enregistrer il aura signalisation, le résultat à la figure suivante :

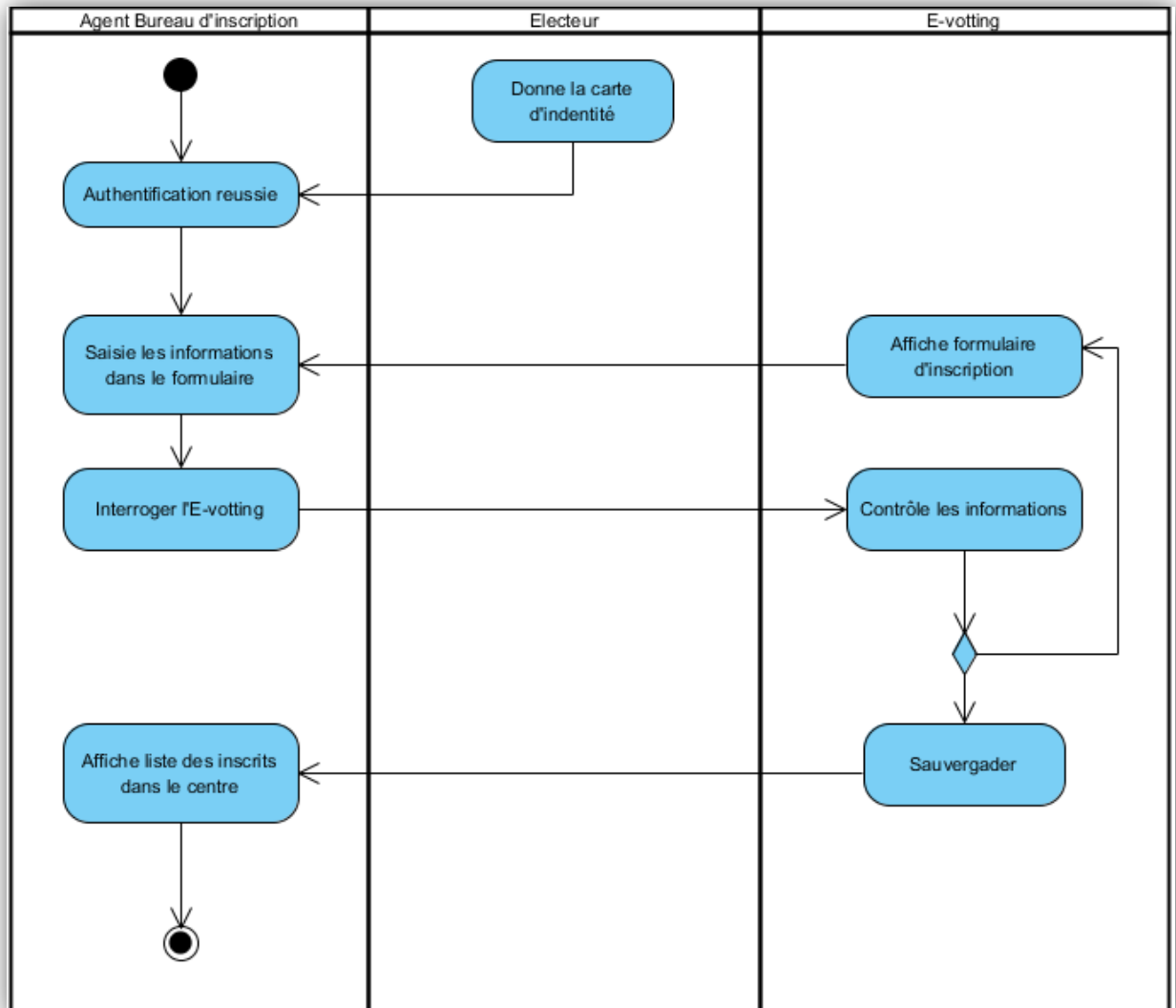


Figure 3.7 : Diagramme d'activité pour enregistrer un nouvel électeur

*** Diagramme d'activité (3) : Voter pour un candidat**

Le présent diagramme décrit les processus à respecter pour un électeur afin d'effectuer le suffrage : si l'électeur a déjà voté pour une catégorie quelconque (exemple : les présidentielles), il ne pourra jamais accéder à cette rubrique, mais s'il ne s'est jamais fait enregistrer, il pourra voter, le résultat à la figure suivante :

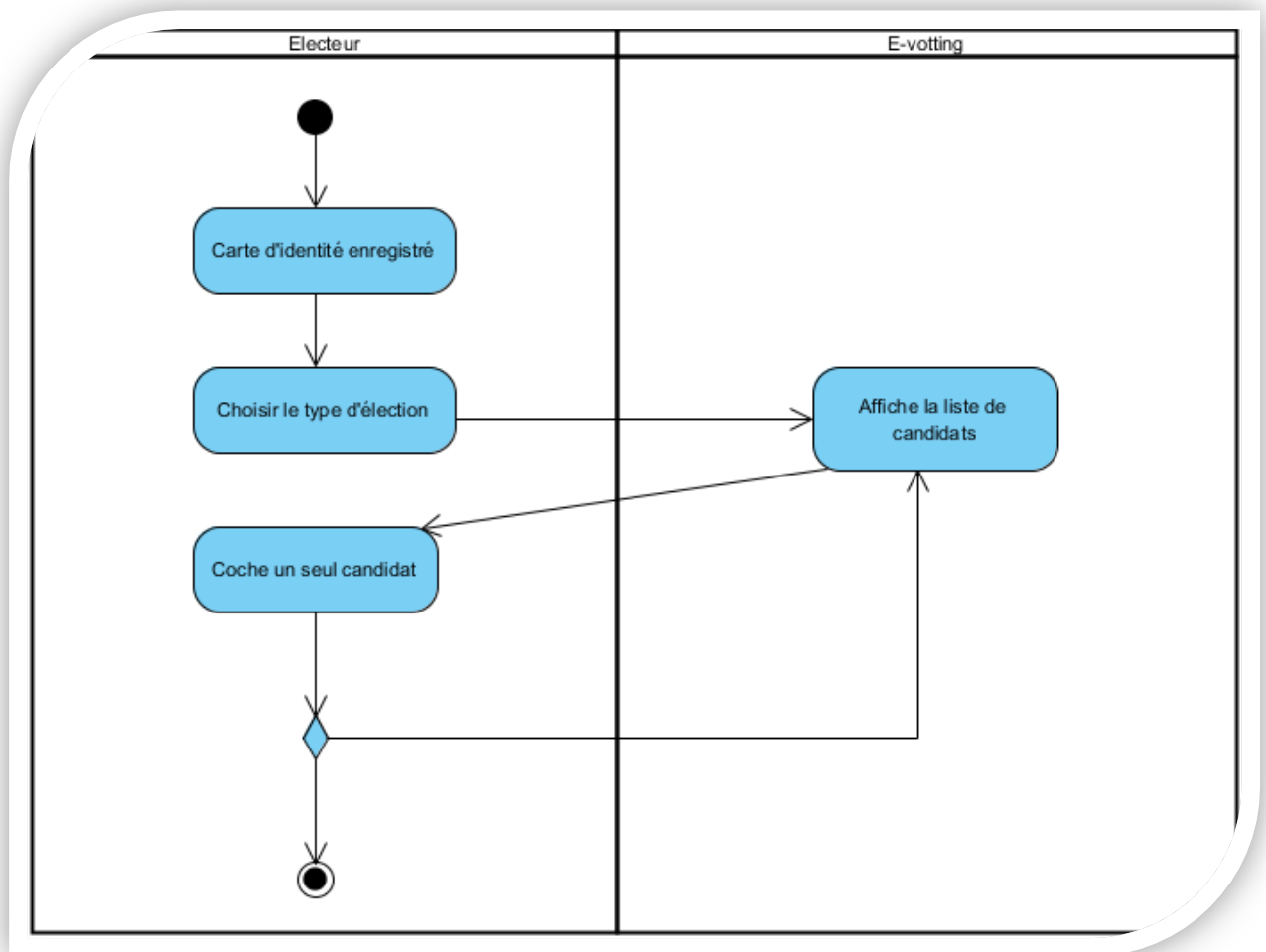


Figure 3.8 : Diagramme d'activité Voter pour un candidat

3.4. Conclusion

D'après la réalisation de ce chapitre, nous avons constaté que UML est une technique plus générique : elle ne « force » pas l'utilisateur de certains concepts qui peuvent s'avérer très importants dans la modélisation de processus, entraînant ainsi une perte d'information ou la création de modèles incomplets, mais elle est par contre flexible et extensible, ce qui permet à ses utilisateurs de l'adapter précisément à leurs besoins. UML permet également la génération automatique de code applicatif.

Chapitre 4 : Réalisation de l'application et présentation des résultats

4.0. Introduction

Cette partie présente le dernier volet de notre projet de fin d'études. Elle a pour objet d'exposer le travail réalisé.

D'abord, nous commençons par la présentation de l'environnement matériel, l'environnement logiciel et les technologies utilisées. Ensuite, nous illustrons quelques aperçus d'écrans montrant les différentes fonctionnalités mises en place, et pour conclure on présentera quelques moyens de portage d'application sur téléphones portables.

4.1. Outils matériels

Pour réaliser ce projet, nous avons utilisé :

- ❖ Un **PC** pour le développement, ayant les caractéristiques suivantes :
 - Processeur Intel(R) Core(TM) CPU T6570 @ 2.60GHz 2.60 GHz ;
 - 4.00 Go de mémoire vive ;
 - Disque dur de capacité 300 Go ;
 - Système d'exploitation Microsoft Windows 7 Professionnel 64 bits.
- ❖ Webcam : Cet outil nous a permis de capturer un nouveau candidat en photo sur place lors de l'enregistrement.

4.2. Outils logiciels

Au cours de ce travail nous avons mis à contribution les outils logiciels suivants :

4.2.1. WAMP

WAMP Server est une plate-forme de développement Web sous Windows pour des applications Web dynamiques à l'aide du serveur Apache, du langage de scripts PHP et d'une base de données MySQL. Il possède également PHPMyAdmin pour gérer plus facilement les bases de données.

Les rôles de ces 4 composants sont les suivants :

- * **Apache** est le serveur Web « frontal » : il est devant tous les autres et répond directement aux requêtes du client Web (navigateur) ;
- * **PHP**, langage de scripts, sert la logique ;
- * **MySQL** stocke toutes les données de l'application ;
- * **Windows** assure l'attribution des ressources à ces trois composants.

4.2.2. Notepad++

Notepad++ est l'éditeur de code source qui prend en charge plusieurs langages. Ce programme, codé en C++ avec STL et win32 api, a pour vocation de fournir un éditeur de code source de taille réduite mais très performant, en optimisant de nombreuses fonctions tout en conservant une facilité d'utilisation et une certaine convivialité.

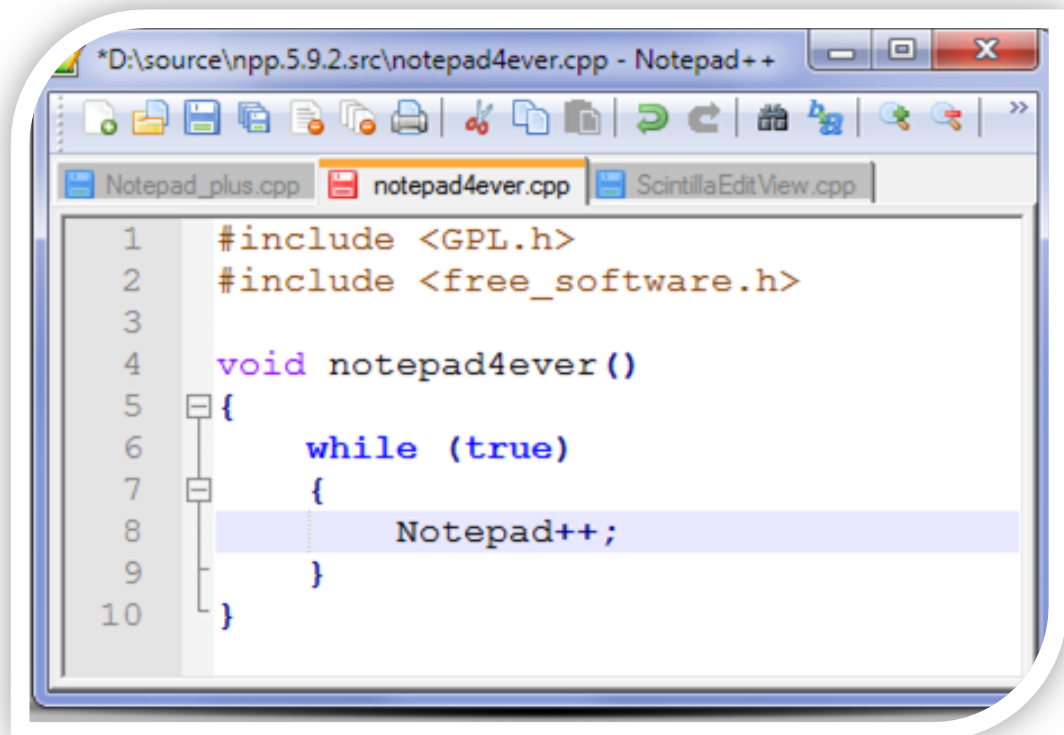


Figure 4.1 : Une fenêtre de Notepad++

4.2.3. StarUML

StarUML est un logiciel de modélisation UML, cédé comme open source par son éditeur, à la fin de son exploitation commerciale, sous une licence modifiée de GNU GPL.

L'objectif de la reprise de ce projet était de se substituer à des solutions commerciales comme *IBM Rational Rose* ou *Borland Together*. StarUML gère la plupart des diagrammes spécifiés dans la norme UML 2.0.

StarUML est écrit en Delphi, et dépend de composants Delphi propriétaires (non open-source), ce qui explique peut-être pourquoi il n'est plus mis à jour. Une version 2.0 est proposée.

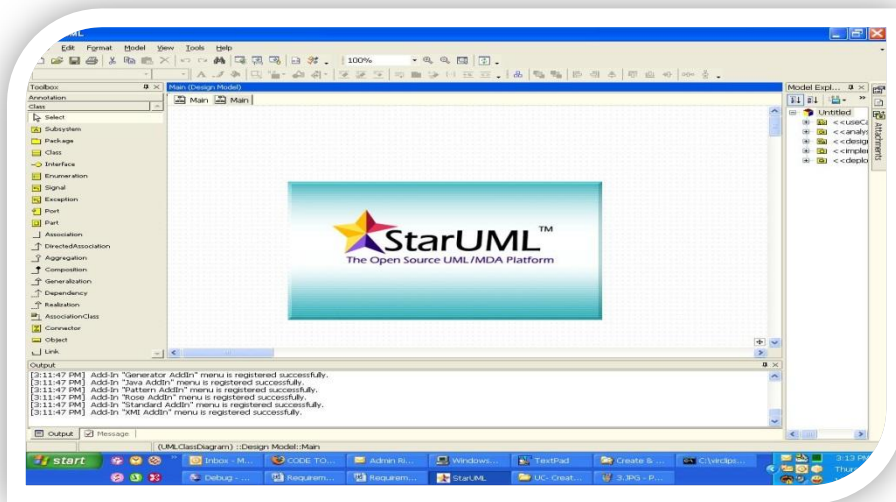


Figure 4.2: StarUML

4.2.4. Langages de programmation utilisés

- * **PHP** est un langage de programmation libre principalement utilisé pour produire des pages Web dynamiques via un serveur HTTP mais pouvant également fonctionner comme n'importe quel langage interprété de façon locale. PHP est un langage impératif orienté objet.
- * **HTML** est le format de données conçu pour représenter les pages web. C'est un langage de balisage permettant d'écrire de l'hypertexte, d'où son nom. HTML permet également de structurer sémantiquement et de mettre en forme le contenu des pages, d'inclure des ressources multimédias dont des images, des formulaires de saisie, et des programmes informatiques. Il permet de créer des documents interopérables avec des équipements très variés de manière conforme aux exigences de l'accessibilité du Web.
- * **CSS** : Ce dernier nous a permis de mettre en forme les contenus nos pages web.
- * **JavaScript** (jQuery, AJAX) est un langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages Web interactives mais aussi pour les serveurs.
- * **SQL** est un langage informatique normalisé servant à exploiter des bases de données relationnelles. La partie *langage de manipulation des données* de SQL

permet de rechercher, d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données dans les bases de données relationnelles.

- * **UML** : langage de modélisation orienté objet.

4.3. Technologies utilisées

4.3.1. Bootstrap

Framework CSS, mais pas seulement, puisqu'il embarque également des composants HTML et JavaScript. Il comporte un système de grille simple et efficace pour mettre en ordre l'aspect visuel d'une page web. Il apporte du style pour les boutons, les formulaires, la navigation...

La grande diffusion de nouveaux moyens de visualisation du Web (smartphones, tablettes...) impose désormais la prise en compte de tailles d'écran très variées ; les frameworks CSS prennent généralement en compte cette contrainte

4.3.2. MVC

La technologie MVC qui est l'acronyme de Modèle Vue Contrôleur, permet de créer des applications Web ou Desk composées :

- * **D'un Modèle** : ce dernier est constitué d'un ensemble de classes permettant de créer les objets métiers manipulés dans l'application, et d'exécuter les traitements métiers ;
- * **De Vues** : constituant des éléments graphiques tels que des contrôles d'utilisateurs, des pages Web ou encore des Master Pages. Ces éléments graphiques sont implémentés de manière radicale par rapport à leurs homologues en ASP.NET Web Forms ;
- * **De Contrôleurs** : permettant de piloter l'application, d'exécuter des actions et fournir une vue en réponse aux requêtes reçues. L'une des fonctionnalités fondamentales des contrôleurs est d'assurer la communication entre le modèle et la vue.

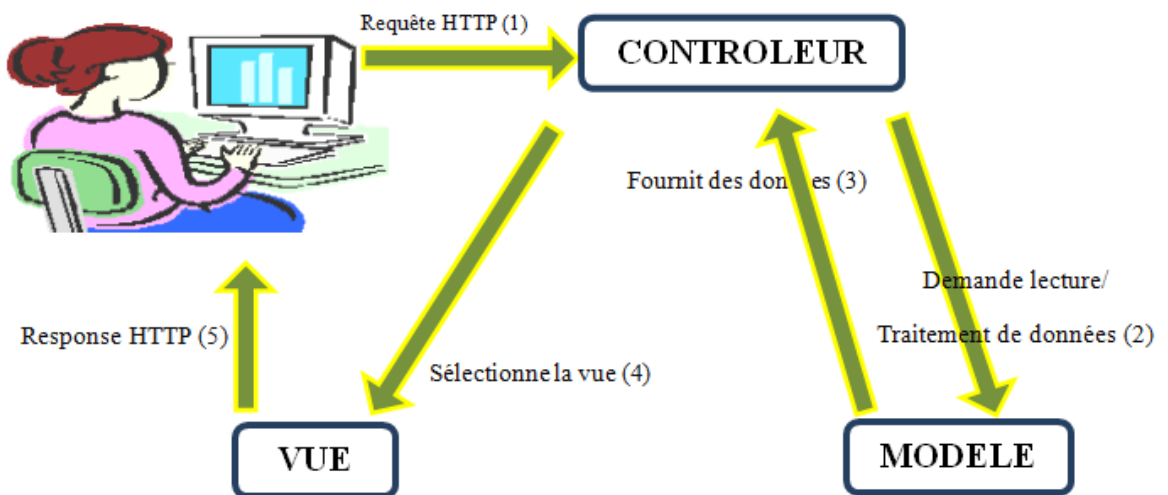


Figure 4.3 : La relation entre les objets MVC

4.4. Interfaces de l'application et fonctionnalités

Dans cette section, nous présentons quelques pages de l'interface graphique, ainsi qu'une petite description de leurs fonctionnalités.

4.4.1. Page d'Accueil électeur

C'est la Page d'accueil quand un électeur lance l'application. L'électeur étant considéré comme l'utilisateur secondaire de l'application E-voting, dès qu'il lance l'application il a la possibilité de choisir la langue d'utilisation de son choix :



Figure 4.4 : Page d'Accueil électeur

4.4.2. Page d'Authentification électeur

Après avoir choisi la langue, la fenêtre suivante demande à l'électeur de saisir le numéro de sa carte d'identité pour vérifier s'il s'est fait enregistrer :



Figure 4.5 : Page d'Authentification électeur

4.4.3. Page de Liste des élections

Si la carte de l'électeur est valide, le candidat arrive à la fenêtre qui présente les catégories des élections à effectuer ; s'il a déjà voté pour une catégorie son bouton devient rouge et ne donne plus la possibilité d'y accéder, le résultat à la figure suivante :

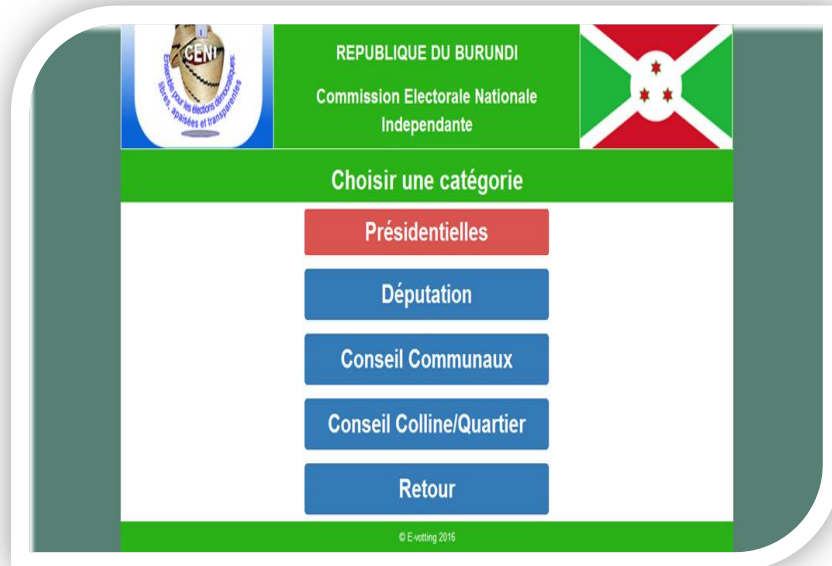


Figure 4.6 : Types d'élections à effectuer

La figure 4.7 illustre le cas où l'électeur a déjà voté pour les présidentielles. Donc si l'électeur appuie sur le bouton alors qu'il a déjà voté, l'application lui indique qu'il a déjà voté comme le montre la figure suivante :



Figure 4.7 : Message d'erreur quand on a déjà voté

Supposons que l'électeur n'a pas encore voté pour les présidentielles, dès qu'il choisit cette option il tombe sur la fenêtre qui liste les candidats avec la possibilité de voter pour un et un seul parmi la liste des candidats :



Figure 4.8 : Liste des candidats à la présidentielle

4.4.4. Page de Visualisation des électeurs

Si l'utilisateur se connecte en tant que CENI, il a la possibilité de voir la liste de tous les électeurs inscrits dans différents centres d'inscription, comme le montre la figure suivante :

Homme : 4				Femme : 4		
No	Photo	Noms & Prenom	Sexe	Province	Commune	Bureau de Vote
1		NSHMIRIMANA STEVEN	Masculin	BUJUMBURA	ISALE	Bwiza
2		Munezero Jenny	Féminin	BUJUMBURA	ISALE	Bwiza
3		Munezero Jenny	Féminin	BUJUMBURA	ISALE	Bwiza
4		Kwizerimana Amedée	Masculin	MAIRIE BUJUMBURA	MUKAZA	BASSIN I
5		Karamaga Diane	Féminin	MAIRIE BUJUMBURA	MUKAZA	BASSIN I
6		Mwinyi Séraphin	Masculin	BUJUMBURA	KANYOSHA	LYCEE MK

Figure 4.9 : Visualisation des électeurs

Il a aussi la possibilité de voir toutes les CEPI et les CECI correspondant à chaque CEPI afin d'ajouter un nouveau centre d'inscription dans une CECI :



Figure 4.10 : Liste des CEPI

En cliquant sur une CEPI, on voit ses CECI comme le montre la figure suivante quand on clique sur BUJUMBURA :

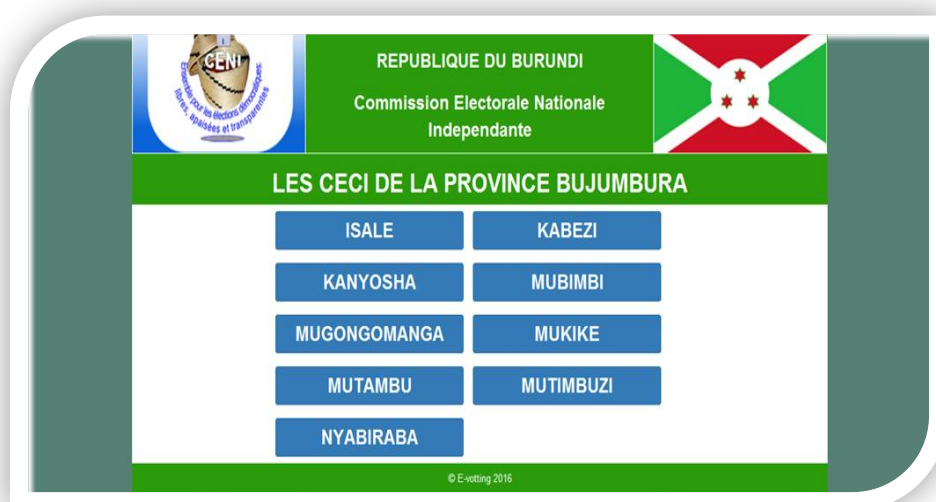


Figure 4.11 : Les CECI de BUJUMBURA

Enfin, si on clique sur une CECI, on arrive sur la fenêtre listant les centres d'inscription présents dans cette CECI, avec aussi la possibilité d'ajouter un centre mais aussi de supprimer ou de modifier un centre déjà existant :



Figure 4.12 : Centres d'inscription de la Commune MUKAZA

La figure suivante donne la possibilité d'ajouter un centre dans la commune MUKAZA :

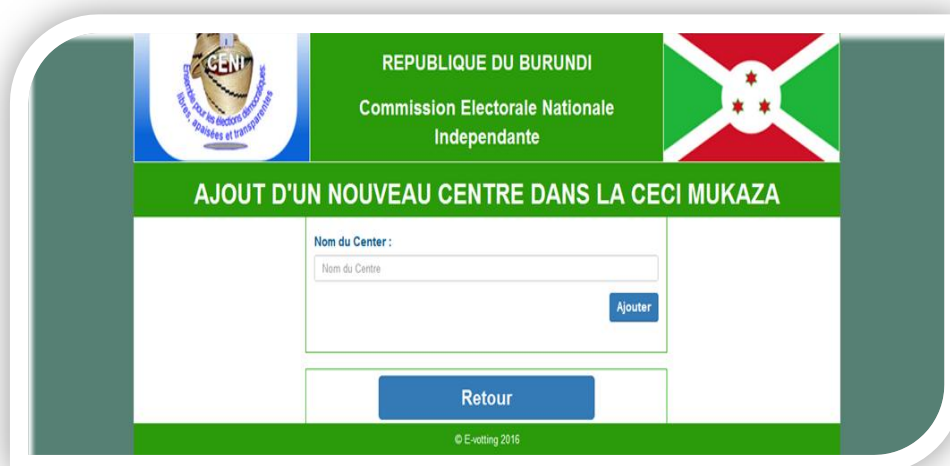


Figure 4.13 : Ajout d'un nouveau centre d'inscription

4.4.5. Enregistrement d'un candidat

La figure suivante présente l'enregistrement d'un nouveau Candidat. Premièrement on capture le candidat en photo (partie droite) et puis sur la partie gauche on renseigne ses informations nécessaires, et enfin on sauvegarde :

Figure 4.14 : Enregistrement d'un nouveau candidat

4.4.6. Enregistrement d'un électeur

La figure suivante illustre l'enrôlement (enregistrement) d'un nouveau Electeur dans un centre d'inscription quelconque :

REPUBLICQUE DU BURUNDI
Commission Electorale Nationale
Indépendante

Ajout d'un nouveau électeur

Information sur l'électeur

Nom :

Prénom :

Numéro de la Carte :

Sexe :

Lieu de Naissance :

Date de Naissance :

© E-voting 2016

Figure 4.15 : Ajout d'un électeur

4.5. Conclusion

Dans le monde, le développement vertigineux du vote électronique génère une série d'espoirs sur une meilleure démocratie tout en suscitant des craintes relatives à de nouvelles formes électroniques de despotisme.

De nos jours, la haute technologie est un outil qui continue d'être domestiqué dans des domaines de plus en plus traditionnels. Or, les élections ont encore peu bénéficié d'outils modernes pour en faciliter le déroulement, en améliorer la fiabilité, la manipulation, la vitesse, la divulgation et la précision des résultats.

Les événements qui interviennent ici et là dans le monde, où les résultats de vote sont souvent contestés par une partie de la population, sont là pour nous rappeler que les manipulations humaines sont fastidieuses et sujettes à l'erreur. C'est pour mettre fin aux fraudes et à ces irrégularités que nous avons conçu un **Système de Vote Electronique**.

Ce chapitre offre une description plus ou moins détaillée des interfaces que nous avons développées. Il étale un peu l'aspect réalisation de notre application. Toutefois, notre travail reste ouvert pour des extensions et des améliorations éventuelles.

Conclusion générale et recommandations

Au terme de notre travail, nous estimons avoir atteint notre but à savoir la conception et la réalisation d'une plateforme de vote électronique au sein d'une communauté ou organisation, spécialement pour la Commission Electorale Nationale Indépendante du Burundi.

Ainsi dans la première partie, nous avons introduit le sujet de notre travail. Dans le premier chapitre nous avons fait une brève présentation du Réseau Internet. Dans le deuxième chapitre de notre travail nous avons présenté le système de vote électronique. Dans le même chapitre nous avons en outre fait le survol du système de vote par papier, cela nous a permis de bien comprendre le fonctionnement général du processus électoral. Dans le troisième chapitre, nous avons parlé de la conception et la modélisation du système d'information proposé, nous avons utilisé UML pour concevoir la nouvelle solution. Enfin, dans le quatrième chapitre nous avons développé la nouvelle solution en utilisant les langages de programmation Web entre autres HTML, CSS, JavaScript et aussi le PHP avec MySQL comme système de gestion de base de données.

Une fois utilisée, l'application que nous avons réalisée permettra:

- * Aux utilisateurs simples (Electeurs) de :
 - Voter pour un candidat ou un autre en étant n'importe où mini d'un équipement connecté à l'Internet ;
- * A l'administrateur principal (CENI) de :
 - Gérer toutes les circonscriptions nationales en commençant par les CEPI jusqu'aux Bureaux d'inscription;
 - Voir toutes les candidatures suivant leurs catégories (présidentielle, députation, conseillers communaux, conseiller collinaire/quartier) et enregistrer aussi les candidatures présidentielles et députations ;
 - Visualiser la liste de tous les électeurs du territoire national ;
 - Afficher les résultats d'élections organisées en temps réel;
- * A l'administrateur simple (CEPI) de :
 - Voir toutes les circonscriptions qu'il gère (CEPI et BI) ;
 - Afficher les électeurs inscrits dans la province ;
 - Visualiser les résultats d'élections organisées au niveau provincial ;

- Gérer les candidats au niveau provincial mais aussi enregistrer les candidatures aux conseils communaux ;
- * A l'administrateur simple (CECI) de :
 - Voir tous les Bureaux d'inscriptions qu'il gère ;
 - Afficher la liste des électeurs inscrits dans différents bureaux ;
 - Enregistrer les candidatures de conseillers collinaire / quartier ;
 - Visualiser les résultats d'élections organisées au niveau communal ;
- * A l'administrateur simple (BI) de :
 - Voir la liste des électeurs inscrits en son sein ;
 - Inscrire des nouveaux électeurs.

Ayant constaté ce bon succès dans notre démarche, nous nous réjouissons du résultat convergeant dans le maximum avec l'objectif que nous nous sommes fixé au départ de nos recherches, bien que certaines gens disent encore que la communication en temps réel et le transport de personnes sont deux rivaux engagés dans la course et que la victoire de l'un signifiera l'obsolescence de l'autre. Le partage de ressources à distance et la navigation du monde en temps utile devient à l'ordre du jour de notre époque.

La réalisation de ce mémoire nous a été utile dans la mesure où nous avons pu confronter nos connaissances théoriques avec la pratique. En effet, les notions apprises en classes ont été une des bases solides dans lesquelles nous avons puisé pour concevoir notre application.

Pour clore notre travail, nous aimerions émettre quelques recommandations :

- * Pour la Commission Electorale Nationale Indépendante, nous lui suggérons d'utiliser notre application pour l'optimisation du prochain processus électoral ;
- * Pour les futurs chercheurs qui seraient intéressés par le projet, nous leur recommandons d'améliorer l'application en y ajoutant d'autres modules notamment :
 - Le cryptage de pages Web et des URL.

BIBLIOGRAPHIE

1. OUVRAGES

- [1]. GradyBooch, James Rumbaugh, and Ivar Jacobson. *Le guide de l'utilisateur UML*. Eyrolles, Paris, 2003.
- [2]. James Rumbaugh, Ivar Jacobson, and Grady Booch. *UML 2.0 Guide de reference*. CampusPress, Paris, 2004.
- [3]. Laurent AUDIBERT, *UML 2- de l'apprentissage à la pratique (cours et exercices)*, éditions Ellipses, Paris 2009
- [4]. Pascal Roques. *UML2 par la pratique (étude de cas et exercices corrigés)*. Eyrolles, 5 Edition, Paris, 2016.
- [5]. John R. Levine, Carol Baroudi, Margaret Levine Young. *Internet pour les nuls*. 14^e édition, First 2007
- [6]. CENI Burundi. *Rapport Général sur le Processus Electoral de 2015*, Bujumbura 2015.
- [7]. Séraphin MWINYI SEKA, Christophe AMSINI SADIKI. *Conception et réalisation d'une plateforme de communication au sein d'une communauté : Cas du MEESRS Burundais*, (Mémoire) Bujumbura 2016.
- [8] : Joseph Gabay et David Gabay, *UML 2 Analyse et Conception*, DUNOD.
- [9] : Pascal Roques et Franck Vallée, *UML 2 en action*, Eyrolles.
- [10] : Christian Soutou, *UML 2 pour les bases des données*, Eyrolles.
- [11] : Christophe D'Élancourt, *Apprendre à programmer*, Eyrolles.
- [12] : BINDARIYE Magnifique, DINA RWAMIGABO Blandine. *Conception et réalisation d'une application mobile de guide touristique utilisant la technologie Android*, (Mémoire) BUJUMBURA, Janvier 2016.

2. SITES INTERNET

- [13]. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/d000512-internet-dans-le-monde/gouvernance-d-internet>(date de visite, le 02 février 2016)
- [14]. <http://jean-louis.pierre.pagesperso-orange.fr/crypter-le-HTML.html> (date de visite, le 02 février 2016)
- [15]. <http://www.afinic.fr/actu/stats> (date de visite, le 02 février 2016)
- [16]. <http://www.e-votez.net> (date de visite, le 16 février 2016)
- [17]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_électoral (date de visite, le 28 février 2016)
- [18]. <https://fr.wikipedia.org/Election> (date de visite 01 Mars 2016)
- [19]. <http://www.webopedia.com/TERM/A/API.html>(date de visite 01 Mars 2016)
- [20]. http://kamelaloui.weebly.com/uploads/9/1/9/1/9191608/j2me_part_1.pdf (date de visite, le 01 Mars 2016)
- [21].http://kamelaloui.weebly.com/uploads/9/1/9/1/9191608/j2me_part_1.pdf (date de visite, 01 Mars 2016)
- [22]. <http://java.sun.com/javame/reference/apis.jsp> (date de visite, le 01 Mars 2016)
- [23]. http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_Lite (date de visite, le 9 Mars 2016)
- [24]. http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Mobile (date de visite, le 9 Mars 2016)
- [25]. http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/internet-2/d/internet_3983/(date de visite, le 9 Mars 2016)
- [26]. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Internet> (date de visite, le 9 Mars 2016)
- [27]. <http://info.cern.ch/default-fr.html> (date de visite, le 9 Mars 2016)
- [28]. <http://www.encyclopedia.com/doc/1O12-newssite.htm> (date de visite, le 9 Mars 2016)
- [29]. http://fr.wikipedia.org/wiki/Site_Web (date de visite, le 9 Mars 2016)
- [30]. <http://www.lg-content.com/definitions.jsp> (date de visite, le 01 Mars 2016)