

## *Epigraphe*

*"Any intelligent fool can make things bigger, more complex, and more violent. It takes a touch of genius—and a lot of courage to move in the opposite direction."*

—**E. F. Schumacher**, "Small is Beautiful", an essay, in *The Radical Humanist*

## ***In Memoriam***

*A celui qui a planté mais qui n'as pas pu être présent au jour de la semence :  
mon très cher papa , **Murhabazi Ntakobajira Sosthène***

## *Dédicaces*

*A cette perle rare qui a illuminé ma vie et qui fut ma seule motivation lors de la rédaction de ce travail.*

*A celle qui dès le bas age m'a appris à lire , à écrire , à étudier , qui s'est battue pour faire de moi l'homme que je suis devenu aujourd'hui ma très chère maman **Byamungu Yvette**.*

*A toute la communauté des utilisateurs du célèbre site **stackexchange** et l'inventeur du moteur de recherche **google**.*

*je dédie ce travail*

## *Remerciements*

En préambule à ce mémoire nous remerciant Jéhovah Dieu qui nous aide et nous donne la patience , la force et le courage d'accomplir ce Modeste travail.

Nos remerciements s'étendent également au Directeur de ce travail le Prof . (Nathanael Kasoro Mulenda ) ainsi qu'à l'Encadreur Ir (Celestin Mbuyamba Kalubi ), pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'ils trouvent dans ce travail un hommage vivant à leur haute personnalité.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Aux responsables et aux personnels de l' ULPGL particulièrement L'Ass Raoul Baguma , Le CT Cheriff Bishweka , Le Prof Olivier Baraka , le CT Celain Kasereka , Mr Georges Spirito qui par leur compréhension et leur aide, on a pu accomplir notre travail de recherche. A tous les enseignants et personnels du Collège Alfajiri particulièrement le Père Vicent Van Haelst .

Je remercie aussi Mme Rachel, étudiante en faculté de psychologie et science de l'éducation , pour sa collaboration en me fournissant des données précises sur l'orientation des étudiants.

Je souhaite particulièrement remercier l'entreprise SCOPEX ITS, pour leur soutien lors de la rédaction de ce travail.

A nos familles et nos amis et camarades de classe qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles , nous abstenons de citer leurs noms car si nous le faisons nous manquerons de place pour le contenu de ce travail .

Enfin, je me remercie moi-même pour le dur travail que j'ai abattu ainsi que toute personne qui a participé de près ou de loin à l'exécution de ce travail.

# Résumé

Aujourd'hui toutes les entreprises collectent et stockent de grandes quantités de données. Ces méga-bases de données, qui ne cessent d'augmenter jour après jour, sont peu exploitées, alors qu'elles cachent de connaissances décisives c'est ainsi qu'est né : le data mining (qu'on appellerait en français fouille des données).

Des nombreuses recherches ont été menées sur l'application du data mining dans différents domaines, entre autre : les banques , telecom , assurances, etc Mais peu des recherches de ce genre sont menées sur l'application du data mining dans le domaine de l'éducation. c'est ainsi que nous avons décider de nous pencher sur le sujet ayant pour thème *data mining appliqué à la prédiction de l'orientation des élèves finalistes du secondaire à l'université* .

Pour mener a bien ce travail nous nous sommes posé la question suivante *Comment utiliser les techniques du data mining pour doter les universités des outils d'aide à la décision les permettant de bien orienter les étudiants dès leur entrée à l'université ?* et pour y répondre nous avons utilisé la méthodologie Cross Industry Standard Process - Data Mining (CRISP-DM) :celle ci est la méthodologie la plus utilisée en industrie pour les projet data mining.

Nous avons travaillé sur un ensemble d'apprentissage issue du système d'information UAT de dimensions 9606 X 22 qui représentait les données pour chaque étudiant de l'ULPGL des années 2012-2016 ;sur base de ces données nous avons découvert la répartition des étudiants de l'ULPGL selon différents critères : L'âge de l'étudiant ,le pourcentage à l'exetat ,le sexe, l'école de provenance , l'option suivie, la nature de l'école (nos inputs). En effectuant les statistiques inférentielles (Test khi-Carrée et Test ANOVA) nous avons remarqué que les étudiants choisissent leur faculté en se basant sur ces inputs.

Ensuite nous avons créé une variable : le CGPA que nous avons utilisé pour évaluer la réussite d'un étudiant à l'université elle n'est rien d'autre que la moyenne des points obtenus par celui ci tout au long de son cursus académique. Nous avons analyser la relation existant entre nos inputs et cette variable de sortie le CGPA au sein de chaque faculté par la corrélation de Pearson , et le test ANOVA et nous avons remarqué que le CGPA ne dépend pas de l'âge , ni du sexe , et encore moins du pourcentage obtenu à l'exetat (coefficient de Pearson de 0.45) mais uniquement de l'école de provenance et de l'option suivie par l'étudiant à l'école secondaire.

Enfin , nous avons décidé de prédire le CGPA au sein de chaque faculté pour un étudiant nouveau en se basant sur son pourcentage obtenu à l'exetat, l'école de provenance, et l'option suivie à l'école en utilisant 5 techniques du Machine Learning dont trois modèles de régression et deux techniques de Support Vector Machines (SVM) . Nous avons évaluer le modèle final en nous basant sur l'erreur moyen quadratique Root Mean Square Error (RMSE) et une validation croisée et avons obtenu un score de moins de 10% pour presque

toutes les facultés.

Notons que nous avons utilisé les librairies et frameworks suivantes implémentées en python pour réaliser ce travail : *pandas, matplotlib, seaborn, flask numpy et scikit-learn*

***Keywords :*** *python, machine-learning, statistics, data-mining, education, data-science, educational-data-mining, student-orientation*

# *Abstract*

In the digital age, Tera-bytes of data is generated per the second by :Mobile devices, digital photographs, web documents,facebook updates,tweets, blogs, user-generated,Transactions, sensor data, surveillance data,queries, clicks, browsing;cheap storage has made possible to maintain this data, but it has been unused while it contains useful informations and insights, that why we need data mining : *the process of analyzing large amounts of data in an effort to find correlations, patterns, and insights*

Many research has been made on the use of data mining in industries such as telecoms, insurances,banks, etc but education domain has been unexplored that why we decided to works on the topic :*Mining educational dataset to improve student orientation at the university*

We tried to answer his question : *How can we use modern data mining technics to provide universities tools that can help them to improve new student orientation ?* To answer that question we have conducted this research by following the cross industry standard process for data mining .

We have collected data from the information system called Univeristy Administrative Tool (UAT) for Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL) and our initial dataset had 9606 rows and 22 columns which represent the records of data for each student who studied at ULPGL from 2012 to 2016 ,based on that dataset we discovered how student are distributed by gender , option , school, and percentage in the national examination, etc

We have used statistics test (chi-square ,Analyse of variance (ANOVA), Pearson correlation)and predictive models to analyze student marks and try to discover what are criteria students use to choose theirs departments when they start university, after that we predicted Cumulative Grade Point Average (CGPA) in with theirs marks , the field they studied and their secondary school name in each department of ULPGL by stacking 3 different regressors models and 2 different SVM models .

We evaluated the final model by using cross validation and RMSE and found a score of less than 10% in each department . And finally we have built a web application that suggests a new student theirs orientation according to the CGPA predicted.

we used those libraries and frameworks : *python, pandas, matplotlib,seaborn, flask numpy and sklearn* for this work .

***Keywords :***     *python, machine-learning, statistics, data-mining, education, data-science, educational-data-mining, student-orientation*

## *Sigles et Abréviations*

**CRISP-DM** Cross Industry Standard Process - Data Mining

**REST** Representational State Transfer

**SVM** Support Vector Machines

**UAT** Univesity Administrative Tools

**CHAID** Chi-square Automatic Interaction Detector

**UNAF** Union Nationale des Associations Familiales

**RDC** République Démocratique du Congo

**ULPGL** Université Libre des Pays des Grands Lacs

**INAPS** INapte A Poursuivre les études Supérieurs

**RIP** Reconnu d'Intérêt Pédagogique

**UAT** Univeristy Administrative Tool

**CSV** Commat Separted Values

**SQL** Structural Query Language

**ANOVA** Analyse of variance

**EXETAT** EXamen d'ETAT

**DM** Données Manquantes

**CGPA** Cumulative Grade Point Average

**SVR** Support Vector Regressor

**SVM** Support Vector Machines

**RMSE** Root Mean Square Error

**LOOCV** Leave One Out Cross-Validation

**SMO** Sequential Minimal Optimization

**MCAR** Missing Completely At Random

**MAR** Missing At Random

**MNAR** Missing Not At Random

**AA** Assimilées aux Ajournées

**TDD** Test-Driven Development

**CI** Continuous Integration



**JSON** Java Script Object Notation

**MVC** Model View Controller

**API** Application Programming Interface

*Murhabazi Buzina Espoir Tech 2 GI ULPGL 2017*

*Sujet : data mining appliqué à la prédiction de l'orientation des élèves finalistes du  
secondaire à l'université*

# Introduction

## 0.1 Problématique

Arrivés à la fin de leurs études secondaires la plupart des élèves finalistes et, futurs universitaires sont confrontés au problème de choix de filières pour poursuivre leur études universitaires. Plusieurs options s'offrent à eux et ainsi ils se trouvent dans un embarras de choix. La plupart d'entre eux choisissent mal leurs orientations. C'est pour cela que nous remarquons qu'en première année, le pourcentage d'échec ou d'abandon est très élevé suite à une mauvaise orientation des étudiants.[1]

En effet, améliorer le processus d'orientation des nouveaux étudiants à leur entrée à l'Université pourrait diminuer le taux d'échec et d'abandon en première année.

Il s'avère donc important de doter les universités des outils d'aide à la décision qui pourront leur permettre de bien orienter les étudiants avant qu'il entreprennent leurs études universitaires et ainsi leur permettre d'y tirer pleine satisfaction.

Au regard de ce qui précède nous sommes posés les questions suivantes :

- *Comment utiliser les techniques du data mining pour doter les universités des outils d'aide à la décision les permettant de bien orienter les étudiants dès leur entrée à l'université ?*
- *Comment peut-on aider les élèves finalistes du secondaires à pouvoir faire le choix de leur filières à l'université ?*
- *Les techniques du data mining peuvent-elles apporter leur contribution dans ce domaine ?*

## 0.2 Intérêts et Motivations du Sujet

Nous avons choisi de parler du sujet sur le data mining à cause de notre passion pour les mathématiques et les sciences prédictives mais aussi car au 21<sup>ème</sup> siècle l'immensité des données générées par les systèmes d'information ne cesse de croître d'où il s'avère important de les analyser et apprendre de ces données !

Mais aussi l'intérêt scientifique de ce travail sera de fournir un outil de base à tout chercheur qui aimera aussi travailler dans ce domaine dans les jours à venir.

Nous avons choisi également de parler de l'orientation des étudiants car durant notre parcours universitaire nous avons constaté un fort taux d'abandon et d'échec due à une mauvaise orientation et ainsi nous voulons aider tant soit peu à résoudre ce problème.

## 0.3 Hypothèses de Travail

Une hypothèse est une supposition qui est faite en réponse à une question de recherche. [2] Pour notre travail nous supposons que les universités ainsi disposent d'une énorme quantité des données et qu'on peut les analyser afin d'y découvrir des patterns cachés qui peuvent nous permettre de prédire l'orientation d'un nouvel étudiant sur base de ses résultats à l'école secondaire.

- Dans ce travail nous avons prédit la moyenne des points CGPA qu'un étudiant peut obtenir au cours de son cursus académique dans chaque faculté sur bases des informations qu'il dispose à son inscription et les proposer une orientation en se basant sur les résultats prédits.
- Pour y arriver nous avons utilisé différentes techniques du data-mining entre autres les statistiques descriptives, inférentielles, et différents algorithmes du Machine Learning pour analyser les données et découvrir les variables qui influencent la réussite d'un nouvel étudiant à l'université

## 0.4 Objectifs du travail

L'objectif d'une recherche est double : l'objectif général concerne la contribution que les chercheurs espèrent apporter en étudiant un problème donné ; les objectifs opérationnels concernent les activités que les chercheurs comptent mener en vue d'atteindre l'objectif général. [2]

Pour notre travail l'objectif général sera de fournir un outil d'aide à la décision en nous basant sur les techniques du data mining plus précisément différents modèles de régression linéaires régularisés.

Cet outil se présentera sous forme de service web de type Representational State Transfer (REST) que les universités peuvent intégrer facilement dans leurs systèmes d'informations.

## 0.5 Méthodes et Techniques de Recherche

Pour atteindre notre objectif, notre travail utilisera la méthodologie de CRISP-DM qui est le processus standard d'un projet data mining, elle définit les étapes pour la conduite d'un projet en le rendant plus efficace plus rapide et moins coûteux. [3]

Cette méthodologie se base sur la technique documentaire qui consiste à consulter les archives des universités et ainsi que le système d'information UAT en vue d'y collecter les données.

Elle utilise également les enquêtes ainsi que les interviews auprès des conseillers d'orientations d'universités pour savoir comment se déroule l'activité de l'orientation des étudiants.

## 0.6 Subdivision du travail

Hormis l'introduction et la conclusion ce travail sera subdivisé en cinq chapitres.

1. Le premier chapitre sera intitulé : Les généralités sur le data mining.
2. Le Second sera intitulé : Analyse du domaine de l'orientation.
3. Le troisième sera intitulé : Présentation et exploitation des données obtenus.

4. Le quatrième sera intitulé : Élaboration et évaluation du modèle de prédiction.

# Chapitre 1

## Généralités sur le DataMining

Nous sommes submergés des données et leur quantité augmente du jour au lendemain , Les ordinateurs, les smart-phones et de plus en plus des équipements connectés nous submergent et sont omniprésents dans notre vie et cela nous permet de générer des très grandes quantités des données , toutes nos décisions , nos choix dans les supermarchés,nos habitudes financières sont sauvegardées dans d'énormes bases des données.

L'internet est aussi submergé des informations , c'est ce qui fait que chaque choix, chaque clic que nous faisons soit sauvegardé , ceci n'étant que des choix personnels mais qui ont d'innombrables contreparties dans le monde du commerce et de l'industrie . Mais paradoxalement , on a pu constaté que plus les données augmentent et sont générées de moins en moins les personnes les comprennent et ainsi un immense fossé s'est créé entre le volume des données générées et la capacité de compréhension de celles ci. D'où l'importance de mettre en place des méthodes et techniques qui faciliterons l'analyse et l'obtention des informations considérables de ces données.

### 1.1 Définitions

Dans cette partie, nous allons définir 3 termes qui portent souvent à confusion : L'intelligence Artificielle,Le Machine Learning ou apprentissage automatique, La fouille des données ou Le DataMining, nous tenterons de dégager à la fin les différences et les ressemblances entre ces termes.

#### 1.1.1 L'intelligence Artificielle

L'intelligence artificielle(IA) est un domaine de l'informatique dédié à la création de matériel et de logiciels capables d'imiter la pensée humaine. Le but principal de l'intelligence artificielle est de rendre les ordinateurs plus intelligents en produisant des logiciels permettant à un ordinateur d'émuler des fonctions du cerveau humain dans des applications définies. L'idée n'est pas de remplacer l'être humain mais de lui donner un outil plus puissant afin de l'aider à accomplir ses tâches.[4]

L'Intelligence artificielle est un domaine de l'Informatique qui a pour but de développer des machines (= ordinateurs) "intelligentes", c'est-à-dire capables de résoudre des problèmes pour lesquels les méthodes conventionnelles sont inefficaces et inapplicables. [4]

### 1.1.2 Le Machine Learning

Le Machine Learning est définie comme une branche de l'intelligence artificielle qui se penche sur la création des algorithmes qui peuvent apprendre et faire des prédictions à partir des données[5]

D'autres auteurs le définissent comme :

- Un type de l'intelligence artificielle qui donne aux machines la possibilité d'apprendre sans être explicitement programmer[6]
- La science qui consiste à la création des logicielles qui apprennent d'eux même en fonction des données.[6]

### 1.1.3 Le DataMining

Le DataMining ou la fouille de données est une technique consistant à rechercher et extraire de l'information (utile et inconnue) de gros volumes de données stockées dans des bases ou des entrepôts de données en utilisant les techniques du Machine Learning .[5]

Certains auteurs comme M. BATER[7] le définissent comme une discipline scientifique qui a pour but l'analyse exploratoires des grandes quantités des données , la découvertes des modèles utiles ,valides , inattendus ainsi que la connaissances compréhensibles dans celles ci. Outre la découvertes de l'information il englobe la collecte , le nettoyage et le traitement de ces données.

Le data mining peut aussi être défini comme un processus inductif, itératif et interactif de découverte dans les bases de données larges de modèles des données valides, nouveaux, utiles et compréhensibles.[8]

- Itératif : nécessite plusieurs passes
- Interactif : l'utilisateur est dans la boucle du processus
- Valides : valables dans le futur
- Nouveaux : non prévisibles
- Utiles : permettent à l'utilisateur de prendre des décisions
- Compréhensibles : présentation simple

### 1.1.4 Différence entre le DataMining , le Machine Learning, ainsi que les statistiques .

[6] [9] [10]

A première vue on pourrait constater que ces 3 disciplines n'ont aucune différence car tous traitent de la même question : comment apprendre des données ?, couvrent les mêmes matières et utilisent les mêmes techniques qui sont entre autres : la régression linéaire, la régression logistique , le réseau des neurones , le Support Vector Machine ,....

Mais en analysant de prêt on remarque qu'ils ont des différences surtout concernant les sujets et matières sur lesquels ils insistent, ou en d'autres termes quand et comment les méthodes qu'ils ont en commun sont utilisées.

- Les statistiques insistent sur les méthodes de la statistique référentielle,descriptives , multivariés (intervalle de confiance, test des hypothèses , estimation optimale ) dans un

problème à faible dimension (une petite quantité des données ) et elles font des prédiction sur base de celle ci.[9]

- Le Machine Learning est beaucoup plus concentré vers le Génie logiciel il est beaucoup plus focalisé sur la construction des logicielles qui font des prédiction à partir des données apprennent de l'expérience. On dit qu'un programme apprend de l'expérience si ses performances sur les taches qu'il exécute augmentent avec l'expérience . ces performances sont évaluées à l'aide de certaines métriques que nous verront dans la suite.

Il nécessite l'étude des algorithmes qui peuvent extraire l'information utile dans des grosses quantités des données automatiquement , dans certaines mesures il s'inspirent des statistiques. [10]

-Le DataMining quand à lui s'inspire des techniques du Machine learning , des statistiques souvent avec un objectif bien fixé en vue de découvrir des patterns cachées dans des grosses volumes des données. - L'intelligence artificielle se focalise sur la création des agents intelligents , en pratique il consiste à programmer un ordinateur pour qu'il simule le fonctionnement du cerveau humain . Qu'il exécute certaines taches comme un homme parmi ces taches figure la faculté d'apprendre sur base de l'expérience.

## 1.2 Différentes Techniques du Machine Learning [11]

Dans cette partie nous allons passer en revue quelques méthodes et algorithmes utilisées dans le machine learning. Notons que ces méthodes se divisent en 2 groupes : l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non supervisé. Concernant l'apprentissage supervisé nous parlerons de la régression linéaire , la régression, le réseau des neurones, le SVM(Support Vector Machine) , les arbres de décision et nous finirons par le Random Forrest qui n'est qu'une amélioration des arbres de décisions. Dans ce travail nous parlerons beaucoup plus des techniques de classification.



### 1.2.1 Régression Linéaire

La régression est une technique consistant à prédire la sortie d'une observation en partant d'un certain nombre des variables en entrée.

On part d'un certain nombre des données d'apprentissage ou d'un training set avec :

$m$  : nombres d'éléments de l'ensemble d'apprentissage

$x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  : les variables d'entrées (qui peuvent varier de 1 (pour la régression linéaire avec une seule variable) à  $n$  pour plusieurs variables).

$y$  : la variable de sortie on notera le  $(x_1, x_2, x_3 \dots x_n, y)$  : un exemple d'apprentissage et  $(x_1^i, x_2^i, x_3^i \dots x_n^i, y^i)$  un exemple choisie le  $i$ ème exemple d'apprentissage avec  $i$  comme index sur nos données.

Le but de la régression c'est de trouver la fonction qui permet de prédire la sortie en fonction de l'entrée cette fonction doit minimiser l'erreur entre les valeurs de la fonction aux points d'apprentissage et la valeur de sortie dans les données d'apprentissage.

Cette fonction on l'appelle hypothèse qui sera une droite ou un polynôme selon qu'on utilise la régression linéaire ou polynomiale.

L'hypothèse se présente de la manière suivante :

#### ***1 ère cas régression à une seule variable :***

Par exemple on tente de prédire le prix d'une maison en fonction de sa superficie :

$$h_{\theta}(x) = \theta_0 + \theta_1 x.$$

Cela signifie que  $y$  est une fonction linéaire de  $x$  avec  $\theta_i$  des paramètres qu'on cherchera à déterminer. on peut le remarque sur la figure suivante ou notre hypothèse est une droite :

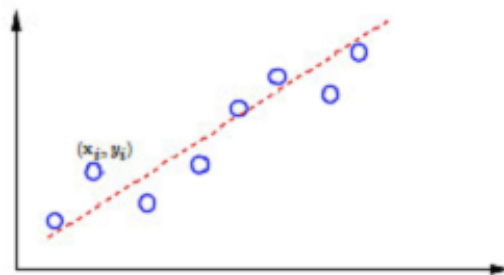


FIGURE 1.1 – Régression Linéaire avec une variable

#### ***2 ème cas régression avec plusieurs variables :***

Prédire par exemple le prix d'une maison cette fois en fonction de la superficie, du nombre des chambres, et de l'année de construction

$h_{\theta}(x) = \theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \dots \theta_n x_n$  Dans ce cas notre hypothèse sera en fonction des variables en entrée un plan ou un hyperplan.

#### ***3 eme cas la regression polynomiale :***

Dans ce cas au lieu d'utiliser une droite on utilise un polynôme à  $n$  degré qui es donnée par :

$h_{\theta}(x) = \theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2^2 + \theta_3 x_3^3 + \dots \theta_n x_n^n$  le travail restant sera de trouver les paramètres  $\theta_i$  pour notre fonction  $h_{\theta}(x)$  mais comment les trouver ?

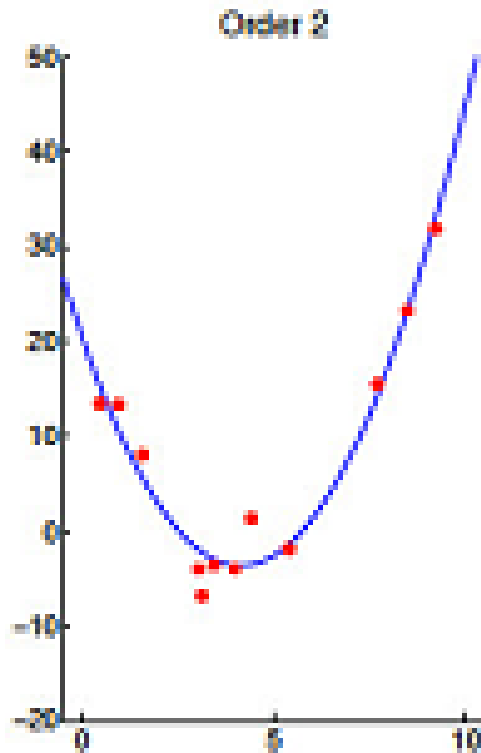


FIGURE 1.2 – Régression Polynomiale avec un polynôme de degré 2

### Fonction Cout et calcul de L'erreur

On appelle l'erreur de prédiction, la valeur définie par :

$J(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m [h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}]^2$  avec  $m$  : le nombre des nos données d'apprentissage. Cette fonction représente l'erreur commise lors de la prédiction avec notre hypothèse par rapport à la valeur exacte. Les  $\theta_i$  sont les valeurs qui minimisent cette erreur sur toutes les données de notre apprentissage.

Il existe différents techniques de minimisation de cette fonction entre autre :

- L'annulation de la dérivée première (trouver les valeurs  $\theta_i$  qui annulent notre dérivée première). Cette méthode a pour inconvénient le fait qu'il convient pas pour les données d'apprentissage avec plusieurs attribues et plusieurs données.

- une autre méthode c'est la descente du gradient : celle ci consiste à effectuer plusieurs itérations sur les valeurs de  $\theta_i$  jusqu'à trouver celle qui minimise l'erreur (jusqu'à ce qu'il converge vers zéro)

voici l'algorithme utilisée : 1

---

#### Algorithm 1 Algorithme de la descente du gradient

---

$\theta_i \leftarrow 0$

**while** J ne converge pas **do**

▷ faire pour chaque tuple

$\theta_i \leftarrow \theta_i - \alpha \frac{\partial}{\partial \theta_i} J(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$

---

avec  $\alpha$  : learning rate qui est compris entre  $[0,001;0,1]$  il sert à réguler notre algorithme s'il est trop grand  $\theta$  ne converge pas s'il est trop petit  $\theta$  converge après plusieurs itérations. Dans la plupart des cas J converge après un nombre d'itérations élevé comme on peut le remarqué sur la figure suivante :

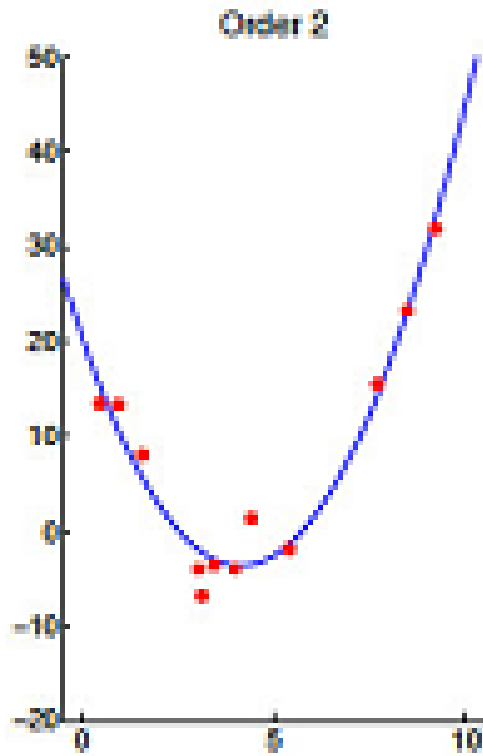


FIGURE 1.3 – Variation de J en fonction du nombre des itérations

NB : La Normalisation

Dans la pratique on peut avoir plusieurs données qui ne sont pas dans la même échelle  
 par ex : on cherche à prédire le prix d'une maison en fonction de la surface  $x_1$  : compris entre 30 – 400  $m^2$ , le nombres des chambres  $x_2$  : 1-10,

Nous remarquons que nos 2 variables ne sont pas dans la même intervalle et cela peut présenter un problème de convergence et ainsi empêcher les  $\theta_i$  de converger rapidement . Pour limiter ce problème on effectue une normalisation .Elle consiste à remplacer les  $x_i$  pour chaque tuple par :

$$x_j^i = \frac{x_j^i - \mu(x_j)}{\sigma(x_j)} \text{ avec :}$$

$\mu(x_j)$  : la moyenne des termes  $x_j$  et  $\sigma(x_j)$  : la variance des termes  $x_j$

## 1.2.2 Régression Logistique

La régression logistique est une technique de classification , elle consiste à appliquer une fonction  $h$  sur des éléments  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  en entrée et trouver une sortie *discrète*  $y$ .

Cette sortie nous permet de déterminer la classe du tuple , généralement  $y$  prend 2 valeurs 0 ou 1 et quelque fois -1 ou 1.

On utilise ce type de classification dans différents cas :

- Classification des emails : spams ou non spam
- Transaction en Ligne : Frauduleux ou pas
- Crédit bancaire : risquant ou non
- Tumeur : Bénigne ou Maligne

### Représentation de l'hypothèse

Une première approche serait d'utiliser la régression linéaire avec la fonction  $h_\theta(x) = \theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \dots \theta_n x_n$  pour effectuer la classification mais cela peut un problème car  $h_\theta(x)$  peut prendre des valeur qui sont à l'extérieur de l'intervalle  $[0,1]$ . La meilleur solution serait de trouver une fonction qui ne prend que des valeurs comprises entre 0 et 1 .

Pour les problèmes de classification on utilise la fonction sigmoïde ,elle est définie par :

$$g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

Et ainsi notre hypothèse sera :

$$h_\theta(x) = g(\theta^T x)$$

Avec  $\theta^T x = \theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \dots \theta_n x_n$ . Voici comment se présente cette fonction :

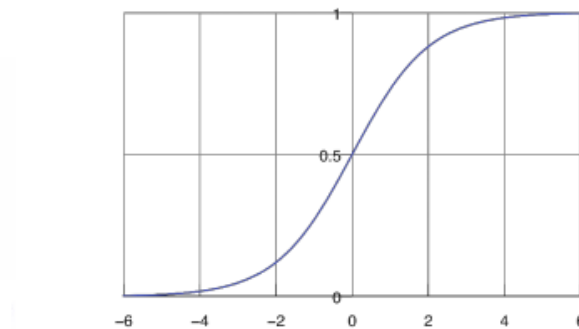


FIGURE 1.4 – Fonction Sigmoïde

On remarque que cette fonction ne prend que des valeurs comprise entre 0 et 1.

En d'autres termes  $h_\theta(x)$  représente la probabilité que  $y=1$  sur l'entrée  $x_n$  .

$$h_\theta(x) = P(y = 1|x; \theta)$$

La probabilité que  $y$  soit égale à 1 sachant  $x_n$  paramétré par  $\theta$ .

On l'utilise pour effectuer une classification en supposant que :

- si  $h_\theta(x) > 0.5$  la classe prédite est 1.
- si  $h_\theta(x) < 0.5$  la classe prédite est 0.

On démontre que :

$$P(y = 1|x; \theta) + P(y = 0|x; \theta) = 1 \text{ et } \\ P(y = 0|x; \theta) = 1 - P(y = 1|x; \theta)$$

## Frontière de Décision

Analysons notre fonction  $g(z)$ , on remarque qu'il est égale à 0.5 pour  $z = 0$ . Donc si  $z$  est positif  $g(z)$  sera supérieur à 0.5, dans le cas contraire  $g(z)$  sera inférieur à 0.5. Et ainsi avec notre hypothèse  $h(\theta^T x) = 1$  si  $\theta^T x > 0$  et  $h(\theta^T x) = 0$  si  $\theta^T x < 0$ . On comprend qu'à partir du plan  $\theta^T x$  qui divise l'espace en 2 parties on peut prédire la classe de chaque tuple sans problème.

Cette droite ou hyperplan s'appelle **la frontière de décision**. Voici comment elle se présente si on n'a que 2 attributs  $x_1$  et  $x_2$  :

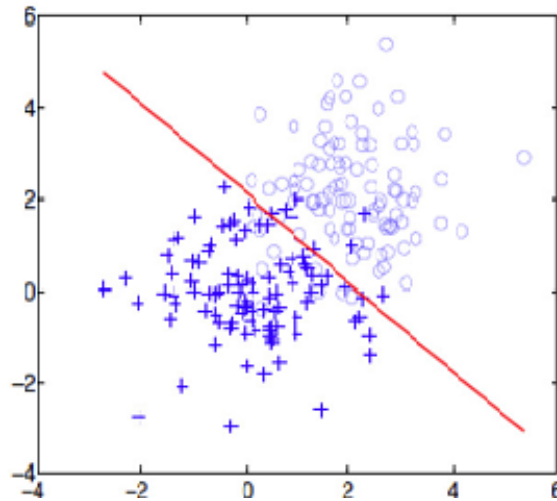


FIGURE 1.5 – Frontière de décision pour la Régression Logistique à 2 variables

## La Fonction Coût : Calcul De L'erreur

On pourrait être tenter d'utiliser la même fonction coût que pour la régression linéaire

$$J(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m [h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}]^2$$

Mais cette fonction présente des problèmes de convergence à cause de la non linéarité de la fonction  $h_{\theta}(x)$ . Pour ce faire, on définit une nouvelle fonction de l'erreur :

$$Err(h_{\theta}(x), y) = \begin{cases} -\log[1 - h_{\theta}(x)], & \text{si } y=0 \\ -\log[h_{\theta}(x)], & \text{si } y=1 \end{cases}$$

**Analyse de l'erreur :**

- si  $y = 1$  et notre fonction  $h_{\theta}(x) = 1$ , alors l'erreur vaut 0 et augmente si  $h_{\theta}(x)$  décroît.
- si  $y = 0$  et notre fonction  $h_{\theta}(x) = 0$ , alors l'erreur vaut 0 et augmente si  $h_{\theta}(x)$  croît.

On peut facilement le remarquer sur les figures suivantes :

Notre fonction cout peut prendre la forme compacte suivante :

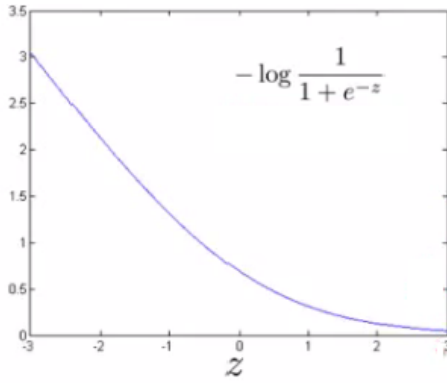
$$Err(h_{\theta}(x), y) = -y \log[h_{\theta}(x)] - (1 - y) \log[1 - h_{\theta}(x)]$$

Et Donc notre Fonction cout pour les  $\theta$  sera :

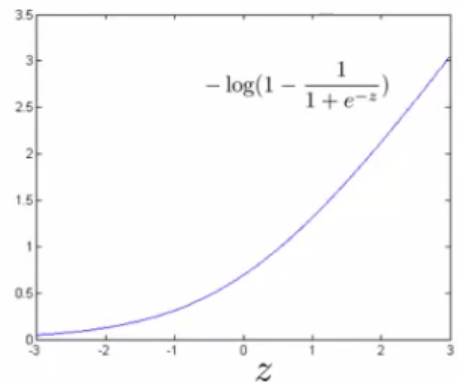
$$J(\theta) = \frac{1}{2m} [\sum_{i=1}^m -y^{(i)} \log[h_{\theta}(x^{(i)})] - (1 - y^{(i)}) \log[1 - h_{\theta}(x^{(i)})]]$$

$$\text{Avec } h_{\theta}(x) = \frac{1}{1 + e^{-\theta^T x}}$$

Pour le minimiser, on recourt aux mêmes techniques que pour la régression linéaire et c'est le même algorithme de la descente du gradient qu'on utilise dans ce cas aussi.



(a) cas ou  $Y = 1$



(b)  $Y = 0$

FIGURE 1.6 – Erreur pour la régression logistique

### Régulation : Phénomène de sur-apprentissage

Nous venons de passer en revue quelques modèles pour effectuer la régression linéaire ainsi que la classification avec la régression logistique. Jetons un coup d’œil aux 3 images de la ‘FIGURE 7

A la première figure (a) : avons la régression linéaire comme hypothèse mais on remarque que cela n’est pas un bon modèle de prédiction car dans ce cas l’erreur est trop grande. on parle de *sous-apprentissage* ou *Underfitting*. A la deuxième figure notre hypothèse c’est un polynôme du second degré le modèle convient bien à notre ensemble d’apprentissage et dans ce cas l’erreur est moins élevée. Par contre sur la troisième cas l’hypothèse c’est un polynôme du quatrième degré qui convient parfaitement à notre ensemble d’apprentissage et l’erreur est nulle, mais c’est modèle n’est pas bon car il convient parfaitement sur notre ensemble d’apprentissage et n’est pas adaptable aux nouvelles données, elle n’est pas une solution générale. Dans ce cas on parle de *Sur-Apprentissage* ou *Overfitting*.

On remarque ce même phénomène avec la régression logistique.

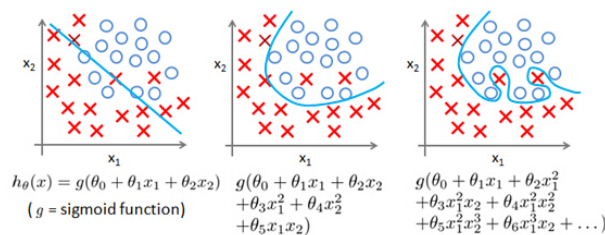
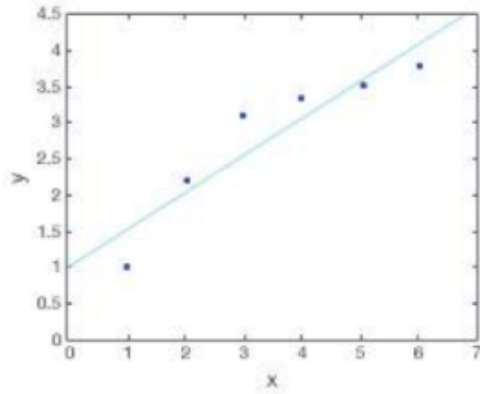


FIGURE 1.8 – Overfitting et Underfitting avec la régression logistique

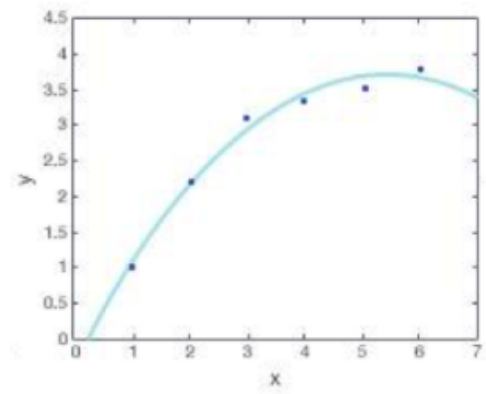
### Solutions aux problèmes de sur apprentissage

Signalons qu’une des cause de ce phénomène c’est le fait d’avoir peut des données avec plusieurs attributs.

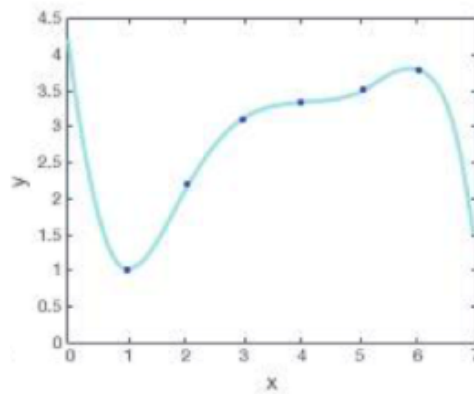
Dans ce cas la première de solution consisterait à réduire le nombre des attribues, choisir celle qu’on doit retenir et laisser les autres, mais cette approche possède un inconvénient car on risquerait de perdre l’information apportée par ces attributs et cela pénaliserait notre modèle.



(a)  $h_{\theta}(x) = \theta_0 + \theta_1 x$



(b)  $h_{\theta}(x) = \theta_0 + \theta_1 x + \theta_2 x^2$



(c)  $h_{\theta}(x) = \theta_0 + \theta_1 x + \theta_2 x^2 + \theta_3 x^3 + \theta_4 x^4$

FIGURE 1.7 – a : Sous-apprentissage et c : Sur-apprentissage avec la régression linéaire

La seconde solution est celle qu'on appelle la *La régularisation* elle consiste à garder tous les attributs mais réduire l'ampleur des paramètres  $\theta$  dans le calcul de l'erreur . On remarque que cette technique fonctionne très bien lorsqu'on dispose de plusieurs attributs qui contribue à la prédiction de la valeur  $y$ . Ainsi notre fonction de cout pour le calcul de l'erreur de la régression linéaire sera :

$$J(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n) = \frac{1}{2m} [\sum_{i=1}^m [h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}]^2 + \lambda \sum_{j=1}^n \theta_j^2]$$

Et Pour la régression logistique elle sera :

$$J(\theta) = \frac{1}{2m} [\sum_{i=1}^m -y^{(i)} \log[h_{\theta}(x^{(i)})] - (1 - y^{(i)}) \log[1 - h_{\theta}(x^{(i)})] + \lambda \sum_{j=1}^n \theta_j^2]$$

Avec  $\lambda$  le facteur de régularisation. C'est cette nouvelle fonction cout qu'on utilise pour l'algorithme de la descente du gradient régularisé.

### 1.2.3 Le Réseaux des Neurones

Pourquoi avons nous besoins du réseau des neurones ? Supposons que nous avons un problème complexe de classification, la première approche serait d'utiliser la classification logistique avec un polynôme de plusieurs termes :

- cela conviendrait pour problème avec 1, ou 2 attribut.
- supposons maintenant que nous avons des tuples avec plus de 1000 attributs ,

Ex : On veut prédire la chance d'une maison d'être vendu dans 6 mois : - Plusieurs facteurs entrent en jeu ,à peut près plus de 100 , on aura un polynôme avec les termes suivants  $(x_1^2, x_1x_2, x_1x_3, x_1x_4, \dots, x_1x_{100})$ , on aura a peut près 5000 termes et ce nombre augmentera énormément si on choisi de considérer les 3 ème degré. La régression logistique n'est pas vraiment approprié pour des problèmes de classification des données avec plusieurs attributs .

Par exemple dans le cas de la vision artificielle ou n peut aller de 2500 à 50000000 attributs. On remarque bien qu'une simple régression logistique n'est pas approprié pour ce cas.

#### Les Neurones et le cerveau[12]

Une des motivations qui ont poussé les scientifique à créer le réseaux des neurones c'est celui de répliquer le fonctionnement du cerveau humain . En effet le cerveaux humain dispose d'une capacité énorme d'apprentissage il s'apprend lui même comment apprendre et peut apprendre de n'importe quelle source des données,il contient environ 100 milliards de neurones. Voici à quoi ressemble à quoi ressemble un neurone dans le cerveau :

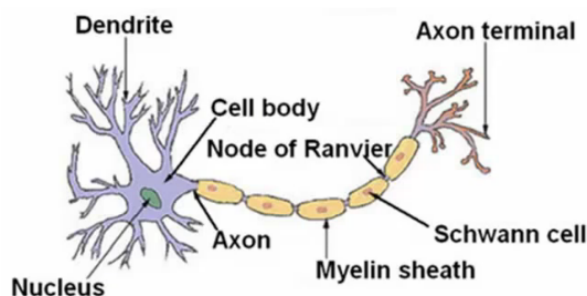


FIGURE 1.9 – Un Neurone Naturel

Les neurones reçoivent les signaux (impulsions électriques) par des extensions très ramifiées de leur corps cellulaire (les dendrites) et envoient l'information par de longs prolongements (les axones). Les impulsions électriques sont régénérées pendant le parcours le long de l'axone. La durée de chaque impulsion est de l'ordre d'1 ms et son amplitude d'environ 100 mvolts. Les contacts entre deux neurones, de l'axone à une dendrite, se font par l'intermédiaire des synapses. Lorsqu'un potentiel d'action atteint la terminaison d'un axone, des neuromédiateurs sont libérés et se lient à des récepteurs post-synaptiques présents sur les dendrites. L'effet peut être excitateur ou inhibiteur. Chaque neurone intègre en permanence jusqu'à un millier de signaux synaptiques. Ces signaux n'opèrent pas de manière linéaire (effet de seuil).

#### Représentation d'un Neurone Artificiel

On pourrait définir un neurone ou perceptrons comme étant une unité de traitement qui reçoit des données en entrée sous forme vectorielle et produit une sortie réelle , cette sortie



est fonction des entrées et des poids de connexions.

Il se caractérise par :

- les signaux en entrée  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ,
- il est toujours préférable d'ajouter le biais  $x_0$  qui est égale à 1.,
- les coefficients synaptiques ou poids des connexions  $\theta_{i0}, \theta_{i1}, \dots, \theta_{in}$ ,
- Une Fonction d'activation  $h_\theta(x)$ ,
- l'état interne d'activation  $a = h_\theta(x)$

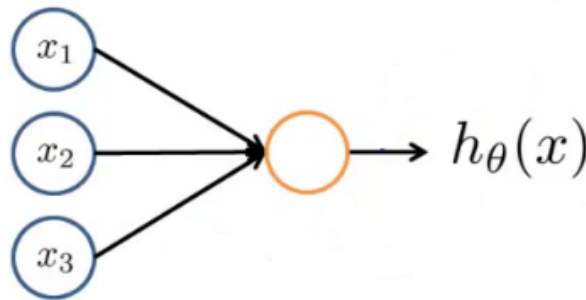


FIGURE 1.10 – un Perceptron ou Unité de traitement

D'une façon plus générale un réseau des neurones est un ensemble de plusieurs neurones liés entre eux pour effectuer un calcul se compose :

- D'une couche d'entrée ou activation layer
- D'une couche de sortie ou output layer
- D'une ou plusieurs couches intermédiaires ou hidden layers .

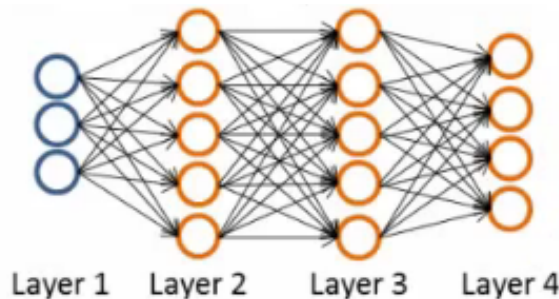


FIGURE 1.11 – un réseau des neurones complets avec 2 hidden layers

Chaque couche dispose des perceptrons ou unités d'activation.

On note :

- $a_i^j$  : l'unité d'activation i de la couche j
- $\theta^l$  : matrice des poids de connexions contrôlant le passage de la couche l à couche l+1.

La matrice  $\theta^l$  est constituée des termes  $\theta_{ij}$  avec :

- i l'indice de l'unité de la couche de destination
- j l'indice de l'unité de la couche d'origine .

Donc  $\theta_{12}$  représente le poids de passage de l'unité 2 de la couche d'origine a l'unité 1 de la couche de destination.

Regardons encore une fois l'image suivante :

Nous avons :

$$a_1^{(2)} = g(\theta_{10}^{(1)} x_0 + \theta_{11}^{(1)} x_1 + \theta_{12}^{(1)} x_2 + \theta_{13}^{(1)} x_3)$$

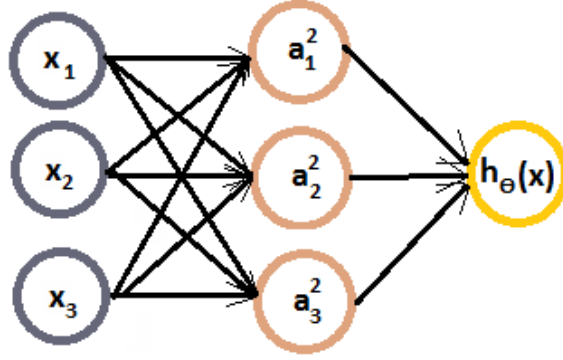


FIGURE 1.12 – Réseaux des neurones avec des unités d'activation

$$\begin{aligned}
 a_2^{(2)} &= g(\theta_{20}^{(1)} x_0 + \theta_{21}^{(1)} x_1 + \theta_{22}^{(1)} x_2 + \theta_{23}^{(1)} x_3) \\
 a_3^{(2)} &= g(\theta_{30}^{(1)} x_0 + \theta_{31}^{(1)} x_1 + \theta_{32}^{(1)} x_2 + \theta_{33}^{(1)} x_3) \\
 h_\theta(x) &= a_1^{(3)} = g(\theta_{10}^{(2)} a_0^{(2)} + \theta_{11}^{(2)} a_1^{(2)} + \theta_{12}^{(2)} a_2^{(2)} + \theta_{13}^{(2)} a_3^{(2)})
 \end{aligned}$$

Chaque unité d'activation de la couche  $l+1$  est obtenue en appliquant la fonction  $g$  (une sigmoïde) à la combinaison linéaire des unités de la couche précédente avec les éléments de la matrice  $\theta^l$ .

## Apprentissage par Réseau des neurones

Le réseau des neurones est un des plus puissant algorithme d'apprentissage, il cherche à trouver les paramètres du modèle d'apprentissage uniquement à partir de l'ensemble d'apprentissage.

Voici notre configuration :

- Notre ensemble d'apprentissage est :  $(x^1, y^1), (x^2, y^2), (x^3, y^3), \dots, (x^n, y^n)$
- L nombre des couche de notre réseau. Pour notre cas  $L=4$
- $s_l$  nombre des unités dans la couche  $l$

Donc en se référant à la 1.11 On remarque que :

- $L= 4$
- $s_1 = 3$
- $s_2 = 5$
- $s_3 = 5$
- $s_4 = 4$

Avec le réseaux des neurones, on peut faire aussi bien des classification binaires que des classifications avec plusieurs classe.

Pour la classification binaire la couche de sortie ne comprend qu'une seule unité  $k = 1$  avec  $k$  le nombre des unités de la couche de sortie.

Pour une classification multi-classe  $k$  prend des valeurs supérieures à 3, la sortie  $y \in R^K$  Pour 3 classes  $y^1 = [1, 0, 0]$ ,  $y^2 = [0, 1, 0]$ ,  $y^3 = [0, 0, 1]$  ;

## Fonction Cout

Rappelons que pour la régression logistique la fonction cout régularisée est la suivante :

$$J(\theta) = \frac{1}{2m} [\sum_{i=1}^m -y^{(i)} \log[h_\theta(x^{(i)})] - (1 - y^{(i)}) \log[1 - h_\theta(x^{(i)})] + \lambda \sum_{j=1}^n \theta_j^2]$$

Pour le réseau des neurones la fonction cout n'est que la généralisation de celui de la régression logistique mais au lieu d'une sortie nous avons K sorties .

$h_\theta(x) \in R^k$  et  $(h_\theta(x))_k = k^{eme}$  sortie

$$J(\theta) = \frac{1}{2m} [\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K -y_k^{(i)} \log[(h_\theta(x^{(i)}))_k] - (1-y_k^{(i)}) \log[1-(h_\theta(x^{(i)}))_k] + \lambda \sum_{l=1}^{L-1} \sum_{i=1}^{s_l} \sum_{j=1}^{s_{l+1}} (\theta_{ji}^{(l)})^2]$$

Une fois la fonction cout connu le reste du travail consiste à entrainer notre réseau , donc de trouver :

- la valeur des unités d'activation  $a^l$  pour chaque couche
- Ainsi que celles de  $\theta_{ji}^{(l)}$  qui minimisent la fonction cout .

### Calcul des Valeurs des unités d'activation *Forward propagation*

Cette technique est celle qui permet de calculer les valeur des unités d'activation du réseau des neurones en partant de la couche d'entrée et propagé ces valeurs jusqu'à la couche de sortie d'où le nom de *Forward propagation*.

Nous avons déjà établie que :

$$\begin{aligned} - a_1^{(2)} &= g(\theta_{10}^{(1)} x_0 + \theta_{11}^{(1)} x_1 + \theta_{12}^{(1)} x_2 + \theta_{13}^{(1)} x_3) \\ - a_2^{(2)} &= g(\theta_{20}^{(1)} x_0 + \theta_{21}^{(1)} x_1 + \theta_{22}^{(1)} x_2 + \theta_{23}^{(1)} x_3) \\ - a_3^{(2)} &= g(\theta_{30}^{(1)} x_0 + \theta_{31}^{(1)} x_1 + \theta_{32}^{(1)} x_2 + \theta_{33}^{(1)} x_3) \end{aligned}$$

on définit :

$$z_1^{(2)} = \theta_{10}^{(1)} x_0 + \theta_{11}^{(1)} x_1 + \theta_{12}^{(1)} x_2 + \theta_{13}^{(1)} x_3 \text{ et cela veut dire que :}$$

$$a_1^{(2)} = g(z_1^{(2)})$$

On peut ainsi définir les termes  $z_2^{(2)}$  ,et  $z_3^{(2)}$  qui sont les unités d'activation de la couche 2.

En utilisant les matrices nous pouvons écrire :

$$z^{(2)} = \begin{bmatrix} z_1^{(2)} \\ z_2^{(2)} \\ z_3^{(2)} \end{bmatrix} \text{ pour la 2ème couche et l'entrée peut être noté } x = \begin{bmatrix} 1 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

$$\text{Ainsi } z^{(2)} = \theta^{(1)} x \text{ et } a^{(2)} = g(z^{(2)})$$

Pour la troisième couche écrit :  $z^{(3)} = \theta^{(2)} a^{(2)}$  et  $a^{(3)} = g(z^{(3)})$  et ainsi de suite jusqu'à la couche de sortie .

D'une façon générale on écrit :  $z^{(l)} = \theta^{(l-1)} a^{(l-1)}$  et  $a^{(l)} = g(z^{(l)})$  pour toutes les couches du réseau .

### Minimisation de la fonction de cout : *back propagation*

Pour minimiser la fonction cout, nous devons calculer ses dérivées partielle par rapport aux éléments  $\theta_{ji}^{(l)}$  ce qui n'est pas une tache facile . Le but est de trouver les  $\theta_{ji}^{(l)}$  qui minimisent la fonction cout. On veut calculer  $\frac{\partial}{\partial \theta_{ji}^{(l)}} J(\theta)$

Pour calculer les dérivées partielles , nous utilisons la technique qu'on appelle *back propagation* ou *rétro-propagation du gradient* ,c'est une méthode qui permet de calculer le gradient de l'erreur pour chaque neurone d'un réseau de neurones, de la dernière couche vers la première.

Notons  $\delta_j^l$  : l'erreur à l'unité j de la couche l.

- Pour la 4eme couche, cette erreur n'est que la différence entre la valeur exacte et la valeur calculé par notre réseau des neurones.

$$\text{D'ou : } \delta_j^4 = a_j^4 - y_j$$

Pour calculer l'erreur de la couche l on utilise la couche suivante l+1 d'ou le non de

*rétro-propagation du gradient* Ainsi l'algorithme d'entrainement de notre algorithme sera le suivant : 2

---

**Algorithm 2** Algorithme de la rétro-propagation du gradient

---

**Require:**  $(x^1, y^1), (x^2, y^2), \dots, (x^n, y^m)$   
**for**  $i = 1, 2, \dots, s_{l+1}, j = 1, 2, \dots, s_l; l = 1, 2, \dots, L$  **do**  
 $\theta_{ij}^{(l)} \leftarrow 0$   $\triangleright$  initialisation des valeurs des  $\theta$  pour chaque couche   Zero  
**for all** tuple dans l'ensemble d'apprentissage **do**  
 $a^1 \leftarrow x^i$   $\triangleright$  initialisation de la premiere couche avec les valeurs de l'entrée  
**repeat**  
**for**  $L = 2, 3, \dots, L$  **do**  $\triangleright$  Forward Propagation  
 $z^{(l)} \leftarrow \theta^{(l-1)} a^{l-1}$   
 $a^{(l)} \leftarrow g(z^{(l)})$   
 $\delta^L \leftarrow a^{(L)} - y^{(i)}$   $\triangleright$  pour la dernière couche  
**for**  $L = L-1, \dots, 2, 1$  **do**  $\triangleright$  Backward Propagation  
 $\delta^l \leftarrow (\theta^{(l)})^T \delta^{l+1} \cdot (a^{(l)} \cdot (1 - a^{(l)}))$   
 $\frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta^{(l)}} \leftarrow \delta^{l+1} \cdot (a^{(l)})^T$   
 $\theta^{(l)} \leftarrow \theta^{(l)} + \frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta^{(l)}}$   $\triangleright$  Descente d gradient  
**until**  $J(\theta)$  converge vers 0  
**if**  $j \neq 0$  **then**  
 $D^l \leftarrow \frac{1}{2m} \theta^{(l)} + \lambda \theta^{(l)}$   $\triangleright$  Regularisation  
**else**  
 $D^l \leftarrow \frac{1}{2m} \theta^{(l)}$   $\triangleright$  Au cas ou il n'ya pas de regularisation

---

### 1.2.4 Support Vector Machine - SVM [13]

Support Vector Machine est un classifieur discriminant qui est défini par un hyperplan, étant donné un ensemble d'apprentissage l'algorithme de SVM permet de trouver un hyperplan qui va catégoriser les éléments de l'ensemble et d'autres nouveaux éléments en maximisant la marge entre les éléments de l'ensemble d'apprentissage à la manière de la frontière de décision pour la régression logistique. On peut dire que SVM est une amélioration de la régression logistique.

#### Données Séparables linéairement

Si nous considérons le même problème de classification binaire que celui de la régression logistique sauf que les labels de nos classes ici sont 1 et -1 au lieu de 0 et 1 donc ici  $y \in \{-1, 1\}$ , on constate que nous avons un large éventail de choix pour notre frontière de décision comme on peut le voir à la figure ci-dessous : Nous remarquons que toutes ces

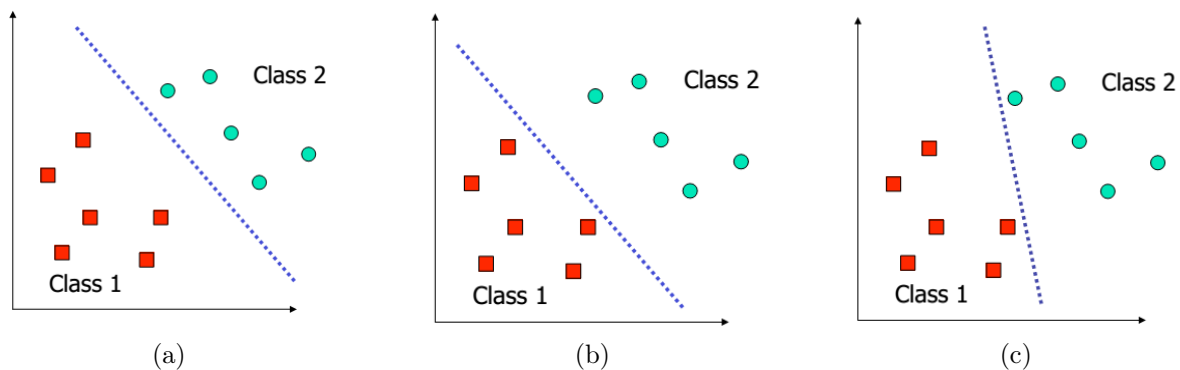


FIGURE 1.13 – Différentes frontières de décision possibles

frontières des décisions conviennent pour notre ensemble d'apprentissage.

Mais comment alors choisir la bonne ?? celle qui est optimale ?

Remarquons que pour mieux généraliser les données la meilleure frontière de décision est celle qui doit être la plus éloignée que possible de nos données. Le but de SVM revient à trouver cette hyperplan qui constituera notre frontière de décision.

**Représentation de l'hypothèse** Rappelons que pour la régression logistique notre hypothèse s'écrivait de la manière suivante :

$$h_{\theta}(x) = g(\theta^T x)$$

Avec  $g(z)$  étant défini comme la fonction sigmoïde.

On a aussi fait remarquer qu'on utilise l'équation de la frontière de décision qui est  $(\theta^T x)$  pour effectuer la classification, et de là on déduit que les données de la classe positive vérifient l'équation  $\theta^T x > 1$  et les autres  $\theta^T x < -1$ .

Ainsi la limite de la classe positive est l'hyperplan d'équation  $\theta^T x = 1$  et celle des négatifs est  $\theta^T x = -1$  si on tient compte de  $b$  comme distance avec l'origine ces droites s'écriront  $\theta^T x + b = 1$  et  $\theta^T x + b = -1$ .

Ainsi le but de SVM serait de trouver l'hyperplan qui maximise la marge ou la distance entre ces 2 hyperplans, et d'après la géométrie analytique cette distance se calcule de la manière suivante  $d = \frac{2}{\|\theta\|}$  Notre problème se formulera de la manière suivante :

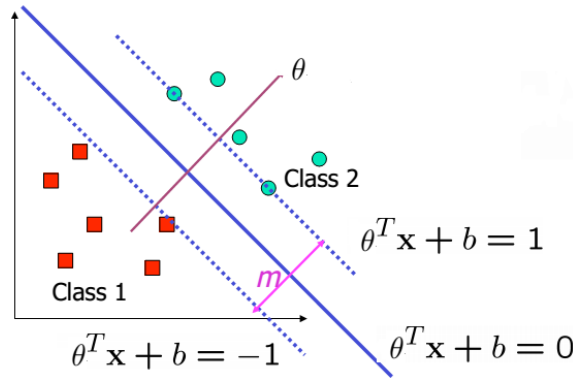


FIGURE 1.14 – Problème de SVM en 2 dimensions

$$\begin{cases} \max \frac{2}{\|\theta\|}, \\ \text{Avec } \theta^T x + b > 1, \quad \text{si } y=1 \\ \text{et } \theta^T x + b < -1, \quad \text{si } y=-1 \end{cases}$$

Or maximiser  $\frac{2}{\|\theta\|}$  revient simplement à minimiser  $\frac{1}{2}\|\theta\|^2$  et nos 2 conditions peuvent se combiner en une seule qui est  $y_i(\theta^T x_i + b) \geq 1 \quad \forall i$   
Ainsi le problème à résoudre devient le suivant :

$$\begin{cases} \min \frac{1}{2}\|\theta\|^2, \\ y_i(\theta^T x_i + b) \geq 1, \quad \forall i \end{cases}$$

Ceci n'est rien d'autre qu'un problème d'optimisation sous contrainte, pour le résoudre on utilise la méthode de Lagrange .

Elle consiste à chercher le lagrangien de notre problème et égaliser son gradient à zéro.  
le lagrangien est donné par :

$$L = \frac{1}{2}\theta^T \theta + \sum_{i=1}^m \alpha_i (1 - y_i(\theta^T x_i + b)) , \text{ car } \|\theta\|^2 = \theta^T \theta$$

et  $\nabla L = 0$

Ce qui nous donne :

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = \theta - \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i = 0 \text{ ce qui donne } \theta = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i x_i$$

$$\frac{\partial L}{\partial b} = 0 \text{ nous donne } \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0$$

En mettant ces 2 expressions des L on obtient :

$$L = \frac{-1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j X_i^T \cdot X_j + \sum_{i=1}^m \alpha_i$$

,qui n'est qu'une fonction de  $\alpha_i$

Il est connu sous le nom d'un problème de dualité car si on connaît  $\alpha_i$  on connaît  $\theta$  L doit être maximisé maintenant , ainsi notre problème de dualité s'écrit :

$$\begin{cases} \max \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j X_i^T \cdot X_j, \\ \text{Avec } \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0, \\ \text{et } \alpha_i \geq 0 \end{cases}$$

Avant de s'attaquer à la résolution de ce problème remarquons quelques éléments intéressants qu'il présente :

- la grande partie des valeurs de  $\alpha_i$  sont nulles et aux valeurs non nulles correspondent des  $x_i$  qu'on appelle support Vector.
- Pour prédire la classe d'un nouveau élément z nous avons qu'à vérifier s'il se place

au dessus ou en dessous de notre frontière de décision qui est donnée par  $\theta^T z + b = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i (X_i^T \cdot Z)$ .

- Mais aussi il présente l'avantage que l'algorithme comprend le produit scalaire des tuples d'entrées, cet avantage sera utilisé lorsqu'on va traiter des frontières de décisions non linéairement séparable.

### Données non Séparables linéairement : Notion de Kernel [14]

Dans la plupart des cas surtout dans la pratique les données ne peuvent pas toujours être classer avec une droite ou un hyperplan comme on peut le voir à la FIGURE15 :

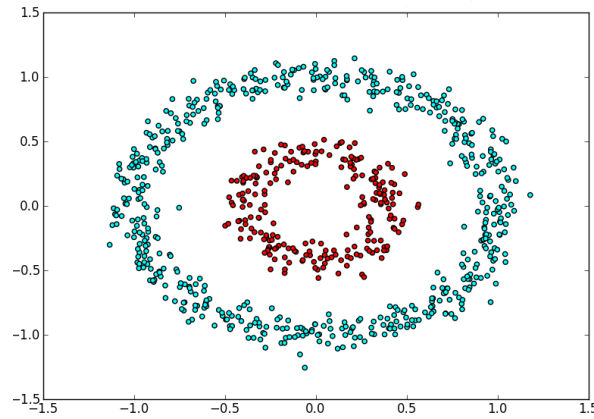


FIGURE 1.15 – Données non séparable linéairement

Une propriété stipule que les données qui ne sont pas linéairement séparable dans un espace de dimension  $n$  le seront dans un espace de dimension  $m$  avec  $m \geq n$  [8]. il suffit juste de faire un mapping des tuples  $x_i$  dans  $R^n$  vers  $R^m$  en utilisant une fonction  $\phi(x)$ . Voyons un exemple à la FIGURE16

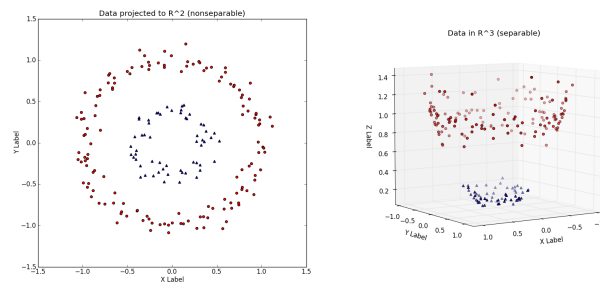


FIGURE 1.16 – Données non séparable linéairement dans  $R^2$  mais qui le devient dans  $R^3$  avec  $\phi(x_1, x_2) = (x_1, x_2, x_1^2 + x_2^2)$

**Définition : Kernel** Un Kernel est une fonction qui permet de calculer le produit scalaire du mapping d'un tuple dans un espace de dimension supérieur que celui dans lequel il est définie . on a :

$$K(x, z) = \phi^T(x) \cdot \phi(z)$$

Mais on n'est pas obligé de connaître  $\phi(x)$  pour calculer  $K(x, z)$  il existe des Kernel bien définie qui permettent de calculer le produit scalaire sans pour autant connaître  $\phi$  et ainsi faciliter les calcul .

En voici quelque uns les plus utilisé :

- Le Kernel Polynomial de degré d :  $K(x, z) = (x^T z + 1)^d$
- Le Kernel Gaussien :  $K(x, z) = \exp(-\frac{\|x-z\|^2}{2\sigma^2})$
- Le Kernel sigmoïde :  $K(x, z) = \tanh(kx^T y + \theta)$

Ainsi dans notre problème d'optimisation on peut juste remplacer le produit scalaire de  $x_i$  et  $x_j$  et ensuite palier aux problème des frontières de décisions non séparable linéairement.

On choisie un Kernel en fonction des caractéristiques de l'ensemble d'apprentissage .

Le problème sera :

$$\begin{cases} \max \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j \phi^T(x) \cdot \phi(y), \\ \text{Avec } \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0, \\ \text{et } \alpha_i \geq 0 \end{cases}$$

Et en introduisant le Kernel on a :

$$\begin{cases} \max \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x, y), \\ \text{Avec } \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i = 0, \\ \text{et } \alpha_i \geq 0 \end{cases}$$

Et ainsi notre frontière de décision sera :  $\theta^T z + b = \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i K(x, y) + b$  .

Pour résoudre ce problème on utilise la méthode de acSMO qui est la technique la plus utilisée pour la résolution de ces genres des problèmes , il est implémenté dans la plupart des package d'apprentissage automatique .



## 1.2.5 Arbres des Décisions [15] [16]

### Définitions

Un arbre de décision est un ensemble des règles de classification et de régression basant leurs décisions sur des tests associés aux attributs, organisées de manière arborescente.

C'est une représentation d'une procédure d'apprentissage.

Voici quelques termes ou notions liées aux arbres de décisions :

*Noeud Principale ou Root Node* : c'est l'attribut qui se situe au premier niveau et sur base de celui-ci s'effectue notre prédiction.

*Splitting ou segmentation* : c'est un processus consistant à diviser un nœud en 2 ou plusieurs sous-nœuds sur base d'un test sur un attribut.

*Nœud Interne ou Nœud de décision* : c'est un nœud étiqueté par un test qui peut être appliqué à toute description d'un individu de la population.

*Une feuille* : c'est le nœud où on ne peut plus diviser ou segmenter l'arbre, il est étiqueté par une classe.

### Construction de l'arbre et Algorithme

**Mesure de la pureté des feuilles** Pour Construire les nœuds de l'arbre, les choix des « questions les plus discriminantes » peuvent se faire selon plusieurs critères : l'algorithme CART utilise l'indice de Gini, l'algorithme C4.5 utilise l'entropie, l'algorithme Chi-square Automatic Interaction Detector (CHAID) utilise le test de khi carré, et plusieurs autres algorithmes. Dans cette partie nous ne parlerons que de deux premiers. Ces deux outils mathématiques visent à évaluer la « pureté » de chaque feuille : lorsque l'on se situe à un nœud donné de l'arbre, le but est de créer deux feuilles qui soient plus homogènes que le nœud qui les précède. Il faut donc disposer d'un moyen de mesurer cette homogénéité, ou « pureté ». Grâce à cela, à chaque nœud, le split est construit de manière à maximiser le gain d'information apporté par une question donnée sur la connaissance de la variable réponse.

### Entropie

L'entropie est une fonction mathématique créée par Claude Shannon en 1948, pour des questions initialement liées à la théorie du signal.

En Machine Learning c'est la mesure du désordre ou de l'inégalité de répartition pour le choix d'un test à une position de l'arbre.

Notons par  $E$  notre ensemble d'apprentissage divisé en classes  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k$  - L'entropie de la distribution des classes = quantité moyenne d'information nécessaire pour identifier la classe d'un exemple de  $E$ .

$$H(E) = - \sum_{j=1}^k P(\omega_k) \log_2(\omega_k)$$

où  $P(\omega_k)$  est la probabilité a priori de la classe  $\omega_k$

- Soit un test  $T$  (portant sur une variable  $X$ ) ayant  $m$  alternatives possibles qui divisent  $E$  en sous-ensembles  $E_j$ , caractérisé par une entropie  $H(E_j)$ .
- L'entropie de la partition résultante, c'est-à-dire l'entropie conditionnelle de  $E$  étant donné  $T$ , est définie comme l'entropie moyenne des sous-ensembles :

$$H(E|T) = \sum_{j=1}^j P(E_j) H(E_j)$$

- Le gain d'information apporté par le test Test donc :

$$Gain(E, T) = H(E) - H(E|T)$$

L'algorithme de l'arbre de décision se base sur ces propriétés.

### L'indice de Gini

L'indice (ou coefficient) de Gini est une mesure, comprise entre 0 et 1, de la dispersion d'une distribution. Il est très souvent utilisé en économie ou en sociologie afin de mesurer les inégalités sociales au sein d'un pays. Dans ce contexte, plus le coefficient est proche de 1 et plus la société est inégalitaire. il se calcule de la manière suivante :

$$Gini = \sum_{i \neq j} p(\omega_i)p(\omega_j)$$

Avec  $p(\omega_i)$  la probabilité de la classe  $\omega_i$  .

De la même façon que l'entropie on calcul le gain d'information avec l'indice de gini.

### Algorithme

---

**Algorithm 3** Pseudo code de l'arbre de décision

---

**Require:** Training set E

Initialiser l'arbre courant 'a l'arbre vide ; la racine est le nœud courant

**while** On n'as pas encore obtenu l'arbre **do**

    Décider si le nœud courant est terminale

**if** le nœud est terminal **then**

        lui affecter une classe

**else**

        Sélectionner un test et créer autant de nouveaux nœuds fils qu'il y a de réponses possibles au test

        Passer au nœud suivant non exploré s'il en existe

---

En général, on décide qu'un nœud est terminal lorsque tous les exemples associés à ce nœud, ou du moins la plupart d'entre eux sont dans la même classe, ou encore, s'il n'y a plus d'attributs non utilisés dans la branche correspondante.

En général, on attribue au nœud la classe majoritaire (éventuellement calculée à l'aide d'une fonction de coût lorsque les erreurs de prédiction ne sont pas équivalentes). Lorsque plusieurs classes sont en concurrence, on peut choisir la classe la plus représentée dans l'ensemble de l'échantillon, ou en choisir une au hasard.

### Élagage de l'arbre ou *Prunning*

L'objectif de cette étape est de supprimer les parties de l'arbre qui ne semblent pas performantes pour prédire la classe de nouveaux cas et les remplacées par un nœud terminal (associé à la classe majoritaire).

Le processus est remplacées par un nœud terminal (associé à la classe majoritaire).

il existe différentes façons d'estimer le taux d'erreur entre autre :

- sur base de nouveaux exemples disponibles ;
- via une validation croisée ;
- sur base d'une estimation statistique, ex : borne supérieure d'un intervalle de confiance construit sur un modèle binomial .

### Avantages et inconvénients des arbres de décisions

**Avantages** - Interprétabilité : chaque élément du modèle est facile à comprendre et à analyser pour un humain, et peut donner de l'information sur les données. Ceci est surtout vrai pour les petits arbres. À cause de l'instabilité des arbres (par exemple si on varie le choix des variables ou des données), il faut utiliser des techniques spécialisées pour déterminer quelles variables sont réellement importantes. On peut faire correspondre un arbre de décision à un ensemble de règles SI-ALORS (en introduisant des nouvelles classes correspondant aux noeuds cachés de l'arbre).

- Flexibilité : peut être utilisé sur des données de n'importe quel type (dont évidemment les variables continues et discrètes) pour lesquelles un ensemble fini (pas trop grand) de questions possibles pour la partition peut être défini (en principe cela peut être appliqué à n'importe quel type de structures de données).

**Inconvénients** Un des inconvénients principaux des méthodes d'apprentissage par arbres de décision est leur instabilité. Sur des données réelles, il s'en faut souvent de peu qu'un attribut soit choisi plutôt qu'un autre et le choix d'un attribut-test, surtout s'il est près de la racine, influence grandement le reste de la construction. La conséquence de cette instabilité est que les algorithmes d'apprentissage par arbres de décision ont une variance importante, qui nuit à la qualité de l'apprentissage. Des méthodes comme le Bagging(pour Bootstrap Aggregating) ou les Random Forests(qui consiste à utiliser plusieurs arbres et utiliser le vote classe faite par chaque arbre pour classer une instance ) [17] permettent dans une certaine mesure de remédier à ce problème.

### 1.3 Méthodologie de mise en place du processus de data mining[3]

. Au début des années 90, l'intérêt croissant pour le data mining a mis en lumière l'absence d'une méthodologie pour la mise en place d'un processus de découverte de connaissances, applicable quelle que soit l'industrie visée ou l'outil utilisé. De ce besoin est née l'initiative CRISP-DM. A partir du processus de découverte de connaissances utilisé dans les premiers

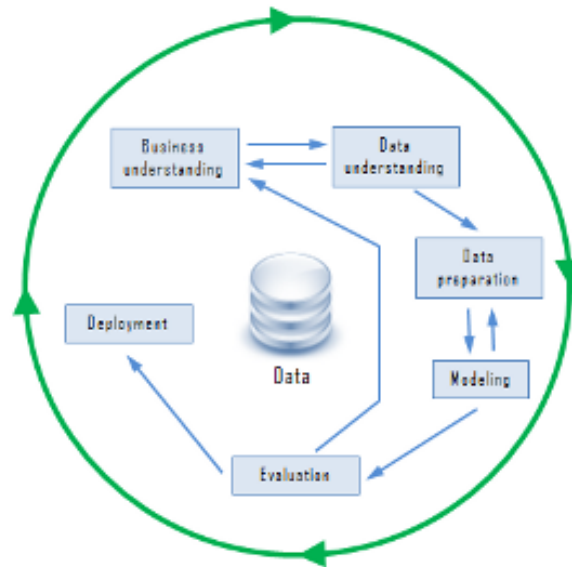


FIGURE 1.17 – Data mining process model

projets de data mining ,CRISP-DM a défini et validé une méthodologie potentiellement applicable dans tous les secteurs de l'industrie. Elle permet de rendre les projets de data mining à grande échelle plus rapides, moins coûteux, plus fiables et surtout améliorer leur gestion. Cette méthodologie ne vise pas que les grands projets car même les petits projets de découverte de connaissances peuvent tirer profit de son utilisation. Essentiellement, cette méthodologie fournit un aperçu du cycle de vie d'un projet de data mining. Elle identifie clairement les principales phases de ce processus au travers de tâches et des relations entre ces tâches. Même si le modèle ne le spécifie pas explicitement, il y a des relations possibles entre toutes les tâches en fonction des objectifs d'analyse et des données qui sont analysées. Les six phases importantes du processus sont :

1. *La compréhension du problème métier* : concerne la définition du problème d'analyse sur la base des objectifs métiers qui en sont à l'origine.
2. *La compréhension des données* : cette phase vise à déterminer précisément les données à analyser et à identifier la qualité des données .
3. *La préparation des données* : couvre les activités liées à la construction de l'ensemble précis des données à analyser à partir des données brutes. Ceci inclue le nettoyage des données, la sélection d'attributs, le choix des observations, etc.
4. *La modélisation* : est la phase consistant dans le paramétrage et le test de différentes techniques de data mining sur les données choisies, dans l'objectif d'optimisation du modèle ou des connaissances obtenues par ces techniques.

5. *L'évaluation* : vise à vérifier le modèle ou les connaissances obtenues afin de s'assurer qu'ils répondent aux objectifs formulés au début du processus. Elle contribue aussi à la décision de déploiement du modèle ou, au contraire, de la nécessité que ce dernier soit reconstruit ou amélioré.
6. *Le déploiement* : est l'étape finale du processus de découverte de connaissances. Son objectif est de mettre la connaissance obtenue par la modélisation dans une forme adaptée et l'intégrer au processus de prise de décision. Le déploiement peut aller, selon les objectifs, de la simple génération d'un rapport décrivant les connaissances obtenue jusqu'à la mise en place d'une application spécifique permettant l'utilisation du modèle obtenu pour la prédiction des valeurs inconnues d'un paramètre d'intérêt.

## Chapitre 2

# Analyse du domaine de l'orientation [18] [19] [20] [21] [22]

### 2.1 Généralités sur l'orientation des étudiants

Union Nationale des Associations Familiales (UNAF) considère l'orientation comme un véritable parcours, qui comporte des étapes certes, mais qui doit s'inscrire dans la durée. Cette inscription dans la durée nécessite que des passerelles multiplient entre les différentes filières afin de permettre les réorientations, même en cours d'année. Ces passerelles devraient par ailleurs permettre aux jeunes d'aller aussi loin qu'ils le désirent dans leurs études, quel que soit leur choix initial. Ainsi l'orientation pourra être dédramatisée et aucune formation choisie ne sera une « voie sans issue ». Ce serait aussi un moyen de lutter contre la déscolarisation qui provient souvent d'un choix d'orientation qui ne convient pas et qui pousse les jeunes à arrêter complètement leur scolarité au lieu de se réorienter.

En effet, le terme “orientation” recouvre deux activités que la langue anglaise distingue : le processus qui répartit les élèves dans différentes voies de formation, filières et options (“students distribution”) ; l'aide aux individus dans le choix de leur avenir scolaire et professionnel (“vocational guidance”, “school and career counseling”).

Face à la crise, le diplôme protège du chômage et favorise l'accès à la formation continue. Le rapport « Formations et emplois » de l'Insee (2013), fait preuve qu'environ 800 000 élèves sont inscrits en troisième et 700 000 sont candidats au bac. Il s'avère important de savoir si chacun trouvera-t-il la place qui lui convient pour la suite ? Ce n'est pas si facile, car la plupart des filières imposent une sélection à l'entrée, en fonction du nombre de places disponibles.

La difficulté face à un choix d'orientation, légitime à l'adolescence, peut être handicapante par la suite, d'où la nécessité d'une réelle éducation au choix, à l'orientation qui prennent en compte les trois volets : connaissance de soi, connaissance des métiers et de l'environnement professionnel, connaissance des formations. Cependant, au final, faute d'avoir trouvé sa voie ou acquis le niveau nécessaire, un nombre important d'élèves quitte chaque année le système éducatif sans avoir obtenu de qualification.

A ce propos, le rapport haut conseil d'éducation(2008) stipule que chaque année 120 000 jeunes quittent le système de formation initiale sans diplôme (surtout dans la voie profes-

sionnelle). A l'université, le décrochage concerne 80 000 jeunes par an (1/4 de l'ensemble des sortants de l'université d'une année). Les services qui s'occupent de l'orientation sont éparpillés, il existe un accès inégal à ces services, les ressources humaines et matérielles limitées influent sur la qualité des services offerts. Pourtant, l'objectif des universités vise à offrir une bonne démarche d'orientation aux étudiants. Elles ont comme défi d'élaborer pour chaque étudiant une démarche d'orientation stimulante, cohérente, réaliste et adaptée à sa dynamique personnelle, d'établir une véritable culture d'orientation en impliquant, d'une part, tout le personnel de l'université, les amis et la famille de l'élève ainsi que les partenaires de la communauté et, d'autre part, en unissant les forces du réseau d'intervenants qui soutiennent les étudiants sur le plan personnel et professionnel pour faciliter leur insertion dans notre société.

L'orientation au collège et au lycée est déterminée par les notes qui répartissent les élèves de manière hiérarchisée, et non sur les appétences et potentialités personnelles. (Au collège plus de 4 élèves sur 10 estiment donc que leur orientation est subie plus que choisie), elle peine à encourager les jeunes issus des milieux les moins favorisés, elle est trop irréversible c'est-à-dire absence de passerelles et de réorientation entre voie professionnelle et voie technologique et générale mais aussi elle est conditionnée par l'offre de formation de proximité et cette offre de formation est mal répartie sur le territoire. On constate également la mobilité des élèves qui est faible, d'où l'offre de formation ne s'adapte que lentement aux nécessités économiques ce qui conduisent les jeunes à s'engager parfois dans des filières sans perspective.

Ainsi, actuellement en République Démocratique du Congo (RDC), aucune structure d'orientation scolaire et professionnelle n'existe et le pouvoir public n'y pense même pas. Avec la prolifération des Instituts Supérieurs et des Universités publics ou privés, créées anarchiquement par le pouvoir public depuis des décennies, les élèves finalistes de l'enseignement secondaire s'orientent en considérant, en fin de compte, l'implantation géographique de ces établissements. Le système de prime qui a été instauré depuis les années 1992 complique encore davantage le système d'orientation des élèves. Les enfants issus des catégories sociales défavorisées embrassent, pour la plupart, les études dans les institutions publiques qui coûtent moins cher comparativement aux institutions privées. De ce fait, beaucoup d'élèves effectuent le choix des études aléatoirement sans tenir compte des aptitudes intellectuelles ou des aspirations professionnelles futures. Les jeunes sont donc abandonnés à leur triste sort. Cette situation étant considérée comme étant normale, personne n'en fait nullement allusion.

## 2.2 Présentation du service de l'orientation des étudiants

### *Qui intervient dans le processus d'orientation ?*

L'élève en quête d'orientation n'est pas laissé à lui-même. Outre sa famille, il peut requérir l'aide de ses parents, de ses enseignants, du directeur d'établissement et des conseillers.

#### 1. *les parents :*

Parmi les acteurs de l'orientation, les parents sont bien entendu les premiers concernés.

Si le rôle des parents est irremplaçable, c'est avant tout parce qu'ils sont probablement seuls capable d'aimer l'enfant de manière inconditionnelle, indépendamment de ses résultats scolaires et autres performances. Ils sont les seuls à continuer à croire en l'enfant, lorsque les autres désespèrent. Et l'une des fonctions parentales est justement de construire l'estime de soi de leur enfant. Ils interviennent pour trois objectifs qui sont : - améliorer l'orientation afin qu'elle soit choisie plutôt que subie - renforcer les relations école-famille - prévenir le décrochage scolaire Les jeunes confrontés aux choix d'orientation ont besoin d'une écoute attentive de la part de leurs parents. Les parents ne sont pas forcément aux faits des filières de formation et ne connaissent pas tous les métiers mais ils peuvent être au jour le jour un soutien pour leur enfant qui s'interroge.

## 2. *Les enseignants*

Dont l'action même d'enseigner est partie prenante de l'orientation et qui doivent aussi y exercer une mission précise. Quoiqu'il en soit, en matière d'orientation, les enseignants exercent une influence déterminante par la seule mise œuvre de leurs démarches pédagogiques. Ils disposent, par les outils et les méthodes qu'ils utilisent ainsi que par leur comportement, des moyens d'agir sur certains éléments constitutifs de la maturation des choix de l'élève, particulièrement sur l'image qu'il se forge de lui. Les enseignants aident l'élève à prendre conscience de ses potentialités et guide ses choix d'orientation.

## 3. *Le chef d'établissement*

Le chef d'établissement joue aussi un rôle fondamental dans la préparation de ses élèves à l'orientation. Il est responsable du dispositif d'orientation mis en place dans son établissement. C'est sous sa responsabilité que le programme d'information et d'orientation s'élabore et s'applique. Il est le garant du respect des réglementations en vigueur, mais au-delà il imprime selon ses convictions son expérience et les caractéristiques des populations dont il a la charge, le mouvement qui induit généralement à une véritable politique de l'information et de l'orientation. Il a un rôle particulièrement important dans la mise en œuvre des procédures d'orientations, dans le déroulement du dialogue avec les parents et dans le suivi des décisions.

## 4. *Le conseiller d'orientation*

Les tâches du conseiller d'orientation dans une école s'avèrent multiples et difficiles à accomplir par lui seul car c'est un travail qui requiert la collaboration de différents acteurs comme nous l'avons signalé ci-dessus. L'une de ses missions consiste à fournir les informations. Le processus de cette action d'information est de : - Mettre l'élève en état de réceptivité ; - Proposer des informations en rapport avec les intérêts connus ; - Adapter le message au niveau de l'élève et pour cela, il faut donner des propositions supplémentaires et faire des synthèses nécessaires avec la participation de l'élève. Le but à atteindre est de mettre l'élève en état de réaliser une self-orientation. De plus, le conseiller a le devoir de fournir aux parents des informations nécessaires pour qu'ils puissent assurer leurs responsabilités vis-à-vis de leurs enfants.

## 2.3 Etude des procédures d'orientation

L'orientation et les formations proposées aux élèves tiennent compte de leurs aspirations, de leurs aptitudes et des perspectives professionnelles liées aux besoins prévisibles de la



société, de l'économie et de l'aménagement du territoire.

Dans ce cadre, les élèves ou les étudiants élaborent leur projet d'orientation scolaire et professionnelle avec l'aide des parents, des enseignants, des personnels d'orientation et des autres professionnels compétents, etc. Le chef d'établissement, décideur final, en l'état actuel du système, c'est lui qui prend la décision finale d'orientation, sur proposition des membres du conseil de classe.

- **Un conseil personnalisé :** ,

Cette méthode s'appuie sur l'échange et le dialogue et permet de déceler des potentiels sans intervenir de manière directive dans les réponses et les choix du candidat. À l'aide de tests validés par des psychologues d'une part, et d'entretiens non directifs d'autre part, le conseiller définit des profils de métiers et d'études en adéquation avec les motivations, les aptitudes et la capacité de travail. Il tient compte des débouchés réels offerts par le marché du travail. Cette méthode permet de s'adapter et de respecter la personnalité de chacun en construisant ensemble un projet d'orientation.

- **Le bilan d'orientation :** ,

Destiné à tous les élèves à partir de la 3<sup>ème</sup>, ainsi qu'aux étudiants en recherche de réorientation, ce bilan permet de prendre les bonnes décisions d'orientation, en toute connaissance de cause. Le bilan d'orientation se déroule en 3 phases : Phase 1 : Exploration Ce premier rendez-vous permet de recueillir vos motivations et vos aspirations et d'évaluer vos aptitudes, etc. Cette phase s'appuie sur : des entretiens non directifs l'évaluation des aptitudes de l'étudiant ; et un test concernant ses motivations, sa personnalité, ses centres d'intérêt ...

Phase 2 : Analyse et Synthèse Le conseiller effectue une synthèse des résultats obtenus à l'aide d'un logiciel développé au Canada et utilisé depuis plus de 30 ans, etc. Ce logiciel a reçu le label Reconnu d'Intérêt Pédagogique (RIP) du ministère de l'Éducation Nationale, il est remis à jour chaque année. Il bâtit ensuite un projet d'orientation cohérent.

Phase 3 : Restitution des résultats Lors du deuxième rendez-vous, le conseiller propose à l'étudiant une sélection de métiers et de formations. Un rapport écrit contenant des fiches métiers (descriptif, niveau de formation à atteindre, perspectives d'emploi ...) et des informations sur les formations à suivre vous est remis.

## 2.4 Etudes des documents utilisées

- Dossiers scolaires et psychologiques

Les données de toute étude pédagogique et psychologique en orientation sont contenues dans le dossier scolaire et le dossier psychologique établis pour chaque élève à un moment de sa scolarité, puis complétés au cours de ses études à l'aide des informations scolaires, familiales, psychologiques, qui permettront au conseiller psychologue de suivre son évolution et de donner un conseil d'orientation au moment du choix scolaire ou professionnel. Son but est de :

- Connaître l'élève au cours de son évolution ;
- Étudier les facteurs de réussite ou d'échec qui sont apparus au cours de cette évolution ;

- En rechercher les causes et trouver les remèdes s'il le faut Son contenu est constitué par les données quantitatives et qualitatives.
  1. Les données quantitatives : sont des résultats obtenus :
    - \* D'une part aux examens écrits ou oraux.
    - \* D'autre part aux tests d'aptitudes et de connaissances.
  2. Les données qualitatives :
 

sont recueillies par les tests de personnalité et les entretiens. Elles sont complétées par les comptes rendus des conseils de classe, de délibérations. . . .
- Analyse du dossier psychologique
 

Afin d'obtenir la vue la plus objective possible de l'enfant, les différents éléments des dossiers sont analysés de façon à permettre des confrontations et de recoupements

  1. les données physiologiques :
 

vision, audition, motricité, fatigabilité, déficience, etc. sont obtenues grâce à l'étude :

    - De la fiche médicale,
    - Des questionnaires (élèves-parents-enseignants),
    - Des examens psychologiques.
  2. les données mentales :
 

efficience, mémoire (formes), intelligence (niveau, attitudes, facteurs spécifiques...), aptitudes particulières (scientifiques, littéraires, artistiques. . . ) sont apportées par :

    - La fiche scolaire,
    - Les questionnaires (élèves-parents),
    - L'examen psychologique.
  3. les données scolaires (niveau d'acquisition scolaire. . . ) sont fournies par :
    - La fiche scolaire ou bulletin,
    - Les tests de connaissances scolaires.
  4. les données caractérielles :
 

activité ou passivité, sens de l'effort, émotivité, affectivité, attitude devant le travail, attitude à la maison, à l'école, attitude devant la réussite, devant l'échec, attitude envers les parents, enseignants, élèves. . . sont apportées par :

    - Les questionnaires,
    - Les entretiens,
    - Les épreuves psychologiques particulières (les tests projectifs).

Notons également que quand le dialogue entre l'équipe éducative et la famille n'a pas permis d'aboutir à une décision commune, les parents peuvent engager une procédure d'appel regroupant la commission d'appel. Cette dernière est présidée par le directeur des services académiques, ayant l'objectif de réexaminer la décision d'orientation en fonction des notes de l'élève, de ses capacités, de ses difficultés, de ses projets. Son point de vue

est extérieur. Ainsi, les membres de la commission (chefs d'établissement, professeurs, conseillers d'orientation...) ne sont pas directement impliqués dans l'histoire scolaire de l'élève.

## 2.5 L'orientation à l' ULPGL /GOMA [23]

Abordant la question de l'orientation à ULPGL est assurée par l'apparitorat central et la direction de scolarité.

Dès son arrivé à l'université, on présente au candidat un papier sur lequel toutes les facultés sont mentionnées ainsi que les orientations, mais en plus les exigences pour chaque faculté. A part cela, l'étudiant doit écrire une lettre manuscrite, et doit compléter une fiche de demande d'inscription, et déposer son dossier contenant : son diplôme d'Etat ou son équivalent, une attestation de naissance, une attestation de bonne vie et mœurs, une attestation de célibat, une attestation de nationalité, une attestation de résidence (pour les étrangers) et un certificat d'aptitude physique. Après avoir fournis tous ces éléments, la direction de scolarité va siéger et analyser le dossier du candidat avant de le soumettre à un examen écrit. Un examen est organisé pour les étudiants ayant obtenu moins de soixante pourcent. Ce concours est organisé en deux moments. Le premier concours se déroule au mois de septembre et le deuxième concours avant la rentrée académique pour permettre à ceux qui ont raté le premier examen de se rattraper et être éligible. Les résultats obtenus à ce concours sont affichés à la valve et la commission chargé des inscriptions, dirigé par le secrétaire général académique décide si le récipiendaire est retenu, rejette ou réorienté dans une autre faculté compte tenu de ses résultats obtenus.

Concernant l'orientation proprement dite, la direction de scolarité explique aux étudiants comment fonctionne chaque faculté de l'université, les exigences, les débouchés sur le milieu professionnel et chaque étudiant choisi sa faculté compte tenu de ses choix, ses goûts, ses aspirations, ses motivations, ses objectifs et sa vision sans pour autant le contraindre. Cependant la contrainte intervient au cas où, l'étudiant a choisi une faculté qui ne correspond pas à sa capacité intellectuelle, mais en plus si l'étudiant échoue ou produit un résultat moins satisfaisant à la fin d'une année académique, la direction de scolarité décide de le mettre en observation, après les examens du premier semestre ils peuvent décider de le réorienter dans une autre faculté où il peut s'en sortir mieux. Si cette orientation ne produit pas des résultats satisfaisants la commission décide du refus, ou du renvoi de l'étudiant de l'université car il est INapte A Poursuivre les études Supérieures (INAPS) ou il a épuisé toutes les possibilités qui lui ont été offertes.

## Chapitre 3

# Présentation et Exploitation des Données Obtenues

Dans ce chapitre nous exploiterons les données mise à notre disposition par les autorités de l'ULPGL. Celles-ci sont issues du système d'information UAT et pour des raisons de confidentialité nous n'avons pas eu accès à toute la base des données nous avons juste fais une requête des données dont nous avons besoin pour notre étude et l'administrateur a exécuté une requête vers sa base des données et nous a fourni les données dont nous avons besoin pour l'étude sous forme d'un fichier Commat Separted Values (CSV). Comme souligné dans le chapitre premier ce chapitre se basera sur la méthodologie CRISP-DM elle sera subdivisé en différentes sections :

- L'exploration
- la préparation des données [24]

### 3.1 Introduction

Les spécialités affirment que 70-80 % du temps consacré à un projet DataMining est alloué à la phase de l'exploration et la préparation des données [25] , il n' ya pas des raccourcis pour cette phase et si on l'a pas bien effectué nous risquons de nous retrouver entrain d'améliorer l'exactitude de notre algorithme mais en vain nous serons toujours obligées de retourner à cette phase et toutes ces techniques de l'exploration des données pourrons nous venir en aide .

Les Étapes de la phase d'exploration et la préparation des donnes sont mentionnées sur la figure ci après :

En bref l'exploration des données consiste à se plonger dans le passée pour prédire l'avenir .Souvenons nous que la qualité de notre entré détermine la qualité de notre sortie, ces phases nous permettent d'améliorer la qualité de notre entré en vue d'avoir une bonne sortie. Voici les étapes de cette phase :

- Identification des variables
- Statistique Descriptive
- Analyse Bi-varié

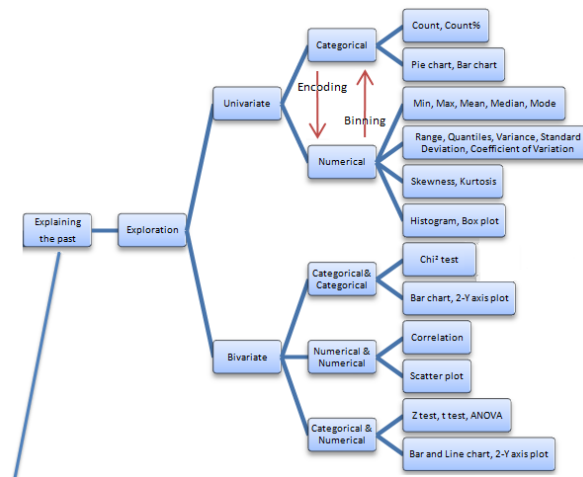


FIGURE 3.1 – Étapes de la phase d’exploration des données

- Traitement des valeurs manquantes
- Traitement des déviations ou valeurs aberrantes (*Outliers*)
- Transformation des variables
- Création des nouvelles variables

Comme nous l’avons souligné dans le chapitre 1 ce processus est un processus itératif et incrémental nous exécuterons cette phase 2 à 5 fois ou plus en vue d’avoir un bon modèle.

## 3.2 Identification des Données et des Variables

Comme souligné dans la phase d’introduction les données mises à notre disposition sont sous format CSV et nous utiliserons la librairie pandas de python pour faire l’analyse, nous utiliserons aussi d’autres librairies qui nous permettront de faire les statistiques ainsi que les visualisations : Nous remarquons que les données sont stockées dans une structure de type matricielle appelée DataFrame. [26] Un DataFrame selon la documentation officielle de pandas est une structure des données bidimensionnelle avec des colonnes des données de différents types. Il peut être comparé à une feuille de calcul Excel ou une table dans Structural Query Language (SQL). Notre ensemble d’apprentissage de départ est une matrice de 9606 lignes et 22 colonnes.

Chaque ligne comprend les informations d’un étudiant pour une année académique et voici la description de nos colonnes.

1. IDENTIFICATION : contient une identification unique et anonyme d’un étudiant les noms et les matricules réels des étudiants ont été cachés pour des raisons de confidentialités
2. BIRTHDAY : contient la date de naissance de chaque étudiant
3. NAME : contient le sexe de chaque étudiant
4. DIPLOMTYPE : le type de diplôme
5. DIPLOMMENTION : mention de diplôme
6. DIPLOMPERCENTAGE : le pourcentage

tage au diplôme	14. ACADYEAR : l'année académique
7. DIPLOMSECTION : la section du diplôme	15. PERC1 : pourcentage en première session
8. DIPLOMOPTION : l'option	16. MENT1 : mention en première session
9. DIPLOMPLACE : l'endroit d'obtention du diplôme	17. PERC2 : pourcentage en seconde session
10. SCHOOL : l'école de provenance	18. MENT2 : mention en seconde session
11. SCHOOLPROVINCE : la province de provenance	19. FAC : la faculté de l'étudiant
12. SCHOOLCODE : code de l'école	20. OPT : l'option choisie par l'étudiant
13. SCHOOLSTATUS : le statuts de l'école (privée , publique , conventionné ,...)	21. PROM : la promotion de l'étudiant

Comme nous pouvons le constater les colonnes 1-13 regorgent les informations que chaque étudiant donne à son inscription , ils constitueront nos variables d'entrées et les restes seront utilisées pour constituer notre variable de sortie.

Nous l'avons aussi signalé que chaque ligne comprend les informations d'un étudiant pour une année académique . Pour mener bien notre analyse nous grouperons les informations de chaque étudiant en une ligne nos données seront groupées selon les variables d'entrées ensuite les données de sorties seront groupées selon une fonction d'agrégation prédéfinie. Nous allons faire d'abord effectuer une analyse uni-variée sur les données en entrées ! Soulignons que nous avons décidé de supprimer certaines colonnes n'ayant pas des informations importantes car contenant plus de 90 % des valeurs manquantes il s'agit entre autres des colonnes suivantes : 'DIPLOMDATE', 'DIPLOMMENTION', 'DIPLOMPLACE', 'SCHOOLCODE'.

Après suppression des colonnes en entrée deviennent les 10 premières colonnes.

Pour une première approche nous grouperons notre ensemble en fonction des données en entrée et ensuite écrire une fonction qui va grouper les données de sortie la fonction de qui regroupe les données en sortie ne fait que grouper les mentions , et pourcentage pour une année académique d'un étudiant dans une liste.

Après groupement en fonction des matricules nous venons de remarquer que notre ensemble comprend 4715 lignes et 18 colonnes et c'est sera notre ensemble pour notre étude , cet ensemble est subdivisé en variables d'entrée et variables de sortie !

Voici un aperçu des nos données en entrée ainsi que les données en sorties dans tableau 3.1

Nous venons de finir avec la présentation des nos données nous débutons avec la phase d'analyse promptement dite des données que nous avons en entrée et ensuite nous effectuerons une analyse des données en sortie et enfin analyser les données des sorties combinées à celles des données en entrée.

### 3.3 Préparation des Données

TABLE 3.1 – Bref aperçu de notre ensemble d'apprentissage

	SCHOOLSTATUS	SCHOOL_RIGHT	OPTION_RIGHT	SCHOOLPROVINCE	DIPLOMPERCENTAGE
45	protestant	zanner	commerciale et adm	NORD-KIVU	61,000000
215	publique	chemchem	pedagogie	MANIEMA	51,000000
343	catholique	kambali	bio-chimie	NORD-KIVU	62,000000
356	catholique	mwanga/ uvira	latin philo	SUD-KIVU	51,000000
429	protestant	maendeleo	inconnu	NORD-KIVU	56,876522
474	protestant	maendeleo	latin philo	NORD-KIVU	56,000000
644	publique	ngoma	math-physique	NORD-KIVU	68,000000
645	publique	ngoma	pedagogie	NORD-KIVU	59,000000

	ID	ACADYEAR	PERC1	MENT1	PERC2	MENT2	FAC	PROM
0	45	[2013-2014]	[nan]	[AA]	[nan]	[nan]	FPSE	[L2]
1	215	[2012-2013]	[nan]	[ADM]	[63.0999984741]	[S]	FD	[L2]
2	343	[2015-2016]	[nan]	[AA]	[52.2000007629]	[A]	FSEG	[G2]
3	356	[2015-2016]	[nan]	[ADSTM]	[59.9000015259]	[S]	FSEG	[L2]
4	429	[2013-2014]	[nan]	[AA]	[nan]	[A]	FD	[G1]
5	474	[2014-2015, 2015-2016]	[nan, 62.5]	[AA, S]	[nan, nan]	[nan, nan]	FD	[G3, G3]
6	644	[2013-2014, 2014-2015]	[60.4000015259, 68.0]	[S, S]	[nan, nan]	[nan, nan]	FD	[L1, L2]
7	645	[2014-2015, 2015-2016]	[nan, nan]	[AA, AA]	[61.4000015259, nan]	[S, NAF]	FD	[L1, L2]

### 3.3.1 Données en entrée : *Inputs*

Cette phase consistera au traitement des valeurs manquantes et valeurs aberrantes mais aussi au nettoyage des données mal orthographiées lors de la saisie des données pour certaines attributs. Commençons par Expliquer les raisons de la présence des valeurs manquantes , ainsi que les données aberrantes et la manière de les traiter

Malgré la quantité croissante de données, les problématiques de données manquantes et des valeurs extrêmes restent très répandues dans les problèmes statistiques et nécessitent une approche particulière. Ignorer les données manquantes et les valeurs extrêmes peut entraîner, outre une perte de précision, de forts biais dans les modèles d'analyse et comme signaler dans l'introduction de ce chapitre peuvent augmenter l'erreur de prédiction.

#### Valeurs Manquantes

**Cause et types des Données Manquantes** [27] Les Données Manquantes (DM) ont de multiples causes. Il peut être impossible de contacter une personne sélectionnée pour faire partie d'une enquête (non-réponse totale) ou un répondant peut refuser de répondre à une ou plusieurs questions (non-réponse partielle). Une mauvaise saisie de l'information peut également générer des DM. Finalement, des DM peuvent aussi être causées par l'existence de données aberrantes qui doivent être supprimées avant d'effectuer des analyses. Selon la cause on classe les données manquantes selon différents types il existe plusieurs types de données manquantes, ils peuvent être introduits lors de :

1. l'extraction des données : il peut être possible qu'on ait des problèmes lors de l'extraction des données dans ce cas il est préférable de vérifier les données avec les donateurs c'est comme par exemple pour notre étude dans une première approche nous n'avons pas réussi les données des étudiants ayant passé en première session certaines fonctions peuvent aussi créer des données manquantes comme c'est le cas de notre fonction qui calcule les dates ' ces genres des données peuvent facilement être détectés.
2. la collecte des données ; c'est le cas le plus courant et il est plus facile de le détecter.

Dans ce cas la classification la plus couramment utilisée ayant été proposée par Little et Rubin [27] :

- Missing Completely At Random (MCAR) (complètement aléatoire)
- Missing At Random (MAR) (aléatoire)
- Missing Not At Random (MNAR) (non aléatoire)

Les DM sont MCAR lorsque la probabilité de non réponse pour une variable ne dépend pas de celle-ci, mais uniquement de paramètres extérieurs, indépendants de cette variable. Cela veut dire qu'il n'est pas possible de définir un profil des individus ayant des DM et que la probabilité des DM est uniforme. De manière générale, ce type de DM est très rare.



Les DM sont dites MAR lorsque la probabilité de non-réponse peut dépendre des observations mais pas des DM, par exemple s'il existe une différence de non-réponse entre les hommes et les femmes concernant la question du revenu, mais que parmi les hommes entre eux ou parmi les femmes entre-elles, la probabilité d'avoir des non-réponses est identique quel que soit le niveau du revenu.

Finalement, les DM sont de type MNAR lorsque la probabilité de non-réponse est liée aux valeurs prises par la variable ayant des DM. comme par exemple pour notre cas les étudiant n'ayant pas passé tous leurs examens à une session n'ont pas des pourcentage à cette session et on pour mention Assimilées aux Ajournées (AA) .

**Techniques d'imputations** Il existe 8 à 9 techniques de traitement des données manquantes largement répandues à l'heure actuelle, y compris des méthodes connues pour être peu performantes mais cependant toujours utilisées.

1. Analyse des cas complets (CC)
2. Imputation par la moyenne (MEAN) : c'est la méthode que nous utiliserons par défaut
3. Imputation par la médiane (MED)
4. Imputation par régression simple (REG)
5. Imputation multiple par Markov Chain Monte-Carlo (MCMC)
6. Imputation par le plus proche voisin (KNN)
7. Imputation multiple par un algorithme basé sur le bootstrap, approchant des résultats de l'algorithme EM (EM)
8. Imputation multiple par "Predictive Mean Matching" (PMM)

Toutes ces techniques existe sont implémentées dans les librairies que nous utilisons. Dans ce travail selon le cas nous faisons une imputation par la moyenne ou par analyse des cas complets mais soulignons qu'il faut bien réfléchir avant d'utiliser une imputation par la moyenne car il a une mauvaise influence sur la variance

### Valeurs aberrantes ou extrêmes ou outliers

Une valeur aberrante est une valeur qui diffère de façon significative de la tendance globale des autres observations quand on observe un ensemble de données ayant des caractéristiques communes. Par exemple dans l'analyse des pourcentage du diplôme à l'EXETAT nous avons trouvé des diplôme qui ne sont pas dans l'intervalle 0 à 50 % des étudiant avec des diplômes de 634% ou des diplômes de 0%

Voici quelques remarques à considérer pour les valeurs aberrantes :

1. Les valeurs aberrantes ne sont pas forcément erronées. Dans certains cas, la valeur aberrante doit être acceptée comme une indication intéressante. par exemple après analyse on trouve une étudiant âge de 60 ans !

TABLE 3.2 – Statistiques Des Données avec Valeurs manquantes et abberantes

	IDENTIFICATION	BIRTHDAY	DIPLOMPERCENTAGE
count	4038.000000	4038.000000	4038.000000
mean	8792.137692	26.072022	57.749876
std	2333.542658	3.957584	95.088746
min	215.000000	20.000000	0.000000
25perc	7310.250000	24.000000	52.000000
50perc	9181.500000	25.000000	55.000000
75perc	10540.750000	27.000000	60.000000
max	12360.000000	58.000000	6053.000000

2. Il ne faut pas adopter une attitude radicale de rejet, ou d'inclusion systématique des valeurs aberrantes. Le rejet systématique peut entraîner la perte d'informations réelles. Le rejet des valeurs aberrantes a des conséquences statistiques non négligeables car l'analyse est ensuite faite sur un échantillon censuré qui n'est plus aléatoire.

En fonction des circonstances, il existe des méthodes, dites robustes, qui prennent en compte toutes les données mais minimisent l'influence des valeurs aberrantes. L'apparition de valeurs aberrantes est due à diverses sources de natures différentes, d'où la complexité de l'examen des valeurs aberrantes.

Pour détecter les valeurs manquantes nous avons utilisé les techniques suivantes :

- a) Contrôle sur le domaine des valeurs : Exemple : Pour la variable « DIPLOMPERCENTAGE », une borne maximale (100 %) est connue et la valeur minimale est de 50 . Les valeurs supérieures à 100 et inférieures à 50 sont considérées comme aberrantes.
- b) Détection graphique : Pour détecter la présence de valeurs aberrantes On a utilisé :
  - Boxplot
  - diagramme de dispersion des observations classées en fonction de leur rang

### Traitement des valeurs aberrantes :

1. Les valeurs aberrantes pouvant provenir d'erreurs de saisie, on les traite séparément en étudiant cas par cas. C'est cette technique que nous utiliserons pour certaines valeurs du pourcentage de diplôme.
2. On les rejette et on applique ensuite une des méthodes d'imputation (moyenne, médiane. . . ) vues pour les valeurs manquantes.
3. On adopte des méthodes qui diminuent leur impact au cours des analyses statistiques : la médiane

Voici Un aperçu des nos colonnes avec données manquantes et données aberrantes au tableau 3.2 .

Ce tableau décrit toutes les informations possibles sur les données continues et de prime à bord nous sommes à mesure de constater certaines incohérences sur les pourcentages du diplôme qui ont un maximum de 6053 et un minimum de 0 qui est vraiment impossible car

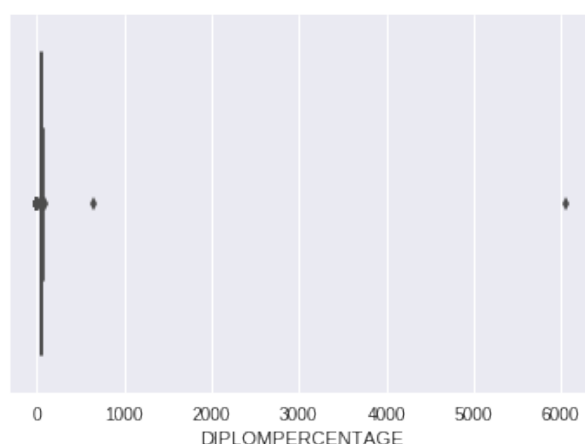


FIGURE 3.2 – Box Plot Attribue Diplôme Pourcentage

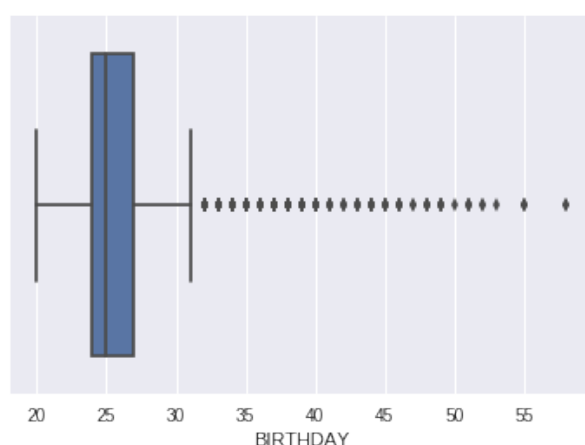


FIGURE 3.3 – Box Plot Attribue Age

le diplôme en RDC doit être compris entre 50 et 100 % ! Nous visualiserons ces incohérences de plus près avec des box-plots.

Au vu de ces courbes nous remarquons que l'attribut diplôme pourcentage dispose de beaucoup de déviations. Nous avons pu corriger au cas par cas en remplaçant les valeurs aberrantes par leurs valeurs exactes et d'autres par la moyenne comme il n'était pas nombreux.

### Données mal orthographiées

Dans notre première analyse nous avons remarqué que certaines attributs ont des valeurs très désorganisées et vraiment dispersées et ce qui a une mauvaise influence sur le calcul de l'entropie et ainsi sur les algorithmes du Machine Learning. Nous pouvons aisément constater que ce problème est dû à des fautes d'orthographe commises lors de la phase de saisie des données et ainsi pour continuer nous devons essayer de corriger ces erreurs et bien organiser les données.

Par exemple pour la variable diplôme section on a pu voir les valeurs suivantes : 'TECSC', 'Technique', 'TECHNIQUE', 'technique', 'TCH' qui sont saisies pour la même et unique section 'techniques' mais avec différentes erreurs d'orthographe.

Pour l'attribut SCHOOL nous avons obtenus les valeurs suivantes : 'matanoia', 'metanoia',

TABLE 3.3 – Sortie Pour Chaque Année Académique

	ID	YEAR	PERC1	MENT1	PERC2	MENT2	FAC	PROM	Echec	Pass1erS
0	45	2013-2014	NaN	AA	NaN	NaN	FPSE	L2	True	False
1	215	2012-2013	NaN	ADM	63,099998	S	FD	L2	False	False
2	343	2015-2016	NaN	AA	52,200001	A	FSEG	G2	True	False
3	356	2015-2016	NaN	ADSTM	59,900002	S	FSEG	L2	False	False
4	398	2012-2013	65,099998	S	NaN	NaN	FSDC	L2	False	True
5	429	2013-2014	NaN	AA	NaN	A	FD	G1	True	False
6	474	2014-2015	NaN	AA	NaN	NaN	FD	G3	True	False
7	474	2015-2016	62,500000	S	NaN	NaN	FD	G3	False	True

'metonoina', '%etanoia', 'meta' pour la seule école 'metanoia'. Nous avons aussi remarqué ces genres d'incohérence pour les autres attributs catégorielles. Après analyse, nous avons pu détecter qu'il étaient dus à des erreurs d'orthographe. Ces genres d'erreur de notation ont pour conséquence le fait qu'il font augmenter l'entropie de nos colonnes et ainsi pénalisent nos algorithmes surtout lorsqu'on travaille avec les arbres de décisions. Nous avons procédé à un nettoyage automatique qui a consisté en un groupement des valeurs proches en utilisant la distance de Leveinstein :[28] combinée au clustering par l'algorithme d'affinity propagation, et ainsi qu'un nettoyage manuel pour arranger les données à la fin de cette phase nous avons obtenus des données moyennement propres et bien nettoyées avec une entropie faible.

### 3.3.2 Données en sortie : *Outputs*

Dans cette partie, nous préparerons notre ensemble de sortie en construisant nos variables de sortie, celles-ci seront constituées à l'aide des divers fonction qui nous aideront à déterminer pour une année si sur base des résultats que nous avons si un étudiant est passé en première session, s'il a distingué ou bien s'il a échoué, nous déterminerons enfin le pourcentage obtenu.

Notons que nous nous sommes butés à 2 grands problèmes concernant les données obtenus et qui risquent de biaiser nos calculs, ils constituent en fait les limites de ce travail.

1. Nous n'avons pas pu obtenir le pourcentage final de certains étudiants ayant échoué ou abandonné leurs études avant la fin de l'année académique, ces étudiants qui après la seconde session sont AA (Assimilé aux Ajournées) n'ont pas de pourcentage final pour palier à ce problème, nous avons remplacé cette valeur manquante par une valeur aléatoire choisie entre 45% et 53% ce qui représente l'échec!
2. Pour nous étudiant le nombre des années académiques pour lequel nous avons le résultat n'est pas le même pour certains étudiants nous avons des informations pour une année académique, d'autres pour 2, etc. Pour palier à ce problème nous avons utilisé des ratios pour nous valeur de sortie qui consistait à diviser le nombre sur le nombre des années académiques que l'étudiant a passée à la faculté.

: Voici sur la figure 3.3 à quoi ressemble notre ensemble d'apprentissage pour chaque année académique : Nous avons ensuite constitué notre ensemble d'apprentissage finale en groupant ces données pour chaque année académique et en évaluant la moyenne des

TABLE 3.4 – Sortie Chaque étudiant avec des Ratio

	ID	CGPA	DistinctionRatio	EchecRatio	NADYEAR	Pass1stSessionRatio
0	45	43,000000	0,	1,0	1,	0,0
1	215	63,099998	0,	0,0	1,	0,0
2	343	52,200001	0,	1,0	1,	0,0
3	356	59,900002	0,	0,0	1,	0,0
4	398	65,099998	0,	0,0	1,	1,0
5	429	41,000000	0,	1,0	1,	0,0
6	474	54,250000	0,	0,5	2,	0,5
7	526	65,000000	0,	0,0	1,	1,0

pourcentages obtenus à la fin de chaque année académique et nous l'appellerons **CGPA** par analogie avec le système anglophone, *elle constituera notre variable de sortie principale* nous l'accompagnerons de 3 autres variables entre autre :

- DistinctionRatio : Le nombre de fois que l'étudiant a distingué divisé par le nombre des années académique
- EchecRatio : Le nombre de fois que l'étudiant a échoué divisé par le nombre des années académique
- PassAstSessionRatio : Le nombre de fois que l'étudiant est passée en première session divisé par le nombre des années académique

Nos 3 derniers ratio sont des nombres variant qui peuvent prendre ses différents valeurs :

- 0 : signifie que l'étudiant a un ration de 0
- 1 : signifie ration : 1/1,2/2,3/3,4/4
- 0.25 : 1/4
- 0.3333 : 1/3
- 0.5 : 2/4 ou 1/2
- 0.66666 : 2/3
- 0.75 : 3/4

Nous allons appréhender ce problème en terme de classification donc nous allons affecter des lettre à ces ratio :

- 0 : G
- 1 : A
- 0.25 : F
- 0.333 : E
- 0.5 : D

- 0.666 :C
- 0.75 :B

qui correspondent aux classes respectifs ! Pour conclure cette analyse des données de sortie nous pouvons conclure que notre travail sera d'une part une tâche de régression mais aussi d'une classification à multiples classes.

## 3.4 Analyse des données

Cette phase comprend une analyse statistique bi-varié et uni-varié nous visualiserons les résultats à l'aide des graphiques . Dans cette partie nous utiliserons beaucoup plus la statistique descriptive et la statistique inférentielle Comme nous pouvons le remarquer notre ensemble d'apprentissage comprend à la fois des données numériques (continues ) ainsi que des données discrètes catégories. voici comment nous procéderons

### 3.4.1 Analyse Uni-Varié

Dans cette partie nous effectuerons les statistiques descriptives pour chaque variable .

1. **Variable Numériques ou continues :** Pour les données continues nous essayerons de comprendre la tendance et la dispersion des nos variables .les métriques utilisées sont sur la figure suivante : En bref nous examinerons le moyenne , le mode ,

Central Tendency	Measure of Dispersion	Visualization Methods
Mean	Range	Histogram
Median	Quartile	Box Plot
Mode	IQR	
Min	Variance	
Max	Standard Deviation	
	Skewness and Kurtosis	

FIGURE 3.4 – Techniques d'exploration des données en entrée

l'écart-type et la variance , nous contererons aussi les variables nous effectuerons les visualisations avec des box-plot ! cette étape nous sera aussi utile dans le traitement des valeur manquantes et des valeurs aberrantes !

2. **Variable catégorielle ou quantitative :** Pour les données discrètes nous utiliserons les tables des fréquences pour comprendre la distribution de chaque catégorie nous pour aussi voir le pourcentage de chaque catégorie , les histogrammes et bar chart seront utilisées.

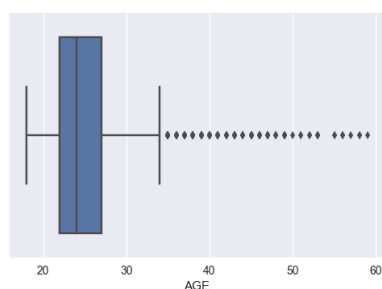
Commençons par l'analyse des attributs numériques age et pourcentage à l' EXamen d'ETAT (EXETAT)

**L'AGE et Le Diplôme Pourcentage** Voici un bref aperçu des statistiques descriptives de ses variables à la figure3.5

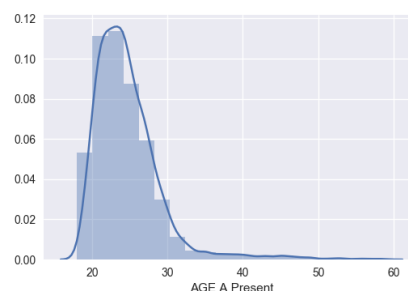
TABLE 3.5 – Statistiques Des Données

	DIPLOMPERCENTAGE	AGE
count	4715,000000	4715,000000
mean	56,878914	24,732768
std	5,756663	4,621602
min	50,000000	18,000000
25%	52,000000	22,000000
50%	56,000000	24,000000
75%	60,000000	27,000000
max	86,000000	59,000000

**AGE** Nous avons calculer l'age en se basant sur la date de naissance et la date d'aujourd'hui. signalons que cet attributs disposait des valeurs manquantes au début et on était imputer par la moyenne , comme nous pouvons le voir à la figure3.5 nos étudiant disposent en moyenne d'un age de 24 ans avec une variance de 4,5 le moins âgé a 18 ans et le plus âgé a 59 ans. On peut aisément que l'age suit une distribution normale .



(a) Box-Plo det l'age



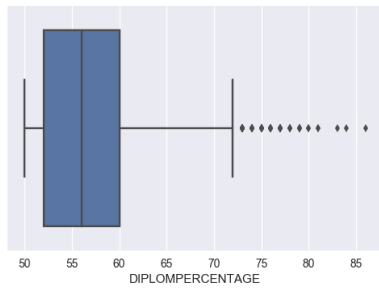
(b) distribution de l'age

FIGURE 3.5 – Graphiques de l'attributs age

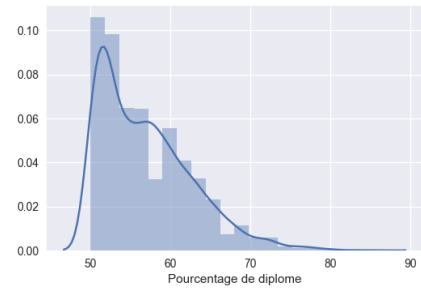
**Pourcentage du diplôme** Après nettoyage et contrairement à la figure3.2 on a constater qu'après nettoyage la moyenne est de 56,8 % avec un écart type de 5,7 le minimum de 50 % et un maximum de 86% . les graphiques représentent les informations sur l'age son à la figure3.6a et la figure3.6a

**Le Sexe des étudiants** La figure3.7 nous donne la répartition de sexes dans notre ensemble d'apprentissage on peut aisément constater qu'il n'est pas si déséquilibré que ça !, le genre est vraiment respecté avec 41% des nouveaux étudiant étant de sexe féminin.

**le type d'école** Dans la figure3.8 nous pouvons remarquer aisément que 29% des étudiants proviennent des écoles dites protestantes , 27% viennent des écoles catholiques , 11% des écoles privé , 15 des écoles publiques mais aussi il ya des étudiants venant des autodidactes , ceux provenant des écoles musulmanes et kibanguistes mais en proportion vraiment négligeable.



(a) Box-Plot du Pourcentage du diplôme



(b) distribution du Pourcentage

FIGURE 3.6 – Graphiques de l'attributs du Pourcentage à l'examen d'état

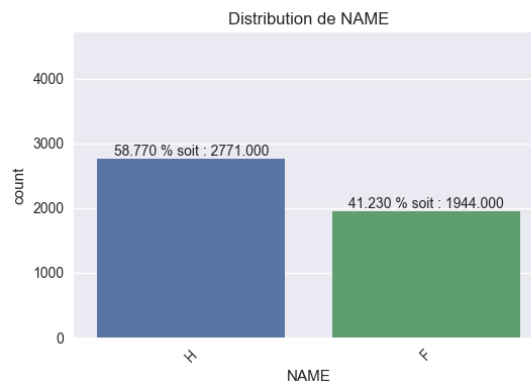


FIGURE 3.7 – Distribution du sexe des étudiants

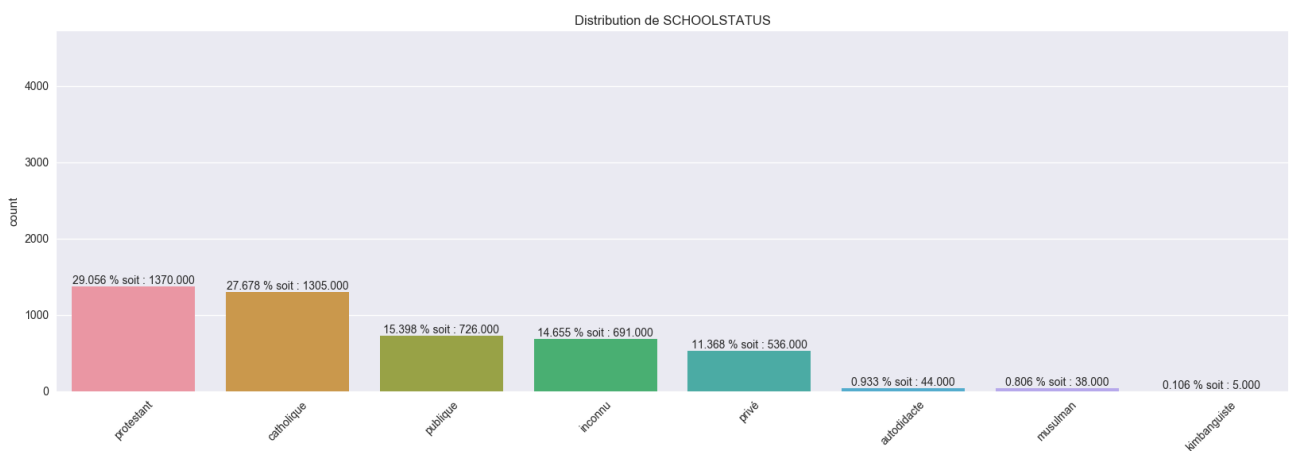


FIGURE 3.8 – Différente statut de l'école de provenance





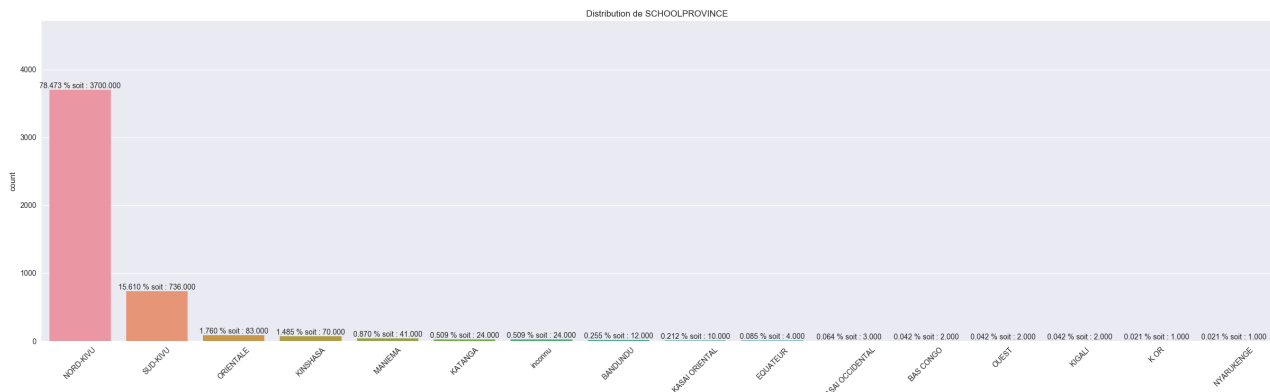


FIGURE 3.11 – les provinces de provenances des étudiants

**Attribue Faculté** Pour finaliser l'analyse uni-variée de nos données en entrée nous jetterons un coup d'œil sur la colonne Fac qui contient la faculté choisie par l'étudiant. Voici comment elle se présente à la figure 3.12 : Nous remarquons la distribution des valeurs

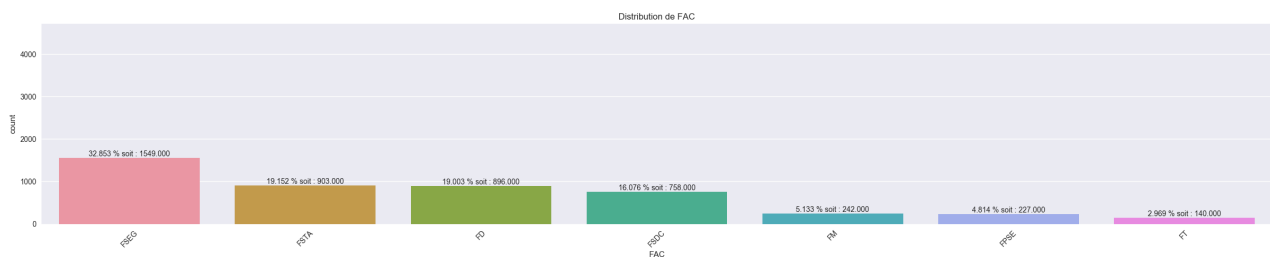


FIGURE 3.12 – les Facultés

pour l'attributs faculté des étudiants : - FSGEG : 32,8% , FSTA : 19,153% , FD :19%  
-,FSDC :16% ,FM : 5% ,FPSE : 4% ,FT :3%

### 3.4.2 Analyse Bi-variée

C'est une technique d'analyse statistique des données, consistant à découvrir la relation pouvant exister entre 2 variables dans le but de tester l'hypothèse d'association et de causalité entre 2 variables ! Par exemple dans notre analyse nous essaierons de voir la relation existant entre le choix de la faculté et le pourcentage du diplôme à l'examen d'état. Elle se déroule en 4 étapes : [29]

- Définition de la nature des relations
- identification et direction des relations
- Détermination si la relation est important du point de vue statistique(Intervalle de confiance)
- Détermination si la relation est important du point de vue statistique(Intervalle de confiance)

Nous effectuerons cette analyse à 3 niveau :

1. ***Variables Continues et catégorielle ou quantitatives*** : Pour effectuer cette analyse nous utiliserons le test ANOVA, c'est une technique statistique permettant de comparer les moyennes de plus de deux populations. Son but est en fait de procéder à une sorte de généralisation de la comparaison des moyennes ou de la comparaison des pourcentages lorsqu'il y a plus de deux valeurs à comparer. Il s'agit aussi de l'équivalent, pour des variables qualitatives de la régression linéaire.

Cette technique est utile en sciences sociales dans l'analyse de certaines données, organisées en blocs de même taille. Il s'agit dans ce cas le plus souvent d'analyse de la variance à un seul facteur. Les analyses à deux facteurs sont en revanche fréquentes dans l'exploitation d'enquêtes d'usage psychologique.

Les données de notre étude répondent bel et bien à l'usage de la technique de l'Analyse de la variance. Ainsi, à travers les pages qui suivent, nous analysons l'effet des variables Age, pourcentage à l'examen d'état, sur l'option choisie par l'étudiant . Par la même occasion nous nous permettons de comparer des histogrammes de chaque groupe en fonction des mêmes variables ; ainsi que les divers seuils de significative.

Pour cette analyse l'hypothèse nulle est du type :  $H_0$  : les moyennes sont égales dans toutes les catégories. et son hypothèse alternative est  $H_1$  : au moins une moyenne est différente des autres..

2. ***Variable catégorielle*** : Pour ces types des données nous effectuerons le test de chi-carré : Le chi-carré est un test statistique conçu pour déterminer si la différence entre deux distributions de fréquences est attribuable à l'erreur d'échantillonnage (le hasard) ou est suffisamment grande pour être statistiquement significative.  $H_0$  - est, comme son nom l'indique, une hypothèse qui postule qu'il n'y a pas de différence entre les fréquences ou les proportions des deux groupes elle est considéré comme hypothèse nulle. Si la différence entre les deux distributions est réduite, l'hypothèse nulle sera acceptée. Si la différence est grande, l'hypothèse nulle sera rejetée. Dans ce dernier cas, on parlera d'une différence statistiquement significative parce que l'écart entre les deux distributions est trop important pour être expliqué par le hasard seulement : une différence réelle existe donc.
3. ***Variable continues et continues*** : Pour les variables continues on utilise cherche la corrélation et pour notre travail nous utiliserons le coefficient de corrélation de Pearson : Les coefficients de corrélation permettent de donner une mesure synthétique de l'intensité de la relation entre deux caractères et de son sens lorsque cette relation est monotone. Le coefficient de corrélation de Pearson permet d'analyser les relations linéaires et le coefficient de corrélation de Spearman les relations non-linéaires monotones. Il existe d'autres coefficients pour les relations non-linéaires et non-monotones. Signalons que python dispose des multiples librairies pour effectuer ces genres d'analyse et nous les utiliserons dans la suite

Passons maintenant à l'analyse des données proprement dite Dans cette partie nous effectuerons une analyse bi-variée entre les attributs en entrée et les attributs en sortie , pour une première approche nous effectuerons une analyse entre la faculté choisie et les différentes variables d'entres de notre ensemble d'apprentissage dans la seconde approche

nous essayerons de le faire la même chose pour le autres variables de sortie. voici le différentes combinaisons que nous effectuerons :

1. FAC-Diplome Province : Pour voir la relation entre la faculté et la province d'origine de l'étudiant
2. FAC-DIPLOMPOURCENTAGE : Pour voir la relation entre la faculté et la pourcentage obtenu à l'EXETAT
3. FAC-AGE : Pour voir la relation entre l'age de l'étudiant et la FAC
4. FAC-DIPLOMEOPTION : Pour voir la relation entre la faculté et l'option du diplôme
5. FAC-SEXE : Pour la relation avec le sexe des étudiants
6. FAC-SCHOOL : pour la relation entre l'école de provenance la fac
7. FAC-SCHOOL-STATUTS : pour la relation entre le statuts de l'école de la FAC

**Analyse des Variables continues Vs Variables Numériques** Comme ces une des colonnes dispose des variables continues nous utiliserons le test A-NOVA ce test nous permettra de savoir si la moyenne de l'age des étudiants est la même pour chaque faculté : cela constituera notre hypothèse nulle ,on va cherche la probabilité p est on décidera sur base de cette valeur.si elle es inférieur à 0.05 on rejettera l'hypothèse nulle.

TABLE 3.6 – Analyse ANOVA Age - faculté

	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(FAC)	6.0	14857.002658	2476.167110	135.823792	3.721673e-159
Residual	4708.0	85830.284723	18.230732	NaN	NaN

**AGE** comme la valeur de PR est inférieur à 0.05 on peut conclure que la moyenne de l'age n'est pas la même au sein de chaque faculté Pour prouver le rejet de notre hypothèse nulle on peut remarquer que les facultés de Médecine et celui de technologie on une moyenne d'age de 21 et 23 respectivement et les facultés de psychologie et celui de théologie on une moyenne d'age respective de 28 et 31 ans. Pour plus de détails on peut visualiser les détails sur la figure ??

TABLE 3.7 – Analyse répartition de la moyenne de l'age et pourcentage dans les facultés

FAC	DIPLOMPERCENTAGE	AGE
FD	56.151372	24.771205
FM	59.434420	21.487603
FPSE	56.202099	28.224670
FSDC	55.329211	25.974934
FSEG	56.832564	24.323434
FSTA	58.941594	23.307863
FT	53.814286	31.428571

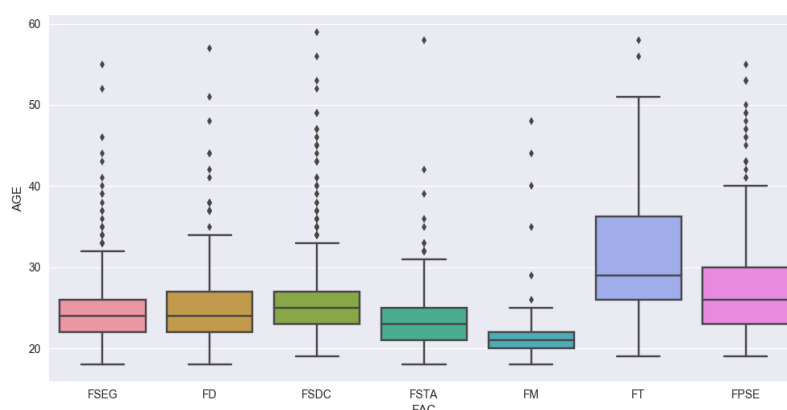


FIGURE 3.13 – distribution des ages au sein des différentes facultés

**Pourcentage** Également ici on rejette aussi notre hypothèse nulle qui stipulait que la moyenne du pourcentage du diplôme est la même au sein de chaque faculté . Pour prouver le rejet de notre hypothèse nulle , nous pouvons remarquer que les facultés de Médecine et celui de technologie ont une moyenne de pourcentage de 59% chacun et celui de théologie à une moyenne de 53%. Pour Plus des détails sur les distributions statistique

TABLE 3.8 – Analyse ANOVA pourcentage - faculté

	df	sum_sq	mean_sq	F	PR(>F)
C(FAC)	6.0	9139.202728	1523.200455	48.757704	2.256165e-58
Residual	4708.0	147078.865397	31.240201	NaN	NaN

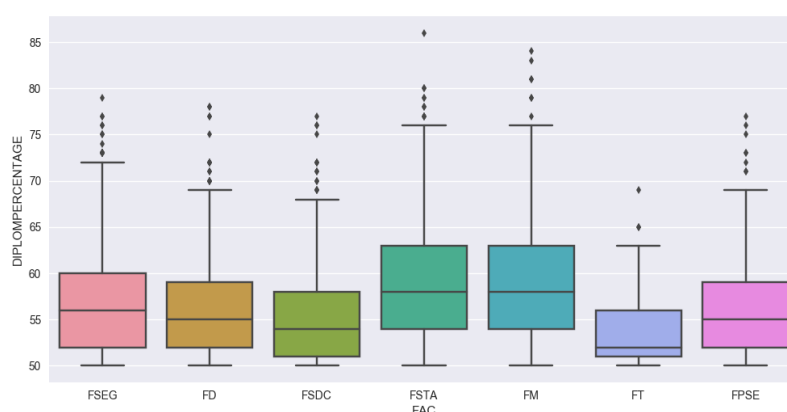


FIGURE 3.14 – distribution des pourcentage au sein des différentes facultés

**Variables Catégorielles et Catégorielles** Pour ces genres de relations nous avons effectué le test chi-carré , Dans le tableau 3.9 nous pouvons visualiser les différentes valeurs et effectuer nos conclusions sur base de celle ci.

TABLE 3.9 – Test chi carré entre nos différentes variables et la faculté

Variable	Degrée De Lib.	Valeur Critique T	Valeur de Chi2	Décision sur H0
Province	90	113	256	Rejet
Option	174	205	4155	Rejet
SchoolStatus	42	58	304	Rejet
SCHOOL	3558	3697	6389	Rejet
SEXE	6	12,5	445	Rejet

Notre hypothèse nulle H0 est du type : Il n'y a pas de relation entre la variable considérée et la faculté. Voici les conclusions que nous prenons sur base de notre test statistique :

1. FAC-PROVINCE : lorsque nous comparons ces 2 valeurs , nous remarquons que notre valeur de chi2 est supérieure à notre valeur critique et tombe dans la région de rejet de notre hypothèse nulle et ainsi celle-ci est rejetée et ainsi nous concluons avec 95% de certitude que notre hypothèse alternative est vraie : il y a une relation entre la province et la faculté en d'autre terme ayant un nombre des étudiant venant d'une province nous pouvons prédire la faculté choisie.
2. FAC-SEXE : il existe une relation de dépendance entre le sexe et la faculté , ce qui est logique car par exemple en faculté de technologie et théologie on trouve moins des hommes que des femmes.
3. FAC-OPTION : sur base de ce fait on fait la même conclusion que pour la province : il y a une relation de dépendance entre la section du diplôme et la faculté ce qui est logique car les étudiant en général se base sur leur option pour choisir leur faculté
4. FAC-SCHOOLSTATUS : il existe une relation de dépendance entre la section du diplôme et la faculté ce qui est logique car les étudiants en général se basent sur leur option pour choisir leur faculté

#### Analyse des données en entrée Vs le CGPA :

Analysons enfin les relations existants entre nos données en entrée et notre variable principale de sortie le CGPA : comme à la partie précédente nous allons faire l'analyse Bi-variée à 8 niveau mais au sein de chaque faculté et à la fin nous essayerons de voir l'analyse bi-variée entre nos 4 données de sortie

1. CGPA-Diplôme Province : Pour voir la relation entre le CGPA et la province d'origine de l'étudiant
2. CGPA-DIPPOURCENTAGE : Pour voir la relation entre le CGPA et la pourcentage obtenu à EXETAT
3. CGPA-AGE : Pour voir la relation entre l'âge de l'étudiant et le CGPA
4. CGPA-FAC-DIPLOMEOPTION : Pour voir la relation entre le CGPA et l'option du diplôme mais par rapport aux faculté choisie.
5. CGPA-FAC-SEXE : Pour la relation avec le sexe des étudiants et le CGPA Obtenu.
6. CGPA-FAC-SCHOOL : pour la relation entre l'école de provenance la fac

7. GPA-FAC-SCHOOLSTATUS : pour la relation entre le statut de l'école de la FAC
8. FAC-CGPA

Nos représenterons les résultats sur des divers tableaux dans les pages qui suivent.

TABLE 3.10 – Analyse entre les données d’entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Médecine

Variable	Type	P-value	Conclusion	Commentaire
<b>PERC</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.45 P=2 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable
<b>AGE</b>	<b>Pearson-Corr</b>	-0.26 P=6 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable , et comme le coefficient est négatif la corrélation es inverse
<b>STATUS</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	2 10 e-5	< à 0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	Nous pouvons aisément remarqué que les étudiants venant des écoles catholiques réussissent mieux en faculté de médecine avec une moyenne de 60 ensuite viennent ceux des écoles protestantes
<b>SEXE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.2	>0.05 la moyenne du CGPA est la même Pour les hommes que pour les femmes	le sexe n’as pas une influence considérable sur le CGPA bien que les filles ont des résultats légèrement meilleur que les garçons en Faculté de médecine surtout en terme des distinctions
<b>SCHOOL</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.009	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	Après analyse des box-plot des 20 écoles dont 10 sont les plus représentes et 5 sont ceux qui on une grande moyenne et 5 ceux qui ont une faible moyenne on remarque que les étudiant provenant des écoles comme lycée sainte Ursule, mwanga, Bakanja ,ALfagiri, faraja,amani, n’échouent presque pas en faculté de médecine
<b>OPTION</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.4	>0.05 on n’accepte pas l’hypothèse nulle immédiatement ,	la moyenne est la même que pour certaines options Bio-chimie, nutrition , agricole on la même ,mais certains Option on une moyenne plus élevé que d’autres Notre CGPA dépend aussi de l’option du diplôme



TABLE 3.11 – Analyse entre les données d’entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Technologie

Variable	Type	P-value	Conclusion	Commentaire
<b>PERC</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.34P=2 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable
<b>AGE</b>	<b>Pearson-Corr</b>	-0.03 P=6 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable , et comme le coefficient est négatif la corrélation es inverse
<b>SEXE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.081204	>0.05 la moyenne du CGPA est la même Pour les hommes que pour les femmes . Mais la faculté est plus maculine avec 85% des Hommes et 15% des Femmes de	le sexe n’as pas une influence considérable sur le CGPA en faculté de technologie appliquée , les deux catégories ont presque la même moyenne
<b>PROVINCE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.07731	> à 0.05 On n’accepte pas H0 Automatiquement , Certaines catégories on la même Moyenne	après analyse graphique on conclu Rapidement que les étudiants provenant de la province du sud Kivu sont plus performant en faculté de Technologie
<b>STATUS</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	3.12e-13	< à 0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	Nous remarquons que les étudiant venant des écoles catholiques réussissent mieux en faculté de Techno , ensuite les autodidacte ,ensuite ceux des écoles protestantes
<b>SCHOOL</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	3.939e-11	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	On remarques sur la figure que les grandes écoles connus on une bonne moyenne et un bon maximum de CGPA comme le lycée Amani, l’ITIG , l’ITFM,etc..
<b>OPTION</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	1.05e-23	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie ,	Comme nous pourrions s’y attendre les options techniques et Scientifiques viennent en tête de liste et en bas de l’échelle viennent les options littéraires et commerciales

TABLE 3.12 – Analyse entre les données d’entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de d’économie

Variable	Type	P-value	Conclusion	Commentaire
<b>PERC</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.236P=2 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable
<b>AGE</b>	<b>Pearson-Corr</b>	-0.08 P=6 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable , et comme le coefficient est négatif la corrélation es inverse
<b>SEXE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.585536	>0.05 la moyenne du CGPA est la même Pour les hommes que pour les femmes. La faculté a 54% des Hommes et 46% des Femmes	le sexe n’as pas une influence considérable sur le CGPA . Les deux catégorie ont une même moyenne
<b>PROVINCE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.07731	> à 0.05 On n’accepte pas H0 Automatiquement , Certaines catégories on la même Moyenne	après analyse graphique on conclu Rapidement que les étudiants provenant de la province du Nord Kivu sont plus performant en faculté d’économie , ensuite vient la province du Sud-Kivu, en bas de l’échelle nous trouvons la province du Kasai
<b>STATUS</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	2.21e-13	< à 0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	Nous remarquons que les étudiant venant des écoles catholiques réussissent mieux en faculté d’économie, ensuite les autodidacte ,ensuite ceux des écoles protestantes
<b>SCHOOL</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	2.939e-11	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	On remarques sur la figure que les grandes écoles connus on une bonne moyenne et un bon maximum de CGPA comme le lycée Amani, l’ITIG , l’ITFM, etc..
<b>OPTION</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	3.53e-12	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie ,	Contrairement aux idées réussies ne les options techniques et Scientifiques viennent en tête de liste ensuite vienne les options économies , commerciale et latin philo .En bas de l’échelle vienne les options sociales et pédagogiques

TABLE 3.13 – Analyse entre les données d’entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Droit

Variable	Type	P-value	Conclusion	Commentaire
<b>PERC</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.22P=2 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable
<b>AGE</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.11 4 P=6 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable , et comme le coefficient est négatif la corrélation es inverse
<b>SEXE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.745	>0.05 la moyenne du CGPA est la même Pour les hommes que pour les femmes. La faculté a 60% des Hommes et 40% des Femmes	le sexe n’as pas une influence considérable sur le CGPA . Les deux catégorie ont une même moyenne
<b>PROVINCE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.187473	>0.05 On accepte pas automatiquement H0 on observe de plus prêt	Nous remarquons que le moyenne du CGPA est la même pour les provinces suivantes : Nord-Kivu, Sud-Kivu, Kinshasa , Orientale ,Maniema, les distinctions proviennent beaucoup plus des provinces du nord-Kivu, sud Kivu et Kinshasa.
<b>STATUS</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	1.20e-08	>0.05 la moyenne pour les différentes statut n’est pas la même	Nous remarquons que les celles étudiants qui distinguent c’est ceux provenant des écoles protestants et catholiques, en queue de la liste se trouve les autodidacte
<b>SCHOOL</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	2.5e-10	< 0.05 la moyenne n’est pas la même	CGPA dépend de cette valeur car certains écoles échouent lamentablement d’autres pas
<b>OPTION</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	7.25e-10	< 0.05 la moyenne n’est pas la même	Voila comme on pourrait s’y attendre l’option latin philo est en tête de liste les options commerciale , pédagogie , sociale , math-physique ,mec sont en bas de l’échelle

TABLE 3.14 – Analyse entre les données d’entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Santé

Variable	Type	P-value	Conclusion	Commentaire
<b>PERC</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.236 P=2 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable
<b>AGE</b>	<b>Pearson-Corr</b>	-0.06 P=6 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable , et comme le coefficient est négatif la corrélation es inverse
<b>SEXE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.17	>0.05 la moyenne du CGPA est la même Pour les hommes que pour les femmes. La faculté a 40% des Hommes et 60% des Femmes	le sexe n’as pas une influence considérable sur le CGPA . Les deux catégorie ont une même moyenne
<b>PROVINCE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.089	> à 0.05 On n’accepte pas H0 Automatiquement , Certaines catégories on la même Moyenne	La tendance est inversée les étudiant de la province du sud et nord kivu échouent plus en faculté de santé, les distinctions proviennent de la province orientale et du sud Kivu.
<b>STATUS</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	8 10e-5	< à 0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	Nous remarquons que les étudiant venant des écoles catholiques , protestantes en tête de liste , mais les écoles musulmanes , privé , et autodidacte viennent en bas de l’échelle
<b>SCHOOL</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.00223	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	Les étudiant provenant des écoles suivantes échouent rarement faculté de santé : Maendeleo, sainte ursule , Bakandja.
<b>OPTION</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	1e-6	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie ,	Les Options scientifiques , techniques réussissent mieux au sein de la faculté de santé

TABLE 3.15 – Analyse entre les données d’entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Psychologie

Variable	Type	P-value	Conclusion	Commentaire
<b>PERC</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.32 P=2 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable
<b>AGE</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.09 P=6 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable , et comme le coefficient est négatif la corrélation es inverse
<b>SEXE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.603	>0.05 la moyenne du CGPA est la même Pour les hommes que pour les femmes. La faculté a 48% des Hommes et 52% des Femmes	le sexe n’as pas une influence considérable sur le CGPA . Les deux catégorie ont une même moyenne
<b>PROVINCE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.585	> à 0.05 On n’accepte pas H0 Automatiquement , Certaines catégories on la même Moyenne	Nous remarquons que le moyenne du CGPA est la même pour les provinces suivantes : Nord-Kivu, Sud-Kivu, Kinshasa , Orientale ,Maniema, les distinctions proviennent beaucoup plus des provinces du nord-Kivu, sud-Kivu .
<b>STATUS</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.017	< à 0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	les étudiants issue des écoles privées catholiques, et protestantes obtiennent des bonnes notes au sein de la faculté de Pycho, on remarque que ceux issues des écoles catholiques échouent moins
<b>SCHOOL</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.000061	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie	Les étudiant provenant des écoles suivantes échouent rarement faculté de psychologie : Maendeleo, sainte ursule , Bakandja ,amani , meta Anuarite.
<b>OPTION</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.000214	<0.05 rejet de Ho les moyenne ne sont pas les même au sein de chaque catégorie ,	contrairement aux idées réussies ceux qui réussissent plus en faculté de psychologie sont les étudiant issues des section scientifiques ensuite vient ’option latin philo et en 4ème position l’option pédagogique , signalons su’aucun étudiant issu de commerciale n’as réussi au sein de cette faculté

TABLE 3.16 – Analyse entre les données d’entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Théologie

Variable	Type	P-value	Conclusion	Commentaire
<b>PERC</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.14P=2 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable
<b>AGE</b>	<b>Pearson-Corr</b>	0.14 P=6 10e-5	Pas de relation avec Le CGPA	le coefficient étant inférieur à 0.5 conclu qu’il n’ya pas de corrélation considérable , et comme le coefficient est négatif la corrélation es inverse
<b>SEXE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.745	>0.05 la moyenne du CGPA est la même Pour les hommes que pour les femmes. La faculté a 80% des Hommes et 20% des Femmes	le sexe n’as pas une influence considérable sur le CGPA . Les deux catégorie ont une même moyenne
<b>PROVINCE</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.033	< à 0.05 nous pouvons conclure que la moyenne n’est pas la même au sein de chaque faculté	Les résultats remarquables viennent des provinces du sud-Kivu, du nord-Kivu et de la province orientale
<b>STATUS</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.717429	>0.05 On accepte pas automatiquement H0 on observe de plus prêt	Contrairement aux idées réussies les étudiant On serait tenter de dire que les étudiants issues des écoles protestantes réussissent mieux au sein de cette faculté mais les statistiques nous prouvent le contraire
<b>SCHOOL</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.156736	>0.05 On accepte pas automatiquement H0 on observe	CGPA dépend de cette valeurs car certains écoles échouent lamentablement d’autres pas
<b>OPTION</b>	<b>ANOVA 1-way</b>	0.356	.05 On accepte pas automatiquement H0 on observe	Les échecs sont des cas rare au sein de cette faculté , et que tous le monde réussi mieux

### 3.5 Conclusion partielle

Nous avons à présent notre ensemble d'apprentissage avec nos variables en entrée et les variables en sortie bien nettoyées, nous avons analysé les corrélations existantes entre les variables d'entrées et le choix de la faculté, ensuite celles existantes avec le CGPA notre variable principale !

Dans la première phase de l'analyse bi-variée nous avons pu conclure que tous nos variables avaient une influence sur le choix de la Faculté ; par exemple les femmes ne choisissent pas les facultés de Technologie et Théologie plus fréquemment, les étudiants issus des sections scientifiques et techniques s'orientent plus en faculté de technologie, les étudiants les plus âgés sont en faculté de théologie, le moins âgés sont en faculté de médecine, ceux avec un grand pourcentage à l'EXETAT sont en faculté de Médecine et technologie.

Mais après l'analyse de ces données face à notre variable de sortie le CGPA celle qui symbolise le succès d'un étudiant au sein d'une faculté nous avons pu remarquer avec certitude que certaines variables n'influencent à rien sur le CGPA comme le pourcentage obtenu à l'EXETAT, l'âge ainsi que le sexe des étudiants ! C'est pourquoi lors de l'élaboration de notre modèle d'apprentissage ses variables ne seront pas considérées lors de la constitution de notre ensemble d'apprentissage surtout pour la prédiction du CGPA.

Nous passons maintenant au prochain chapitre consistant à l'élaboration de notre ensemble d'apprentissage et notre modèle de prédiction pour chaque faculté.

## Chapitre 4

# Élaboration et évaluation du modèle de prédiction

Tous au long de ce chapitre nous allons entrainer nos algorithmes de prédiction avec des données provenant de chaque faculté et essayerons de prédire le CGPA, nous avons utiliser des algorithmes présentés au chapitre premier pour entrainer nos modèles de prédiction. Pour choisir l'algorithme à utiliser nous sommes basés sur la documentation officielle de la librairie scikit-learn [26] qui nous a fourni l'infographie sur la figure 4.1 pour le choix des algorithmes.

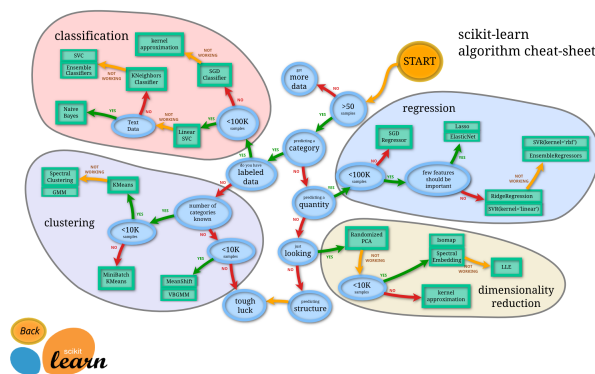


FIGURE 4.1 – scikit-Learn Algorithm cheat sheet

Vu que nous disposons de moins de 100000 instances pour nos ensemble d'apprentissage et vu que notre tache était celui de prédire une variable continue (Une régression ) nous avons décidé d'entrainer les algorithmes suivantes :

1. Ridge Régression
2. Elastic Net Régression
3. Lasso Régression
4. Support Vector Regressor (SVR) avec Kernel Linéaire
5. SVR avec Kernel Gaussien



Les 3 premiers modèles sont des versions issues de la régularisation de la régression linéaire vu au chapitre 1 et qui conviennent bien pour des ensembles d'apprentissages relativement petits , le 2 derniers sont une adaptation du SVM pour la régression.

Notons que toutes ses librairies sont bien implémentées et optimisées dans scikit-learn. Tous au long de ce chapitre nous avons suivie les étapes suivantes sur la figure 4.2 :

1. Préparation des données :
  - Encodage One Hot
  - Normalisation
  - Échantillonnage
2. Exécution des algorithmes
3. évaluation
  - Évaluation sur l'ensemble d'apprentissage (training set)
  - Validation croisée sur l'ensemble d'apprentissage
  - Évaluation sur l'ensemble d'évaluation (test set)
4. Amélioration des modèles par les méthodes d'ensembles
5. Évaluation du modèle finale

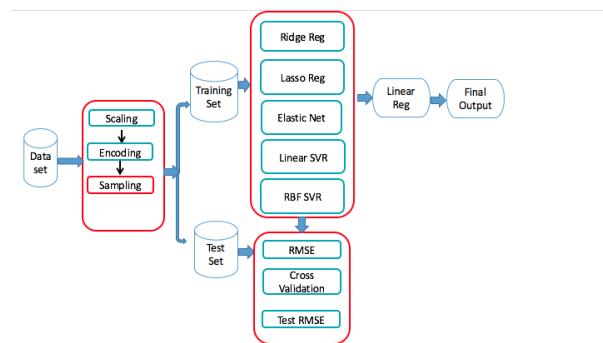


FIGURE 4.2 – étapes à suivre pour l'élaboration du modèle d'apprentissage

## 4.1 Préparation des données pour l'exécution des algorithmes

Dans cette partie nous expliquerons comment s'est passé la préparation des nos données , rappelons que notre ensemble d'apprentissage finale dispose de 4 attributs et notre valeur à prédire :

1. SCHOOLNAME : de nature catégorielle (string)
2. OPTION : de nature catégorielle (string)
3. DIPPERC : de nature continue (float)

#### 4. CGPA : de nature continue (float)

Comme l'a souligné [30] la librairie scikit learn ne travaille qu'avec les variables numériques , c'est pourquoi nous avons décidé de transformer nos variables catégorielles les chaines de caractères en variables numériques en utilisant la technique du *One Hot encoding*

##### 4.1.1 Encodage des Variables One Hot

Un encodage one-hot consiste à représenter des états en utilisant pour chacun une valeur dont la représentation binaire n'a qu'un seul chiffre 1.

On peut définir une fonction d'encodage one-hot comme étant la fonction qui prend en entrée un vecteur  $z$  et qui redéfinit en sortie la plus grande valeur de  $z$  à 1 et toutes autres valeurs de  $z$  à 0. L'avantage principal de cet encodage est que pour passer d'un état à un autre, seules deux transitions sont nécessaires : un chiffre passe de 1 à 0, un autre de 0 à 1. Son inconvénient est qu'il faut au minimum  $n$  bits pour représenter  $n$  états, ce qui conduit à une augmentation linéaire du nombre de chiffres par rapport au nombre d'états. Un encodage utilisant toutes les valeurs binaires existantes a quant à lui une augmentation logarithmique du nombre de chiffres.

Pour notre ensemble , après notre encodage nous pouvons aisément remarquer que notre ensemble d'apprentissage vient de passer de (4715, 4 )à (4715 , 647) dimensions. Mais ces dimension restent raisonnables pour un projet de machine Learning.

##### 4.1.2 Normalisation

Nous avons ensuite normalisé nos données pour les variables numériques en divisant le pourcentage du diplôme d'état par 100 et celui du CGPA, ceci pour permettre une exécution rapide de nos algorithmes.

##### 4.1.3 Échantillonnage [31]

Pour commencer notre entraînement nous avons échantillonné nos données pour constituer un ensemble d'apprentissage (Training set), et un ensemble d'évaluation du modèle (test set). Notre Training set était constitué de 80 % de nos données et les 20 autres pour cent ont constitué notre ensemble d'évaluation. Pour ce faire nous avons utilisé un échantillonnage stratifié. Lorsqu'on utilise l'échantillonnage stratifié, on divise la population en groupes homogènes (appelés strates), qui sont mutuellement exclusifs, puis on sélectionne à partir de chaque strate des échantillons indépendants. On peut utiliser n'importe quelle des méthodes d'échantillonnage pour sélectionner l'échantillon à l'intérieur de chaque strate. La méthode d'échantillonnage peut varier d'une strate à une autre. Lorsqu'on utilise l'échantillonnage aléatoire simple pour sélectionner l'échantillon à l'intérieur de chaque strate, on appelle le plan d'échantillonnage un plan d'échantillonnage aléatoire simple stratifié. On peut stratifier avant l'échantillonnage une population au moyen de toute variable dont on dispose pour la totalité des unités , pour notre étude nous avons utilisé la variable **EchecRatio**.

A la fin de cette phase nous avons pu obtenir un ensemble d'apprentissage (Training Set) et Un ensemble d'évaluation (Test Set )

## 4.2 Élaboration et Évaluation du Modèle de Prédiction au sein de Chaque faculté

Dans cette section nous allons entraîner les différents algorithmes de prédictions avec les données de issue de chaque faculté et ensuite nous évaluerons le modèles sur les 2 ensembles.

Mais avant d'attaquer l'entraînement de nos modèle nous expliquerons nos métriques d'évaluations.

### 4.2.1 Techniques D'évaluation

#### RMSE [32]

C'est la racine carrée de la somme des carrées des différences entre les valeurs exactes et celles prédite par un modèle de prédiction pour chaque élément d'un ensemble d'apprentissage . Il se donne par la formule suivante :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}]^2}{N}}$$

Il constituera notre métrique d'évaluation pour tous nos modèles.

#### Validation Croisé [33]

La validation croisée (« cross-validation ») est une méthode d'estimation de fiabilité d'un modèle fondé sur une technique d'échantillonnage. En fait, il y a au moins trois techniques de validation croisée : « test set validation » ou « holdout method », « k-fold cross-validation » et Leave One Out Cross-Validation (LOOCV) .

- La première méthode est très simple, il suffit de diviser l'échantillon de taille  $n$  en deux sous échantillons, le premier d'apprentissage (communément supérieur à 60 % de l'échantillon) et le second de test. Le modèle est bâti sur l'échantillon d'apprentissage et validé sur l'échantillon de test. L'erreur est estimée en calculant un test, une mesure ou un score de performance du modèle sur l'échantillon de test, par exemple l'erreur quadratique moyenne.
- Dans la seconde, on divise l'échantillon original en  $k$  échantillons, puis on sélectionne un des  $k$  échantillons comme ensemble de validation et les  $(k-1)$  autres échantillons constitueront l'ensemble d'apprentissage. On calcule comme dans la première méthode le score de performance. Puis on répète l'opération en sélectionnant un autre échantillon de validation parmi les  $(k-1)$  échantillons qui n'ont pas encore été utilisés pour la validation du modèle. L'opération se répète ainsi  $k$  fois pour qu'en fin de compte chaque sous-échantillon ait été utilisé exactement une fois comme ensemble de validation. La moyenne des  $k$  erreurs quadratiques moyennes est enfin calculée pour estimer l'erreur de prédiction.
- La troisième méthode est un cas particulier de la deuxième méthode où  $k=n$ , c'est-à-dire que l'on apprend sur  $(n-1)$  observations puis on valide le modèle sur la  $n$ ème observation et l'on répète cette opération  $n$  fois .

Tous au long de ce chapitre nous avons utilisé les 2 premières techniques , nous n'avons pas utiliser la 3 ème technique car elle est trop gourmande en termes des ressources(temps et mémoire)

Nous pouvons maintenant attaquer l'entraînement des modèles au sein de chaque faculté :

#### 4.2.2 Résultat des différents algorithmes par faculté

Le tableau qui va suivre décrira les différents algorithmes que nous avons entraînés pour les données de chaque faculté, chaque modèle dispose des paramètres ainsi que des différentes erreurs.

TABLE 4.1 – Résultat des Algorithmes 1 ere iteration

Faculté	Dimensions	Modèle	RMSE Train	CV Score		RMSE Test	STACK_RES
				M	std		
FSTA	(903, 240)	ElasticNet	0.06 : 11.14%	0.080 : 14.46%	0,0051	0.08 : 14.198%	
		Ridge	0.07 : 11.83%	0.080 : 14.37%	0,0054	0.08 : 13.667%	
		LinearSVR	0.06 : 11.51%	0.080 : 14.48%	0,0055	0.08 : 13.803%	0.062 : 11.132%
		SVR	0.08 : 14.02%	0.080 : 14.44%	0,0058	0.08 : 13.667%	
		Lasso	0.06 : 11.15%	0.082 : 14.85%	0,0072	0.08 : 14.151%	
FT	(140, 105)	ElasticNet	0.03 : 4.64%	0.079 : 12.70%	0,0223	0.08 : 12.247%	
		Ridge	0.05 : 7.59%	0.088 : 14.13%	0,0122	0.10 : 15.534%	
		LinearSVR	0.04 : 6.42%	0.085 : 13.69%	0,0129	0.09 : 14.646%	0.029 : 4.639%
		SVR	0.06 : 9.88%	0.065 : 10.50%	0,0114	0.07 : 10.973%	
		Lasso	0.03 : 4.65%	0.113 : 18.25%	0,0434	0.08 : 12.398%	
FSEG	(1549, 286)	ElasticNet	0.05 : 8.43%	0.059 : 10.41%	0,0052	0.06 : 10.638%	
		Ridge	0.05 : 9.19%	0.063 : 11.14%	0,0074	0.06 : 11.226%	
		LinearSVR	0.05 : 8.85%	0.063 : 11.15%	0,0082	0.06 : 11.270%	0.048 : 8.426%
		SVR	0.06 : 10.92%	0.063 : 11.10%	0,0060	0.06 : 11.160%	
		Lasso	0.05 : 8.46%	0.065 : 11.49%	0,0124	0.07 : 11.993%	
FSDC	(758, 257)	ElasticNet	0.05 : 8.01%	0.067 : 11.41%	0,0069	0.07 : 11.800%	
		Ridge	0.06 : 9.34%	0.073 : 12.35%	0,0081	0.07 : 11.782%	
		LinearSVR	0.05 : 8.87%	0.074 : 12.50%	0,0083	0.07 : 11.892%	0.047 : 8.007%
		SVR	0.07 : 11.92%	0.072 : 12.22%	0,0037	0.07 : 12.353%	
		Lasso	0.05 : 8.03%	0.081 : 13.78%	0,0206	0.07 : 11.711%	
FD	(896, 300)	ElasticNet	0.05 : 8.34%	0.070 : 12.04%	0,0068	0.08 : 13.020%	
		Ridge	0.05 : 9.46%	0.074 : 12.73%	0,0092	0.07 : 12.882%	
		LinearSVR	0.05 : 8.95%	0.074 : 12.78%	0,0097	0.08 : 13.022%	0.048 : 8.333%
		SVR	0.07 : 11.54%	0.069 : 11.90%	0,0052	0.07 : 12.251%	
		Lasso	0.05 : 8.36%	0.078 : 13.52%	0,0140	0.08 : 12.991%	
FM	(242, 111)	ElasticNet	0.04 : 7.80%	0.066 : 11.51%	0,0090	0.07 : 11.362%	
		Ridge	0.05 : 8.78%	0.068 : 11.77%	0,0131	0.07 : 12.984%	
		LinearSVR	0.05 : 8.28%	0.067 : 11.57%	0,0118	0.07 : 12.974%	0.045 : 7.798%
		SVR	0.07 : 11.62%	0.070 : 12.05%	0,0120	0.07 : 12.493%	
		Lasso	0.04 : 7.80%	0.068 : 11.73%	0,0098	0.08 : 14.448%	
FPSE	(227, 119)	ElasticNet	0.04 : 7.49%	0.081 : 13.62%	0,0082	0.06 : 10.747%	
		Ridge	0.06 : 9.49%	0.089 : 14.90%	0,0159	0.07 : 11.120%	
		LinearSVR	0.05 : 8.60%	0.088 : 14.73%	0,0137	0.07 : 10.989%	0.045 : 7.488%
		SVR	0.07 : 12.23%	0.079 : 13.20%	0,0086	0.06 : 10.422%	
		Lasso	0.04 : 7.49%	0.087 : 14.56%	0,0213	0.06 : 10.618%	

Comme nous pouvons le remarquer dans ce tableau , après entraînement et évaluation de nos modèles sur nos 2 ensembles d'apprentissages et en validation croisée les 3 premiers modèles linéaires donnent presque les mêmes résultats et sont plus performants comparé aux modèles SVM dans la plus part de cas avec un score dans le 12% sur nos ensembles d'évaluation, mais avons pu le remarquer la prédiction du CGPA est beaucoup plus influencer par le pourcentage du diplôme d'état car ils sont dans la même échelle, les valeur de l'école de provenance et de l'option ont une influence minime lors de cette prédiction! Nous allons maintenant essayer d'améliorer la précision de notre modèle en utilisant une technique des méthodes d'ensemble appelée le stacking.

### Méthodes d'ensembles

il a été souligné par différents auteurs [24] que combiner les résultat des plusieurs modèles de régressions donnent des meilleurs résultats qu'un seul modèle c'est pourquoi nous avons choisi de combiner nos 5 modèles pour obtenir un bon modèle finale . Nous avons donc décider de combiner ces résultats finales prédites par les les 5 modèles par une régressions pour trouver le résultats finale de nos modèles .Et Notre erreur a peu être réduite à la fois sur le training et le test set dans toutes les facultés .

TABLE 4.2 – Résultat des Algorithmes

Faculté	Dimensions	Modèle	RMSE Train	CV Score		RMSE Test	STACK_RES
				M	std		
FSTA	(903, 243)	ElasticNet	0.05 : 9.51%	0.069 : 12.25%	0,0046	0.07 : 12.089%	
		Ridge	0.06 : 10.26%	0.071 : 12.49%	0,0050	0.07 : 12.020%	
		LinearSVR	0.06 : 9.95%	0.071 : 12.56%	0,0052	0.07 : 12.102%	0.054 : 9.510%
		SVR	0.07 : 12.51%	0.072 : 12.77%	0,0042	0.07 : 12.063%	
		Lasso	0.05 : 9.53%	0.072 : 12.83%	0,0079	0.07 : 12.516%	
FT	(140, 105)	ElasticNet	0.03 : 4.19%	0.073 : 11.76%	0,0172	0.07 : 11.178%	
		Ridge	0.04 : 7.06%	0.083 : 13.40%	0,0116	0.09 : 14.854%	
		LinearSVR	0.04 : 5.91%	0.080 : 12.92%	0,0114	0.09 : 13.885%	0.026 : 4.190%
		SVR	0.06 : 8.96%	0.058 : 9.40%	0,0092	0.06 : 9.961%	
		Lasso	0.03 : 4.20%	0.106 : 17.02%	0,0400	0.07 : 11.334%	
FSEG	(1549, 286)	ElasticNet	0.04 : 7.07%	0.050 : 8.69%	0,0040	0.05 : 8.532%	
		Ridge	0.05 : 7.90%	0.055 : 9.70%	0,0060	0.05 : 9.584%	
		LinearSVR	0.04 : 7.55%	0.055 : 9.68%	0,0072	0.05 : 9.540%	0.040 : 7.060%
		SVR	0.05 : 8.84%	0.051 : 8.92%	0,0038	0.05 : 8.757%	
		Lasso	0.04 : 7.10%	0.057 : 10.00%	0,0126	0.06 : 10.197%	
FSDC	(758, 257)	ElasticNet	0.04 : 6.36%	0.054 : 9.02%	0,0046	0.06 : 9.319%	
		Ridge	0.05 : 7.75%	0.062 : 10.36%	0,0069	0.06 : 9.740%	
		LinearSVR	0.04 : 7.30%	0.062 : 10.45%	0,0068	0.06 : 9.752%	0.038 : 6.360%
		SVR	0.05 : 9.18%	0.055 : 9.27%	0,0037	0.06 : 9.616%	
		Lasso	0.04 : 6.38%	0.069 : 11.56%	0,0209	0.06 : 9.243%	
FD	(896, 300)	ElasticNet	0.04 : 7.12%	0.060 : 10.33%	0,0049	0.06 : 10.561%	
		Ridge	0.05 : 8.24%	0.066 : 11.25%	0,0084	0.06 : 11.065%	
		LinearSVR	0.05 : 7.75%	0.066 : 11.29%	0,0088	0.07 : 11.116%	0.042 : 7.113%
		SVR	0.06 : 9.96%	0.060 : 10.16%	0,0039	0.06 : 10.145%	
		Lasso	0.04 : 7.14%	0.071 : 12.08%	0,0143	0.06 : 10.541%	
FM	(242, 111)	ElasticNet	0.04 : 6.13%	0.054 : 9.24%	0,0077	0.06 : 9.624%	
		Ridge	0.04 : 7.26%	0.059 : 10.08%	0,0138	0.07 : 11.986%	
		LinearSVR	0.04 : 6.73%	0.057 : 9.81%	0,0127	0.07 : 11.948%	0.036 : 6.131%
		SVR	0.05 : 9.43%	0.056 : 9.56%	0,0075	0.06 : 10.759%	
		Lasso	0.04 : 6.14%	0.057 : 9.82%	0,0118	0.08 : 14.068%	
FPSE	(227, 119)	ElasticNet	0.04 : 6.42%	0.070 : 11.62%	0,0070	0.06 : 9.411%	
		Ridge	0.05 : 8.49%	0.081 : 13.47%	0,0157	0.06 : 9.866%	
		LinearSVR	0.05 : 7.61%	0.079 : 13.19%	0,0135	0.06 : 9.664%	0.039 : 6.421%
		SVR	0.06 : 10.62%	0.067 : 11.20%	0,0079	0.05 : 8.951%	
		Lasso	0.04 : 6.42%	0.076 : 12.70%	0,0221	0.05 : 9.114%	

## 4.3 Réalisation de L'Application Programming Interface (API)

Comme souligné dans la méthodologie CRISP-DM la dernière étape d'un projet data mining c'est la mise en production du modèle d'apprentissage , cette mise en production on l'a fait sous forme d'un service web de type REST dans une micro application construit avec le framework flask .

### 4.3.1 Test-Driven Development (TDD) [34]

Nous avons utilisée le TDD avec Continuous Integration (CI) pour concevoir notre application et le mettre en production .

#### Définition

Le test-driven development (TDD) ou en français développement piloté par les tests est une technique de développement de logiciel qui préconise d'écrire les tests unitaires avant d'écrire le code source d'un logiciel.

#### Cycle de TDD

Le cycle préconisé par TDD comporte cinq étapes comme nous pouvons le remarquer à la figure ?? :

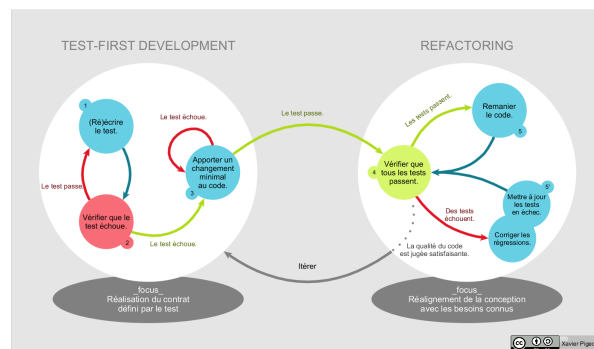


FIGURE 4.3 – Cycle Globale du Test Driven Développement t

1. écrire un premier test ;
2. vérifier qu'il échoue (car le code qu'il teste n'existe pas), afin de vérifier que le test est valide ;
3. écrire juste le code suffisant pour passer le test ;
4. vérifier que le test passe ;
5. puis réusiner le code, c'est-à-dire l'améliorer tout en gardant les mêmes fonctionnalités.



## Avantages

Ces tests permettent aussi de préciser les spécifications du code, et donc son comportement ultérieur en fonction des situations auxquelles il sera exposé. Ce qui facilite la production d'un code valide en toutes circonstances. On obtient donc un code plus juste et plus fiable. En écrivant les tests d'abord, on utilise le programme avant même qu'il existe. On s'assure ainsi que le code produit est testable unitairement. Il est donc impératif d'avoir une vision précise de la manière dont on va utiliser le programme avant même d'envisager son implémentation. Cela évite souvent des erreurs de conception dues à une précipitation dans l'implémentation avant d'avoir défini les objectifs.

### 4.3.2 Fonctionnement de L'API

Notre API fonctionne selon le diagramme suivant :

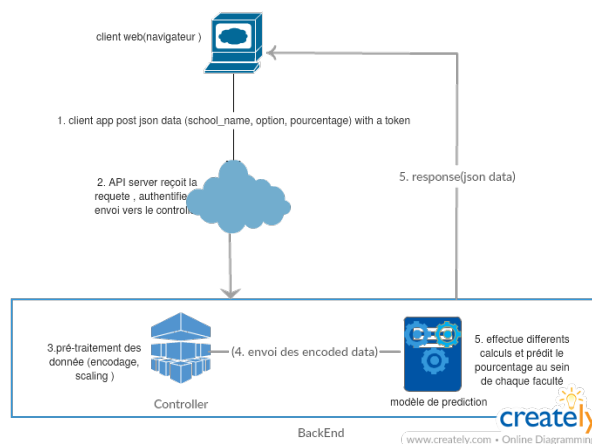


FIGURE 4.4 – Flow chart de L'API

1. le client we(navigateur ) envoie une requête post avec les données au format Java Script Object Notation (JSON) (nom de l'école , l'option et le pourcentage du diplôme) et un token d'authentification
2. la requête est traitée et authentifiée et ensuite envoyée vers le contrôleur .
3. pré-traitement des données : les données sont encodées et échelonnées
4. prédiction : les calculs sont effectués par nos modèles de prédiction
5. le contrôleur renvoie différentes prédictions sous forme d'objet JSON et sont affichés au navigateur.

Notons que l'API fonctionne selon le modèle Model View Controller (MVC) simplifié (sans base de données).

## 4.4 Conclusion Partielle

Au chapitre précédent nous avons pu remarquer qu'il existait une forte corrélation entre le CGPA et l'option suivie par l'étudiant à l'école secondaire ,et entre l'école de provenance

et le CGPA , mais nous avons aussi souligné qu'il n'existait pas de corrélation entre le CGPA et Le DIPERC mais nous avons décidé de l'utiliser dans la prédiction du CGPA pour améliorer l'exactitude de notre modèle et le rendre plus subjectif .

Lors de l'entraînement de nos modèles nous avons pu remarquer qu'au sein de chaque faculté les modèles de régression linéaire régularisée(Lasso,Elastic-Net et Ridge) disposent des meilleurs résultats avec une moyenne de RMSE inférieure à 12% tandis que les modèles SVM disposaient des résultats légèrement supérieurs . Ces Erreurs élevées étaient dues au fait :

- Nous n'avons pas pu disposer de plusieurs variables du même type que le DIPERC c'est pourquoi pour réduire cet erreur nous devrions obtenir diverses variables du même type que le CGPA entre autre les valeurs des pourcentages obtenus à l'école secondaire car notre modèle a tendance à avantager le diplôme pourcentage en lui donnant un grand coefficient (0.67) en faculté de technologie et 0.47 en faculté de médecine.
- Que nous ne disposions pas d'assez des données(exemples) pour entraîner nos algorithmes notre grand ensemble d'apprentissage disposaient de 900 éléments (moins de 1000 ) ce qui reste relativement moins élevé .

Pour palier à ces problèmes et dans le souci de réduire notre RMSE nous avons utilisé la technique de stacking qui consistait à combiner les différents résultats des différents modèles et à partir de ceux-ci prédire un résultat final à l'aide d'une régression linéaire, nous avons souligné que cette technique réduisait l'erreur de prédiction considérablement et nous avons ainsi une erreur inférieure à 10% dans certaines facultés.

# Conclusion

Tous au long de ce travail nous avons pu démontrer comment utiliser le data mining sur les données issues du système d'information UAT pour aider les nouveaux étudiants à l'université à s'orienter.

Nous nous sommes posés 3 questions au départ :

- *Comment utiliser les techniques du data mining pour doter les universités des outils d'aide à la décision les permettant de bien orienter les étudiants dès leur entrée à l'université ?*
- *Comment peut-on aider les élèves finalistes du secondaires à pouvoir faire le choix de leur filières à l'université ?*
- *Les techniques du data mining peuvent - elles apporter leur contribution dans ce domaine ?*

Nous avons utilisé les diverses techniques du data mining ainsi que les statistiques inférentielle pour analyser et nettoyer les données mise à notre disposition par les autorités de l'ULPGL et nous avons pu découvrir qu'actuellement les étudiants se basent sur leur âge , le sexe, l'école de provenance ainsi que l'option suivie à l'école secondaire pour s'orienter à l'université . Sur base des résultats qu'un étudiant a obtenu lors de son cursus académique nous avons pu créer une variable appelé le CGPA qui n'est rien d'autre que la moyenne des points obtenu durant son cursus. En effectuant les test statistiques nous avons constaté que cette variable ne dépend que de 2 facteurs au sein de chaque faculté entre autre l'école de provenance , et l'option suivie à l'école secondaire , et qu'il ne dépend ni du sexe, de l'âge , et difficilement du pourcentage obtenu à l'EXETAT.

Ainsi nous avons élaborer un modèle de prédiction qui se base sur le 3 facteurs dont dépend le CGPA pour essayer de prédire celui - ci pour un nouveau étudiant à la faculté, pour s'y faire nous avons utilisé 5 techniques du Machine Learning dont 3 modèles de régression (Lasso, Ridge, ElasticNet) et 2 technique de SVR (Lineaire et avec kernel RBF) et à la fin nous avons combiné ces 5 modèle par la technique de stacking pour avoir une bonne prédiction.

Nous avons évalué le modèle en se basant sur l'erreur moyen quadratique RMSE et une validation croisée et avons obtenu un score de moins de 10% pour presque toutes les facultés.

Pour aider les finalistes à s'orienter nous avons mis à leur disposition une micro application web qui prédit leur CGPA au sein de chaque faculté et leur permet de choisir une faculté dans laquelle ils ont plus de chance de réussir .

Au final nous avons pu remarquer que les techniques du data mining on pu apporter leur contribution tant soi peu dans ce domaine.

Quand au limites du travail soulignons qu'il n'est pas encore terminé , il nous manque certaines données pour automatiser toutes les taches et de débarrasser de l'expertiser humaine , entre autres diverses données liées au cursus secondaire comme soulignée au

chapitre 2 , mais aussi d'une boucle de feedback pour permettre à notre modèle de s'entraîner avec des nouvelles variables et nouvelles données , c'est pourquoi le travail a été conçu selon la norme open-source pour permettre à tous chercheur d'y contribuer .

# Table des matières

<b>Epigraphe</b>	<b>i</b>
<b>In Memoriam</b>	<b>ii</b>
<b>Dédicaces</b>	<b>iii</b>
<b>Remerciements</b>	<b>iv</b>
<b>Résumé</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Sigles et Abréviations</b>	<b>viii</b>
<b>Introduction</b>	<b>2</b>
0.1 Problématique . . . . .	2
0.2 Intérêts et Motivations du Sujet . . . . .	2
0.3 Hypothèses de Travail . . . . .	3
0.4 Objectifs du travail . . . . .	3
0.5 Méthodes et Techniques de Recherche . . . . .	3
0.6 Subdivision du travail . . . . .	3
<b>1 Généralités sur le DataMining</b>	<b>5</b>
1.1 Définitions . . . . .	5
1.1.1 L'intelligence Artificielle . . . . .	5
1.1.2 Le Machine Learning . . . . .	6
1.1.3 Le DataMining . . . . .	6
1.1.4 Différence entre le DataMining , le Machine Learning, ainsi que les statistiques . . . . .	6
1.2 Différentes Techniques du Machine Learning [11] . . . . .	7
1.2.1 Régression Linéaire . . . . .	8
1.2.2 Régression Logistique . . . . .	11
1.2.3 Le Réseaux des Neurones . . . . .	15
1.2.4 Support Vector Machine - SVM [13] . . . . .	20
1.2.5 Arbres des Decisions [15] [16] . . . . .	24
1.3 Méthodologie de mise en place du processus de data mining[3] . . . . .	27
<b>2 Analyse du domaine de l'orientation [18] [19] [20] [21] [22]</b>	<b>29</b>
2.1 Généralités sur l'orientation des étudiants . . . . .	29
2.2 Présentation du service de l'orientation des étudiants . . . . .	30

2.3	Etude des procédures d'orientation . . . . .	31
2.4	Etudes des documents utilisées . . . . .	32
2.5	L'orientation à l' ULPGL /GOMA [23] . . . . .	34
<b>3</b>	<b>Présentation et Exploitation des Données Obtenues</b>	<b>35</b>
3.1	Introduction . . . . .	35
3.2	Identification des Données et des Variables . . . . .	36
3.3	Préparation des Données . . . . .	37
3.3.1	Données en entrée : <i>Inputs</i> . . . . .	39
3.3.2	Données en sortie : <i>Outputs</i> . . . . .	43
3.4	Analyse des données . . . . .	45
3.4.1	Analyse Uni-Varié . . . . .	45
3.4.2	Analyse Bi-variée . . . . .	49
3.5	Conclusion partielle . . . . .	62
<b>4</b>	<b>Élaboration et évaluation du modèle de prédiction</b>	<b>63</b>
4.1	Préparation des données pour l'exécution des algorithmes . . . . .	64
4.1.1	Encodage des Variables One Hot . . . . .	65
4.1.2	Normalisation . . . . .	65
4.1.3	Échantillonnage [31] . . . . .	65
4.2	Élaboration et Évaluation du Modèle de Prédiction au sein de Chaque faculté	66
4.2.1	Techniques D'évaluation . . . . .	66
4.2.2	Résultat des différents algorithmes par faculté . . . . .	67
4.3	Réalisation de L'API . . . . .	71
4.3.1	TDD [34] . . . . .	71
4.3.2	Fonctionnement de L'API . . . . .	72
4.4	Conclusion Partielle . . . . .	72
	<b>Conclusion</b>	<b>74</b>

# Table des figures

1.1	Régression Linéaire avec une variable . . . . .	8
1.2	Régression Polynomiale avec un polynôme de degré 2 . . . . .	9
1.3	Variation de J en fonction du nombre des itérations . . . . .	10
1.4	Fonction Sigmoidale . . . . .	11
1.5	Frontière de décision pour la Régression Logistique à 2 variables . . . . .	12
1.6	Erreur pour la régression logistique . . . . .	13
1.8	Overfitting et Underfitting avec la régression logistique . . . . .	13
1.7	a : Sous-apprentissage et c : Sur-apprentissage avec la régression linéaire . .	14
1.9	Un Neurone Naturel . . . . .	15
1.10	un Perceptron ou Unité de traitement . . . . .	16
1.11	un réseau des neurones complets avec 2 hidden layers . . . . .	16
1.12	Réseaux des neurones avec des unités d'activation . . . . .	17
1.13	Différentes frontières de décision possibles . . . . .	20
1.14	Problème de SVM en 2 dimensions . . . . .	21
1.15	Données non séparable linéairement . . . . .	22
1.16	Données non séparable linéairement dans $R^2$ mais qui le devient dans $R^3$ avec $\phi(x_1, x_2) = (x_1, x_2, x_1^2 + x_2^2)$ . . . . .	22
1.17	Data mining process model . . . . .	27
3.1	Étapes de la phase d'exploration des données . . . . .	36
3.2	Box Plot Attribue Diplôme Pourcentage . . . . .	42
3.3	Box Plot Attribue Age . . . . .	42
3.4	Techniques d'exploration des données en entré . . . . .	45
3.5	Graphiques de l'attributs age . . . . .	46
3.6	Graphiques de l'attributs du Pourcentage à l'examen d'état . . . . .	47
3.7	Distribution du sexe des étudiants . . . . .	47
3.8	Différente statut de l'école de provenance . . . . .	47
3.9	l'option suivie à l'école secondaire . . . . .	48
3.10	les écoles de provenances . . . . .	48
3.11	les provinces de provenances des étudiants . . . . .	49
3.12	les Facultés . . . . .	49
3.13	distribution des ages au sein des différentes facultés . . . . .	52
3.14	distribution des pourcentage au sein des différentes facultés . . . . .	52
4.1	sckit-Learn Algorithm cheat sheet . . . . .	63
4.2	étapes à suivre pour l'élaboration du modèle d'apprentissage . . . . .	64
4.3	Cycle Globale du Test Driven Développement t . . . . .	71
4.4	Flow chart de L'API . . . . .	72

## Liste des tableaux

3.1	Bref aperçu de notre ensemble d'apprentissage . . . . .	38
3.2	Statistiques Des Données avec Valeurs manquantes et abberantes . . . . .	41
3.3	Sortie Pour Chaque Année Académique . . . . .	43
3.4	Sortie Chaque étudiant avec des Ratio . . . . .	44
3.5	Statistiques Des Données . . . . .	46
3.6	Analyse ANOVA Age - faculté . . . . .	51
3.7	Analyse répartition de la moyenne de l'age et pourcentage dans les facultés	51
3.8	Analyse ANOVA pourcentage - faculté . . . . .	52
3.9	Test chi carré entre nos différentes variables et la faculté . . . . .	53
3.10	Analyse entre les données d'entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Médecine . . . . .	55
3.11	Analyse entre les données d'entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Technologie . . . . .	56
3.12	Analyse entre les données d'entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de d'économie . . . . .	57
3.13	Analyse entre les données d'entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Droit . . . . .	58
3.14	Analyse entre les données d'entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Santé . . . . .	59
3.15	Analyse entre les données d'entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Psychologie . . . . .	60
3.16	Analyse entre les données d'entre et la donnée de sortie le CGPA en Faculté de Théologie . . . . .	61
4.1	Résultat des Algorithmes 1 ere iteration . . . . .	68
4.2	Résultat des Algorithmes . . . . .	70



# Bibliographie

- [1] E. B. OMAR S. IMANE. “Prediction approach for improving students orientation in university : case of sidi mohammed ben abdelah university”. In : *International Journal of Computer Science and Applications* (2015), p. 108.
- [2] I. Perrier R. R. TREMBLAY. *Savoir plus : outils et méthodes de travail intellectuel*. Les Éditions de la Chenelière inc, 2006.
- [3] RITHME CONSULTING. *Méthodologie de mise en place du processus de data mining*. 2017. URL : <http://www.rithme.eu/?m=resources\&p=dmmethod\&lang=fr> (visité le 29/04/2017).
- [4] K. MULENDA. “cours d’intelligence artificielle et systèmes experts”. inédit FSTA ULPGL. juin 2016.
- [5] Mark A. Hall IAN H. WITTEN Eibe Frank. *Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques*. USA : Morgan Kaufmann Publishers, 2011, p. 1.
- [6] DHAKSHAYANI N. *What is the difference between data mining, artificial intelligence and machine learning ?* Sous la dir. de QUORA. Answer To quora Question. URL : [url{https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-data-mining-artificial-intelligence-and-machine-learning}](https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-data-mining-artificial-intelligence-and-machine-learning).
- [7] M. BATER. *Learning Data mining with R*. Mumbai : Pack publish, 2015, p. 10.
- [8] Djazia CHAMI. “Une plate forme orientée agent pour le data mining”. Thèse de doct. Université de Batna 2, 2010.
- [9] SHARP SIGHT LABS. *What is the difference between machine learning, statistics, and datamining ?* Sous la dir. de SHARP SIGHT LABS. [http://www.sharpsightlabs.com/difference-machine-learning-statistics-data-mining/?utm\\_content=bufferf9474&utm\\_medium=social](http://www.sharpsightlabs.com/difference-machine-learning-statistics-data-mining/?utm_content=bufferf9474&utm_medium=social). Accessed : 2016-05-16.
- [10] Gongsun L. *What is the difference between data mining, statistics, machine learning and AI ?* Sous la dir. de STACKEXCHANGE. Answer To StackExchange Question. URL : [url{https://stats.stackexchange.com/questions/5026/what-is-the-difference-between-data-mining-statistics-machine-learning-and-ai}](https://stats.stackexchange.com/questions/5026/what-is-the-difference-between-data-mining-statistics-machine-learning-and-ai).
- [11] Andrew NG. *Stanford CS229 -Machine Learning -Ng*. <https://www.coursera.org/learn/machine-learning>. Accessed : 2016-11-23 au 2016-12-05. 2011.
- [12] Bishop C. *Neural networks for pattern recognition*. Oxford : Clarendon Press, 1995.
- [13] Alexandre KOWALCZYK. *SVM Tutorial*. <http://www.svm-tutorial.com/>. Accessed : 2016-12-6. 2014.
- [14] Eric KIM. *Everything You Wanted to Know about the Kernel Trick*. [http://www.eric-kim.net/eric-kim-net/posts/1/kernel\\_trick.html](http://www.eric-kim.net/eric-kim-net/posts/1/kernel_trick.html). Accessed : 2016-12-09. 2011.

- [15] M.Saerens C. DECAESTECKER. *Les arbres de décision (decision trees)*. Belgique : inédit ULB, 2006, p. 1.
- [16] ANALYTICS VIDHYA CONTENT TEAM. *A Complete Tutorial on Tree Based Modeling from Scratch (in R & Python)* MACHINE LEARNING PYTHON R. 2016. URL : <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/04/complete-tutorial-tree-based-modeling-scratch-in-python/> (visité le 27/03/2017).
- [17] Leo BREIMAN. “Random forests”. In : t. 45. 1. Springer, 2001, p. 5–32.
- [18] Laure J. *Guide Pratique Parents*. Paris, 2015, p. 10.
- [19] Bruno Racine. et al s. *Rapport haut conseil d’éducation*. Paris : inédit, 2008.
- [20] ANNIE TARDIF. *L’orientation scolaire et professionnelle pour la réussite des élèves handicapés ou en difficulté*. Québec : inédit, 2008.
- [21] J. Guichard et M. HUTEAU. *Psychologie de l’orientation*. Paris : Dunod, 2009.
- [22] P ANDREANI F. et LARTIQUE. *L’Orientation des élèves*. Paris : A. Colin, 2006.
- [23] A. DELVAUX J.P. et BRUYNEEL. *L’orientation à l’entrée des universités congolaises*. Kinshasa : Univ. de Kinshasa, 1971.
- [24] Aurélien GÉRON. *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow*. O’Reilly Media, Inc., March 2017.
- [25] SUNIL RAY. *Guide to Data Exploration*. 2016. URL : <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/01/guide-data-exploration> (visité le 27/05/2017).
- [26] Fabian PEDREGOSA et al. “Scikit-learn : Machine learning in Python”. In : *Journal of Machine Learning Research* 12 (2011), p. 2825–2830.
- [27] Rubin D.B. LITTLE R.J.A. *Statistical Analysis with Missing Data*. John Wiley, 1987.
- [28] Nilesh SH. *Fuzzy Group By, Grouping Similar Words*. Sous la dir. de Stack EXCHANGE. Answer To StackOverflow question. URL : <https://stackoverflow.com/questions/11535483/fuzzy-group-by-grouping-similar-words>.
- [29] William BECKER. “Uncertainty propagation through large nonlinear models”. Thèse de doct. University of Sheffield, 2011.
- [30] Rapaio P. *Strings as features in decision tree/random forest*. Sous la dir. de Stack EXCHANGE. Answer To datascience stack-exchange question. URL : <https://datascience.stackexchange.com/a/5229/30464>.
- [31] In :
- [32] Prasanna S. *Probability And Mathematical Statistics*. Louisville, KY 40292 USA : Department of Mathematics, University of Louisville, 2005.
- [33] Matthieu CORNEC. “Probability bounds for the cross-validation estimate in the context of the statistical learning theory and statistical models applied to economics and finance”. Thèse de doct. Université de Nanterre-Paris X, 2009.
- [34] Kent BECK. *Test Driven Development : By Example*. New York : Addison-Wesley Professional, 2002.