UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Mise en place d’un module d’aide à la prise de décision dans l’attribution d’appréciation d’ avancement de grade au personnel enseignant de l’ université du Burundi

Nsabumuremyi, Mélance

2021-09
UB
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/72

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

République du Burundi

Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche Scientifique

Université du Burundi

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département de TIC

Master en Génie Informatique

Année Académique:

2019-2020

MEMOIRE

Présenté à la

Faculté des Sciences de l'Ingénieur (FSI)

En vue de l'obtention du grade de

MASTER

En Génie Informatique

Par

NSABUMUREMYI Mélance

MISE EN PLACE D'UN MODULE D'AIDE A LA PRISE DE DECISION DANS L'ATTRIBUTION D'APPRECIATION D'AVANCEMENT DE GRADE AU PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'UNIVERSITE DU BURUNDI

Soutenu le 07/09/2021, devant le jury composé de :

Dr.	**NIYONGERE Abraham**	**Président**
Dr.	**SAHINGUVU William**	**Secrétaire**
Pr.	**NDIKUMAGENGE Jérémie**	**Directeur**
Dr.	**NDAYISABA Longin**	**Membre**

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Pr. NDIKUMAGENGE Jérémie : Directeur de Thèse
Dr.Ir. NIYONGERE Abraham: Président du Jury
Dr. SAHINGUVU William: Secrétaire
Dr. NDAYISABA Longin: Membre

Dédicaces

A Dieu tout puissant ;

A mes chers parents ;

A mes frères et sœurs ;

A mes oncles et tantes ;

A mes cousins et cousines ;

A tous mes camarades de classe ;
A tous mes amis et connaissances.

NSABUMUREMYI Mélance

Remerciements

Ma reconnaissance la plus profonde et gratitude la plus sincère à mon Dieu, Eternel tout puissant pour sa gloire.

Je tiens aussi à présenter mes vifs remerciements à mon directeur de mémoire Professeur Jérémie NDIKUMAGENGE enseignant et responsable de Master de Génie Informatique à l'université du Burundi pour m'avoir encadré tout au long de la réalisation de ce mémoire et pour ses directives, ses recommandations, ses conseils et sa disponibilité. Ses qualités scientifiques et humaines ont été une source d'enrichissement et ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent aussi aux membres du jury qui ont accepté de lire et d'évaluer ce mémoire.

J'adresse ma gratitude aux enseignants qui ont contribué à ma formation ainsi qu'à mes collègues et aux personnels du service administratif de l'université du Burundi pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé lors de mes recherches.

Enfin, mes expressions de remerciements sont particulièrement orientées vers les membres de ma famille dont mon père NINDEREYE Sylvestre, ma mère KAMIKAZI Godeberthe, mes frères et sœurs, mes cousins et cousines, mes oncles et tantes. Je tiens à remercier chaleureusement ma tante paternelle Madame NIZIGAMA Marie Consolate pour son soutien et pour l'amour qu'elle a manifesté envers moi tout au long de mes études. Je tiens à remercier également mon cousin paternel Monsieur Maître Donatien MASABARAKIZA pour son soutien et ses chaleureux encouragements paternels.

Je remercie également toute personne qui de près ou de loin m'a soutenu ou encouragé tout au long de mon parcours.

Résumé

L'Université du Burundi est la principale institution publique d'enseignement supérieur en République du Burundi. Elle assure une formation d'excellence basée sur un enseignement de qualité et fait partie du réseau interuniversitaire des pays des Grands Lacs et des pays de la Communauté de l'Afrique de l'Est. C'est ainsi que dans sa quête de poursuivre son rayonnement dans le concept de ces derniers, elle procède annuellement à une évaluation de son personnel enseignant en vue de mesurer la contribution de chacun et de favoriser l'accroissement de cette contribution.

Depuis un certain temps, l'Université du Burundi tente d'intégrer les technologies de l'information et de la communication dans l'évaluation de ses prestations performantes et l'élaboration des bulletins de cotation qui s'effectuent jusqu'à présent de façon manuelle. Cela entraine une lenteur dans l'élaboration et gestion de ces bulletins et une perte d'informations essentielles dans la gestion des carrières du personnel enseignant dus à l'usure à laquelle sont sujets des supports physiques utilisés.

Le présent projet de fin d'études de Master vise à mettre en place un système automatisant la gestion des bulletins de cotation et aidant à la prise de décision dans l'attribution d'appréciation d'avancement de grade du personnel enseignant de l'Université du Burundi afin de résoudre la plupart des lacunes observées dans le système existant. Dans cette optique, nous allons commencer par une étude de l'existant, ensuite, nous allons entamer la modélisation du système en utilisant le langage de modélisation UML qui permet de montrer ou visualiser les aspects fonctionnels essentiels du système et l'outil mathématique de classification supervisée et d'aide à la prise de décision dans l'avancement de carrière d'un membre du personnel enseignant. Nous prévoyons aussi la mise en œuvre des procédures conçues en utilisant les diverses technologies comme le système de gestion de base de données MySQL et le langage de programmation PHP avec son Framework codeigniter.

Mots-clés : Module, système automatisé, gestion, enseignement supérieur, bulletin de notation, personnel enseignant, modélisation, classification supervisée, aide à la prise de décision.

Abstract

The University of Burundi is the main public higher education institution in the Republic of Burundi. It provides excellent training based on quality education and is part of the inter-university network of the Great Lakes countries and the countries of the East African Community. It is in this way that in its quest to continue its influence in the concept of the latter, it conducts an annual evaluation of its teaching staff in order to measure the contribution of each one and to promote the increase of this contribution.

For some time now, the University of Burundi has been trying to integrate information and communication technologies in the evaluation of its high-performance services and the development of the rating forms which have been carried out so far in a consistent manual. This leads to slowness in the development and management of these bulletins and a loss of essential information in the management of the careers of teaching staff due to the wear and tear to which the physical media used are subject.

This master's end-of-study project aims to set up a system that automates the management of grade slips and helps in decision-making in the award of grade advancement appreciation for University teaching staff of Burundi in order to resolve most of the shortcomings observed in the existing system. With this in mind, we will start with a study of the existing one, then, we will begin the modeling of the system using the UML modeling language which allows to show or visualize the essential functional aspects of the system and the mathematical classification tool supervised and decision-making support in the career advancement of a member of the teaching staff. We also plan to implement procedures designed using various technologies such as the MySQL database management system and the PHP programming language with its codeigniter Framework.

Keywords: Module, automated system, management, higher education, report card, teaching staff, modeling, supervised classification, decision support.

Table des matières

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY i
Dédicaces ii
Remerciements iii
Résumé iv
Abstract v
Table des matières vi
Liste des figures x
Liste des tableaux xi
Liste des symboles xii
AVANT-PROPOS xiii
INTRODUCTION GENERALE 1
Chapitre I. Généralités et cadre du projet 3
I.1.Généralités 3
I.2 Objectifs du projet 3
I.2.1 Objectif global 3
I.2.2 Objectifs spécifiques 4
I.3 Problématique 4
I.4 Solutions proposées 4
I.5 Résultats attendus 5
I.6 Apports scientifiques et technologiques 5
I.7 Délimitation du sujet 5
I.8 Domaine d'application 5
I.9 Méthodologie utilisée 6
I.10 Outils mathématiques utilisés 6
I.11.Conclusion 6
Chapitre II. Présentation générale du milieu d'étude 7
II.1 Introduction 7
II.2 Bref apercu historique sur l'Université du Burundi 7
II.3 Mission de l'Université du Burundi 7
II.4 Organisation administrative de l'Université du Burundi 7
II.4.1 Conseil d'administration de l'Université du Burundi 7
II.4.2 Direction de l'université du Burundi 8
II.5 Organisation académique de l'Université du Burundi 9

II.6 Organigramme de l'Université du burundi 10
.....10
II.7 Description détaillée de l'organigramme de l'Université du Burundi 11
II.8 Composition du personnel enseignant et leur nomination 12
II.9 Processus et mécanismes de cotation du personnel enseignant de l'Université du Burundi 13
II.10. Processus d'avancement de grade au personnel enseignant.....13
II.11. Conclusion.....14
Chapitre III : Modélisation du nouveau système de suivi et de gestion des bulletins de notation du personnel enseignant de l'université du Burundi à l'aide de UML 15
III.1 Introduction.....15
III.2 Généralités sur la modélisation orienté objet.....15
III.2.1 Principes de la modélisation 15
III.2.2 Modélisation en orienté objet.....16
III.2.3 Intérêt de l'UML dans un projet informatique.....16
III.3 Utilisation de diagrammes UML dans la modélisation du système d'information.....17
III.3.1 Caractéristiques des diagrammes UML 17
III.3.2 Différents types de diagrammes UML.....17
III.4 Choix des diagrammes de modélisation du nouveau système 18
III.4.1 Diagramme de cas d'utilisation.....18
III.4.2. Description détaillée des cas d'utilisation.....20
III.5.Diagramme de séquence 25
III.5.1. Diagramme de séquence d'authentification. 25
III.5.2. Diagramme de séquence pour rechercher 26
III.5.3. Diagramme de séquence pour ajouter.....27
III.5.4. Diagramme de séquence suppression 28
III.6 Diagramme de classes.....29
III.7. Conclusion 30
Chapitre IV: Outils mathématiques de classification supervisée et d'aide à la prise de décision dans les systèmes automatisés. 31
IV.1 Introduction.....31
IV.2 Généralités sur la classification des données ou des objets 31
IV.2.1 Problématique de la classification de données 31
IV.2.2 Illustration à l'aide d'un exemple de notre projet.....32
IV.2.3.Classification dans le processus mental.....32
IV.3. Objectifs et bénéfices d'une classification automatique 33
IV.3.1. Optimiser les couts d'une expertise délicate 33

IV.3.2. Améliorer la production et la productivité 34
IV.3.3. Sécuriser les données et les objets 34
IV.4. Différents types de classification automatique 34
IV.5. Méthodes de classification supervisée 35
IV.5.1. Méthode de classification supervisée Boosting 36
IV.5.2. Méthode de classification supervisée Machines à vecteurs de support 36
IV.5.3. Méthode de classification supervisée Modèle de mélange 36
IV.5.4. Méthode de classification supervisée Méthode des *k* plus proches voisins 36
IV.5.5. Méthode de classification supervisée Arbre de décision 37
IV.5.6. Méthode de classification supervisée Espace de versions 38
IV.5.7. Méthode de classification supervisée Réseaux bayésiens 38
IV.6. Modélisation du nouveau système avec la classification bayésienne 38
IV.6.1. Choix de la classification bayésienne 38
IV.6.2. Fonctionnement de la classification bayésienne. 38
IV.6.3. Application du théorème de Bayes sur le système d'évaluation des enseignants de l'Université du Burundi 39
IV.6.4 Echantillon des données d'apprentissage pour le nouveau système avec le classificateur bayésien naïf. 40
IV.7. Conclusion 44
Chapitre V. Etude, implémentation et présentation des fonctionnalités du nouveau système 45
V.1 Introduction 45
V.2 Modèles de cycles de vie d'un logiciel. 45
V.2.1 Modèle de cycle de vie en cascade 46
V.2.2 Modèle de cycle de vie en V 47
V.2.3 Modèle de cycle de vie en Spirale 48
V.2.4 Modèle incrémental 49
V.2.5 Modèle de Prototypage 49
V.3 Présentation de l'outil 50
V.3.1 Bases de données 50
V.3.2 Système de Gestion de Base de données 50
V.3.3 Xampp 51
V.3.4 Hypertext Preprocessor (PHP) 51
V.3.5 Choix de l'outil utilisé dans le développement du nouveau système 52
V.4. Aspects de la sécurité d'un système d'information 52
V.4.1 Planification de la démarche de sécurisation des systèmes d'information 52
V.4.2 Objectifs de la sécurité du nouveau système mise en place 53

V.5. Présentation de quelques fonctionnalités de l'application développée 54
V.5.1 Fenêtre d'authentification 54
V.5.2 Fenêtre pour la gestion des utilisateurs 54
V.5.3 Fenêtre pour la gestion des enseignants 55
V.5.4 Fenêtre pour les traitements du Doyen de la Faculté ou Institut. 55
V.5.5 Fenêtre pour les traitements par le Vice-Rectorat de l'Université du Burundi 56
V.5.6 Fenêtre pour les traitements par le Rectorat de l'Université du Burundi 56
V.5.7 Fenêtre pour la gestion de rapport des enseignants par grade 56
V.5.8 Fenêtre pour la gestion de rapport des enseignants par Faculté 57
V.5.9 Fenêtre pour la gestion de rapport des enseignants côtés 59
V.6. Conclusion 59
Conclusion générale et Recommandations 60
Références bibliographiques 61

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de l'Université du Burundi 10
Figure 2: Diagramme des cas d'utilisation du nouveau système 20
Figure 3:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « s'authentifier» 26
Figure 4:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « Rechercher» 27
Figure 5:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « Ajouter» 28
Figure 6:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « supprimer» 29
Figure 7:Diagramme de Classes du module d'aide à la prise de décision 30
Figure 8:Classification dans le processus mental 33
Figure 9: Processus actifs de la prise de décision humaine 33
Figure 10: Modèle de cycle de vie en cascade 47
Figure 11:Modèle de cycle de vie en V 48
Figure 12:Modèle de cycle de vie en Spirale 49
Figure 13:Modèle par incrément 49
Figure 14:Modèle de Prototypage 50
Figure 15: Fenêtre d'authentification 54
Figure 16: Fenêtre pour la gestion des utilisateurs 54
Figure 17: Fenêtre pour la gestion des enseignants 55
Figure 18: Fenêtre pour la cotation par le Doyen 55
Figure 19: Fenêtre de cotation par Vice Rectorat 56
Figure 20: Fenêtre pour la cotation du Rectorat 56
Figure 21: Rapport des enseignants par grade 57
Figure 22:Exemple du rapport des enseignants de grade Chargé de Cours 57
Figure 23: Fenêtre de rapports des enseignants par Faculté 58
Figure 24: Exemple de rapport des enseignants d'une seule Faculté 58
Figure 25: Rapport des enseignants par avancement de Grade 59

Liste des tableaux

Table 1: Identification des cas d'utilisation....19
Table 2:Description de cas d'utilisation « S'authentifier »....21
Table 3:Description des Cas d'utilisation : « Gérer les utilisateurs»....22
Table 4:Description des Cas d'utilisation : « Afficher les informations pour un utilisateur» 23
Table 5:Description du Cas d'utilisation« Gérer les enseignants» 23
Table 6:Description du Cas d'utilisation : « Gérer les bulletins de Notation» 24
Table 7: Description du Cas d'utilisation : « Gérer les grades pour les enseignants»....24
Table 8:Description du cas d'utilisation « Rechercher» 25
Table 9:Tableau des variables et leurs modalités....39
Table 10 : Données d'apprentissage 41
Table 11: Tableaux de contingence 42
Table 12: Table des probabilités....43

Liste des symboles

ASP : Active Server Pages

BD : Base de Données

BMD : Baccalauréat, Master, Doctorat

CC : Chargé de Cours

CE : Chargé d'Enseignement

CEA : Communauté de l'Afrique de l'Est

CGI : Common Gateway Interface

CHUK : Centre Hospitalo-Universitaire de Kamenge

D.E.A : Diplôme d'Etudes Approfondies

D.E.S.S : Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées

EAC : East African Community

GPL : General Public License

HTML : Hypertext Markup Language

MA : Maitre-Assistant

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de Communication

PA : Professeur Associé

PHP3 : Hypertext Preprocessor Version 3

PHP4 : Hypertext Preprocessor Version 4

PO : Professeur Ordinaire

RB : Réseaux Bayésiens

RBN : Réseaux Bayésiens Naïfs

SGBD : Système de Gestion de Base de Données

SI : Système d'Information

SQL : Structured Query Language

SVM : Machines à Support de Vecteurs

TIC : Technologies de l'Information et de la Communication

UML : Unified Modeling Language

AVANT-PROPOS

Comme le stipule le sujet de ce travail « Mise en place d'un module d'aide à la prise de décision dans l'attribution d'appréciation d'avancement de grade au personnel enseignant de l'Université du Burundi**»**. Ce travail a été effectué en se référant aux données recueillies au sein de l'Université du Burundi. Nous avons alors organisé ce travail en cinq chapitres :

Dans le chapitre premier, nous essayons d'analyser un peu le degré d'utilisation des TIC dans l'élaboration des bulletins de notation du personnel enseignant de l'Université du Burundi et présenter les grandes lignes de ce projet de mémoire.

Le second chapitre présente le cadre du milieu d'étude à savoir l'organisation de l'Université du Burundi, les processus et les mécanismes de gestion des bulletins de notation du personnel enseignant à l'Université du Burundi.

Le troisième chapitre consiste à la modélisation du système étudié à l'aide d'un langage de modélisation. Dans ce chapitre, nous allons aussi montrer l'intérêt de modéliser un système avant de présenter le langage de modélisation UML.

Le quatrième chapitre nous aide à étudier et analyser le fonctionnement du nouveau système à l'aide des modèles mathématiques appropriés. Grâce à la modélisation basée sur la classification supervisée bayésienne. Elle présente de ce fait la classification des enseignants côtés sur base du théorème probabiliste de Bayes, classification qui va permettre de réaliser le calcul de la probabilité d'appartenir dans une catégorie d'enseignants appréciés à l'avancement de grade ou pas sachant son ancienneté, son grade actuel, ses Publications et la mérité obtenue.

Le cinquième chapitre qui est aussi le dernier consiste à la réalisation et présentation de notre nouveau système de gestion.

Enfin, une conclusion générale et recommandations récapituleront les principaux résultats obtenus et présenteront les perspectives d'avenir pour ce projet.

Le choix de ce sujet a été soutenu par le fait que dans la réalisation de ses missions l'Université du Burundi manque un système automatisé de gestion des bulletins de notation et d'aide à la prise de décision dans l'attribution d'appréciation d'avancement de grade au personnel enseignant.

INTRODUCTION GENERALE

De l'âge de la pierre à nos jours, l'esprit perfectionniste de l'homme n'a cessé de lui permettre d'améliorer sa vie quotidienne .Entre cet âge et la nouvelle ère dite numérique caractéristique du 21eme siècle, toute une gamme de technologies novatrices ou innovatrices a émaillé la vie des gens .Nous citerons à titre d'exemple, l'invention de l'écriture, de la machine, du courant électrique, etc. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication illustrent ce phénomène.

La manière dont l'informatique a révolutionné l'activité intellectuelle et économique n'a pas d'équivalent dans d'autres domaines. Sans être explicite, les spécialistes de la civilisation estiment sans détour que l'humanité est en train de vivre sa quatrième révolution industrielle qu'est l'ère numérique.

Vu l'intérêt croissant en matière de gain de temps, la valeur de la disposition de l'information en temps réel, de conservation des données , de limitation de nombre d'employés et pour d'autres raisons, ont poussé petites, moyennes et grandes entreprises à chercher des solutions informatiques capables de répondre à ces besoins managériaux et opérationnels. Comme le montre la plupart de rapports sur le degré de pénétration du numérique, au Burundi, le degré d'intégration et utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication reste très faible. Cela est attesté par le faible taux de NTIC dans les organisations étatiques et privées.

Il est aujourd'hui reconnu que la véritable richesse d'une entreprise repose avant tout sur les ressources humaines. La prise en compte du personnel est donc très importante pour que l'entreprise soit compétitive. Il est donc indispensable de mettre en place des systèmes d'évaluation pour apprécier la qualité de son personnel. Ces systèmes d'évaluation doivent établir un diagnostic ponctuel réel de la qualité du personnel. Les missions de chaque collaborateur sont définies et sa participation à la performance globale de l'organisation est notée. On évalue alors les compétences et la productivité de chacun pour l'atteinte des objectifs fixés.

L'objectif de ce projet est de développer un module de gestion des bulletins de Notation du personnel enseignant de l'Université du Burundi afin d'assurer un suivi permanent et faciliter la prise de décision dans l'attribution de l'appréciation d'avancement de grade. Cette dernière constitue une entité pilote d'étude et d'expérimentation afin d'en dégager des solutions durables et viables pour tout le secteur de la gestion du personnel dans les différentes institutions publiques ou privées au Burundi.

Ce mémoire comporte cinq chapitres :

Dans le chapitre premier, nous essayons d'analyser un peu le degré d'utilisation des TIC dans l'élaboration des bulletins de notation du personnel enseignant de l'Université du Burundi et présenter les grandes lignes de ce projet de mémoire.

Le second chapitre présente le cadre du milieu d'étude à savoir l'organisation de l'Université du Burundi, les processus et les mécanismes de gestion des bulletins de notation du personnel enseignant à l'Université du Burundi.

Le troisième chapitre consiste à la modélisation du système étudié à l'aide d'un langage de modélisation. Dans ce chapitre, nous allons aussi montrer l'intérêt de modéliser un système avant de présenter le langage de modélisation UML.

Le quatrième chapitre nous aide à étudier et analyser le fonctionnement du nouveau système à l'aide des modèles mathématiques appropriés. Grâce à la modélisation basée sur la classification supervisée bayésienne. Elle présente de ce fait la classification des enseignants côtés sur base du théorème probabiliste de Bayes, classification qui va permettre de réaliser le calcul de la probabilité d'appartenir dans une catégorie d'enseignants appréciés à l'avancement de grade ou pas sachant son ancienneté, son grade actuel, ses Publications et la mérité obtenue.

Le cinquième chapitre qui est aussi le dernier consiste à la réalisation et présentation de notre nouveau système de gestion.

Enfin, une conclusion générale et recommandations récapituleront les principaux résultats obtenus et présenteront les perspectives d'avenir pour ce projet.

Chapitre I. Généralités et cadre du projet

I.1.Généralités

Le temps est l'argent .Par la volonté maximale de gagner du temps, de conserver et protéger les données ou souci de confidentialité et pour d'autres raisons, la majorité des entreprises et autres institutions se sont lancées effrénément dans l'intégration de ces TIC pour assurer et s'asseoir une gestion quotidienne de leurs affaires plus efficacement.

L'informatisation s'avère être la solution pour une meilleure qualité de gestion au sein des entreprises et institutions.

Il est aujourd'hui reconnu que la véritable richesse d'une entreprise repose avant tout sur les ressources humaines. La prise en compte du personnel est donc très importante pour que l'entreprise soit compétitive. Il est donc indispensable de mettre en place des systèmes d'évaluation pour apprécier la qualité de son personnel. Ces systèmes d'évaluation doivent établir un diagnostic ponctuel réel de la qualité du personnel. Les missions de chaque collaborateur sont définies et sa participation à la performance globale de l'organisation est notée. On évalue alors les compétences et la productivité de chacun pour l'atteinte des objectifs fixés.

L'évaluation permet d'établir un bilan sur l'année de travail écoulé, de dégager des attentes du salarié et de l'entreprise ainsi que des perspectives d'évolution et de fixer les objectifs pour l'année à venir.

Il en est de même pour une institution d'enseignement supérieur. Aujourd'hui, l'enseignement supérieur est partout dans le monde l'objet de changement. L'évaluation du personnel d'une institution d'enseignement supérieur (université) en général et du corps enseignant en particulier permet de garantir un enseignement de qualité et une motivation permanente pour progresser. C'est aussi un moyen de garantir les compétences acquises par les diplômés.

C'est ainsi que peuvent être établis des bulletins de cotation du personnel permettant d'évaluer le mérite du personnel. Un bulletin de notation est un document indiquant la valeur relative attribuée à un travailleur.

Il a été constaté que la gestion de ces bulletins s'effectue manuellement, les informations étant uniquement conservées sur des supports papiers ou faiblement dans un fichier Word ou OpenOffice.

C'est ainsi que le projet de recherche intitulée « **Mise en place d'un module d'aide à la prise de décision dans l'attribution d'appréciation d'avancement de grade au personnel enseignant de l'Université du Burundi »** a été imaginée et fait l'objet de cet étude.

I.2 Objectifs du projet

I.2.1 Objectif global

Ce projet a pour objectif global de développer un module de gestion des bulletins de Notation du personnel enseignant de l'Université du Burundi afin d'assurer un suivi permanent et faciliter la prise de décision dans l'attribution de l'appréciation d'avancement de grade.

I.2.2 Objectifs spécifiques

1) Identifier le cadre d'étude faisant l'objet de présentes recherches ;
2) Analyser le système existant de gestion des bulletins de notation ;
3) Concevoir des modèles explicitant le système d'information à mettre en place ;
4) Mettre en place une base de données permettant la gestion des bulletins de notation ;
5) Mettre en place un système automatisant l'avancement de grade du personnel enseignant ;
6) Elaborer une interface conviviale pour la manipulation des données ;
7) Gérer les droits d'accès aux bulletins de notation.

I.3 Problématique

La gestion manuelle des bulletins de notation du personnel au sein de l'Université du Burundi est à la base de différents problèmes. Il s'agit entre autre de :

1) Menace sur la sécurité des données confidentielles sur le personnel ;
2) Lenteur dans la recherche d'informations ;
3) Traçabilité ambigüe des prestations de chaque enseignant ;
4) Risque de perte des informations utiles pour le Rectorat de l'Université ;
5) Lenteur dans la prise de décision de l'appréciation d'avancement de grade du personnel enseignant.

Pour permettre à la direction de l'Université du Burundi de prendre des décisions, il est important de résoudre la problématique évoquée.

I.4 Solutions proposées

La solution que nous proposons renferme essentiellement les exigences du Rectorat l'université du Burundi étant donné que les services mis à la disposition par les solutions existantes ne répondent pas parfaitement aux besoins du corps chargé de l'évaluation de l'enseignement à l'Université du Burundi.

Ce projet propose l'utilisation d'une application de gestion avec une base de données permettant le suivi des informations sur la notation du personnel. Ainsi, l'application permettra de :

- Ne limiter l'accès aux données qu'aux personnes autorisées ;
- Concevoir une base de données stockant tout le corps enseignant de l'université du Burundi et les informations y relatifs.
- Concevoir une application web conçue à base des technologies modernes automatisant le processus de gestion des bulletins de notation ;
- Faciliter la recherche des informations sur tel ou tel enseignant enregistré dans la base de données ;
- Générer automatiquement des bulletins de notation ;
- Faire une analyse et prendre une décision sur base des cotes accordées à chaque enseignant ;
- Créer à l'aide des outils mathématiques un modèle formel de vérification de fonctionnement normal du système suivant la loi régissant la notation et l'avancement de grade à l'Université du Burundi.

I.5 Résultats attendus

Le système mis en place permettra :

1) La diminution le risque de perte de données liée à la détérioration du support papier ;
2) L'amélioration de la qualité du service ;
3) L'accès aux bulletins de cotation via le réseau universitaire ;
4) Une traçabilité nette des prestations de chaque enseignant ;
5) La réduction de l'encombrement des dossiers (papiers) sur le personnel ;
6) La garantie de conservation aussi longtemps que possible des informations ;
7) La diminution du temps de recherches et de traitement des données ;
8) L'efficacité d'un usage accru et intensif de l'outil informatique dans les milieux académiques.

L'application proposée permettra donc l'utilisation optimale des ressources allouées à la gestion des bulletins de notation du corps enseignant et de l'Université du Burundi. Ceci dans la mesure où elle assura la centralisation de toute les informations et permettra l'accès au moment opportun aux personnes habilités.

I.6 Apports scientifiques et technologiques

Avec la nouvelle technologie, on est capable de résoudre des problèmes complexes, tels que le partage des informations, l'automatisation des rapports et /ou bulletins de notation, l'attribution de l'appréciation de l'avancement de grade, etc.

La révolution technologique influe énormément dans la gestion des entreprises, celle-ci étant désormais guidée par l'impératif d'utilisation des technologies de l'information et de la communication. Le présent projet se dirige dans le même angle, où le système proposé permettra l'application des connaissances acquises aux cours dans l'élaboration d'un module d'aide à la prise de décision dans l'attribution d'appréciation d'avancement de grade au personnel enseignant de l'Université du Burundi. Il permet aussi d'amorcer une recherche qui servira d'ébauche à des recherches futures.

I.7 Délimitation du sujet

Le présent travail sera réalisé dans le cadre d'un projet de fin d'études post universitaires pour une durée de six mois prévue pour le dernier semestre du cycle de Master. L'étude dans le cadre de ce projet est circonscrite au personnel enseignant de l'Université du Burundi. Elle concerne le processus de génération, gestion des bulletins de notation et l'appréciation d'avancement de grade du personnel enseignant de l'université du Burundi.

Ce projet peut être appliqué pour l'assurance qualité du personnel dans la gestion des ressources humaines de l'Université du Burundi.

I.8 Domaine d'application

Ce travail s'inscrit dans le domaine de l'enseignement supérieur. Il s'agit de la gestion du personnel enseignant notamment la gestion des bulletins de notation et l'appréciation d'avancement de grade au personnel enseignant de l'Université du Burundi.
Cette étude peut aussi bien être étendue dans d'autres institutions dans la gestion de son personnel notamment dans la prise de décision.

I.9 Méthodologie utilisée

Premièrement, pour collecter et classer les informations nécessaires à mon étude, je dois utiliser diverses techniques. L'analyse du système existant m'a permis de comprendre les besoins et attentes des utilisateurs afin de préparer les solutions possibles pour satisfaire leurs attentes et aspirations. Il s'agit entre autres de l'entretien directif et non directif, l'observation et la lecture des documents y relatifs, l'étude de documents et archives en rapport avec le sujet.

Deuxièmement les informations relatives aux outils formels de modélisation comme le langage UML et l'outil mathématique de classification bayésienne me permettront de comprendre systématiquement les besoins et attentes des utilisateurs et de formuler les spécifications du nouveau système en tenant compte des perspectives statiques et dynamiques du système.

I.10 Outils mathématiques utilisés

La création d'un système automatisé n'est pas un domaine réservé uniquement aux informaticiens .Il y a plusieurs méthodes couvrant le domaine mathématique (Représenter, modéliser, approximer, calculer sur des modèles, etc.) qui sont nécessaires à la mise en place d'un tel système. L'utilisation des outils mathématiques est cruciale pour analyser le système, réaliser un système fiable, robuste et fonctionnel, modéliser les états du système, étudier le coût du système et obtenir une garantie sur son fonctionnement. L'ultime étape est d'utiliser les notions mathématiques en se focalisant sur le modèle me permettra de résoudre de manière efficace, efficiente et précise les problèmes qui relèvent du domaine informatique.

Pour réaliser notre projet, nous avons fait recours aux procédés de modélisation au moyen de l'outil mathématique appelé classification supervisée à base des réseaux bayésiens. Cet outil représentant la connaissance et permettant de calculer des probabilités conditionnelles apportant des solutions à différentes sortes de problématiques liés à l'avancement de carrière d'un enseignant sachant son grade actuel, son ancienneté, ses publications et sa mérite a été utilisé dans la réalisation de ce travail.

I.11.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les problèmes, puis nous avons fait les critiques du travail manuel et d'incertitude dans l'attribution d'appréciation d'avancement de grade et enfin on a fait une approche de solution qui consiste à concevoir et à développer une application qui facilitera les services énumérés précédemment.

Chapitre II. Présentation générale du milieu d'étude

II.1 Introduction

Ce chapitre présente le cadre du milieu d'étude, à savoir l'organisation de l'université du Burundi, les processus et les mécanismes de gestion des bulletins de notation du personnel enseignant à l'Université du Burundi.

II.2 Bref apercu historique sur l'Université du Burundi

Créée en 1964, l'Université du Burundi est la principale université publique comptant actuellement plus de 7000 étudiants répartis dans 8 facultés et 4 instituts. Elle assure une formation d'excellence basée sur l'enseignement de qualité et se veut être une Université de référence dans la sous-région, voire dans toute l'Afrique. L'université du Burundi est déjà dans le système BMD (3-2-3) depuis la rentrée académique 2011-2012. Elle fait partie du réseau interuniversitaire des pays des grands lacs et du réseau interuniversitaire des pays de l'EAC [1].

II.3 Mission de l'Université du Burundi

L'Université du Burundi a pour mission :

- Dispenser au niveau le plus élevé les connaissances scientifiques et techniques ;
- Promouvoir la recherche scientifique, littéraire, artistique et l'innovation ainsi que le perfectionnement professionnel ;
- Participer activement au développement social, économique et culturel ;
- Contribuer à la formation civique et morale [1].

II.4 Organisation administrative de l'Université du Burundi

L'Université du Burundi est organisée en Faculté et Instituts. Chaque faculté et institut est organisé en départements. Les subdivisions en dessous du département sont déterminées par le conseil d'administration.

Elle comprend en outre des services administratifs et techniques, des centres et des organismes de recherche nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

Elle peut ouvrir des Campus, des Centres, des facultés, instituts et départements à l'intérieur du pays par ordonnance du Ministre ayant l'enseignement supérieur dans ses attributions sur avis conforme du conseil d'administration.

La gestion quotidienne est assurée par le Recteur assisté par le vice-Recteur et le secrétaire général tous nommés par décret sur proposition du Ministre ayant en charge l'enseignement supérieur [2].

II.4.1 Conseil d'administration de l'Université du Burundi

L'université du Burundi est administrée par un conseil d'administration composé par neuf membres répartis comme suit :

a Membre de droit : le Recteur de l'université du Burundi

b Membres nommés :

- Un représentant du ministère ayant l'enseignement supérieur dans ses attributions ;
- Un représentant du ministère ayant le travail dans ses attributions ;

- Un représentant du ministère ayant les finances dans ses attributions ;
- Un représentant d'une association des employeurs ;
- Un enseignant représentant le conseil scientifique et pédagogique ;
- Un représentant du service administratif et des services sociaux ;
- Un représentant des étudiants.

Le président du conseil est nommé par le décret en dehors des membres représentant des secteurs ci-haut mentionnés.

Le conseil d'administration dispose des pouvoirs les plus étendus de gestion et administration de l'Université du Burundi.

La durée du mandat du conseil d'administration est de trois ans. Il est renouvelable une fois [2] .

II.4.2 Direction de l'université du Burundi

Recteur

L'administration et la gestion quotidiennes de l'université du Burundi sont assurées par un Recteur nommé par décret sur proposition du Ministre ayant l'enseignement supérieur dans ses attributions parmi les enseignants ayant le diplôme de Docteur.

Le Recteur exerce la direction générale tant administrative qu'académique de l'Université du Burundi. En cas d'absence temporaire ou d'empêchement est remplacé par le Vice-Recteur.

Les cellules et services suivants sont créés auprès du cabinet du Recteur : Cellule d'audit interne, cellule juridique, service de la coopération. D'autres services peuvent être créés par le conseil d'administration [2].

Vice-Recteur

Le Vice-Recteur est nommé par décret sur proposition du Ministre de la tutelle parmi les enseignants ayant le diplôme de Docteur. Son mandat est d'une durée de quatre ans renouvelable une fois.

Le Vice-Recteur assiste le Recteur dans la direction de l'université du Burundi. Il est chargé particulièrement de coordonner le fonctionnement des services académiques et ceux de la recherche de l'Université du Burundi [2].

Secrétaire Général

Le Secrétaire Général nommé par décret sur proposition du Ministre de l'enseignement supérieur pour mandat de cinq ans renouvelable une fois. Il doit être détenteur d'un diplôme de deuxième cycle au moins et justifier d'une expérience en matière d'administration et de gestion.

Le Secrétaire Général assiste le Recteur dans la direction de l'université du Burundi. Il est chargé particulièrement de coordonner le fonctionnement des services administratifs de l'Université du Burundi.

En cas d'absence et d'empêchement du Recteur et du Vice-Recteur, le Secrétaire Général assure les affaires courantes de l'institution [2].

Le secrétariat général comprend les services suivants :

- Le service administratif ;
- Le service Informatique ;
- Le service de la communication. [2]

Conseil de Direction

Le Recteur est assisté dans ses fonctions par un conseil de direction présidé par le Recteur et composé du Vice-Recteur, du Secrétaire Général et de tous les Directeurs de l'Université du Burundi.

Le conseil de Direction est consulté par le Recteur pour toute décision importante qu'il prend en matière de gestion quotidienne de l'Université [2] .

Directions

L'Université du Burundi comprend cinq Directions :

- La Direction des services académiques ;
- La Direction de la recherche et des innovations ;
- La Direction des Finances et du Patrimoine ;
- La Direction d'Assurance Qualité ;
- La Direction des Services sociaux.

Les Directeurs sont nommés par décret sur proposition du Ministre de la tutelle pour un mandat de 4 ans renouvelable une fois [1] [2].

Conseil Rectoral

Le conseil Rectoral est un organe qui a pour mission d'assister et de conseiller le Recteur dans l'exercice de ses fonctions sur les matières académiques [1] [2].

Conseil pédagogique et Scientifique

Le conseil pédagogique et scientifique donne des avis et des propositions au conseil d'administration sur toutes les questions en rapport avec la coordination, le suivi et l'évaluation des activités économiques, pédagogiques, scientifiques et de recherche [2].

II.5 Organisation académique de l'Université du Burundi

L'Université du Burundi dispense une formation intégrée des cours de formation professionnelle et / ou de recherche ainsi que des stages et des travaux de fin d'études.

Les activités académiques sont organisées dans les facultés ou instituts suivants :

Faculté de Droit, Faculté de Médecine, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Faculté d'Agronomie et Bio-Ingénierie, Faculté des Sciences Economiques et Gestion, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Faculté de psychologie et des sciences de l'Education, Institut de Pédagogie Appliquée, Institut supérieur de Commerce, Institut d'Education Physique et des Sports.

Chaque faculté est dirigée par un Doyen nommé par le conseil d'administration pour un mandat de 3ans renouvelable une fois [1] [2].

II.6 Organigramme de l'Université du burundi

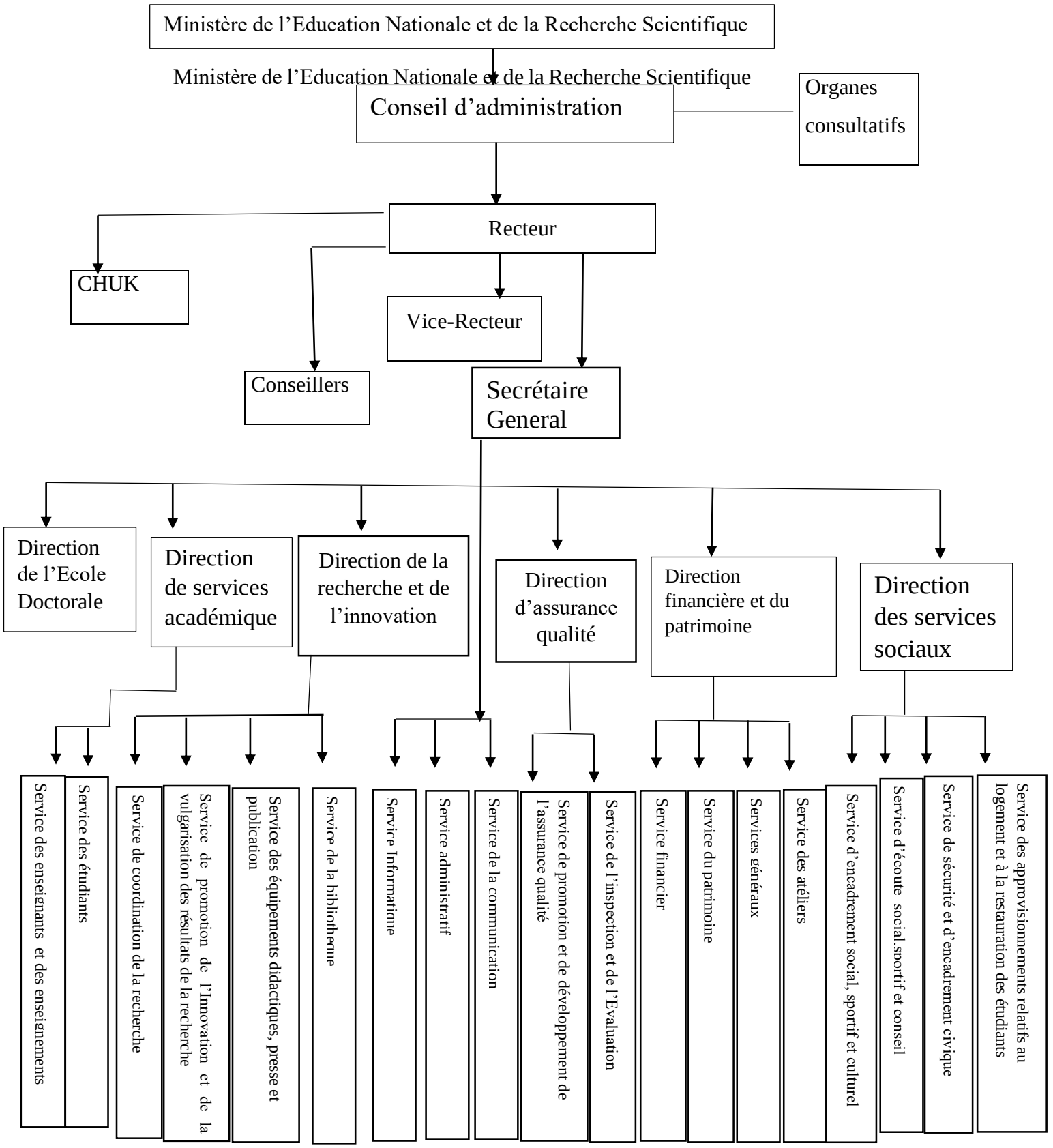


Figure 1: Organigramme de l'Université du Burundi

II.7 Description détaillée de l'organigramme de l'Université du Burundi

L'Université du Burundi est placée sous la tutelle générale du Ministre de l'Education Nationale et la haute direction d'un Conseil d'Administration, d'un Recteur et d'un Vice-Recteur. L'Administration de l'Université du Burundi comprend cinq Directions:

- La Direction des services académiques ;
- La Direction de la recherche et des innovations ;
- La Direction des Finances et du Patrimoine ;
- La Direction d'Assurance Qualité ;
- La Direction des Services sociaux.

1. La Direction des services académiques comprend :
    - Le service des étudiants ;
    - Le service des enseignants et des enseignements.

Elle a pour mission de superviser les inscriptions et les listings des étudiants ;établir les listes des étudiants qui reçoivent un appui direct du gouvernement ; Suivre de près l'exécution des programmes et des évaluations ; assurer le suivi des enseignants et des enseignements ; coordonner l'utilisation rationnelle et transversale des salles de cours ;vérifier et gérer les cursus des étudiants ; identifier les besoins en matériels et équipements didactiques ; organiser le cas échéant, les concours ou examens d'entrée dans les facultés, instituts et départements.

2. La Direction de la Recherche et de l'Innovation est Composée de quatre Services :
    - Le Service de promotion des innovations;
    - Le Service de la coordination de la recherche;
    - Le Service des équipements didactiques, presses et publications;
    - Le Service de la Bibliothèque.

Elle a pour mission d'organiser, faciliter et coordonner les activités de la recherche au sein de l'Université du Burundi ; assurer la promotion de la recherche et des innovations dans le secteur public et en partenariat avec le secteur privé ; Coordonner le fonctionnement des centres de recherche appartenant et/ou affilés à l'Université du Burundi ;Faire un recueil des publications et vulgariser les résultats de la recherche et des innovations ;Superviser le service de presse et des publications de l'Université du Burundi ;Superviser la conception et la production du matériel didactique ;Coordonner la gestion de la bibliothèque ;Veiller au bon fonctionnement et à la maintenance des laboratoires et de leurs équipements et servir l'interface entre l'Université et la commission nationale de la Science, la technologie et l'innovation [2] .

3. La Direction des Finances et du Patrimoine comprend quatre services :
    - Service financier ;
    - Service du patrimoine ;
    - Services généraux ;
    - Services des ateliers.

Elle pour mission de proposer les budgets de l'Université du Burundi ; gérer les finances de l'Université du Burundi ; gérer le patrimoine mobilier et immobilier de l'Université du Burundi ; initier et coordonner les activités génératrices des revenus ;superviser toutes les opérations relatives à la comptabilité de l'Université du Burundi ;établir les bilans financiers ;superviser toutes les activités relatives à l'entretien et à la maintenance du patrimoine mobilier et immobilier de l'Université du Burundi [2] .

4. La Direction de l'Assurance qualité comprend deux services :
    - Le service de promotion et de développement de l'assurance qualité ;
    - Le service de l'inspection et de l'évaluation.

Elle a pour mission de piloter le processus d'élaboration et/ou de révision des offres de formation ; promouvoir l'introduction du système d'assurance qualité au niveau interne ; développer des outils et un guide d'évaluation interne de l'assurance qualité ; conduire un travail d'inspection de la qualité des contenus et des pratiques d'enseignements ; mettre en place des standards de l'assurance qualité pour l'institution notamment les curricula par niveaux de formation et filières, conduire un travail d'inspection des enseignements et promouvoir la pédagogie universitaire ; renforcer les outils de protection des diplômes décernés ;mettre en place des outils de communication sur l'assurance qualité depuis le département jusqu'au conseil rectoral ;servir d'interface entre l'Université et la commission nationale de l'enseignement supérieur ;promouvoir les échanges interuniversitaires au niveau national, régional et international sur l'assurance qualité et promouvoir l'assurance qualité par des sessions de formation continue dispensées aux enseignants [2] .

5. La Direction des Services Sociaux comprend les services suivants :
    - Le service d'encadrement social, sportif et culturel ;
    - Le service d'écoute sociale et de conseil ;
    - Le service de sécurité et d'encadrement civique ;
    - Le service des approvisionnements relatifs au logement et à la restauration des étudiants.

Elle a pour mission de coordonner l'encadrement sécuritaire des campus et des résidences universitaires ; gérer les logements, la restauration et les autres services sociaux des étudiants ; suivre le processus d'octroi de l'appui direct du gouvernement aux étudiants ; assurer l'encadrement civique des étudiants et assurer les relations avec les partenaires sociaux [2].

II.8 Composition du personnel enseignant et leur nomination

Le personnel enseignant de l'Université du Burundi comprend les grades suivants :

1. L'Assistant
2. Le Maitre-assistant
3. Le chargé d'enseignement
4. Le chargé de cours
5. Le professeur associé
6. Le professeur ordinaire

Du grade de Maître-assistant au grade du professeur ordinaire, il est prévu des échelons attachés à chaque grade conformément aux dispositifs définis dans leur statut [14] .

II.9 Processus et mécanismes de cotation du personnel enseignant de l'Université du Burundi

La notation est obligatoire pour tous les membres du personnel enseignant pour autant qu'ils aient assuré au moins six mois d'enseignement. Elle a pour objet d'éclairer l'autorité sur la manière de servir du membre [14].

L'appréciation générale du mérite s'exprime par une des notes suivantes : Elite, Très Bon, Bon, Assez bon ou insuffisant. La note Elite n'est valable qu'après confirmation par le conseil d'administration. L'appréciation de l'aptitude à l'avancement de grade est donnée par une des mentions suivantes : Apte par ordre référentiel, apte, prématuré. Toute mention est obligatoirement justifiée. Pour le stagiaire, la notation ne devient définitive qu'après confirmation du rapport de stage [14].

Le Recteur annonce aux différents Doyens la période de notation. Celle-ci se situe obligatoirement entre le 1er septembre et le 30 novembre de l'année en cours. En cas de constat de non établissement de la notation, celle-ci peut être établie en dehors de la période de la notation [14].

La notation est établie sur un bulletin dont une copie doit être notifiée au membre du personnel enseignant qui doit en accuser réception. Elle est établie au 1er degré par le Doyen de la faculté ou de l'institut, au 2e degré par le vice-recteur sur avis des Directeurs académiques et de la recherche et au 3e degré par le Recteur [14].

Pour les Doyens, elle est établie sur avis des Directeurs académique, Administratif et Financier et de la Recherche, par le vice-recteur au 1er degré et au deuxième degré par le Recteur. Les modalités de notation seront déterminées par le conseil d'administration sur base des critères adaptées aux conditions spécifiques de travail du corps enseignant de l'Université.

Dans un délai de 8jours ouvrables à compter de la notification, le membre du personnel enseignant pour introduire un recours écrit et motivé, par la voie hiérarchique, auprès du conseil d'administration. Celui-ci décide du maintien du signalement attribué ou ordonne à l'autorité compétente pour attribuer le signalement définitif d'établir un nouveau bulletin suivant les nouvelles indications [14].

II.10. Processus d'avancement de grade au personnel enseignant

Le personnel enseignant de l'Université du Burundi comprend les grades suivants l'Assistant, le Maître Assistant, le chargé d'enseignement, le chargé de cours, le professeur associé et le professeur ordinaire.

Du grade de Maitre-assistant au grade de professeur ordinaire, il est prévu des échelons attachés à chaque grade conformément aux dispositifs définis dans certains articles du statut régissant le personnel enseignant.

Nul ne peut être nommé assistant à temps plein s'il n'est porteur d'un diplôme de licence, de Pharmacien, d'Ingénieur ou de Médecin généraliste délivré par une Université ou un Etablissement supérieur de niveau équivalent.

Sauf dérogation du conseil d'Administration, sur proposition du conseil de Faculté ou d'Institut, il devra en outre avoir terminé ses études Universitaires au moins avec la mention Distinction ou une mention équivalente et n'être pas âgé de plus de 30 ans pour les formations de 4 ans et 32 ans pour les formations de plus de 4ans. Des distinctions des titres professionnels sont prévues à l'intérieur de ce grade tel que reprises dans le tableau barémique en annexe.

Nul ne peut être nommé Maître Assistant à temps plein s'il ne compte au moins trois années d'exercice en qualité d'assistant ou s'il n'est porteur d'un diplôme de Licence spéciale, d'un diplôme d'études approfondies (D.E.A), d'un diplôme de Master, d'un diplôme d'études supérieures spécialisées (D.E.S.S.) ou d'un titre reconnu équivalent.

Dans cette dernière éventualité, sauf dérogation du conseil d'administration, sur proposition du conseil de Faculté ou d'Institut, il devra en outre avoir terminé ses études au moins avec mention Distinction ou ne mention équivalente.

Nul ne peut être nommé chargé d'enseignement à temps plein s'il n'est pas porteur des titres académiques prévus pour le grade précédent et s'il n' a une ancienneté d'au moins 3 ans dans le grade de Maître-Assistant au cours desquels il aura produit deux publications de qualité scientifique reconnue par une commission scientifique permanente composée de trois professeurs chargée de gérer les dossiers et la carrière du personnel enseignant. Pour la Faculté de Médecine, le titulaire d'une spécialité terminale de deux ans peut accéder à ce grade s'il justifie d'avoir été enseignant à temps plein pendant au moins 1an. S'il ne remplit pas cette condition, il est nommé Maitre-Assistant pendant au moins 1an.

Nul ne peut être nommé chargé de cours à temps plein s'il n'est porteur du titre académique de Docteur, de PH.D., d'une spécialité en médecine d'une durée d'au moins 4ans ou titre jugé équivalent.

Nul ne peut être nommé Professeur Associé à temps plein s'il ne compte au moins 4années de fonction dans le grade précédent si pendant ces 4 années il n'a pas inscrit à son actif un syllabus de 30 heures au moins dans sa spécialité et de trois publications d'un haut niveau scientifique reconnu par une commission scientifique permanente chargée de gérer les dossiers et la carrière du personnel enseignant. Une thèse dirigée ou codirigée et soutenue correspond à la publication d'un article et quatre mémoires de Master's correspondent à la publication d'un article.

Nul ne peut être nommé Professeur ordinaire à temps plein s'il ne compte au moins 4 ans dans le grade de Professeur Associé, s'il n'a pas publié dans sa spécialité et effectué des travaux scientifiques jugés de haut niveau par la commission prévue au grade précédent [14].

II.11. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons montré le cadre de la présente étude, à savoir la composition du corps enseignant de l'Université du Burundi. Puis nous avons présenté de manière particulière les processus et mécanismes de cotation et aussi les processus de nomination au grade du personnel enseignant dont nos recherches sont basées sur ça.

Chapitre III : Modélisation du nouveau système de suivi et de gestion des bulletins de notation du personnel enseignant de l'université du Burundi à l'aide de UML

III.1 Introduction

Ce chapitre va nous permettre de mener une étude de cas complète partant de la modélisation métier aboutissant à la conception détaillée en passant par l'expression des besoins fonctionnels et l'analyse orientée objet. Nous allons voir en particulier quels diagrammes UML utilisés pour la modélisation ? Comment se servir de cette modélisation pour mieux définir les besoins fonctionnels de notre système ?

Comme le grand intérêt d'UML réside d'une part dans son orientation objet avec des notations graphiques faciles à comprendre par le public, et d'autre part, dans sa standardisation et très grande diffusion aussi bien dans le milieu académique qu'industriel. La complexité de la gestion des bulletins de notation du personnel de l'université réside dans le fait qu'il est constitué de plus d'un niveau d'évaluation.

Ainsi pour gérer, optimiser et pouvoir améliorer un système ainsi compliqué il est nécessaire de passer par une étape de modélisation qui reste un outil le plus adéquat.

Pour mener à bien le projet, nous devons tout naturellement avoir recours à un formalisme de conception à savoir UML qui est le langage de modélisation graphique qui va nous permettre de comprendre et de décrire les besoins, de spécifier et documenter les systèmes ainsi que d'esquisser les architectures logicielles.

Dans cette section, nous présentons quelques diagrammes de notre modélisation en explicitant leurs rôles. Nous allons principalement présenter le diagramme des cas d'utilisation, le diagramme des classes et le diagramme de séquences.

III.2 Généralités sur la modélisation orienté objet

Nous présentons dans cette section les principes de la modélisation, puis les rôles du modèle d'un système (spécifier, valider, guider et documenter), et ensuite, nous justifions l'intérêt de la modélisation orientée objet, autour du concept d'objet permettant de relier le modèle au monde réel. Puis, nous introduisons UML, la notation la plus utilisée. Avant de passer à la première phase du processus de développement, nous donnons un aperçu du processus de développement avec la notation UML : les vues, les phases et les diagrammes. Cette partie UML se limite aux trois premières phases du processus de développement : l'expression des besoins c'est-à-dire la modélisation du cahier des charges, l'analyse (l'architecture de la solution avec une vue métier) et la conception (la solution complétée de considérations technologiques comme les canevas logiciels utilisés) [28].

III.2.1 Principes de la modélisation

Le processus de modélisation vise à obtenir une solution acceptable du système informatique. La solution finalement retenue n'est pas obtenue en une seule itération. Plusieurs étapes sont nécessaires ; ces étapes successives permettent de raffiner le niveau de détails du système à réaliser. Les premières étapes donnent une vision à très gros grains et permettent d'avancer dans la compréhension du problème [3].

À partir d'une certaine taille et complexité, l'informatisation d'un système nécessite un processus de modélisation. Quel que soit la taille du problème, une phase de modélisation est une aide au développement du système informatique. Cependant, souvent, le nombre de personnes qui participent

à la résolution du problème (clients, équipe de développement, équipe de maintenance) est un des éléments jouant fortement dans la décision de passer par une phase de modélisation. La pérennité de l'informatisation réalisée est un autre élément justifiant la décision de modéliser le système. En effet, le développement mais aussi la maintenance corrective et la maintenance évolutive du système bénéficient de l'existence du modèle en tant que documentation de référence [3] [22].

Le modèle permet donc de spécifier le système à réaliser/réalisé, de valider le modèle vis-à-vis des clients, de fournir un guide pour la construction du système pour organiser les structures de données et le comportement du système, et de documenter le système et les décisions prises.

III.2.2 Modélisation en orienté objet

Le processus d'informatisation consiste à définir des étapes pour aller d'un cahier des charges rédigé en langage naturel à une mise en œuvre dans un code source particulier. Le modèle du système dans les premières phases de ce processus est nécessairement une simplification du système réel. Le processus de modélisation vise à mieux cerner les limites du système à réaliser. Ensuite, les modèles sont raffinés de plus en plus pour aboutir au code [28].

L'approche orientée objet est une façon d'aborder un problème et de le découper en petits sous-problèmes. On commence par rechercher les objets du système puis leurs interactions. Par analogie, si je m'intéresse au fonctionnement du personnel de l'université du Burundi plus particulièrement le corps enseignant, je décompose l'étude du problème en plusieurs sous problèmes plus simples : la gestion des cotations du Doyen, la gestion des grades, la gestion des utilisateurs, etc. Nous avons alors une étude des différents éléments mais également une étude des interactions entre ces différents éléments.

III.2.3 Intérêt de l'UML dans un projet informatique

De nos jours, les outils de modélisation de processus métier s'étoffent chaque année et les suites logicielles sont de plus en plus nombreuses. L'usage et les fonctionnalités d'UML diffèrent d'un périmètre à un autre, selon les besoins des clients et des fournisseurs d'applications.

Dans le cadre d'un projet informatique pour le SI, le recours à la modélisation UML procure de nombreux avantages qui agissent sur la modularité, l'abstraction, la dissimulation et la structuration cohérente des fonctionnalités et des données [6].

Le langage UML est constitué de diagrammes intégrés utilisés par les développeurs informatiques pour la représentation visuelle des objets, des états et des processus dans un logiciel ou un système. Le langage de modélisation peut servir de modèle pour un projet et garantir une architecture d'information structurée ; il peut également aider les développeurs à présenter leur description d'un système d'une manière compréhensible pour les spécialistes externes. UML est principalement utilisé dans le développement de logiciels orientés objet. Les améliorations apportées à la norme dans la version 2.0 la rendent également adaptée à la représentation des processus de gestion [5].

De plus, la modélisation UML permet de vulgariser les aspects liés à la conception et à l'architecture, propres au logiciel, au client. Aussi, elle apporte une compréhension rapide du programme à d'autres développeurs externes en cas de reprise du logiciel et facilite sa maintenance.

Toutefois, il existe aussi des inconvénients quant à l'utilisation d'UML. Pour la plupart, essentiellement liés au dépassement du délai de livraison du logiciel.

Pour pallier à ce problème, le recours à un cycle de projet en spirale est recommandé car il apporte plus d'agilité et une meilleure gestion des risques.

L'utilisation d'UML nécessite par ailleurs, une formation préalable pour connaître ses normes standards, cela peut être un inconvénient pour le client qui n'a pas de compétences dans ce domaine.

Notons aussi, qu'il peut y avoir une mauvaise correspondance entre l'UML et le projet finalisé (Schéma d'élaboration différent au niveau de la conception: l'analyste et le développeur étant deux personnes distinctes) [6].

III.3 Utilisation de diagrammes UML dans la modélisation du système d'information

UML permet de définir et de visualiser un modèle à l'aide de diagrammes. Un diagramme UML est une représentation graphique qui s'intéresse à un aspect précis du modèle. C'est une perspective du modèle pas "le modèle". Chaque type de diagramme UML possède une structure (les types des éléments de modélisation qui le composent sont prédéfinis). Un type de diagramme UML véhicule une sémantique précise (un type de diagramme offre toujours la même vue d'un système). Combinés, les différents types de diagrammes UML offrent une vue complète des aspects statiques et dynamiques d'un système. Par extension et abus de langage, un diagramme UML est aussi un modèle (un diagramme modélise un aspect du modèle global) [7].

III.3.1 Caractéristiques des diagrammes UML

UML dans sa version 2 s'articule autour de treize diagrammes, chacun d'entre eux est dédié à la représentation d'un système logiciel suivant un point de vue particulier. Ces diagrammes sont regroupés dans deux grands ensembles: les diagrammes structurels et les diagrammes de comportement [7].

Les diagrammes UML supportent l'abstraction. Leur niveau de détail caractérise le niveau d'abstraction du modèle. La structure des diagrammes UML et la notation graphique des éléments de modélisation est normalisée (document "UML notation guide"). Rappel : la sémantique des éléments de modélisation et de leur utilisation est définie par le méta modèle UML [4].

III.3.2 Différents types de diagrammes UML

Il existe 2 types de vues du système qui comportent chacune leurs propres diagrammes :

Les vues statiques ou de structure: permettent de décrire la structure d'un système selon plusieurs points de vue différents (classes, composants, nœuds, objets, packages...)

Le but de la conceptualisation est de comprendre et structurer les besoins du client. : Il ne faut pas chercher l'exhaustivité, mais clarifier, filtrer et organiser les besoins. Une fois identifiés et structurés, ces besoins définissent le contour du système à modéliser (ils précisent le but à atteindre), permettent d'identifier les fonctionnalités principales (critiques) du système. Le modèle conceptuel doit permettre une meilleure compréhension du système, servir d'interface entre tous les acteurs du projet et les besoins des clients sont des éléments de traçabilité dans un processus intégrant UML [23].

Les vues dynamiques ou diagrammes de comportement (dynamiques) : permettent de décrire le comportement d'un système de plusieurs points de vue différents (temporel, changement d'état...).

Les cas d'utilisation sont centrés sur les besoins des utilisateurs. Ils aident à construire le bon système. Les cas d'utilisation ne fournissent pas pour autant la bonne manière de faire le système. Ni la forme de l'architecture logicielle : ils disent ce qu'un système doit faire, non comment il doit le faire. La vue des cas d'utilisation est une description fonctionnelle des besoins, structurée par rapport à des acteurs. Le passage à l'approche objet s'effectue en associant une collaboration à chaque cas d'utilisation. Une collaboration décrit les objets du domaine, les connexions entre ces objets et les messages échangés par les objets. Chaque scénario, instance du cas d'utilisation réalisé par la collaboration se représente par une interaction entre les objets décrits dans le contexte de la collaboration [23].

III.4 Choix des diagrammes de modélisation du nouveau système

Dans cette section, nous présentons quelques diagrammes de notre modélisation en explicitant leurs rôles. Nous allons principalement présenter le diagramme des cas d'utilisation, le diagramme de séquences et le diagramme des classes.

III.4.1 Diagramme de cas d'utilisation

Un diagramme de cas d'utilisation permet de représenter les fonctions d'un système du point de vue de l'utilisateur (appelé « acteur » en UML) [24]. Cet acteur ne doit pas nécessairement être un utilisateur humain. Le rôle peut également être attribué à un système externe qui accède à un autre système. Le diagramme de cas d'utilisation montre en fait la relation entre un acteur et ses demandes ou attentes vis-à-vis du système**,** sans décrire les actions en cours ni les mettre dans un ordre logique [7].

En pratique, cette structure est bien adaptée pour décrire de manière claire les fonctions et/ou les objectifs les plus importants d'un système. C'est pour cette raison que l'élaboration d'un diagramme de cas d'utilisation est souvent l'une des premières étapes lors de la conception de logiciels ou de la planification de nouveaux processus métier**.** Cela permet de visualiser facilement et clairement quels cas d'utilisation doivent être pris en compte dans la conception pour que les acteurs (et au sens large également l'utilisateur ou l'administrateur du système) atteignent les objectifs escomptés sans tenir compte dans un premier temps de la faisabilité technique.

Pour garantir que le diagramme de cas d'utilisation soit immédiatement compréhensible pour tout un chacun, on utilise des briques de base standardisées pour la représentation. IL y a en premier lieu trois éléments principaux:

- **Acteur :** les acteurs, que ce soit des personnes ou des systèmes, sont représentés par des bonhommes en fil de fer.
- **Système :** le système auquel se rapporte le cas d'utilisation est représenté par un rectangle.
- **Cas d'utilisation :** le cas d'utilisation lui-même est représenté par une ellipse, dans laquelle il y a généralement une courte phrase décrivant le processus [7]**.**

Après les analyses et les consultations faites au niveau des services et après l'extraction et l'étude des besoins fonctionnels attendus par le système on peut distinguer les types des acteurs dans le processus de notation du corps enseignant à l'université du Burundi.

Acteurs	Type d'acteurs	Cas d'utilisation
Tous les acteurs	-	Authentification
-Doyen de la Faculté -Vice-Recteur	Principal	-Gérer les bulletins de notation
-Recteur	Principal	-Gérer les enseignants -Gérer les bulletins de notation -Gérer les grades
Tous les acteurs	-	-Rechercher
-Enseignant	secondaire	-Consulter son bulletin de notation -Télécharger son bulletin de notation
-Chef de service administratif	Secondaire	-Consulter les bulletins de notation -Rechercher un enseignant
-Administrateur (Secrétaire Général)	Principal	- Gérer les utilisateurs -Gérer les enseignants

Table 1: Identification des cas d'utilisation

Apres avoir identifié les cas d'utilisation et ses acteurs, on peut alors produire le diagramme des cas d'utilisation du nouveau système de gestion des bulletins de notation du personnel enseignant de l'Université du Burundi et d'aide dans prise de décision dans l'attribution d'appréciation au processus d'avancement de grade du personnel enseignant de l'Université du Burundi.

À ce niveau, nous présentons les fonctionnalités générales du système qui sont extraites précédemment sous forme d'un diagramme des cas d'utilisations général qui relie les acteurs aux différents traitements.

La figure ci-dessous représente le diagramme des cas d'utilisation du nouveau système :

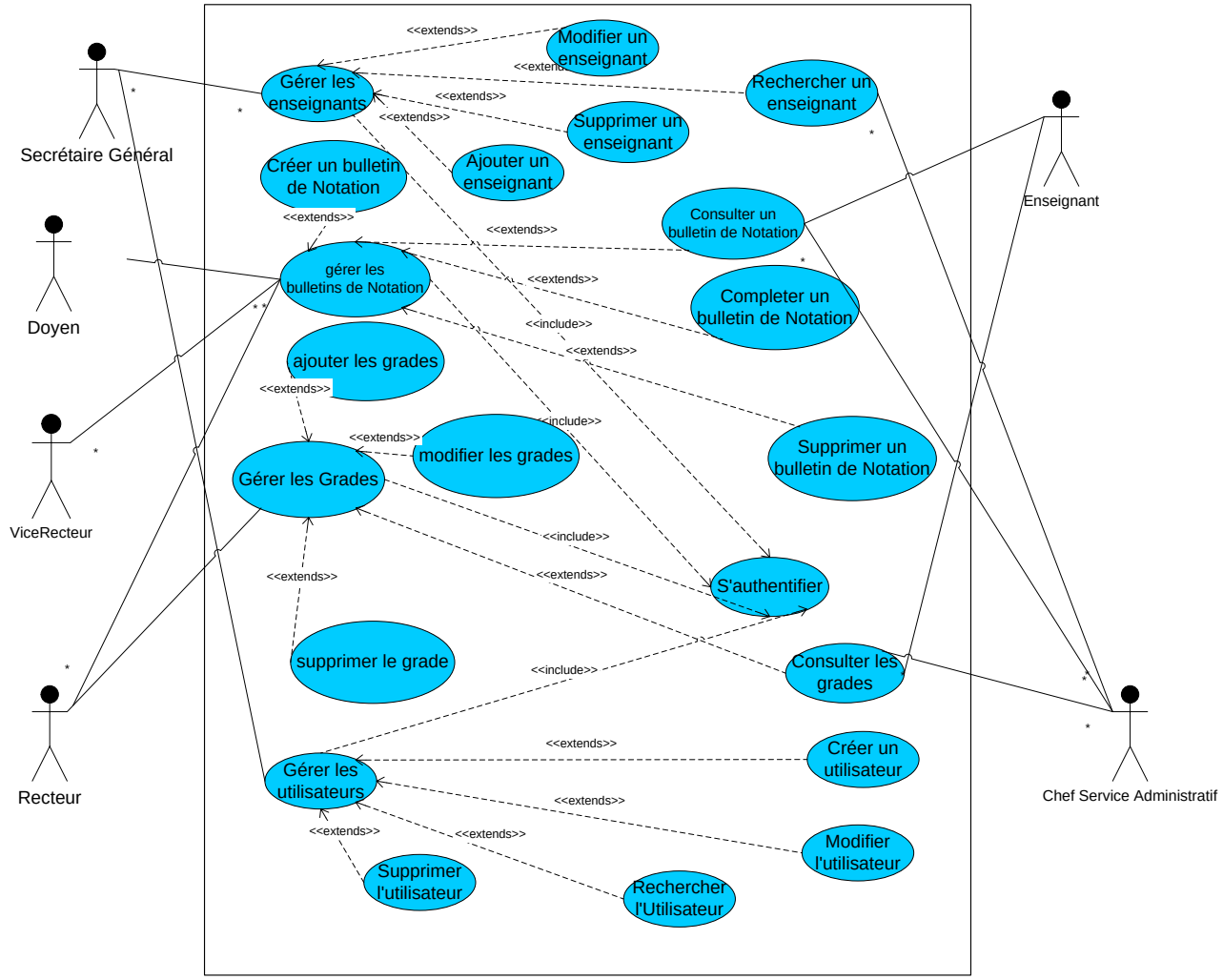


Figure 2: Diagramme des cas d'utilisation du nouveau système

III.4.2. Description détaillée des cas d'utilisation

C'est la description de chaque cas d'utilisation en précisant un objectif du cas d'utilisation et les acteurs intervenants ainsi que les scénarios nominaux.

1. Cas d'utilisation « s'authentifier »

Titre : s'authentifier

Objectif : Permettre aux utilisateurs de s'authentifier avant d'accéder au système.

Sommaire	
Acteurs concernés	Tous les acteurs
Pré conditions	1. Le système est en cours d'exécution 2. La page d'authentification apparait
Post condition	L'utilisateur est authentifié et prêt à réaliser des taches auxquelles il a droit.
Scénario nominal	1. Le système affiche le formulaire d'identification 2. L'internaute remplit le formulaire avec l'ensemble des informations nécessaires à son identification 3. Le système vérifie les informations saisies par l'utilisateur. Et renvoie vers la page d'accueil en affichant sa catégorie (Doyen, Vice-Recteur, Recteur, Administrateur général, le secrétaire général et le chef de service administratif).
Scénario alternatif	1. L'utilisateur n'as pas saisie les bons identifiants. 2. Le système renvoie un message d'erreur et signale à l'utilisateur de recommencer. 3. L'utilisateur n'existe pas dans la base de données.

Table 2:Description de cas d'utilisation « S'authentifier »

2. Cas d'utilisation « Gérer les utilisateurs »

Titre : gestion des utilisateurs

Objectif : L'administrateur doit pouvoir créer un nouvel utilisateur

Sommaire	
Acteurs concernés	Administrateur
Pré conditions	L'administrateur doit être identifié et avoir les droits pour créer un utilisateur.
Post condition	L'utilisateur est soit enregistré soit modifié et / ou soit désactivé avec succès et la liste des utilisateurs se met à jour automatiquement
Scénario nominal	1. L'administrateur sélectionne dans le menu la création d'un utilisateur. 2. Le système renvoie un formulaire de création d'un utilisateur à l'administrateur. 3. L'administrateur remplit le formulaire avec les informations de l'utilisateur à créer 4. Le système récapitule les informations saisies et indique leur validité.
Scénario alternatif	1. L'administrateur n'as pas les droits pour créer un utilisateur. 2. Le système renvoie un message d'erreur et signale à l'administrateur que tous les champs obligatoires n'ont pas été remplis.

Table 3:Description des Cas d'utilisation : « Gérer les utilisateurs»

3. Cas d'utilisation «Afficher les informations pour un utilisateur»

Titre : Afficher les informations pour un utilisateur

Objectif : L'utilisateur doit pouvoir accéder à ses informations.

Sommaire	
Acteurs concernés	Tous les acteurs
Pré conditions	L'utilisateur doit être identifié.
Post condition	L'utilisateur est enregistré, le système génère la liste les informations d'un utilisateur.
Scénario nominal	1. L'utilisateur sélectionne dans le lien indiquant ses informations". 2. Le système renvoie les coordonnées de l'utilisateur connecté en interrogeant la base de données.
Scénario alternatif	L'utilisateur n'est pas enregistré dans le système.

Table 4:Description des Cas d'utilisation : « Afficher les informations pour un utilisateur»

4. Cas d'utilisation «Gérer les enseignants»

Titre : Afficher les informations pour un enseignant

Objectif : Ce cas d'utilisation permet de créer, modifier, consulter et supprimer les informations des enseignants.

Sommaire	
Acteurs concernés	L'administrateur et le Recteur
Pré conditions	L'utilisateur doit être identifié.
Post condition	L'utilisateur est soit enregistré soit modifié et / ou soit désactive avec succès et la liste des enseignants se met à jour automatiquement
Scénario nominal	1. L'utilisateur demande la page de gestion des enseignants. 2. Le système affiche la page. 3. L'utilisateur remplit les champs du formulaire, vérification des nouvelles données saisies, mise à jour de la base de données, un message de confirmation sera affiché.
Scénario alternatif	L'enseignant existe déjà ou formulaire vide : un message d'erreur sera affiché.

Table 5:Description du Cas d'utilisation« Gérer les enseignants»

5. Cas d'utilisation «Gérer les bulletins de notation»

Titre : Gérer les bulletins de notation

Objectif : Ce cas d'utilisation permet de créer, modifier, consulter et supprimer les bulletins de notation.

Sommaire	
Acteurs concernés	Doyen, Vice-Recteur et le Recteur
Pré conditions	L'utilisateur doit être identifié.
Post condition	L'utilisateur est soit enregistré et il crée, modifie, consulte et / ou supprime les bulletins de notation.

Scénario nominal	1. L'utilisateur demande la page de gestion des bulletins de notation. 2. Le système affiche la page. 3. L'utilisateur remplit les champs du formulaire, vérification des nouvelles données saisies, mise à jour de la base de données, un message de confirmation sera affiché.
Scénario alternatif	Modification avec les champs vides, champs non conforme aux types : un message d'erreur sera affiché

Table 6:Description du Cas d'utilisation : « Gérer les bulletins de Notation»

6. Cas d'utilisation «Gérer les grades pour les enseignants.»

Titre : Gérer les grades pour les enseignants.

Objectif : Ce cas d'utilisation permet d'ajouter, modifier et supprimer les grades pour les enseignants.

Sommaire	
Acteurs concernés	Recteur
Pré conditions	L'utilisateur doit être identifié.
Post condition	L'utilisateur est soit connecté et il modifie, consulte et / ou ajoute des grades pour les enseignants.
Scénario nominal	1. Le recteur demande la page de gestion des bulletins de notation, le système affiche la page. 2. Le Recteur vérifie l'appréciation synthétique du mérite sur un bulletin de Notation et l'appréciation de l'aptitude à l'avancement de grade et ajoute la confirmation.
Scénario alternatif	Modification avec les champs vides, champs non conforme aux types : un message d'erreur sera affiché.

Table 7: Description du Cas d'utilisation : « Gérer les grades pour les enseignants»

7. Cas d'utilisation «Rechercher.»

Titre : Rechercher

Objectif : Ce cas d'utilisation permet d'effectuer une recherche dans le système.

Sommaire	
Acteurs concernés	Tous les acteurs.
Pré conditions	L'utilisateur doit être identifié.
Post condition	L'utilisateur est authentifié et a l'accès à chercher des informations auxquelles il a droit.
Scénario nominal	Demande d'un formulaire de recherche, introduction du mot clé à rechercher, le système envoi une requête de recherche a la base de données, le système affiche les informations trouvées sinon c'est un message d'erreur.
Scénario alternatif	Si l'information recherchée n'existe pas dans la base de données un message d'erreur s'affiche.

Table 8:Description du cas d'utilisation « Rechercher»

III.5.Diagramme de séquence

Un diagramme de séquence est utilisé en UML pour décrire les phases d'analyse et de conception. C'est un diagramme d'interaction qui détaille la manière dont les opérations sont effectuées. Un diagramme de séquence est souvent utilisé pour représenter le déroulement chronologique des événements à travers un cas d'utilisation. Il permet de présenter les relations de communication entre les objets et les messages qui déclenchent ces communications [21].

Une ligne de vie représente les instances typiques des composants ou des classes de votre système. Les messages sont affichés sous forme de flèches. Ils peuvent être complets, perdus ou trouvés ; synchrones ou asynchrones ; appel ou signal. Activer est utilisé pour indiquer l'activation d'un participant. Une fois qu'un participant est activé, sa ligne de vie apparaît. Les objets sont des éléments de modèle qui représentent des instances d'une ou plusieurs classes. Les classes en UML montrent l'architecture et les caractéristiques du système conçu. L'acteur spécifie un rôle joué par un utilisateur ou tout autre système qui interagit avec le sujet [21].

III.5.1. Diagramme de séquence d'authentification.

Tous les acteurs du système doivent s'authentifier en accédant à l'application, le système envoie le formulaire d'authentification, l'utilisateur saisi les données relatif au champ de ce formulaire et le valide. Le système effectue une vérification et affiche la page réservée à l'utilisateur authentifié ou le message d'erreur. Voici le diagramme de séquence d'authentification :

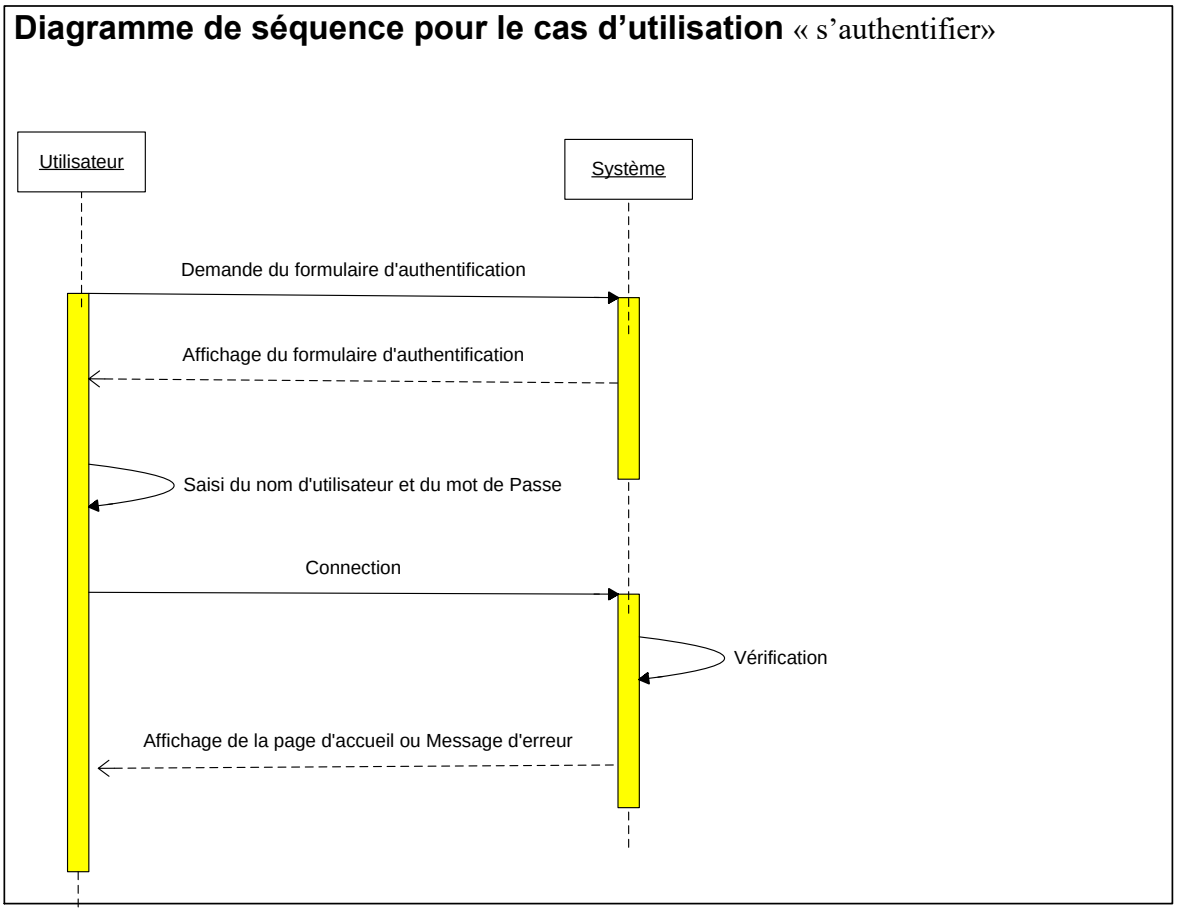


Figure 3:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « s'authentifier»

III.5.2. Diagramme de séquence pour rechercher

Apres authentification, l'utilisateur demande au système un formulaire de recherche, le système lui renvoie le formulaire, l'utilisateur saisi le mot clé de sa recherche et le valide, le système effectue une recherche dans la base de données ; si la donnée n'existe pas, le système informe l'utilisateur sinon il renvoie le résultat à l'utilisateur. Voici ci-dessous le diagramme de séquence de rechercher.

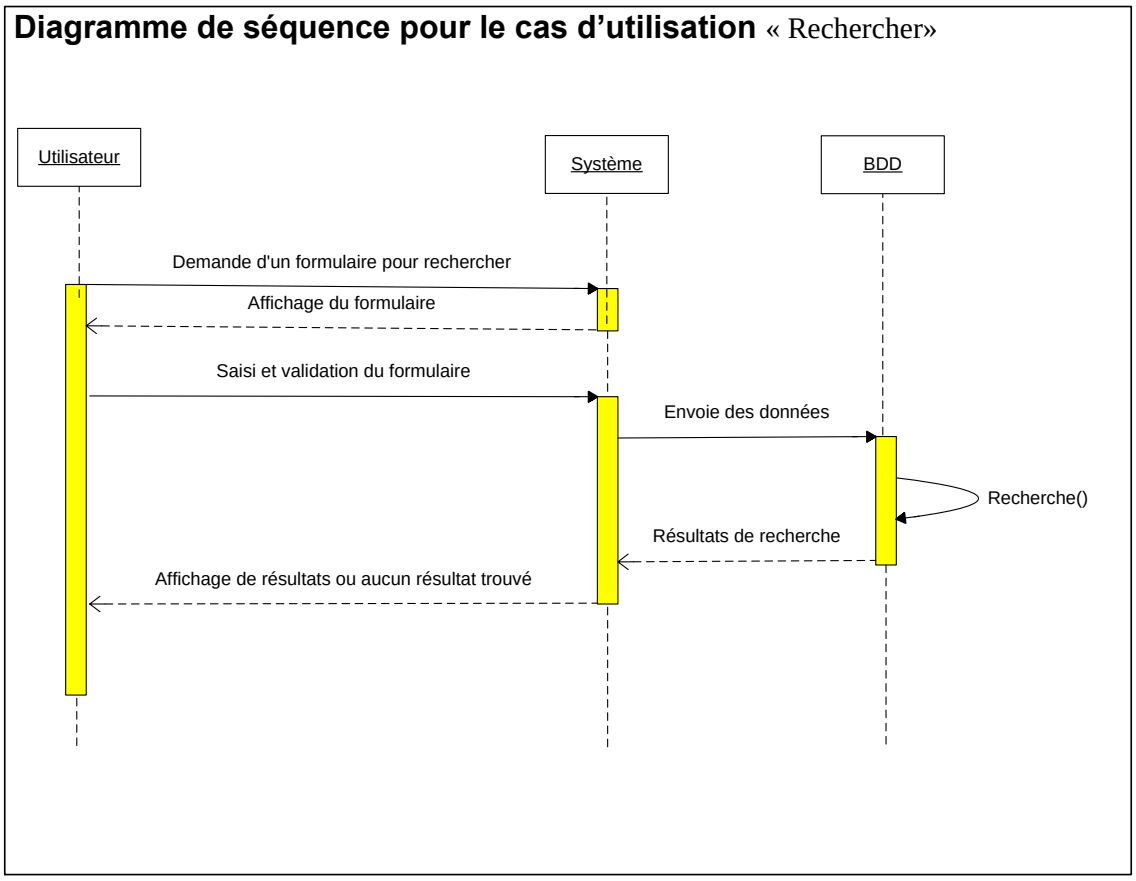


Figure 4:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « Rechercher»

III.5.3. Diagramme de séquence pour ajouter

L'utilisateur après avoir s'authentifier, demande au système un formulaire d'ajout, le système lui renvoie le formulaire et il saisit et valide les données, le système envoie alors les données à la base de données qui, par la suite les stocke. Le système envoie enfin à l'utilisateur un message de confirmation d'enregistrement.

Voici ci-dessous le diagramme de séquence pour ajouter.

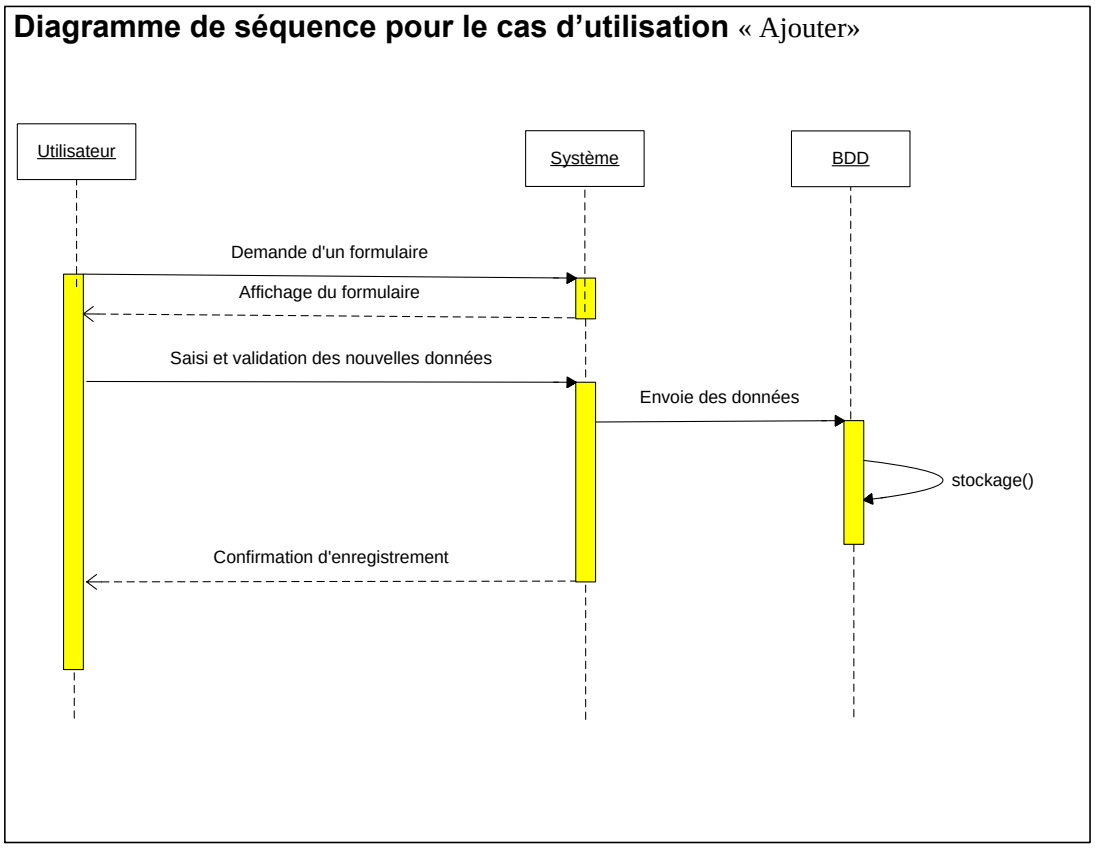


Figure 5:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « Ajouter»

III.5.4. Diagramme de séquence suppression

L'utilisateur étant connecté, il demande au système un formulaire pour supprimer un élément. Le système renvoie le formulaire, l'utilisateur saisit l'identifiant de la donnée et valide, le système demande la recherche à la base de donnée et puis la base de données charge la donnée. En cas d'inexistence de la donnée, le système envoie à l'utilisateur un message d'erreur et si la donnée est trouvée, il y a affichage de la donnée. L'utilisateur confirme la suppression. Le système soumet la requête. La base de données exécute la suppression de la donnée. Voici ci-dessous le diagramme de séquence de suppression.

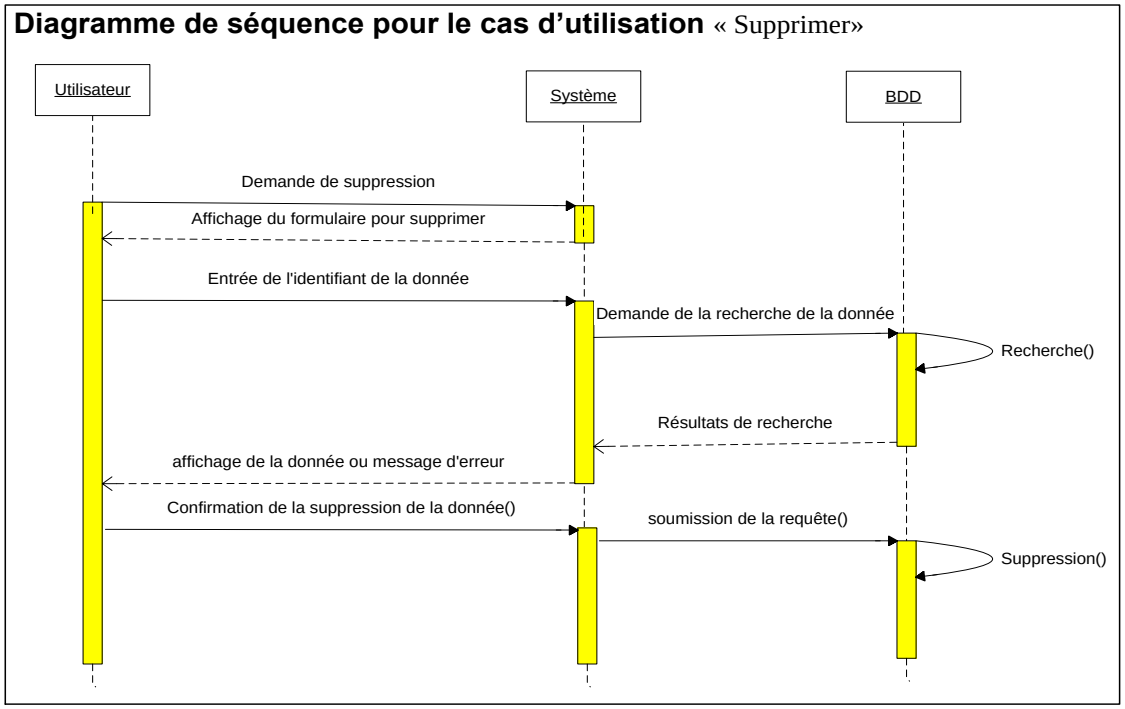


Figure 6:Diagramme de séquence pour le cas d'utilisation « supprimer»

III.6 Diagramme de classes

Le diagramme de classes est considéré comme le plus important de la modélisation orientée objet, il est le seul obligatoire lors d'une telle modélisation. Alors que le diagramme de cas d'utilisation montre un système du point de vue des acteurs, le diagramme de classes en montre la structure interne. Il permet de fournir une représentation abstraite des objets du système qui vont interagir pour réaliser les cas d'utilisation. Il est important de noter qu'un même objet peut très bien intervenir dans la réalisation de plusieurs cas d'utilisation. Les cas d'utilisation ne réalisent donc pas une partition des classes du diagramme de classes. Un diagramme de classes n'est donc pas adapté (sauf cas particulier) pour détailler, décomposer, ou illustrer la réalisation d'un cas d'utilisation particulier.

Il s'agit d'une vue statique, car on ne tient pas compte du facteur temporel dans le comportement du système. Le diagramme de classes modélise les concepts du domaine d'application ainsi que les concepts internes créés de toutes pièces dans le cadre de l'implémentation d'une application. Chaque langage de Programmation orienté objet donne un moyen spécifique d'implémenter le paradigme objet mais le diagramme de classes permet de modéliser les classes du système et leurs relations indépendamment d'un langage de programmation particulier.

Les principaux éléments de cette vue statique sont les classes et leurs relations : association, généralisation et plusieurs types de dépendances, telles que la réalisation et l'utilisation [8].

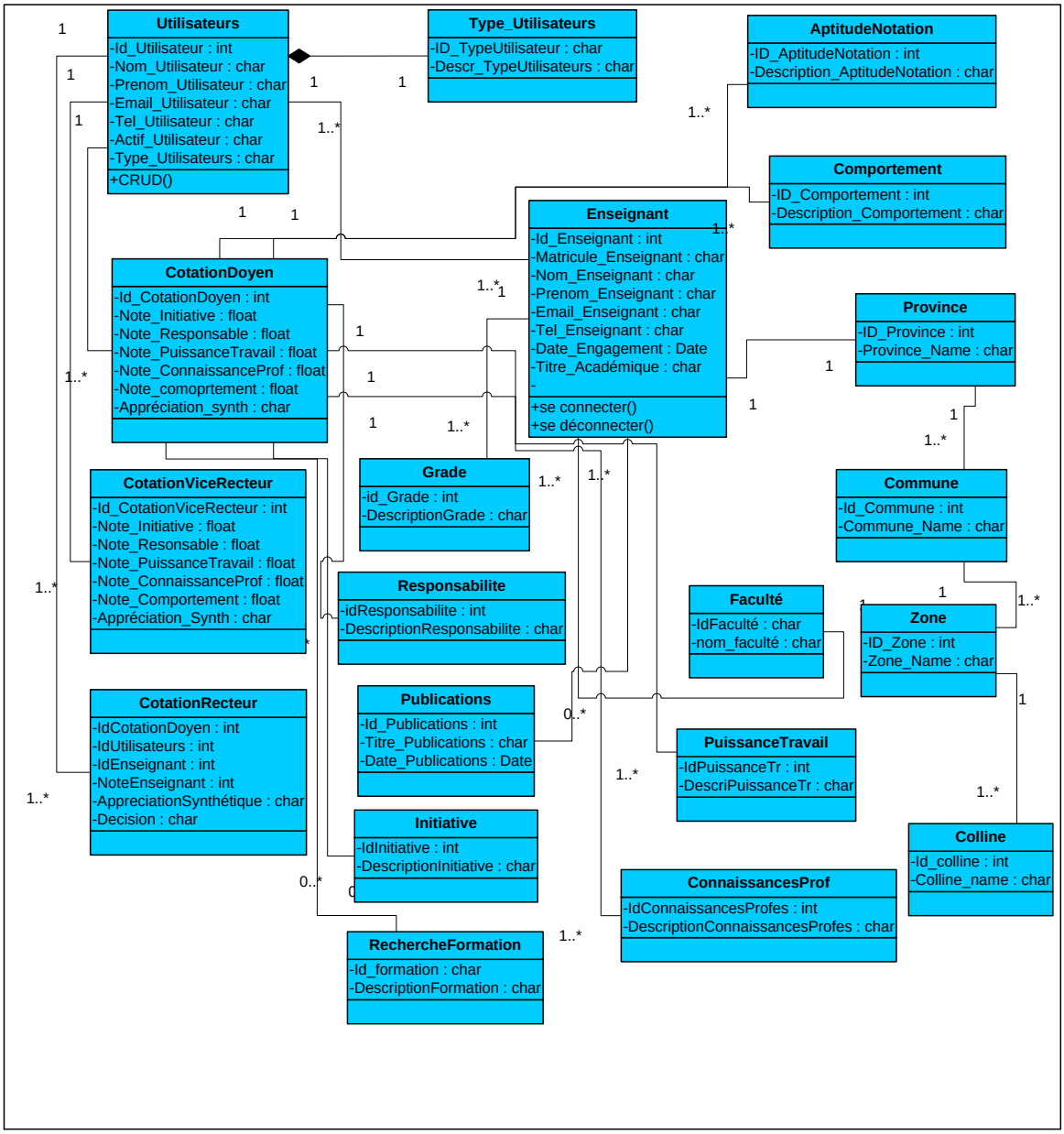


Figure 7:Diagramme de Classes du module d'aide à la prise de décision

III.7. Conclusion

A l'issu de ce chapitre, nous nous sommes familiarisé avec l'outil de modélisation UML d'une part et d'autre part, avec la démarche du processus de création de certains diagrammes qui va nous guider dans la réalisation des prochaines étapes de notre projet.

Chapitre IV: Outils mathématiques de classification supervisée et d'aide à la prise de décision dans les systèmes automatisés.

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter différentes méthodes de classification avant de présenter celle faisant l'objet de cette étude, à savoir la classification supervisée bayésienne. Il présente de ce fait la classification des enseignants cotés sur base du théorème probabiliste de bayes, classification qui va permettre de réaliser le calcul de la probabilité d'appartenir dans une catégorie d'enseignants appréciés à l'avancement de grade ou pas sachant son ancienneté, son grade actuel, ses publications et la mérité obtenue. Cette méthode mathématique procédera à poser des hypothèses de sortie selon les classes de sortie que nous avons et le critère d'appartenance est déterminée par une plus grande valeur de sortie entre ces hypothèses posées.

IV.2 Généralités sur la classification des données ou des objets

La classification de données est une problématique très connue dans le monde scientifique, car elle est à l'origine de nombreuses applications. Aujourd'hui on la rencontre dans des domaines très variés, tel que le domaine médical, industriel, de la sécurité, etc. Pour tenter de répondre à cette problématique, le monde scientifique et académique a proposé de nombreux systèmes essayant de prendre en compte au mieux les caractéristiques spécifiques des applications (gestion de l'incertitude, du manque d'information, etc.). Les systèmes de classification existants s'appuient sur divers formalismes mathématiques pour tenter de représenter et manipuler au mieux les données ainsi que la relation qui les lie aux classes à identifier [26].

Même si de nombreux systèmes sont disponibles aujourd'hui, une solution complète et globale permettant de résoudre la difficile tâche de classification de données" dans toutes les situations n'existe pas. Sa recherche est d'ailleurs très certainement utopique. Par contre, le fait de bien maitriser le comportement d'une approche permet de l'utiliser à bon escient. Ces travaux se placent pleinement dans cet état d'esprit et vise à découvrir le potentiel d'une nouvelle approche sur des problématiques de classification de données.

Mentalement, le processus de classification peut se concevoir assez simplement avec une étape de récolte, de mesure, d'analyse d'information suivie d'une étape de synthèse et de prise de décision. L'homme est habitue à cette approche car il la pratique couramment dans sa vie de tous les jours voire même inconsciemment. Sa transposition dans un système informatique fait rapidement apparaitre des difficultés, notamment liées à la recherche d'une représentation formelle de concepts principalement quantitatifs et abstraits. Dans ce contexte, les travaux présentes se concentrent principalement sur le processus d'apprentissage des paramètres des systèmes de classification et laissera de cote les aspects extraction des données d'apprentissage et choix du modèle mathématique de représentation.

IV.2.1 Problématique de la classification de données

L'activité qui consiste à classer " ou classifier" des objets se rencontre dans de nombreuses applications de la vie quotidienne. Cette tache de classification n'est d'ailleurs pas toujours exprimée dans des termes scientifiques. En effet toutes les situations de la vie courante qui mènent à faire un choix passent par une catégorisation des différentes solutions envisageables sans pour autant "mathématiser" le problème. Acheter des habits, chercher son chemin, organiser sa journée sont des

exemples simples quotidiens où l'homme initie de façon intuitive un mécanisme de classification lui permettant de faire les bons choix [26].

Cette activité de classification passe toujours par la recherche de critères pertinents dérivant de la situation étudiée, en vue de prendre une bonne décision. Ces critères, généralement subjectifs dans le cas du raisonnement humain sont devenus numérisables au fil de l'évolution technologique. Ainsi le besoin d'outils scientifiques est apparu afin de réaliser ces classifications.

Généralement, la classification peut être vue comme l'affectation d'un objet a un groupe. Le but est de séparer les entités à classifier selon des critères qui permettent d'obtenir d'une part des groupes uniformes d'un certain point de vue et d'autre part une différence claire entre deux groupes distincts [26].

IV.2.2 Illustration à l'aide d'un exemple de notre projet

Considérons un exemple simple pour illustrer cette problématique de classification de données.

Soit pour notre cas de l'université du Burundi qui doit évaluer et classifier ses enseignants chaque année. Dans ce contexte, une hiérarchie de notation doit associer à chaque enseignant qui se présente l'une des cinq classes suivantes : Elite, très bon, bon, assez bon ou Insuffisant. Cela revient en fait à grouper tous les enseignants selon des principes de similarité dans cinq catégories. Afin d'atteindre son but, la commission hiérarchique utilise des informations liées à l'activité antérieure des enseignants (Initiative, comportement, activités diverses, recherches, formations, publications, responsabilité etc.), mais aussi des informations issues d'un entretien avec l'enseignant et les autres corps hiérarchiques. Dans ce contexte, chaque membre du jury peut fournir un classement selon les points qu'il considère importants et la décision finale sera prise en tenant compte de toutes ces données.

On dispose donc d'un ensemble d'objets d'étude, qui est la totalité des enseignants, des catégories de grade et d'un ensemble de groupes, qui sont les cinq classes proposées : "Elite, très bon, bon, assez bon ou insuffisant". La prise de décision, qui est le cœur du processus, correspond à l'activité de la commission de notation.

Cette dernière doit, à partir des différentes informations disponibles et la moyenne reçue sur les différentes appréciations, faire un choix pour chaque enseignant. Un problème typique peut déjà être évoqué : quelle information est pertinente et donc doit être utilisée afin de prendre une décision ? Cette information est dans ce cas liée aux performances précédentes de l'enseignant à partir de la moyenne reçue etc. Ces différents aspects de l'information s'appellent attributs". Par exemple, un attribut peut être la note obtenue par l'enseignant à un critère considéré important pour son activité future, mais aussi une appréciation générale des membres du jury de notation par rapport à ce critère.

Un autre aspect du problème qui survient alors concerne les différentes représentations possibles des attributs. Pour l'application présentée, les attributs peuvent avoir des formats différents : linguistique (s'ils sont issus des projets réalisés, des avis du jury, etc.), ou numérique (comme les notes obtenues pendant le parcours de l'enseignant).

Afin d'obtenir les cinq classes et les grades, il faut intégrer dans le système de prise de décision toutes ces formes d'information différentes.

IV.2.3.Classification dans le processus mental

Lorsqu'il est mis en situation de prendre une décision, l'être humain construit d'une manière inconsciente et intuitive un système de prise de décision qui est illustré dans la figure ci-dessous.

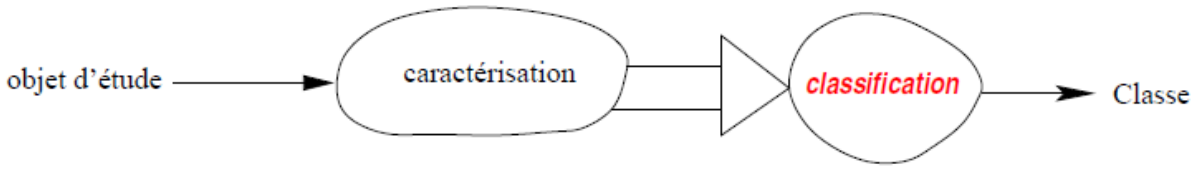


Figure 8:Classification dans le processus mental

Tout d'abord, le sujet humain est confronté avec l'objet d'étude, qui est en fait l'objet de la décision qui doit être prise (enseignant à avancer de grade, habits à acheter, chemin à choisir, tâches à accomplir, etc.). Puis, en utilisant des connaissances qu'il a accumulé tout au long de sa vie, il associe à cet objet des caractéristiques qui lui permettent de le positionner par rapport à des objets "Référence" qu'il connait et qu'il est capable de situer parmi les classes de décision. Ensuite, il compare ces caractéristiques avec les caractéristiques des objets référencés qui sont conformes à ses souhaits (objectifs qualitatifs). Si cette comparaison est positive l'être humain prend la décision d'accepter l'objet d'étude comme conforme à ses exigences, autrement l'objet est rejeté.
Les systèmes automatiques de classification essayent d'imiter ce comportement et d'obtenir des résultats au moins aussi pertinents qu'un expert humain. Afin d'atteindre ce but, les processus actifs de la prise de décision humaine sont automatises, comme illustre la figure ci-dessous [32].

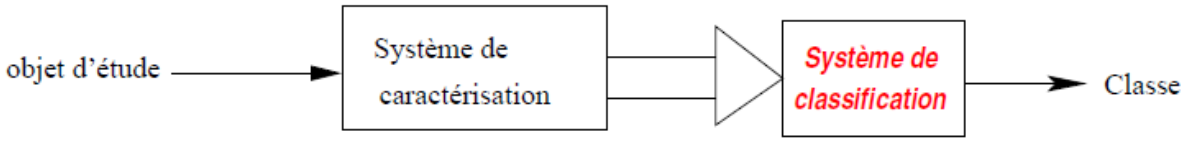


Figure 9: Processus actifs de la prise de décision humaine

IV.3. Objectifs et bénéfices d'une classification automatique

Rappelons que la classification automatique est un processus qui permet de regrouper des données dans des ensembles ou classes tel que les éléments d'une classe aient les mêmes caractéristiques alors que la séparation entre les classes doit être totale. Pour réaliser une classification automatique il existe plusieurs méthodes que l'on peut distinguer selon que l'on dispose de toutes les informations a priori sur les données. Dans ce cas, la classification automatique est dite supervisée [9].
De nombreux domaines d'application utilisent les systèmes de classification. Afin d'offrir une vision d'ensemble sur les applications concrètes de la classification, on propose de grouper ces applications selon leurs objectifs.
On peut ainsi énumérer de façon systématique les bénéfices qui peuvent être obtenus par l'utilisation d'un système adéquat bien maitrise. Les objectifs principaux de la classification seront présents de manière succincte, des détails pouvant être trouves dans les références indiquées. Pour chaque application particulière, il y a généralement des méthodes qui sont privilégiées par les experts du domaine. En fait les algorithmes qui se trouvent à la base d'une méthode de classification sont plus Ou moins adaptes a un type de données, et finalement à une application particulière [26].

IV.3.1. Optimiser les couts d'une expertise délicate

On peut utiliser la classification de données afin d'aider à la prise de décision dans des domaines ou le cout (financier, humain, etc.) d'une décision erronée est très élevé. Une évaluation automatisée est utile, pas nécessairement pour établir la direction qui doit être poursuivie, mais pour indiquer un possible degré d'intérêt pour les différentes directions envisageables [26].

IV.3.2. Améliorer la production et la productivité

La classification de données peut aussi être appliquée dans différents domaines de l'industrie comme le contrôle de la qualité, en particulier pour la détection préventive de défauts. Le but de la classification est dans cette situation d'identifier les défauts ou les pièces sur le point de se dérégler, ce qui n'est pas toujours évident. La détection et la prédiction des défauts dans les systèmes industriels avant leur plein avancement peut permettre la programmation des réparations au moment le plus approprié, la commande des pièces à remplacer avant leur panne et ainsi la réduction des
Arrêts inattendus dans la production [17]. Un autre avantage important est la possibilité d'éviter les accidents de travail. Pour une application dans le domaine de l'agriculture, il est possible d'analyser les animaux et/ou les plantes et de maximiser les bénéfices en choisissant les éléments qui sont les plus performants selon un critère.

IV.3.3. Sécuriser les données et les objets

La classification de données intervient également dans le domaine de la sécurité. On peut citer d'abord les applications militaires, les accès sécurisent à l'information gouvernementale et à l'information confidentielle des grandes compagnies. Malheureusement, on n'a pas beaucoup d'information sur les solutions adoptées, parce que toutes les organisations qui s'occupent de ce type d'applications essaient de garder le secret sur leurs méthodes et outils. Généralement, trois niveaux de sécurité existent : confidentiel, secret et secret strict. C'est au classifieur de décider le niveau de sécurité qui s'applique à chaque document ou n'importe quelle autre forme d'information qui existe dans la base de données [17].

IV.4. Différents types de classification automatique

L'objectif de la classification est d'identifier les classes auxquelles appartiennent des objets à partir de traits descriptifs (attributs, caractéristiques, etc.). On distingue essentiellement deux types de classification : supervisée et non-supervisée.

Classification non-supervisée

Cette classification est aussi appelée "classification automatique", "clustering" ou encore "regroupement". Dans ce type de classification on est amené à identifier les populations d'un ensemble de données. On suppose qu'on dispose d'un ensemble d'objets que l'on note par X = {x1, x2, ..., xN} caractérisé par un ensemble de descripteurs D, l'objectif du clustering est de trouver les groupes auxquels appartiennent chaque objet x qu'on note par C = {C1, C2, ..., Cn}. Ce qui revient à déterminer une fonction notée Ys^{-} qui associe à chaque élément de X un ou plusieurs éléments de C. Il faut pouvoir affecter une nouvelle observation à une classe. Les observations disponibles ne sont pas initialement identifiées comme appartenant à telle ou telle population. L'absence d'étiquette de classe est un lourd handicap qui n'est que très partiellement surmontable. Seule l'analyse de la répartition spatiale des observations peut permettre de "deviner" où sont les véritables classes. Les deux difficultés essentielles que rencontre la classification non supervisée sont les suivantes :

S'il est naturel de reconnaître comme "appartenant à une même classe" des observations regroupées dans une même zone de forte densité, il n'en est pas de même dans des zones de faible densité. En particulier, on peut s'attendre à ce que la définition de frontières entre les classes soit sujette à caution, et pour le moins hasardeuse.

L'œil humain est un extraordinaire outil de classification non supervisée. Malheureusement, il n'est opérationnel que pour des données bidimensionnelles, alors que les données que rencontre l'analyste sont couramment décrites par des dizaines de variables ou plus. Il s'avère que reproduire les performances de l'œil humain dans des espaces de grande dimension est un exploit aujourd'hui hors d'atteinte des machines. Parmi les méthodes non-supervisées les plus utilisées, citons deux types d'approches : les centres mobiles (k-means) et la classification hiérarchique [33].

Classification supervisée

Dans le contexte supervisé on dispose déjà d'exemples dont la classe est connue et étiquetée. Les données sont donc associées à des labels des classes notés Θ = {q1, q2, ..., qn}. L'objectif est alors d'apprendre à l'aide d'un modèle d'apprentissage des règles qui permettent de prédire la classe des nouvelles observations ce qui revient à déterminer une fonction Cl qui à partir des descripteurs (D) de l'objet associe une classe qi et de pouvoir aussi affecter toute nouvelle observation à une classe parmi les classes disponibles. Ceci revient à la fin à trouver une fonction qu'on note Ys qui associe chaque élément de X un élément de Q. On construit alors un modèle en vue de classer les nouvelles données. Parmi les méthodes supervisées on cite : les k-plus proches voisins, les arbres de décision, les réseaux de neurones, les machines à support de vecteurs (SVM) et les classificateurs de Bayes. Quel que soit le type de la classification, on est confronté à différents problèmes. Dans le cas supervisé, un problème important peut être le manque de données pour réaliser l'apprentissage ou la disponibilité de données inadéquates par exemple incertaines et imprécises ce qui empêche la construction d'un modèle correct. Pour la classification non-supervisée, la délimitation des frontières entre les classes n'est pas toujours franche et reconnaissable. Indépendamment du type de classification, les données multi dimensionnelles, ou encore la dépendance des méthodes de classification aux paramètres initiaux comme le nombre de classes peuvent poser problèmes. Afin de mesurer les performances des approches, on cherche à trouver des critères Combinaison crédibiliste de classification supervisée et non-supervisée sur la qualité des résultats. Généralement nous avons recours à des indices qu'on appelle indices de validité. Il faut choisir l'indice le plus adéquat aux données ; il n'y a pas d'indice standard [33].

IV.5. Méthodes de classification supervisée

Actuellement il existe plusieurs méthodes de classification supervisée. Certaines sont utilisées couramment dans les domaines de reconnaissances de formes d'autres dans l'optimisation et prise de décision. Par ailleurs ces méthodes peuvent être classées suivant leurs formes ou suivant le degré de complexité. Ces derniers sont entre autres :

- Boosting.
- Machine à vecteurs de support.
- Mélanges de lois.
- Réseau de neurones artificiels.
- Méthode des k plus proches voisins.
- Arbre de décision.
- Classification naïve bayésienne.
- Inférence grammaticale.

- Espace de versions.
- Etc.

Dans le sous chapitre qui suit nous allons fournir une brève description de chacune d'elles.

IV.5.1. Méthode de classification supervisée Boosting

Le boosting est un domaine de l'apprentissage automatique (branche de l'intelligence artificielle). C'est un principe qui regroupe de nombreux algorithmes qui s'appuient sur des ensembles de classifieurs binaires : le boosting optimise leurs performances.

Le principe est issu de la combinaison de classifieurs (appelés également hypothèses). Par itérations successives, la connaissance d'un classifieur faible est ajoutée au classifieur final.

On appelle apprenant faible un algorithme qui fournit des classifieurs faibles, capables de reconnaître deux classes au moins aussi bien que le hasard ne le ferait (c'est-à-dire qu'il ne se trompe pas plus d'une fois sur deux en moyenne, si la distribution des classes est équilibrée). Le classifieur fourni est pondéré par la qualité de sa classification : mieux il classe, plus il sera important. Les exemples mal classés sont *boostés* pour qu'ils aient davantage d'importance vis-à-vis de l'apprenant faible au prochain tour, afin qu'il pallie le manque [33].

IV.5.2. Méthode de classification supervisée Machines à vecteurs de support

Les machines à vecteurs de support ou séparateurs à vaste marge (en anglais *support vector machine*, SVM) sont un ensemble de techniques d'apprentissage supervisé destinées à résoudre des problèmes de discrimination et de régression. Les SVM sont une généralisation des classifieurs linéaires.

Les séparateurs à vaste marge ont été développés dans les années 1990 à partir des considérations théoriques de Vladimir Vapnik sur le développement d'une théorie statistique de l'apprentissage : la théorie de Vapnik-Chervonenkis. Ils ont rapidement été adoptés pour leur capacité à travailler avec des données de grandes dimensions, le faible nombre d'hyperparamètres, leurs garanties théoriques, et leurs bons résultats en pratique.

Les SVM ont été appliqués à de très nombreux domaines (bio-informatique, recherche d'information, vision par ordinateur, finance…). Selon les données, la performance des machines à vecteurs de support est de même ordre, ou même supérieure, à celle d'un réseau de neurones ou d'un modèle de mélanges gaussiens [33].

IV.5.3. Méthode de classification supervisée Modèle de mélange

En statistiques, un modèle de mélange est un modèle statistique permettant de modéliser différentes sous-populations dans la population globale sans que ces sous-populations soient identifiées dans les données par une variable observée [33].

IV.5.4. Méthode de classification supervisée Méthode des *k* plus proches voisins

En intelligence artificielle, plus précisément en apprentissage automatique, la méthode des *k* plus proches voisins est une méthode d'apprentissage supervisé. En abrégé k-NN ou KNN, de l'anglais k-nearest Neighbors.

Dans ce cadre, on dispose d'une base de données d'apprentissage constituée de *N* couples « entrée-sortie ». Pour estimer la sortie associée à une nouvelle entrée *x*, la méthode des *k* plus proches voisins consiste à prendre en compte (de façon identique) les *k* échantillons d'apprentissage dont l'entrée est la plus proche de la nouvelle entrée *x*, selon une distance à définir. Puisque cet algorithme est basé sur la distance, la normalisation peut améliorer sa précision.

Par exemple, dans un problème de classification, on retiendra la classe la plus représentée parmi les *k* sorties associées aux *k* entrées les plus proches de la nouvelle entrée *x*.

En reconnaissance de forme, l'algorithme des *k* plus proches voisins (*k*-NN) est une méthode non paramétrique utilisée pour la classification et la régression. Dans les deux cas, il s'agit de classer l'entrée dans la catégorie à laquelle appartiennent les k plus proches voisins dans l'espace des caractéristiques identifiées par apprentissage. Le résultat dépend si l'algorithme est utilisé à des fins de classification ou de régression. En classification *k*-NN, le résultat est une classe d'appartenance. Un objet d'entrée est classifié selon le résultat majoritaire des statistiques de classes d'appartenance de ses k plus proches voisins, (*k* est un nombre entier positif généralement petit). Si $k = 1$, alors l'objet est affecté à la classe d'appartenance de son proche voisin. En régression *k*-NN, le résultat est la valeur pour cet objet. Cette valeur est la moyenne des valeurs des k plus proches voisins.

La méthode *k*-NN est basée sur l'apprentissage préalable, ou l'apprentissage faible, où la fonction est évaluée localement, le calcul définitif étant effectué à l'issue de la classification. L'algorithme *k*-NN est parmi les plus simples des algorithmes de machines Learning.

Que ce soit pour la classification ou la régression, une technique efficace peut être utilisée pour pondérer l'influence contributive des voisinages, ainsi les plus proches voisins contribuent-ils plus à la moyenne que les voisins plus éloignés. Pour exemple, un schéma courant de pondération consiste à donner à chaque voisin une pondération de $1/d$, ou d est la distance de l'élément, à classer ou à pondérer, de ce voisin.

Les voisins sont pris depuis un ensemble d'objets pour lesquels la classe (en classification k-NN) ou la valeur (pour une régression *k*-NN) est connue. Ceci peut être considéré comme l'ensemble d'entraînement pour l'algorithme, bien qu'un entraînement explicite ne soit pas particulièrement requis.

Une particularité des algorithmes *k*-NN est d'être particulièrement sensible à la structure locale des données [33].

IV.5.5. Méthode de classification supervisée Arbre de décision

Un arbre de décision est un outil d'aide à la décision représentant un ensemble de choix sous la forme graphique d'un arbre. Les différentes décisions possibles sont situées aux extrémités des branches (les « feuilles » de l'arbre), et sont atteintes en fonction de décisions prises à chaque étape. L'arbre de décision est un outil utilisé dans des domaines variés tels que la sécurité, la fouille de données, la médecine, etc. Il a l'avantage d'être lisible et rapide à exécuter. Il s'agit de plus d'une représentation calculable automatiquement par des algorithmes d'apprentissage supervisé.

Les arbres de décision sont utilisés dans des domaines d'aide à la décision (par exemple l'informatique décisionnelle) ou l'exploration de données. Ils décrivent comment répartir une population d'individus (clients d'une entreprise, utilisateurs d'un réseau social, …) en groupes homogènes selon un ensemble

de variables discriminantes (âge, temps passé sur un site Web, catégorie socio-professionnelle, …) et en fonction d'un objectif fixé (aussi appelé « variable d'intérêt » ou « variable de sortie » ; par exemple : chiffre d'affaires, probabilité de cliquer sur une publicité, …). Par exemple, l'arbre de décision ci-dessous (tiré de l'ouvrage de Quilan) illustre le cas où l'on cherche à prédire le comportement de sportifs (la variable à prédire *Jouer* prenant l'une des deux valeurs « oui » ou « non ») en fonction de données météorologiques (Ensoleillement, Température, Humidité ou Vent), appelées variables prédictives[33].

IV.5.6. Méthode de classification supervisée Espace de versions

Espace de versions est un dispositif utilisé en apprentissage supervisé pour induire des concepts généraux ou des règles à partir d'un ensemble mêlant des exemples vérifiant la règle qu'on cherche à établir et des contre-exemples ne la vérifiant pas. L'espace de versions au sens restreint est l'ensemble des hypothèses cohérentes avec le jeu d'exemples. La technique des espaces de versions a été proposée pour la première fois par Tom Mitchell en 1978 [33].

IV.5.7. Méthode de classification supervisée Réseaux bayésiens

Les RB sont des modèles qui permettent de représenter des situations de raisonnement probabilistes basé sur le théorème de Bayés exprimé par la formule ci-dessous et ce à partir de connaissances incertaines.

$$P(A/B) = \frac{P(B).P(B/A)}{P(A)}$$

Ainsi, les RB associent une partie qualitative que sont les graphes et une partie quantitative représentant les probabilités conditionnelles associées à chaque nœud du graphe relativement au parent [18].

Par conséquent, en présence d'un ensemble d'apprentissage, la seule opération à faire est de calculer les probabilités conditionnelles en appliquant la règle de décision « d » de Bayes comme suit : d(X)= argmax P (Classe/X).

IV.6. Modélisation du nouveau système avec la classification bayésienne

IV.6.1. Choix de la classification bayésienne

La classification bayésienne est un outil de classification statistique qui performe une prédiction probabiliste tels que prévoir une probabilité d'appartenance à une classe [26]. Il est basé sur le théorème de Bayes, comparable à d'autres méthodes de classification tels que l'arbre de décision et les réseaux de neurones.

IV.6.2. Fonctionnement de la classification bayésienne.

Soit un échantillon d'apprentissage composé de :

1. P variables explicatives notées X_1, X_2,……, X_P ;
2. Une variable décisionnelle qualitative notée Y ayant k modalités de classe noté C_1, C_2,…, C_k (si Y est binaire on aura 2 classes (C_1 et C_2)
3. N individus I_1, I_2, …, I_n.
   Soit I_{n+1} un nouveau individu dont on connait les valeurs de ses P variables explicatives X_1, X2,…..Xp dont sa classe de sortie est inconnue.

Etant donné une base de données d'apprentissage noté D composé de n individus dont on cherche à classer $I_{n+1.}$ La probabilité a postériori d'une hypothèse H,

P (H/I_{n+1}) se calcule sur la base du théorème de Bayes tels que :

P (H/I_{n+1}) $=\frac{P(In+1/H)P(H)}{P(In+1)}$.

I_{n+1} appartient à la classe ayant la probabilité la plus élevée.

Si P (C_1/I_{n+1}) > P (C_2/ I_{n+1}), I_{n+1} appartient à la classe C_1 sinon à la classe $C_{2.}$

Comme hypothèse de simplification, on suppose que tous les attributs sont conditionnellement indépendants d'où :

P (I_{n+1}/C_i) $=\boldsymbol{\pi}^n_{k=1}$ P (X_k/C_i) = P (X_1/C_i)* P (X_2/C_i)* ……* P (X_n/C_i) ceci pour réduire le cout de calcul.

IV.6.3. Application du théorème de Bayes sur le système d'évaluation des enseignants de l'Université du Burundi

L'université du Burundi fait l'évaluation du personnel enseignant pour chercher à découvrir et à classifier les caractéristiques propres de chaque enseignant, à estimer la valeur relative de la personnalité de chacun en fonction de sa tâche. Elle porte sur l'exécution de la tâche et sur les qualités et aptitudes que celle-ci requiert. Après le chef compétent du 3 ^{eme} degré décidera si l'enseignant pourra avancer de grade ou pas. La problématique est de savoir la probabilité pour qu'un enseignant avance de grade ou pas sachant son ancienneté, son grade actuel, les recherches et publications qu'il a fait et le mérité obtenu après l'évaluation de toute la hiérarchie chargée de la notation du personnel enseignant. Pour résoudre ce problème nous allons nous référer sur la classification bayésienne.

On détermine d'abord les variables explicatives (X_1, X_2,……, X_P).

Pour notre système les variables explicatives sont : ancienneté, grade actuel ou niveau de diplôme, les publications ou recherches et l'appréciation du mérité obtenu.

A chaque variable on aura des modalités :

Les variables (X_1, X_2,……, X_P).	Les modalités
X1 : Ancienneté	Nouveau
	Ancien
X_2 : Grade actuel ou Niveau de diplôme	Assistant
	Maitre-assistant
	Chargé de l'Enseignement
	Chargé de cours
	Professeur associé
	Professeur ordinaire
X_3 : Les publications ou recherches	Oui
	Non
X_4 : Appréciation du Mérite	Elite
	Très Bon
	Bon
	Assez bon
	Insuffisant

Table 9:Tableau des variables et leurs modalités

- On détermine aussi une variable décisionnelle qualitative ayant k modalités de classe C_1, C_2,…..C_K.

Pour notre système la variable décisionnelle est binaire soit le oui ou non c'est à dire la décision si l'enseignant pourra avancer de grade ou pas dont on aura les 2 classes (C_1 et C_2).

- On prend n enseignants d'apprentissage I_1, I2,….,I_n et on cherche à classer l'enseignant I_{n+1} dont on connait les valeurs de ses P variables explicatives X_1,X_2,…,X_P influençant la classification d'un enseignant ainsi que ses modalités.
- On se donne deux hypothèses H_1 et H_2 :
  H_2: P (I_{n+1} € C_2/ X_1^{n+1} , X_2^{n+1} ,….., X_p^{n+1})

Par conséquent, en présence d'un ensemble d'apprentissage, la seule opération à faire est de calculer les probabilités conditionnelles en appliquant la règle de décision « d » de Bayes comme suit :

d(X)= argmax P (C_i /X) pour prendre la décision de I_{n+1} appartient à la classe ayant la probabilité la plus élevée donc Si P (C_1/I_{n+1}) > P (C_2/ I_{n+1}), I_{n+1} appartient à la classe C_1 sinon à la classe C_2.

IV.6.4 Echantillon des données d'apprentissage pour le nouveau système avec le classificateur bayésien naïf.

Soit un échantillon de I_n= 14 bulletins de notation considérés comme données d'apprentissage afin d'aider à prendre une décision pour les nouveaux enseignants qui seront cotés dont on déterminera le classement de I_{n+1} enseignant (I_{15}). A base de ces données on va appliquer le théorème de Bayes et prendre une décision si les enseignants à coter avanceront de grade sachant ses variables explicatives et ses modalités qui nous aidera à déterminer leurs probabilités. On a déterminé aussi quatre variables X_1, X_2, X_3 et X_4.

X1 : Ancienneté
X2 : Grade actuel ou niveau d'étude
X3 : Recherches et Publications
X4 : Mérite obtenu

Voici le tableau des données d'apprentissage :

	IdEnseignant	X1	X2	X3	X4	Y
I1	1	Nouveau	P.A	Non	Tres Bon	Non
I2	2	Nouveau	P.O	Non	Assez Bon	Non
.	3	Ancien	C.C	Non	Bon	Oui
.	4	Ancien	C.E	Non	Bon	Oui
.	5	Ancien	P.O	Oui	Elite	Oui
.	6	Ancien	M.A	Oui	Insufisant	Non
.	7	Ancien	M.A	Oui	Assez Bon	Oui
.	8	nouveau	C.E	Non	Bon	Non
.	9	nouveau	A	Oui	Tres Bon	Oui
.	10	Ancien	C.E	Oui	Elite	Oui
.	11	nouveau	C.C	Oui	Assez Bon	Non
.	12	nouveau	C.E	Non	Bon	Oui
.	13	Ancien	P.A	Oui	Bon	Oui
In=14	14	Ancien	A	Non	Insufisant	Non
In+1	15	nouveau	C.E	Oui	Bon	?

Table 10 : Données d'apprentissage

On cherche à classer l'enseignant I_{n+1} =15.

La classificateur bayésien naïf donne les tableaux de contingence suivant :

Attributs	Modalités	Avancement de grade		Total
		OUI	NON	
X_1	Nouveau	2	4	6
	Ancien	6	2	8
X_2	Assistant	1	1	2
	Maitre-Assistant	1	1	2
	Chargé d'Enseignement	3	1	4
	Chargé de Cours	1	1	2
	Professeur Associé	1	1	2
	Professeur Ordinaire	1	1	2
X_3	Oui	5	2	7
	Non	3	4	7
X_4	Elite	2	0	2
	Très bon	1	1	2
	Bon	4	1	5
	Assez Bon	1	2	3
	Insuffisant	0	2	2
Total		**8**	**6**	**14**

Table 11: Tableaux de contingence

Le tableau de contingence est composé par quatre tableaux suivant le nombre de variables explicatives que nous avons. C'est-à-dire que le total des données de sortie pour la variable décisionnelle est proportionnel au nombre de bulletins de cotation pris comme données d'apprentissage.

A base de ces tableaux de contingence, on peut calculer les probabilités d'avoir les données de sortie positive ou négative pour chaque modalité qui compose toutes les variables explicatives. Ces probabilités seront utilisés dans le théorème de Bayes afin de comparer les résultats des hypothèses posées et prendre une décision à base d'un meilleur résultat donc la classe qui aura une valeur plus élevée doit être considérée. Pour trouver la probabilité de chaque modalité on prend le nombre de chaque modalité et le divise par le total trouvé pour chaque classe de sortie.

Le tableau suivant illustre les probabilités pour chaque modalité.

Attributs	Modalités	Avancement de grade	
		OUI	NON
X_1	Nouveau	2/8	4/6
	Ancien	6/8	2/6
X_2	Assistant	1/8	1/6
	Maitre-Assistant	1/8	1/6
	Chargé d'Enseignement	3/8	1/6
	Chargé de Cours	1/8	1/6
	Professeur Associé	1/8	1/6
	Professeur Ordinaire	1/8	1/6
X_3	Oui	5/8	2/6
	Non	3/8	4/6
X_4	Elite	4/13	1/11
	Très bon	2/13	2/11
	Bon	5/13	2/11
	Assez Bon	2/13	3/11
	Insuffisant	1/13	3/11

Table 12: Table des probabilités

Sachant ces probabilités nous pouvons calculer les expressions suivantes
P(X/Y=Oui) et P(X/Y=Non).

- P(X/Y=Oui)=P(X1=nouveau/Y=Oui)*P(X2=CE/Y=Oui)*P(X3=Oui/Y=Oui)* P(X4=bon/Y=Oui)

P(X1=nouveau/Y=Oui)= 2/8
P(X2=CE/Y=Oui)= 3/8
P(X3=Oui/Y=Oui)= 5/8
P(X4=bon/Y=Oui)= 5/14
D'où P(X/Y=Oui)= 2/8*3/8*5/8*5/13
= 0.25*0.375*0.625*0.385
=0.036

- P(X/Y=Non)=P(X1=nouveau/Y=Non)*P(X2=CE/Y=Non)*P(X3=Oui/Y=Non)* P(X4=bon/Y=Non)

P(X1=nouveau/Y=Non)= 4/6
P(X2=CE/Y=Non)= 1/6
P(X3=Oui/Y=Non)= 2/6
P(X4=bon/Y=Non)= 2/11
D'où P(X/Y=Non)= 4/6*1/6*2/6*2/11
=0.666*0.1666*0.333*0.1818
=0.0067

Nous avons l'objectif de comparer les hypothèses H1 : P (Y=Oui/X= I_{n+1}) et H2 : P (Y=Non/X= I_{n+1}) et prendre une décision à base d'un meilleur résultat donc la classe qui aura une valeur plus élevée doit être considérée.

On calcule ces probabilités a base du théorème de Bayes.

Donc H1 : $P(Y=Oui/X=I_{n+1}) = \frac{P(X=In+1 / Y=Oui) * P(Y=Oui)}{P(X=In+1)}$

$P(X = In+1 / Y = Oui) = 0.036$

$P(Y = Oui) = 8/14 = 0.5714$

$P(Y=Oui/X=I_{n+1}) = 0.036*0.5714$

$= 0,0205$

Et H2 : $P(Y=Non/X=I_{n+1}) = \frac{P(X=In+1 / Y=Non) * P(Y=Non)}{P(X=In+1)}$

$P(X=I_{n+1} / Y=Non) = 0.0067$

$P(Y=Non) = 6/14 = 0.4258$

$P(Y=Oui/X=I_{n+1}) = 0.0067*0.4258$

$= 0.0028$

Le système essaie de comparer les résultats de deux hypothèses afin de décider si l'enseignant In+1 pourra avancer de Grade ou pas. On remarque que

P (Y=Oui/X= I_{n+1}) > P (Y=Non/X= I_{n+1}). D'où l'enseignant I_{n+1} a la plus grande probabilité d'avancement dans son carrière.

A partir de ces résultats de sortie on peut dire que l'approche bayésienne est envisagée par rapport à d'autres techniques car cet outil permet :

- De recueillir et d'intégrer les connaissances dans le modèle qu'elles soient des données historiques ou empiriques à partir des observations, de retour d'expérience, des statistiques ou des probabilités subjectives, etc.
- De représenter les données sous un modèle graphique probabiliste clair, intuitive et facile à comprendre. Le modèle est capable d'évoluer en fonction des besoins nouveaux ou techniques du système à modéliser.
- D'évaluer, prédire, et diagnostiquer le risque. Il aide aussi à prendre les décisions en utilisant des connaissances du modèle.

IV.7. Conclusion

Nous avons expliqué les différentes méthodes de classification supervisée et montré en détail les réseaux bayésiens et leurs applications dans ce nouveau système au niveau de l'avancement de grade. Nous avons également donné un contexte théorique et pratique dans le calcul bayésien et le raisonnement sous incertitude dans les systèmes automatisés nécessitant une prise de décision.

Chapitre V. Etude, implémentation et présentation des fonctionnalités du nouveau système

V.1 Introduction

Arrivé à ce stade nous pouvons nous estimer heureux, il ne reste qu'à commencer à écrire notre code en se basant sur les résultats obtenus des chapitres précédents. Mais cela se fait en suivant des critères. Nous devons passer par plusieurs jalons pour avoir un produit de bonne qualité.

Nous devons présenter les outils d'implémentation de ce système et donner la comparaison par rapport aux autres.

Ainsi dans ce chapitre nous allons essayer de donner un bref aperçu sur quelques modèles et choisir le modèle à adopter, le choix des outils utilisés pour l'implémentation, présenter les résultats de notre travail, présenter les aspects de la sécurité de notre système et finir par une petite conclusion.

V.2 Modèles de cycles de vie d'un logiciel.

Le cycle de vie d'un logiciel désigne toutes les étapes du développement d'un logiciel, de sa conception à sa disparition. L'objectif d'un tel découpage est de permettre de définir des jalons intermédiaires permettant la validation du développement logiciel, c'est-à-dire la conformité du logiciel avec les besoins exprimés et la vérification du processus de développement, c'est-à-dire l'adéquation des méthodes mises en œuvre.

L'origine de ce découpage provient du constat que les erreurs ont un coût d'autant plus élevé qu'elles sont détectées tardivement dans le processus de réalisation. Le cycle de vie permet de détecter les erreurs au plus tôt et ainsi de maîtriser la qualité du logiciel, les délais de sa réalisation et les coûts associés [10].

Le cycle de vie du logiciel comprend généralement à minima les activités suivantes :

- Définition des objectifs, consistant à définir la finalité du projet et son inscription dans une stratégie globale.
- Analyse des besoins et faisabilité, c'est-à-dire l'expression, le recueil et la formalisation des besoins du demandeur (le client) et de l'ensemble des contraintes.
- Conception générale. Il s'agit de l'élaboration des spécifications de l'architecture générale du logiciel.
- Conception détaillée, consistant à définir précisément chaque sous-ensemble du logiciel.
- Codage (Implémentation ou programmation), soit la traduction dans un langage de programmation des fonctionnalités définies lors de phases de conception.
- Tests unitaires, permettant de vérifier individuellement que chaque sous-ensemble du logiciel est implémenté conformément aux spécifications.
- Intégration, dont l'objectif est de s'assurer de l'interfaçage des différents éléments (modules) du logiciel. Elle fait l'objet de tests d'intégration consignés dans un document.

- Qualification (ou recette), c'est-à-dire la vérification de la conformité du logiciel aux spécifications initiales.
- Documentation, visant à produire les informations nécessaires pour l'utilisation du logiciel et pour des développements ultérieurs.
- Mise en production,
- Maintenance, comprenant toutes les actions correctives (maintenance corrective) et évolutives (maintenance évolutive) sur le logiciel [10].

La séquence et la présence de chacune de ces activités dans le cycle de vie dépend du choix d'un modèle de cycle de vie entre le client et l'équipe de développement.

V.2.1 Modèle de cycle de vie en cascade

Le modèle de cycle de vie en cascade a été mis au point dès 1966, puis formalisé aux alentours de 1970. Dans ce modèle le principe est très simple : chaque phase se termine à une date précise par la production de certains documents ou logiciels. Les résultats sont définis sur la base des interactions entre étapes, ils sont soumis à une revue approfondie et on ne passe à la phase suivante que s'ils sont jugés satisfaisants. Le modèle original ne comportait pas de possibilité de retour en arrière. Celle-ci a été rajoutée ultérieurement sur la base qu'une étape ne remet en cause que l'étape précédente, ce qui est dans la pratique s'avère insuffisant [11].[12]

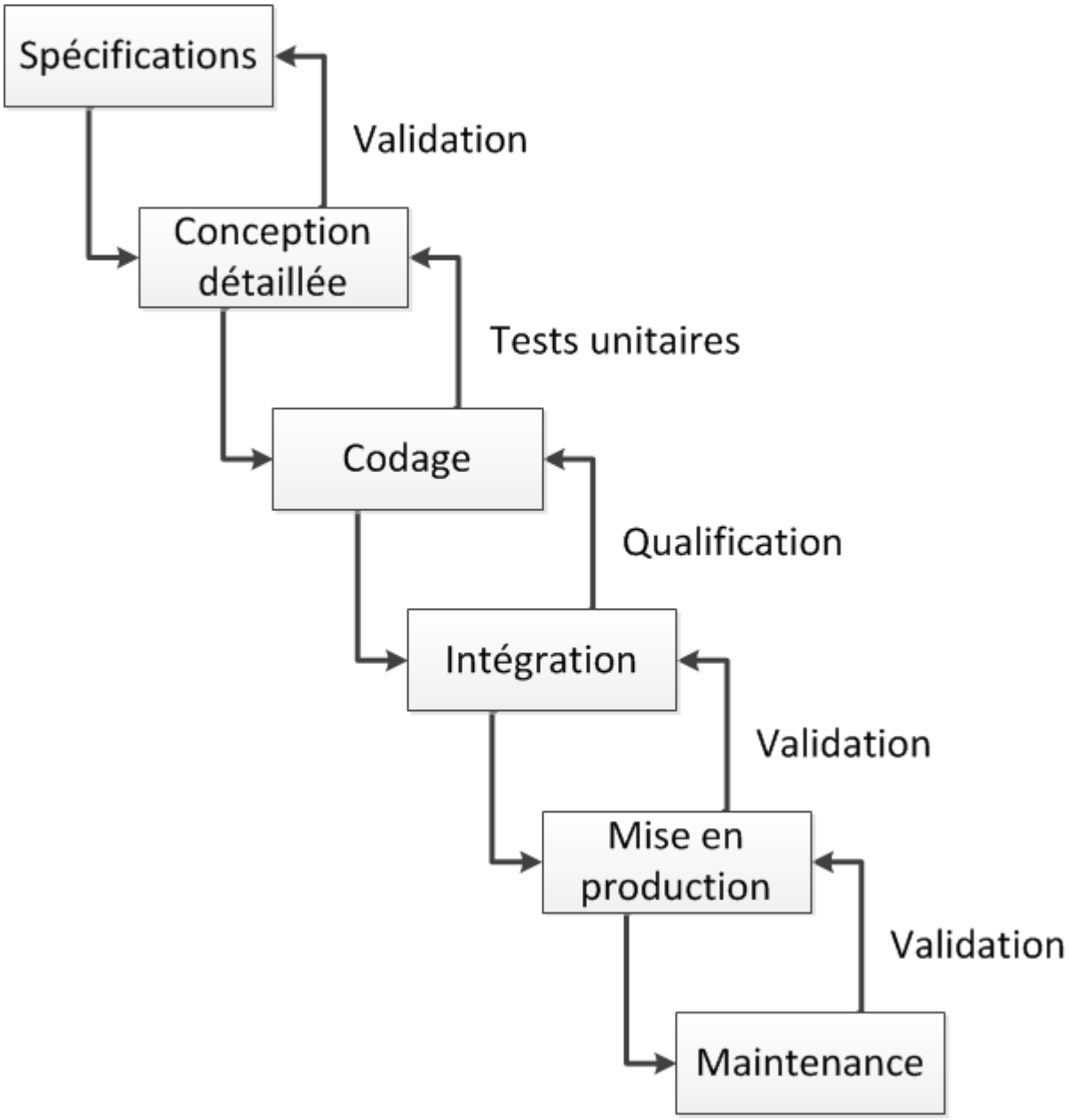


Figure 10: Modèle de cycle de vie en cascade

V.2.2 Modèle de cycle de vie en V

Le modèle en V demeure actuellement le cycle de vie le plus connu et certainement le plus utilisé. Le principe de ce modèle est qu'avec toute décomposition doit être décrite la recomposition, et que toute description d'un composant doit être accompagnée de tests qui permettront de s'assurer qu'il correspond à sa description.

Ceci rend explicite la préparation des dernières phases (validation-vérification) par les premières (construction du logiciel), et permet ainsi d'éviter un écueil bien connu de la spécification du logiciel : énoncer une propriété qu'il est impossible de vérifier objectivement après la réalisation [11] .

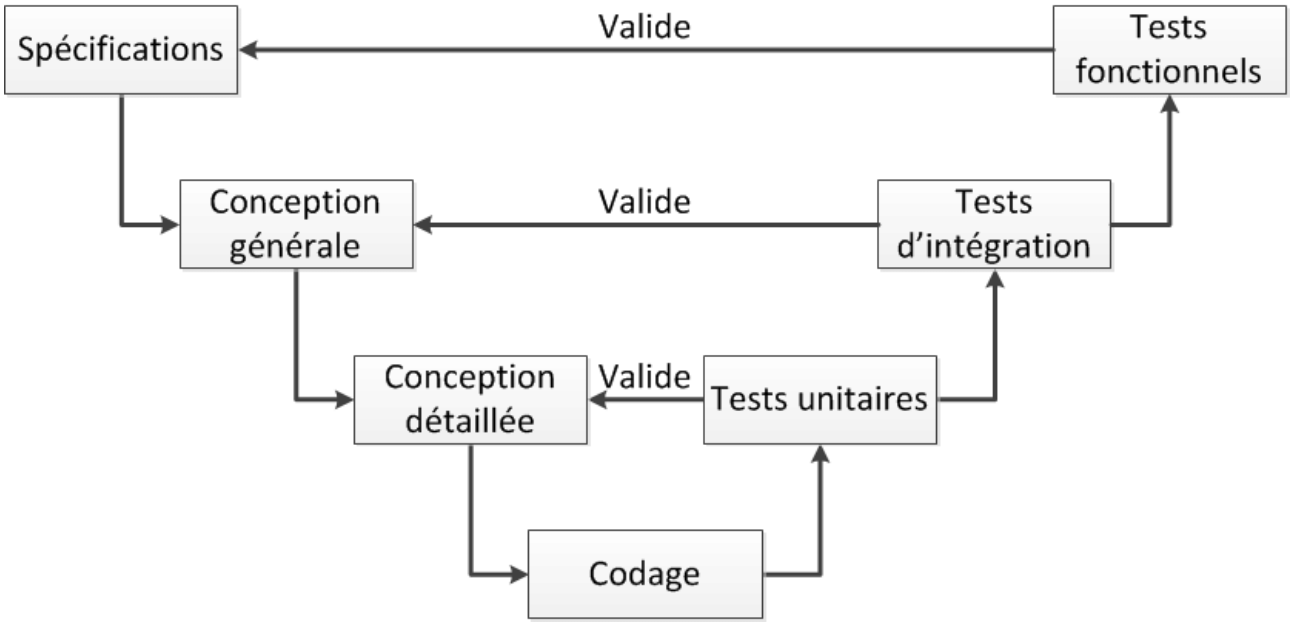


Figure 11:Modèle de cycle de vie en V

V.2.3 Modèle de cycle de vie en Spirale

Proposé par B. Boehm en 1988, ce modèle est beaucoup plus général que le précédent. Il met l'accent sur l'activité d'analyse des risques : chaque cycle de la spirale se déroule en quatre phases :

- Détermination, à partir des résultats des cycles précédents, ou de l'analyse préliminaire des besoins, des objectifs du cycle, des alternatives pour les atteindre et des contraintes.
- Analyse des risques, évaluation des alternatives et, éventuellement maquettage.
- Développement et vérification de la solution retenue, un modèle « classique » (Cascade ou en V) peut être utilisé ici ;
- Revue des résultats et vérification du cycle suivant.

L'analyse préliminaire est affinée au cours des premiers cycles. Le modèle utilise des maquettes exploratoires pour guider la phase de conception du cycle suivant. Le dernier cycle se termine par un processus de développement classique [11] .

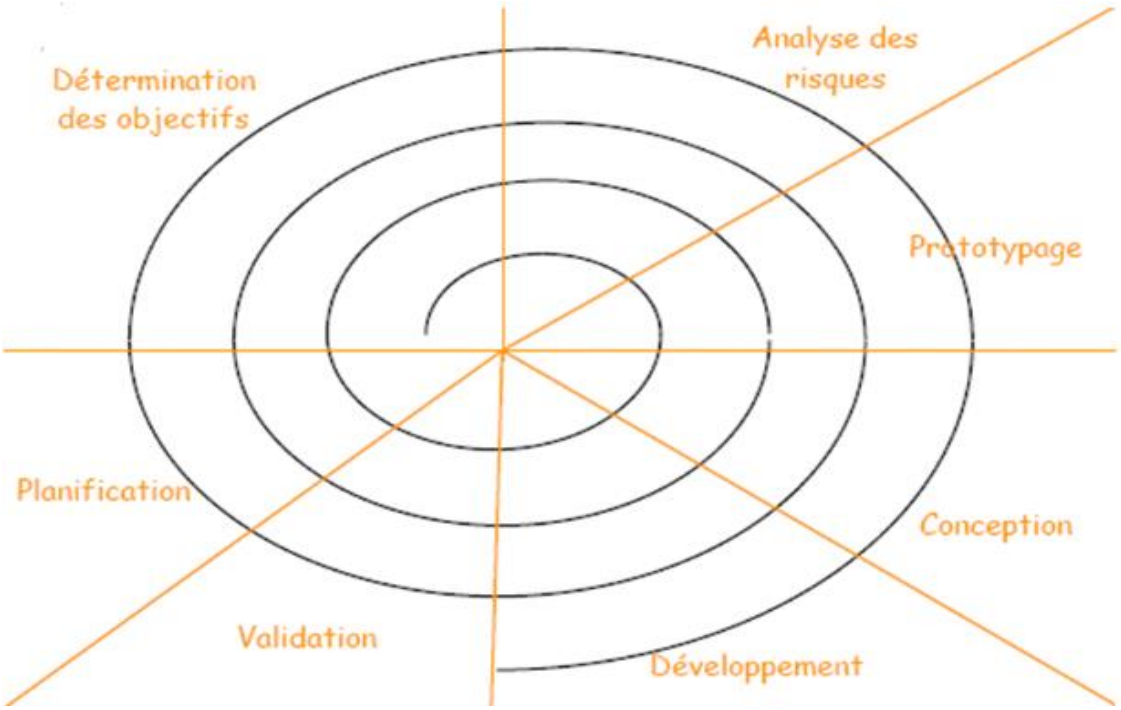


Figure 12:Modèle de cycle de vie en Spirale

V.2.4 Modèle incrémental

Dans les modèles précédents un logiciel est décomposé en composants développés séparément et intégrés à la fin du processus.

Dans les modèles par incrément, un seul ensemble de composants est développé à la fois : des incréments viennent s'intégrer à un noyau de logiciel développé au préalable. Chaque incrément est développé selon l'un des modèles précédents.

Les noyaux, les incréments ainsi que leurs interactions doivent donc être spécifiés globalement, au début du projet. Les incréments doivent être aussi indépendants que possibles, fonctionnellement mais aussi sur le plan du calendrier du développement [11].

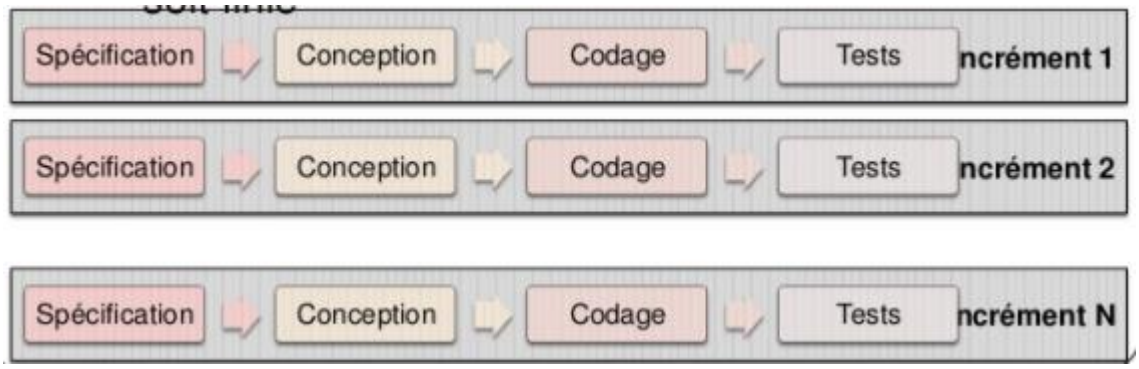


Figure 13:Modèle par incrément

V.2.5 Modèle de Prototypage

Un modèle de prototypage permet d'examiner et d'explorer certains aspects du système pour évaluer et choisir les meilleures stratégies/solutions. À chaque étape, un ou plusieurs prototypes sont soumis

au client pour évaluation/révision. [11].

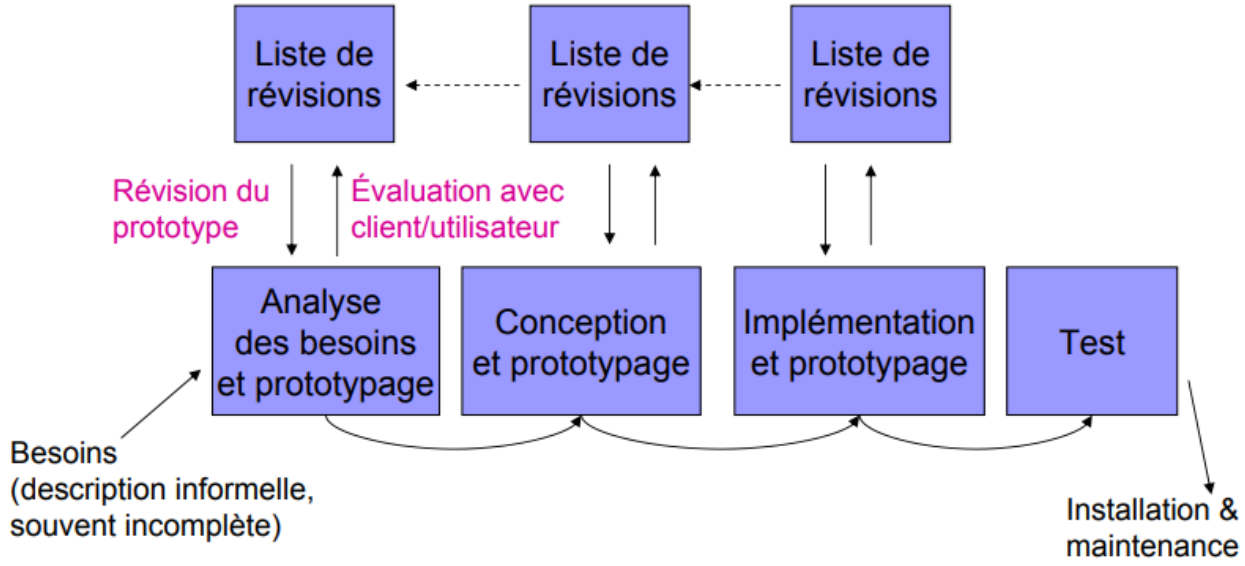


Figure 14:Modèle de Prototypage

V.3 Présentation de l'outil

C'est la phase finale de la conception de système d'information. Elle consiste à écrire des programmes pour arriver aux traitements souhaités pour les besoins du traitement des bulletins de notation. Elle consiste aussi à représenter physiquement les données en utilisant un SGBD et un logiciel d'application pour gérer la base de données. Pour ces travaux de programmation, nous avons choisi MySQL pour stocker la base de données et (PHP) pour l'application.

V.3.1 Bases de données

La base de données (BD) est une entité dans laquelle il est possible de stocker des données de façon structurée et avec le moins de redondance possible. Ces données doivent pouvoir être utilisées par des programmes, par des utilisateurs différents. Ainsi, la notion de base est généralement couplée à celle de réseau, afin de pouvoir mettre en commun ces informations, d'où le nom de base. On parle généralement de système d'information pour désigner toute la structure regroupant les moyens mise en place pour pouvoir partager des données [27].

Une base de données permet de regrouper des données au sein d'un même enregistrement. Cela est d'autant plus utile que les données informatiques sont de plus en plus nombreuses. Une base de données peut être locale, c »est à dire utilisable sur une machine par un utilisateur, ou bien repartie, c'est-à-dire que les informations sont stockés sur des machines distantes et accessible par réseau. L'avantage majeur de l'utilisation d'une BD est la possibilité de pouvoir être accédées par plusieurs utilisateurs simultanément [27].

V.3.2 Système de Gestion de Base de données

Le système de gestion de base de données (SGBD) est un ensemble coordonné de programme qui permet de décrire, mémoriser, manipuler et traiter les données constituantes. Il met à la disposition des utilisateurs un outil pour décrire l'ensemble de données qui sont stockés dans la base de données [R37].

Il offre aux utilisateurs la possibilité de définir des règles permettant de maintenir l'intégrité de la base de données ; en plus il offre des mécanismes permettant de vérifier les droits d'accès des utilisateurs et d'assurer la sécurité des données dans un environnement. Pour la bonne gestion de ce système d'information, les données seront implantées dans le SGBD MySQL [27].

V.3.3 Xampp

XAMPP est un ensemble de logiciels permettant de mettre en place facilement un serveur Web et un serveur FTP. Il s'agit d'une distribution de logiciels libres (X Apache MySQL Perl PHP) offrant une bonne souplesse d'utilisation, réputée pour son installation simple et rapide.

Ainsi, il est à la portée d'un grand nombre de personnes puisqu'il ne requiert pas de connaissances particulières et fonctionne, de plus, sur les systèmes d'exploitation les plus répandus. Cette « distribution » se chargera donc d'installer l'ensemble des outils dont vous pourriez avoir besoin lors de la création d'un site Web [13] .

V.3.4 Hypertext Preprocessor (PHP)

PHP est un langage de script qui est principalement utilisé pour être exécuté sur un serveur web, mais il peut fonctionner comme n'importe quel langage interprété en utilisant les scripts et son interpréteur sur un ordinateur. Il permet de développer suivant le modèle procédural ou/et un modèle objet. On désigne parfois PHP comme une plate-forme plus qu'un simple langage. PHP est un langage permettant de développer des applications interactives, c'est-à-dire dont le contenu est dynamique. La page PHP aura un contenu pouvant être différent selon certains paramètres (des informations stockées dans une base de données) [25].

PHP est un langage interprété et exécuté du côté serveur (comme les scripts CGI, ASP,..) et non du côté client (un script écrit en JavaScript ou une applet Java s'exécute sur votre ordinateur…). La syntaxe du langage provient de celles de langage C, du Perl et de Java, Ses principaux atouts sont :La disponibilité du code source; la simplicité d'écriture de script ; la possibilité d'inclure le script PHP au sein d'une page HTML (contrairement au script CGi, pour lesquels il faut écrire des lignes de code pour afficher chaque ligne en langage HTML) ;La simplicité d'interfaçage avec des bases de données (de nombreux SGBD sont supportée, mais le plus utilisé avec ce langage est MySQL, un SGBD gratuit disponible sur de nombreux plateformes : Unix, Linux, Windows, MacOs, Solaris, etc.) ; - L'intégration au sein de nombreux serveur web (Apache, Microsoft IIS, etc.) [25].

Le langage PHP a été mis au point au début d'automne 1994 par Rasmus Lerdorf. Ce langage de script lui permettait de conserver la trace des utilisateurs venant consulter son CV sur son site, grâce à l'accès à une base de données par l'intermédiaire des requêtes SQL. Ainsi, étant donné que de nombreux internautes lui demandèrent ce programme, Rasmus Lerdorf mit en ligne en 1995 la première version de ce programme qu'il baptisa Personal Sommaire Page Tools, puis Hypertext Preprocessor V1.0 (Traduisez page personnelle version 1.0). Etant donné le succès de PHP1.0, Rasmus Lerdorf décida d'améliorer ce langage en y intégrant des structures plus avancées telles que les boucles, des structures conditionnelles, et y intégra un package permettent d'interpréter les formulaires qu'il avait développé (FI, Form Interpreter) ainsi que le support de MySQL. C'est de cette façon que la version 2du langage, 72 baptisée pour l'occasion PHP/FI version2, vit le jour durant l'été 1995. Il fut rapidement utilisé sur de nombreux sites (15000 fin 1996, puis 50000 en milieu

d'année 1997). A partir de 1997, Zeev Suraski et Andi Gurmans rejoignirent Rasmus pour former une équipe de programmeurs afin de mettre au point PHP3 (Stig Bakken, Shane Caraveo et Jim Winstead les rejoignirent par la suite). C'est ainsi que la version3.0 de PHP fut disponible le 6 juin 1998. A la fin de l'année 1999, une version de PHP, baptisé PHP4, est apparue [25]!

V.3.5 Choix de l'outil utilisé dans le développement du nouveau système

Le Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) tels que MySQL permettent de manipuler facilement et avec beaucoup de souplesse un très important volume de données. Toutefois, aussi robuste soit MySQL, il peut être intéressant de récupérer l'ensemble des données que contient notre base de données, pour faire une sauvegarde ou bien tout simplement pour passer à une autre base de données [27].

Les points forts de MySQL sont : implémentation libre et populaire ; facile à mettre en œuvre ; rapide à apprendre ; support multiplateforme ; fiable et rapide.

-Le langage d'application : (PHP), Le langage d'application est interprétable sur tout type de machine ou de système d'exploitation sans que cela nécessite la modification de la moindre virgule : on appelle cela la « portabilité ». Le marché potentiel d'un programme écrit en PHP est par là même bien plus vaste que celui d'un programme compilé qui, généralement, n'est développé que pour un système d'exploitation et une architecture donnés [27].

Le PHP est un langage interprété qui a été conçu dès son origine pour le Web. Il est aujourd'hui devenu le leader incontesté dans ce domaine. Plus de 9 millions de sites l'ont aujourd'hui choisi comme plateforme de développement web. PHP est le langage de Scripting le plus rapide du marché. C'est réellement important quand vous devez réaliser un site devant recevoir plusieurs centaines de milliers de visiteurs par jour. Cette rapidité est d'autant plus impressionnante que PHP dispose d'autres propriétés toutes aussi essentielles. Stabilité : PHP n'est pas « buggé » et ne « plante » pas. Scalabilité : qu'il y ait cent ou un million d'internautes qui viennent sur votre site, PHP continuera à exécuter vos scripts (certes plus lentement dans le cas d'un million de requêtes). Sécurité : PHP est un système très sûr dont les rares failles ont toujours été corrigées dans la journée [25].

V.4. Aspects de la sécurité d'un système d'information

La sécurité des systèmes d'information (SSI) ou plus simplement sécurité informatique est l'ensemble des moyens techniques, organisationnels, juridiques et humains nécessaires à la mise en place de moyens visant à empêcher l'utilisation non autorisée, le mauvais usage, la modification ou le détournement du système d'information. Assurer la sécurité du système d'information est une activité du management du système d'information.

Tenter de sécuriser un système d'information revient à essayer de se protéger contre les menaces intentionnelles et d'une manière plus générale contre tous les risques pouvant avoir une influence sur la sécurité de celui-ci ou des informations qu'il traite.

V.4.1 Planification de la démarche de sécurisation des systèmes d'information

Il est important de prendre en compte les actifs ayant de la valeur en définissant un périmètre du système de management du système d'information. Il peut être orienté sur l'ensemble de l'entreprise, sur un site précis, sur un service en fonction de la stratégie de l'entreprise. Le capital intellectuel des

entreprises intègre des informations sensibles, ce patrimoine informationnel doit être protégé. L'entreprise doit donc mettre en place une politique de sécurité des systèmes d'information, de sécurité des données, et des mécanismes d'identification [29] [30]. C'est pourquoi dans notre système nous avons travaillé sur les critères de sécurité dont on va expliquer.

En sécurité cela consiste à évaluer les risques et leur criticité : quels risques et quelles menaces, sur quelles données et quelles activités, avec quelles conséquences ? On parle de cartographie des risques . De la qualité de cette cartographie dépend de la qualité de la sécurité qui va être mise en œuvre ; rechercher et sélectionner les parades : que va-t-on sécuriser, quand et comment ? Mettre en œuvre les protections et vérifier leur efficacité - c'est l'aboutissement de la phase d'analyse et là que commence la protection du système d'information. Une faiblesse fréquente de cette phase est d'omettre de vérifier que les protections sont bien efficaces (tests de fonctionnement en mode dégradé, tests de reprise de données, tests d'attaque malveillante, etc.)[30].

V.4.2 Objectifs de la sécurité du nouveau système mise en place

La sécurité de notre système vise les objectifs suivants :

1) Confidentialité : seules les personnes autorisées peuvent avoir accès aux informations qui leur sont destinées (notions de droits ou permissions). Tout accès indésirable doit être empêché.

La confidentialité consiste à rendre l'information inintelligible à d'autres personnes que les seuls acteurs de la transaction.

2) Authenticité: les utilisateurs doivent prouver leur identité par l'usage de code d'accès. Il ne faut pas mélanger identification et authentification : dans le premier cas, l'utilisateur n'est reconnu que par son identifiant publique, tandis que dans le deuxième cas, il doit fournir un mot de passe ou un élément que lui-seul connaît (secret). Mettre en correspondance un identifiant publique avec un secret est le mécanisme permettant de garantir l'authenticité de l'identifiant. Cela permet de gérer les droits d'accès aux ressources concernées et maintenir la confiance dans les relations d'échange.
3) Intégrité : les données doivent être celles que l'on attend, et ne doivent pas être altérées de façon fortuite, illicite ou malveillante. En clair, les éléments considérés doivent être exacts et complets. Cet objectif utilise généralement des méthodes de calculs de hachage.
4) Disponibilité : l'accès aux ressources du système d'information doit être permanent et sans faille durant les plages d'utilisation prévues. Les services et ressources sont accessibles rapidement et régulièrement.

D'autres aspects peuvent aussi être considérés comme des objectifs de la sécurité des systèmes d'information, tels que :

- La traçabilité : garantie que les accès et tentatives d'accès aux éléments considérés sont tracés et que ces traces sont conservées et exploitables.
- La non-répudiation et l'imputation : aucun utilisateur ne doit pouvoir contester les opérations qu'il a réalisées dans le cadre de ses actions autorisées et aucun tiers ne doit pouvoir s'attribuer les actions d'un autre utilisateur.

Une fois les objectifs de la sécurisation déterminés, les risques pesant sur chacun de ces éléments peuvent être estimés en fonction des menaces. Les précautions et contre-mesures doivent être envisagées en fonction des vulnérabilités propres au contexte auquel le système d'information est censé apporter service et appui.

V.5. Présentation de quelques fonctionnalités de l'application développée

Notre application que nous allons présenter possède beaucoup de fenêtres mais nous allons présenter quelques-unes entre elles que nous jugeons importantes à montrer.

V.5.1 Fenêtre d'authentification

En première partie de réalisation de l'application, nous avons conçu une page qui permet aux utilisateurs de s'authentifier pour pouvoir accéder aux autres interfaces du système

C'est la première fenêtre qui s'affiche si on exécute l'application. Toute personne qui veut se bénéficier des services de l'application doit d'abord s'authentifier. Apres authentification, une fenêtre principale s'affiche selon l'individu authentifié.

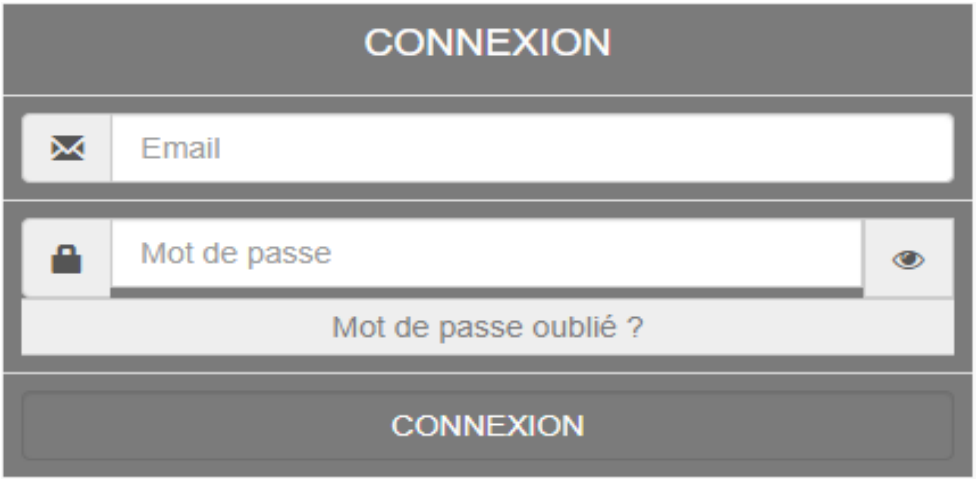


Figure 15: Fenêtre d'authentification

V.5.2 Fenêtre pour la gestion des utilisateurs

Comme son nom l'indique, c'est une interface permettant à l'administrateur de créer un nouvel utilisateur de l'application. Pour cela, il doit remplir tous les champs qui lui sont présentés au risque de recevoir un message d'erreur. Cette interface permet aussi de faire la recherche d'un utilisateur en partant de ces attributs mais elle permet de modifier ou supprimer un utilisateur choisi.

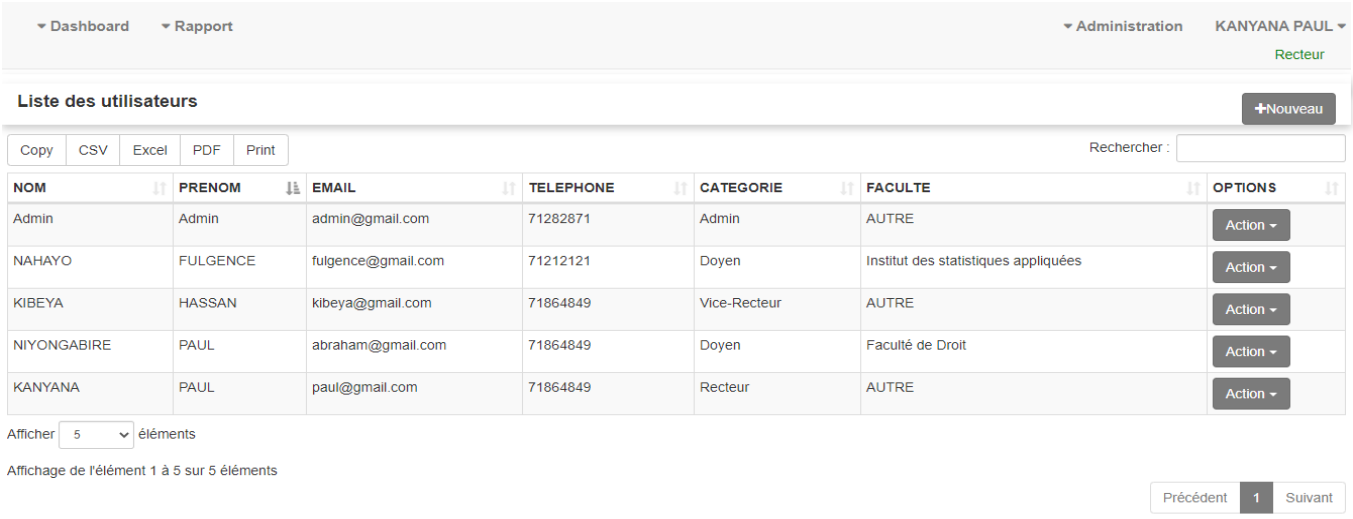


Figure 16: Fenêtre pour la gestion des utilisateurs

V.5.3 Fenêtre pour la gestion des enseignants

Cette interface permet à l'administrateur d'ajouter ou de supprimer les enseignants dans la base de données. Elle permet aussi de faire une recherche dans la liste très rapidement en cas de besoin.

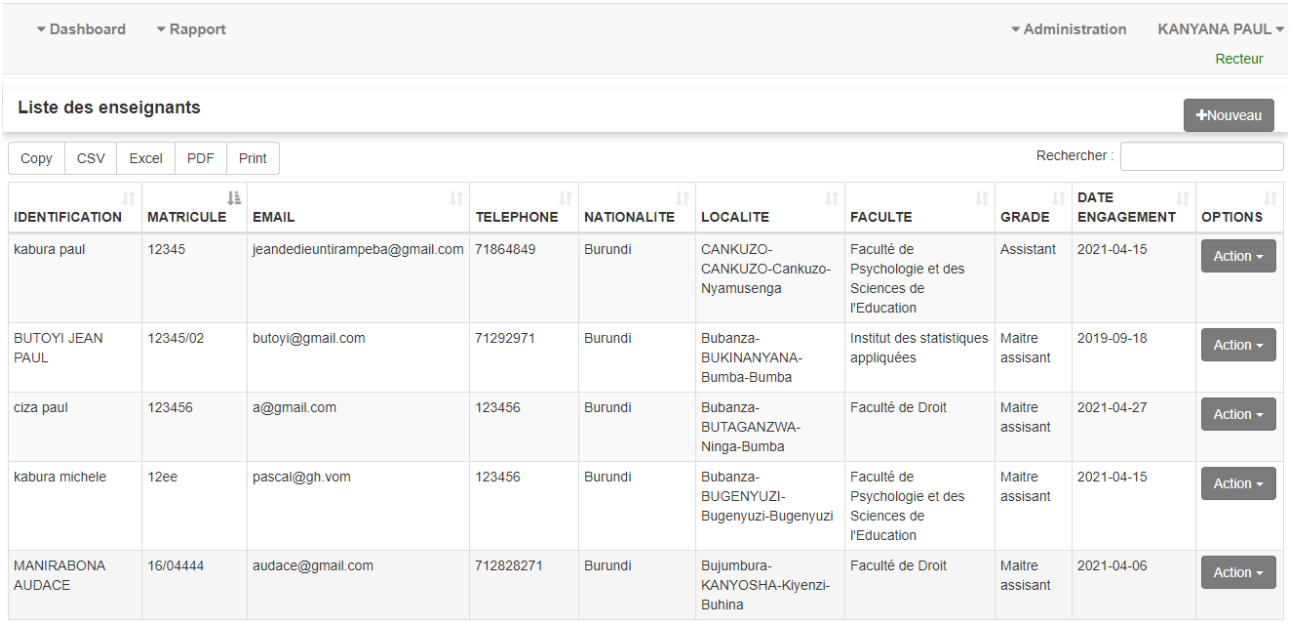


Figure 17: Fenêtre pour la gestion des enseignants

V.5.4 Fenêtre pour les traitements du Doyen de la Faculté ou Institut.

Cette interface permet au Doyen de chaque faculté et Instituts d'accéder à la liste des enseignants affectés dans sa faculté ou Institut, compléter le bulletin de notation comme le chef compétent du 1er degré et faire une appréciation synthétique afin de les transmettre au Vice-Recteur.

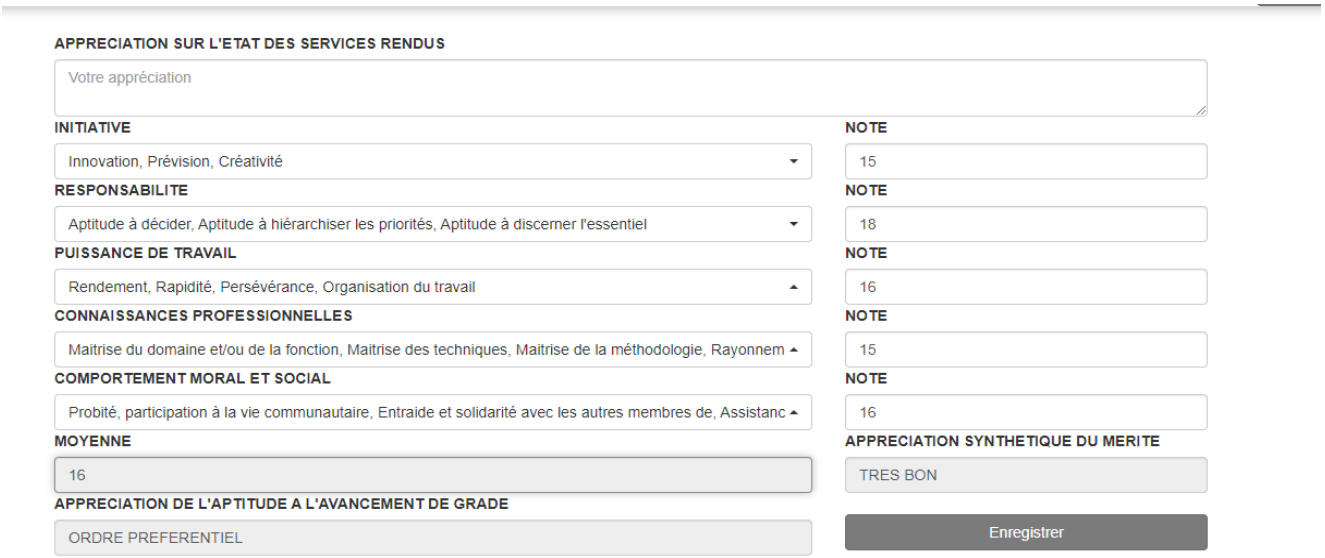


Figure 18: Fenêtre pour la cotation par le Doyen

V.5.5 Fenêtre pour les traitements par le Vice-Rectorat de l'Université du Burundi

Cette interface permet au vice-recteur de l'université du Burundi d'accéder à tous les bulletins de notation de tous les enseignants, de les compléter comme le chef compétent du second degré et faire son appréciation synthétique afin de les transmettre au Recteur de l'université du Burundi.

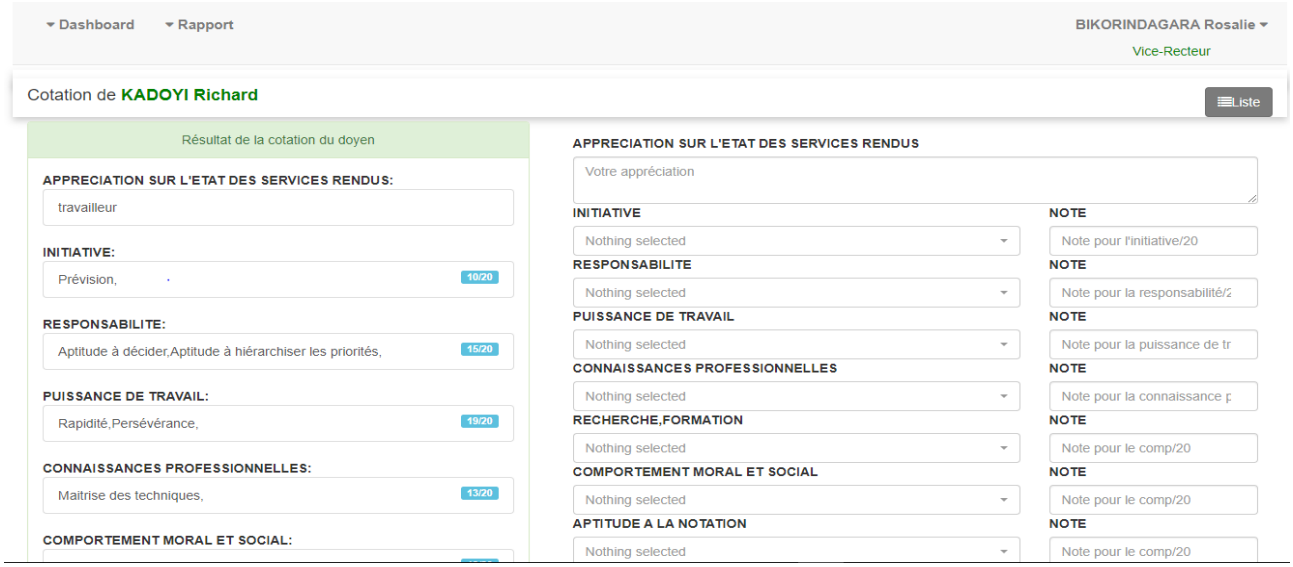


Figure 19: Fenêtre de cotation par Vice Rectorat

V.5.6 Fenêtre pour les traitements par le Rectorat de l'Université du Burundi

Cette interface permet au Recteur de l'Université du Burundi d'accéder à tous les traitements effectués par les Doyens et le Vice-Recteur sur tous les enseignants de l'Université du Burundi.
Cette interface lui permet aussi de faire son appréciation synthétique du mérité et l'appréciation de l'aptitude à l'avancement de grade.

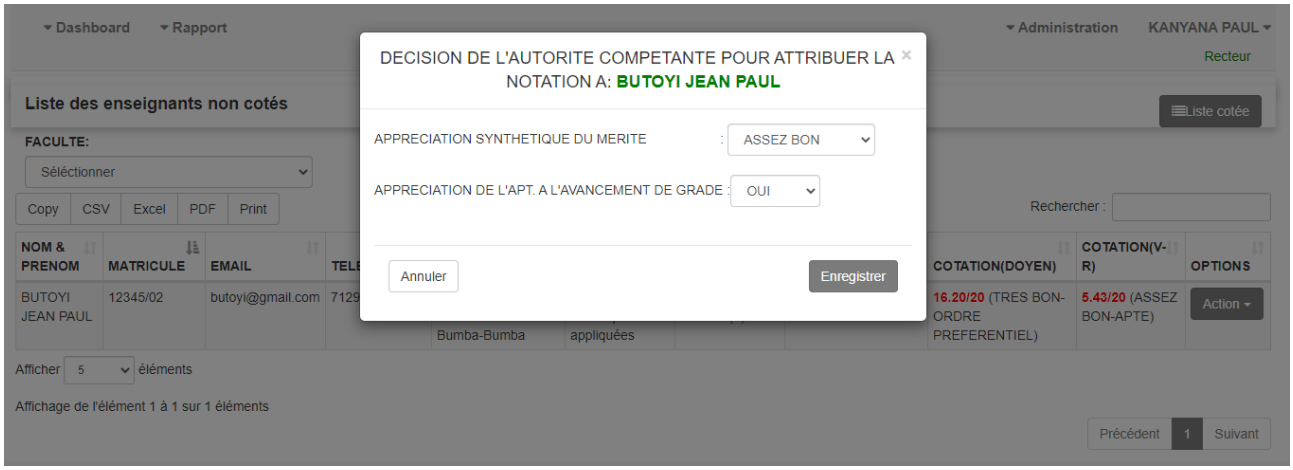


Figure 20: Fenêtre pour la cotation du Rectorat

V.5.7 Fenêtre pour la gestion de rapport des enseignants par grade

C'est la page permettant d'avoir tous les états de l'application. Elle est conçu principalement pour les décideurs qui n'ont besoin que d'une vue synthétique des opérations. Elle fournit les rapports après que l'on ait entré les critères de recherches.

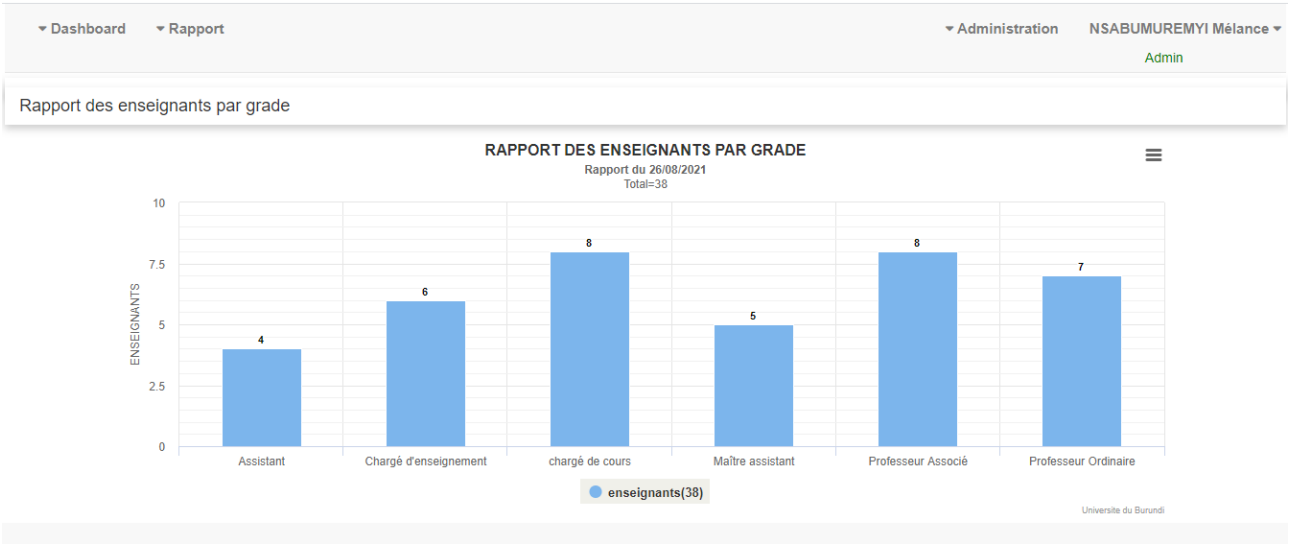


Figure 21: Rapport des enseignants par grade

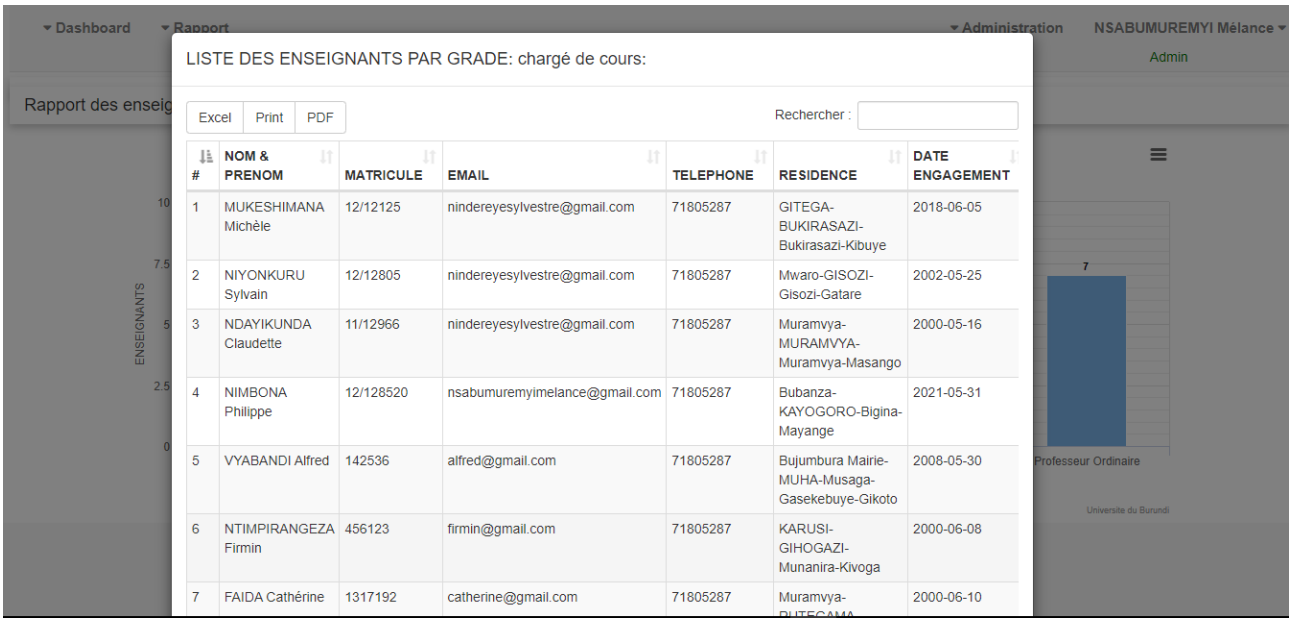


Figure 22:Exemple du rapport des enseignants de grade Chargé de Cours

V.5.8 Fenêtre pour la gestion de rapport des enseignants par Faculté

Elle est conçu principalement pour les décideurs qui n'ont besoin que d'une vue synthétique des opérations. Elle fournit les rapports après que l'on ait entré les critères de recherches.

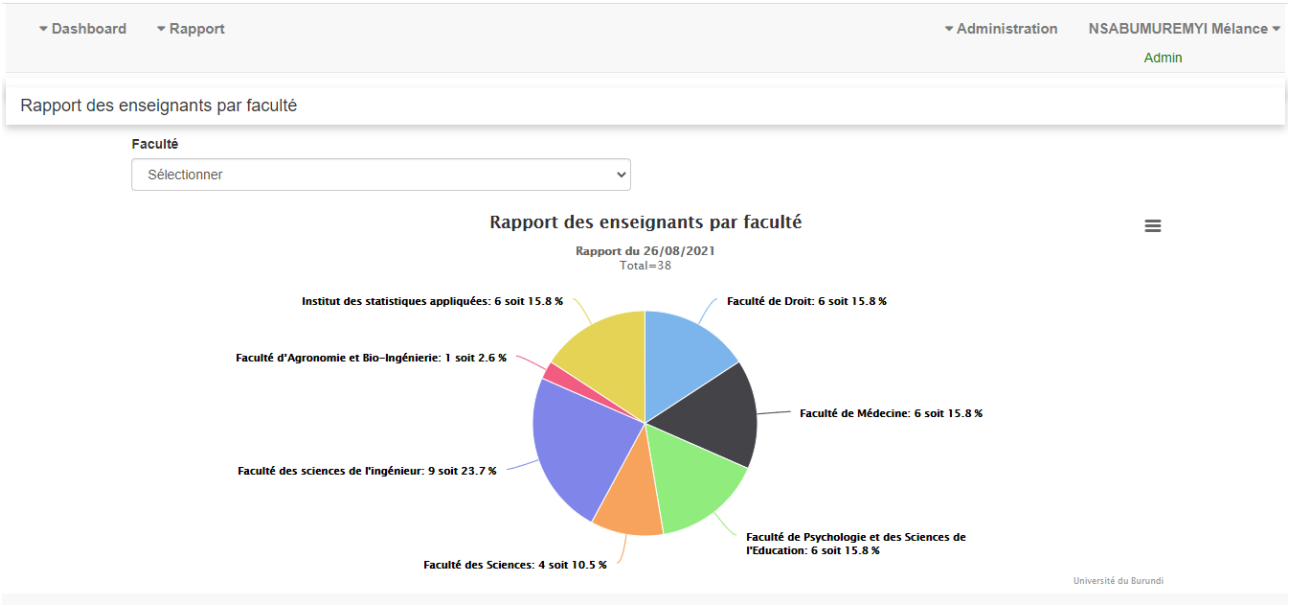


Figure 23: Fenêtre de rapports des enseignants par Faculté

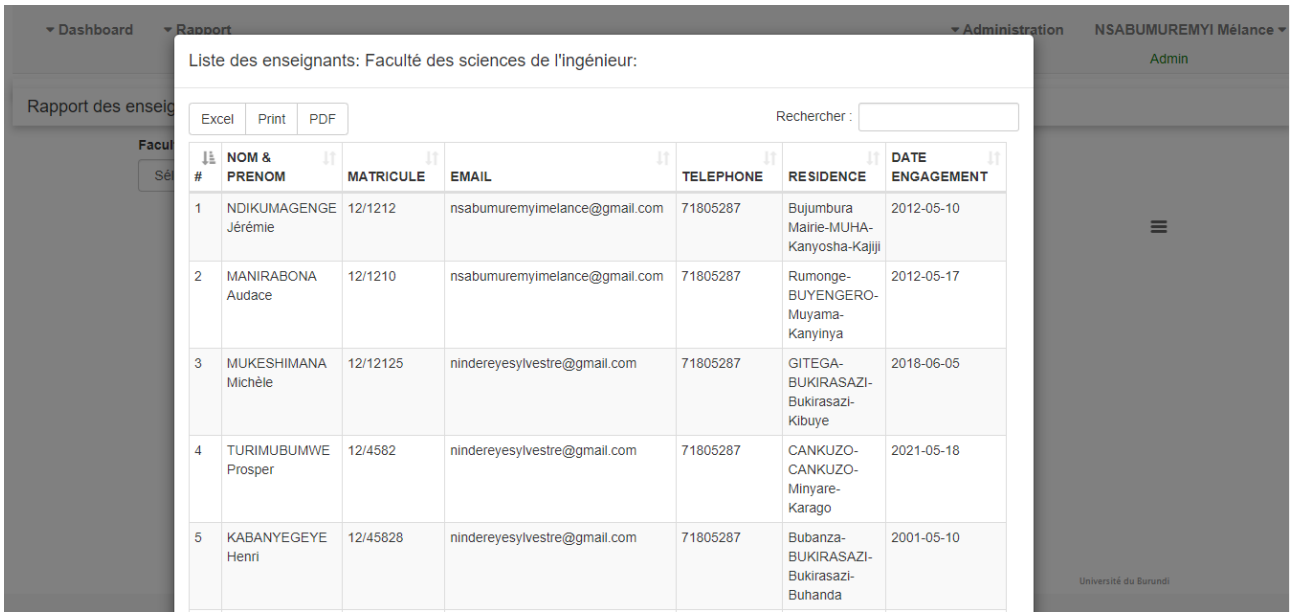


Figure 24: Exemple de rapport des enseignants d'une seule Faculté

V.5.9 Fenêtre pour la gestion de rapport des enseignants côtés

Elle est conçue principalement pour connaître le rapport d'avancement de grade des enseignants après tout le processus de cotation du personnel enseignant.

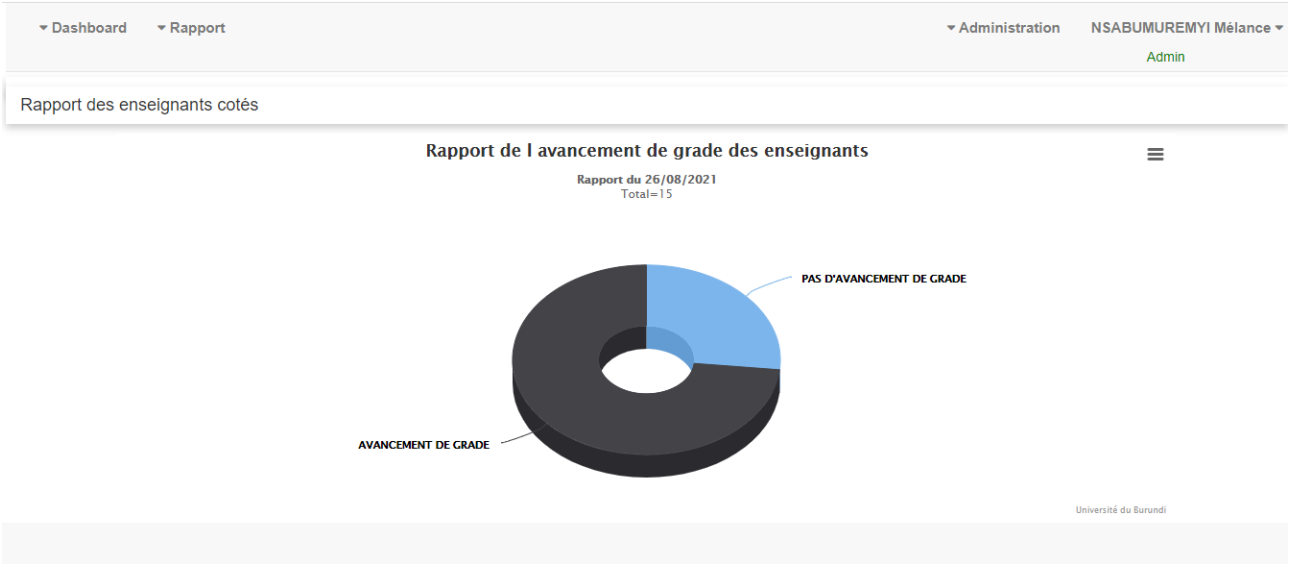


Figure 25: Rapport des enseignants par avancement de Grade

V.6. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de définir certains modèles de cycles de vie d'un logiciel et de présenter les outils utilisés dans l'implémentation de notre application et enfin nous avons passé à la présentation de quelques interfaces graphiques de fonctionnalités réalisées dans notre système.

Conclusion générale et Recommandations

1. Conclusion générale

Ce travail intitulé Mise en place d'un module d'aide à la prise de décision dans l'attribution d'appréciation à l'avancement de grade au personnel enseignant de l'Université du Burundi a porté sur la gestion du corps académique de l'Université du Burundi. Les informations sur les bulletins de cotation du personnel étant sensibles et délicates, ce projet avait pour objectif de mettre en place un système automatisé de gestion de ces bulletins devant permettre au service administratif de sauvegarder les informations sur le personnel de l'université et servira la direction de l'université à prendre des meilleures décisions notamment dans l'attribution de l'appréciation de l'avancement de grade au personnel enseignant de l'Université du Burundi. .

Pour atteindre cet objectif, nous sommes parvenus à modéliser notre système :

Premièrement à l'aide d'un langage de modélisation de notre choix UML qui nous a permis l'identification des besoins de l'utilisateur futur du système, l'analyse critique du système existant et l'idée sur la manière dont nous avons développé ce système ;
Deuxièmement à l'aide d'un modèle mathématique de classification supervisée tout en déterminant certaines variables qui pourra aider le décideur de prendre des meilleures décisions pour pouvoir donner une bonne appréciation à un enseignant.

Le résultat de cette étude à savoir l'application mise en place, permet la gestion et sauvegarde dans une base de données, des bulletins de cotation du personnel corps enseignant de l'Université du Burundi. D'où la suggestion lui adressée de l'utiliser.

2. Recommandations

Une étude comme celle-ci ne prétendrait aucunement à l'exhaustivité. Certes ! Il existe des aspects importants de l'étude qui n'ont pas été abordés, et ce pour des raisons diverses, notamment la contrainte temporelle. Aussi, il serait intéressant d'aller plus loin dans le développement d'un système de gestion pour tout le personnel de l'université.

Après avoir implémenté le système informatisé de gestion des bulletins de notation et aidant à la prise de décision à l'appréciation d'avancement de grade au personnel enseignant de l'université du Burundi nous recommandons ce qui suit :

A l'Université du Burundi d'intégrer ce système dans la gestion des ressources humaines pour simplifier le travail de la notation et l'appréciation de grade au personnel enseignant de l'Université du Burundi.

A l'endroit des étudiants et chercheurs de poursuivre des recherches sur ce projet en ajoutant d'autres modules permettant la gestion des bulletins de notation de tout le personnel de l'Université.

Références bibliographiques

[1] http://www.ub.edu.bi/ Consulté le 15 Février 2021

[2] http://www.presidence.gov.bi/wp-content/uploads/2019/01/decret-07-2019.pdf, Consulté le 23 décembre 2020

[3] http://wwwinsudparis.eu/COURS/CSC4002/EnLigne/Cours/CoursUML/9.html , Consulté le 12 janvier 2021

[4] http://www.lsis.org/elmouelhia/courses/uml/coursUMLIntroduction.pdf, Consulté le 22 janvier 2021

[5] https : // www. ionos. Fr / digitalguide / sites – internet / developpement – web / uml-un-langage-de-modelisation-pour-la-programmation-orientee-objet/, Consulté le 12 janvier 2021

[6] https://manurenaux.wp.imt.fr/2013/09/27/interet-de-luml-dans-un-projet-informatique/, Consulté le 23 janvier 2021

[7] https : // www. ionos. Fr / digitalguide / sites – internet / developpement – web / diagramme-de-cas-de-utilisation/ Consulté le 12 février 2021

[8] https://laurent-audibert.developpez.com/Cours-UML/?page=diagramme-classes, Consulté le 12 février2021

[9]https://dl.ummto.dz/bitstream/handle/ummto/593/Zaabot%20Zohra.pdf?sequence=1&isAllowed=y, Consulté le 15 février 2021

[10] https://web.maths.unsw.edu.au/~lafaye/CCM/genie-logiciel/cycle-de-vie.htm, Consulté le 25 mars 2021

[11] https://www.memoireonline.com/02/09/2005/m_Conception-etDeveloppement-dun-logiciel--de-gestion-commerciale0.html, Consulté le 28 mars 2021

[12] https://www.researchgate.net/figure/Cycle-de-vie-de-projet-en-V-A-linstar-du-modele-en-cascade-le-modele-en-V-prend_fig10_256846411, Consulté le 29 mars 2021

[13] https://desgeeksetdeslettres.com/web/xampp-plateforme-pour-heberger-son-propre-site-web , Consulté le 12 février 2021

[14] Statut du personnel enseignant de l'Université du Burundi, Consulté le 29 novembre 2020

[15] Pascal Cheung- Mon- Chan : Réseaux bayésiens et filtres particuliers pour l'égalisation adaptative et le décodage conjoints thèse doctorat de l'école normale supérieure de Cachan. Spécialité mathématique. Année 2006.

[16]Tom .Mitchell: Generative and discriminative classifier: Naive bayes and logistic regression. Machine learning. Draft 2010.

[17]J. Manuel, F. Salido, and S. Murakami. A comparison of two learning mechanisms for the automatic design of fuzzy diagnosis systems for rotating machinery. Applied Soft Computing, 2004.

[18] Laurence Grammont : cours de probabilité 2eme année d'économie et de gestion semestre 2. 2004.

[19] L.Smail : Algorithmes pour les réseaux bayésiens et leurs extensions. Thèse doctorat de l'Université de Polytech Nantes. Année 2004.
[20] Eduardo Sanchez Soto : Réseaux bayésiens dynamiques pour vérification du locuteur. Thèse doctorat 2005.
[21] Le langage PHP de Monsieur BAKARI Maecha année universitaire 2010
[22] Cours UML (Unified Modeling Language) de Monsieur Hajalalaina Aimé Richard année universitaire 2010.
[23] Cours UML sur Commentçamarche.net
[24]Cours UML sur Developpez.com, club des développeurs
[25]Cours PHP sur developpez.com 7-Cours PHP sur le site du zéros
[26] Guillaume Bouchard. Les modèles génératifs en classification supervisée et applications à la catégorisation d'images et à la fiabilité industrielle. Interface homme-machine .Université Joseph-Fourier- Grenoble I, 2005.
[27] Mémoire de fin d'études en vue d'obtention de la licence en informatique des systèmes et réseaux. Rakotonirina Soloarinala, 2010.
[28] Rimelé : Mémento MySQL 5, Edition Eyrolles, 2014

[29] https://www.securiteinfo.com/conseils/introsecu.shtml, Consulté le 20 mars 2021

[30] https : // fr . wikipedia .org / wiki / S % C 3 % A 9 curit % C 3 % A9 _ des _ syst % C3 % A 8 mes _ d % 27 information, Consulté le 20 mars 2021

[31] Muller P.-A (1997). Modélisation objet avec UML

[32] https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00541059 consulté le 20 mars 2021

[33] https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_supervis%C3%A9 consulté le 20 mars 2021

ANNEXES

UNIVERSITE DU BURUNDI
Nom et Prénom :
Grade statutaire :
Grade de commissionnement éventuel :

BULLETIN DE NOTATION
Valable pour l'année :
Matricule :
Date de nomination à ce grade :

1. APPRECIATION SUR L'ETAT DES SERVICES RENDUS (analyse critique détaillée des services rendus depuis l'engagement ou la date de nomination)

2. APPRECIATION DETAILLEE	**Chef compétent au 1er degré**	**Chef compétent au 2ème degré**
2.1.INITIATIVE (a. Innovation, prévision, c. Créativité, d. Recherche de financement)		
2.2.RESPONSABILITÉ (a. Leadership, b aptitude à décider, à assumer. Aptitude à hiérarchiser les priorités, d. Aptitude à discerner l'essentielle. Assiduité et ponctualité, f. bonne gestion, g. Respect des règlements h. Aptitude à rendre compte, i. sens du devoir, j. sens de dignité et de l'honneur, k. sens de la discrétion, l. Respect de déontologie).		
2.3.PUISSANCE DE TRAVAIL (a. Activité, b. volumes des prestations (tâches académiques, scientifiques, administratives, techniques), participation aux commissions, d. rendement, e. rapidité, f. persévérance, g. organisation du travail, h. dévouement).		
2.4 CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES. **(**a. maîtrise du domaine et/ou de la fonction, b. maîtrise des techniques, c. maîtrise de la méthodologie, d. Rayonnement, e. Soins aux patients).		
2.5 RECHERCHES PUBLICATIONS, FORMATION CONTINUE ([1]) **a**. activités de recherche, b. importance, qualité, originalité des publications, c. Activités de perfectionnement, d. Animation des rencontres professionnelles : stages, conférences, colloques, séminaires, émissions dans les médias, e. travaux d'expertise).		
2.6 COMPORTEMENT MORAL ET SOCIAL **(**a. éthique, b. Sens social, c. exemplarité, d. courtoisie, e. décence, probité, g. participation à la vie communautaire (faculté, institut, Université, Encadrement de la jeunesse). H. entraide et solidarité avec les autres membres de la communauté, k. Assistance aux personnes en difficultés).		
2.7 APTITUDE A LA NOTATION ([2]) a. sens critiques, b. objectivité, c. suivie du personnel sous les ordres, d. conscience professionnelle, e. sens de l'autorité).		

MOYENNE (Diviser le total de la ligne précédente par le nombre 5,6 ou 7selon les cas).		
3. APPRECIATION SYNTHETIQUE DU MERITE (Elite, très bon, bon assez bon, insuffisant).		
Justification (éventuelle) de la discordance entre la note chiffrée et l'appréciation synthétique du mérite**)**		

4. APPRECIATION DE L'APTITUDE A L'AVANCEMENT DE GRADE

Avis et considérations justifiant avec ceux figurants sous la rubrique « Etat de services » (au recto**)** l'appréciation de l'aptitude à l'avancement de grade

Par le chef compétent au 1er degré

PREMATURE: ☐

APTE: ☐

ORDRE PREFERENT ☐

Par le chef compétent au 1er degré

☐

☐

☐

Je jure en mon âme que la présente appréciation est établie avec objectivité honnêteté, sans influence ni sympathie, ni sympathie ou antipathie envers le fonctionnaire concerné.

A Bujumbura, le / /

TITRE

Prénom et Nom

Signature au Chef du 1er degré

A Bujumbura, le / /

TITRE

Prénom et Nom

5Signature au Chef du 2ème degré

III.DECISION DE L'AUTORITECOMPETENTE POUR ATTRIBUER LA NOTATION:

A. APPRECIATION SYNTHETIQUE DU MERITE:
B. APPRECIATION DE L'APTITUDE A L'AVANCEMENT DE GRADE:

Titre :
Nom et Prénom:
Signature :

A Bujumbura, le / /
