

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université 20 Août 1955 Skikda
Faculté des Sciences
Département d'Informatique



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master
en Informatique

Option : Systèmes d'Information Avancés et Applications (SIAA)

Thème

Prédiabète: Un Système de Détection et prédiction du diabète

Réalisé par :

- ❖ **Boumesbah Amina**
- ❖ **Bounezour Djoumana**

Encadré par :

Mr A. Bouhouche

2023/2024

Remerciements

C'est avec un immense plaisir que je tiens à remercier très sincèrement toutes les personnes qui nous ont aidé et qui ont ainsi contribué à la réalisation de ce mémoire. Je tiens à remercier mon encadreur **Mr A. Bouhouche** d'avoir dirigé ce travail. Mes remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre projet de fin d'études en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs propositions. J'exprime ma gratitude envers ma famille et tous mes amis pour leur soutien et encouragements tout au long de ce travail. Enfin, je voudrai également remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Alhamdulillah qui accomplit les bonnes actions et fait descendre les bénédictions. Je le remercie pour son aide dans l'achèvement de ce travail. Que la prière et la paix soient sur notre Seigneur Muhammad, ainsi que sur sa famille, ses compagnons et ceux qui les suivent avec bienveillance jusqu'au Jour du Jugement.

À celui qui était une bougie qui se consume et un soleil qui émerge, et dont la grandeur réside dans le fait qu'il m'a permis de réaliser les plus grands succès, d'obtenir les diplômes les plus élevés et d'atteindre les objectifs les plus nobles, à toi qui nous as enseigné la dignité et semé en nous la fierté, mon cher père "Mohammed", que Dieu le garde comme une couronne sur nos têtes.

Je dédie ce travail à ce que j'ai de plus précieux en ce monde, au cœur aimant, à la mer de générosité dont je puise la tendresse et la sécurité, à la plus chère des paroles prononcées par ma langue, ma chère mère "Faria".

À celui qui était un sommet majestueux dans le ciel de ma vie, symbole de ma fierté, mes frères que Dieu les protège, Yahia et Alaa Eddine.

À la source débordante de bonté, au grand cœur, ma sœur "Khawla", son mari Khaled et leurs enfants Amjad et Nidal.

À celle avec qui j'ai grandi dans les recoins de la maison et qui complète ma fierté et ma joie, ma sœur "Asmaa".

À celui qui a pris la place de mon second père, mon oncle "Salim", sa femme et ses enfants.

À celle qui est plus chère que moi-même et dont les mots ne peuvent exprimer qu'elle est une simple amie, que j'ai connue de près et aimée tendrement, Jumana Bonezour.

À celles avec qui j'ai partagé les plus beaux jours et souvenirs, mes amies Hanin Hallas, Rodaina Bouanane.

Amina.B



Dédicace

À mon père qui n'a pas pu voir mon travail.

Jumana.B

Résumé

Aujourd'hui, le diabète représente l'une des maladies chroniques les plus répandues, susceptible d'entraîner diverses complications, voire la mort. Il est donc impératif de disposer d'un outil de prédiction permettant aux médecins de détecter la maladie à un stade précoce et de recommander les ajustements de mode de vie nécessaires pour en freiner la progression. L'apprentissage profond s'avère indispensable de nos jours pour réduire l'effort humain et garantir une automatisation plus efficace avec moins d'erreurs. Dans le cadre de ce projet, nous avons développé un système de détection et de prédiction du diabète en utilisant une approche basée sur le deep learning (ANN+GAN). Les expérimentations menées sur l'ensemble de données Pima ont produit des résultats de prédiction prometteurs, en comparaison avec deux autres approches d'apprentissage automatique que nous avons également mises en œuvre, à savoir : SVM et KNN.

Mots-clés : Pima indien, intelligence artificielle, deep learning, apprentissage automatique, diabète.

Objectif et motivation

L'objectif de ce projet est de proposer une nouvelle approche de prédiction du diabète qui donne des résultats utiles et efficaces. Ceci va aider à prédire si un patient donné va être un futur diabétique. Si c'est le cas le patient va essayer de prendre les précautions nécessaires (suivre un régime alimentaire adéquat, pratiquer du sport périodiquement, etc.) pour prévenir cette maladie chronique.

Table des matières

Liste des tableaux	2
Liste des figures	3
GENERALITES DU DIABETE	
1.1. Introduction	6
1.2. La signification et l'origine du diabète :	6
1.3. Quelques aspects clés du diabète :	6
1.4. Types du diabète	7
1.4.1. Diabète de type 1	7
1.4.2. Diabète de type 2	7
1.4.3. Diabète gestationnel	8
1.5. Qu'est-ce que le prédiabète:	9
1.6. Le diabète est un trouble du métabolisme :	9
1.7. La liste des complications possibles :	10
1.8. Quelques faits et mythes sur le diabète:	13
1.9. Liste des symptômes du diabète les plus courants:	15
1.10. Le traitement du diabète :	16
1.10.1 Le traitement du diabète de type 1	16
1.10.2 Le traitement du diabète de type 2:	17
1.10.3 Le traitement du diabète gestationnel :	18
1.11. Conclusion	19
APPLICATION DU DEEP LEARNING EN DOMAINE MEDICAL	
2.1. Introduction	21

2.2. Définition du deep Learning :	21
2.3. Le fonctionnement de deep learning	22
2.4. Exemples d'Application du Deep Learning :	22
2.5. Les types d'apprentissage profond :	23
2.5.1 Apprentissage supervisé :	23
2.5.2 Apprentissage non supervisé :	23
2.5.3 Apprentissage semi-supervisé :	23
2.6 Algorithmes du deep Learning	24
2.6.1. Les Réseaux de neurones:	23
2.6.1.1. Définition:	24
2.6.1.2 Historique et perspectives d'avenir:	24
2.6.1.3 Le neurone biologique	25
2.6.1.4 Comment fonctionne un réseau neuronal artificiel ?	25
2.6.3 Les algorithmes :	26
2.6.3.1 Les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) :	26
2.6.3.2 Les réseaux neuronaux récurrents (RNN) :	26
2.6.3.3 Les réseaux adversaires génératifs (GAN) :	27
2.6.3.4 K plus proches voisins (KNN)	27
2.7 Comment marche l'algorithme du deep Learning :	30
2.8 Support Vector Machine (SVM)	30
2.9 Le Deep Learning en détection et prédiction des maladies	32
2.10 Conclusion	34
CONCEPTION	

3.1. Introduction	32
3.2. Présentation UML	36
3.3. Modélisation avec UML:	36
3.4. Les diagrammes de séquences:	37
3.5. Méthodologie:	38
3.5.1 Définir l'ensemble des données et des variables utilisés	38
3.5.2. Normalisation des données:	40
3.5.3 L'apprentissage:	40
3.5.4 Architecture de l'ANN:	40
3.6. Les réseaux antagonistes génératifs(GAN)	44
3.7. Imputation des données	45
3.7.1 Test et validation	45
3.8. Conclusion:	46
IMPLEMENTATION	
4.1. Introduction	43
4.2. Présentation des outils de développement	43
4.3. Résultats des étapes d'apprentissage et du test	46
4.4 Génération de nouvelles données à partir de l'ensemble d'apprentissage	48
4.4.1 Prédiction/ détection d'un nouveau cas de diabète	49
4.4.2 Résultats des expérimentations	49
4.5 Conclusion	53
Conclusion général	54
Bibliographie	55

Liste des tableaux

Table3.1– Définition des variables	39
Table4.1–Resultats des experimentations	51

Liste des Figures

Figure 1.1 :Les Complications du diabète	12
Figure 1.2 : Seringue d'insuline	17
Figure 1.3 :Le traitement hygiéno-diététiques	17
Figure 2.1 :Le deep learning	21
Figure 2.2 : neurone biologique	25
Figure 2.3: fonctionnement de réseau neurone	26
Figure 2.4 - Architecture du réseau de neurones récurrents (RNN)	26
Figure 2.5 - Exemple simple sur KNN	27
Figure 2.6 - Séparation parfait de deux classes avec un hyperplan	31
Figure 2.7 - Un simple exemple sur le fonctionnement de l'algorithme SVM	31
Figure 3.1 – diagramme de séquence.	37
Figure 3.2 : Architecture du Reseaux neuronaux artificiels (ANN)	41
Figure 3.3 – ReLU	42
Figure 3.4 : Logistic Sigmoid	43
Figure 4.1 : Données d'entraînement 60 lignes.	47
Figure 4.2 : Données de test 191 lignes	47
Figure 4.3 : Prédiction du diabète avec SVM	48
Figure 4.4 : Prédiction du diabète avec KNN3	48
Figure 4.5 : Accuracy recall précision F1score48	48
Figure 4.6 : Interface.	50
Table 4.1 : Resultats des experimentations.	51

Introduction générale

Avec l'augmentation considérable du nombre de malades chroniques en Algérie, et en particulier les malades diabétiques, et l'insuffisance des infrastructures et des moyens d'hospitalisation, les services de santé privés sont de plus en plus coûteux que jamais et la situation s'aggrave d'année en année. En effet le diabète n'est pas une maladie mortelle cependant elle peut avoir des séquelles néfastes sur le fonctionnement de certains organes comme les reins, les yeux et les organes périphériques. Comme on le dit «il vaut mieux prévenir que guérir», il est recommandé de prévenir la maladie pour l'éviter ou la prendre en charge à un stade précoce. Dans ce projet nous proposons de mettre en œuvre une application réelle et utile permettant à partir d'un ensemble de données médicales de détecter si la personne est atteinte du diabète ou de prédire si elle est en phase de prédiabète.

Le système proposé emploie une technique de deep Learning(DL) pour l'apprentissage et la prise de décision. Nous avons également implémenté d'autres algorithmes (SVM et KNN) pour tester et comparer les résultats de notre approche avec ces techniques déjà utilisées dans la littérature. L'apprentissage profond ouvre de nouvelles perspectives dans le domaine de la santé. Avec des flux de données considérables, aujourd'hui il est possible d'appliquer des algorithmes qui donnent des réponses automatiques et plus précises aux problèmes médicaux.

Organisation de mémoire

Le mémoire est organisé en quatre chapitres : Le premier chapitre parle du diabète dans un aperçu général, mentionnant les types, les complications et les symptômes du diabète ,Le deuxième chapitre comprend une présentation du deep Learning et ses différentes techniques appliquées en domaine médicale, Le troisième chapitre est consacré à l'étude conceptuelle de notre système, Le quatrième chapitre présente les outils utilisés dans l'implémentation de l'approche, l'interface du système et finalement, la présentation des tests et résultats.

Chapitre 1

GENERALITES DU DIABETE

1. 1 Introduction

Le diabète, souvent appelé par les médecins diabète sucré, décrit un groupe de maladies métaboliques dans lesquelles la personne a une glycémie élevée (sucre dans le sang), soit parce que la production de l'insuline est inadéquate, ou parce que les cellules du corps ne le font pas répondre correctement à l'insuline, ou aux deux. Les patients avec la glycémie élevée présenteront généralement une polyurie (fréquente miction), ils auront de plus en plus soif (polydipsie) et seront affamés (polyphagie).

1.2. La signification et l'origine du diabète :

Le diabète tire son origine du grec, où il signifie littéralement "siphon". Au II^e siècle après J.-C., le médecin grec Arétée de Cappadoce a nommé cette condition "diabainein". Il décrivait les patients souffrant d'une production excessive d'urine (polyurie) comme un siphon. Le terme a évolué vers "diabète" à travers l'adoption anglaise du latin médiéval "diabète". En 1675, Thomas Willis a ajouté "mellitus" au terme, bien qu'il soit couramment désigné simplement comme le diabète. "Mel" en latin signifie "miel" ; l'urine et le sang des personnes atteintes de diabète contiennent un excès de glucose, qui est doux comme le miel. Ainsi, le terme "diabète sucré" pourrait littéralement se traduire par "siphonner de l'eau douce". Dans la Chine ancienne, les observateurs ont noté que certaines personnes attiraient les fourmis à cause de la douceur de leur urine. C'est ainsi qu'est né le terme "maladie des urines sucrées".

1.3. Quelques aspects clés du diabète :

- Le diabète est une maladie chronique caractérisée par des niveaux élevés de sucre dans le sang.
- En 2013, on estimait que plus de 382 millions de personnes dans le monde étaient atteintes de diabète.
- Le diabète de type 1 se caractérise par une absence de production d'insuline par le corps, représentant environ 10% de tous les cas de diabète.
- Le diabète de type 2 survient lorsque le corps ne produit pas suffisamment

d'insuline pour fonctionner correctement, représentant environ 90% de tous les cas de diabète.

- Le diabète gestationnel affecte les femmes pendant la grossesse.
- Les symptômes courants du diabète comprennent la fréquence accrue des mictions, une soif intense, une faim excessive, un gain de poids, une perte de poids inhabituelle, une fatigue, des plaies qui ne guérissent pas, des problèmes de fonctionnement sexuel masculin, ainsi que des engourdissements et des picotements dans les mains et les pieds.
- Les personnes atteintes de diabète de type 1 peuvent mener une vie normale en suivant un régime alimentaire sain, en faisant suffisamment d'exercices physiques et en prenant de l'insuline.
- Les patients atteints de diabète de type 2 doivent adopter un mode de vie sain, pratiquer une activité physique régulière et surveiller leur taux de glucose sanguin. Ils peuvent également avoir besoin de médicaments par voie orale et/ou d'insuline pour contrôler leur glycémie.

1.4. Types de diabète :

1.4.1. Diabète de type 1 :

Ce type de diabète se caractérise par une absence de production d'insuline par le corps. Il est parfois appelé diabète insulino-dépendant, diabète juvénile ou diabète précoce. Il survient généralement avant l'âge de 40 ans, souvent au début de l'âge adulte ou à l'adolescence. Le diabète de type 1 est beaucoup moins courant que le diabète de type 2, représentant environ 10% de tous les cas de diabète. Les personnes atteintes de diabète de type 1 doivent prendre des injections d'insuline tout au long de leur vie. Elles doivent également contrôler leur glycémie en effectuant des tests sanguins réguliers et suivre un régime alimentaire spécifique. [1]

1.4.2. Diabète de type 2 :

Dans ce cas, le corps ne produit pas suffisamment d'insuline pour un fonctionnement optimal, ou les cellules du corps deviennent résistantes à l'insuline. Environ 90% de tous les cas de diabète dans le monde sont de type 2. Certaines personnes peuvent contrôler les symptômes du diabète de type 2 en perdant du

poids, adoptant une alimentation saine, en faisant beaucoup d'exercices physiques et en surveillant leur taux de glucose sanguin. Cependant, le diabète de type 2 a tendance à progresser avec le temps, et le patient peut éventuellement nécessiter de l'insuline, généralement sous forme de comprimés. Les individus en surpoids ou obèses courent un risque plus élevé de développer un diabète de type 2 par rapport à ceux ayant un poids corporel normal (IMC entre 20 et 25). En particulier, ceux avec une accumulation de graisse viscérale, également appelée obésité centrale, présentent un risque accru. Le surpoids ou l'obésité entraîne la libération de substances chimiques qui peuvent perturber les systèmes cardiovasculaire et métabolique du corps. Le surpoids, le manque d'activité physique et une alimentation inappropriée contribuent tous à accroître le risque de diabète de type 2. Les boissons sucrées peuvent avoir un impact direct sur le risque de diabète, indépendamment de leur effet sur le poids corporel. De plus, le risque de développer un diabète de type 2 augmente avec l'âge. Bien que les raisons exactes ne soient pas entièrement comprises, le vieillissement s'accompagne souvent d'une prise de poids et d'une diminution de l'activité physique. Les individus ayant un parent proche atteint de diabète de type 2, ainsi que ceux d'origine moyen-orientale, africaine ou sud-asiatique, présentent également un risque accru. De plus, les hommes ayant des niveaux de testostérone bas sont plus susceptibles de développer un diabète de type 2.

1.4.3. Diabète gestationnel:

Ce type de diabète affecte les femmes pendant la grossesse. Certaines femmes présentent des niveaux très élevés de glucose dans leur sang, et leur organisme ne produit pas suffisamment d'insuline pour transporter tout le glucose dans leurs cellules, ce qui entraîne une augmentation progressive des niveaux de glucose. Le diagnostic du diabète gestationnel est posé pendant la grossesse. La plupart des patientes atteintes de diabète gestationnel peuvent contrôler leur condition grâce à l'exercice physique et à un régime alimentaire approprié. Entre 10 et 20% d'entre elles pourraient nécessiter des médicaments pour contrôler leur glycémie. Un diabète gestationnel non diagnostiqué ou non contrôlé peut accroître le risque de

complications lors de l'accouchement.

1.5. Qu'est-ce que le prédiabète:

La plupart des patients atteints de diabète de type 2 ont initialement un prédiabète. Leurs niveaux de glucose sanguin sont supérieurs à la normale, mais pas assez élevés pour justifier un diagnostic de diabète. Les cellules du corps deviennent résistantes à l'insuline.

1.6. Le diabète est un trouble du métabolisme :

Le diabète, également appelé diabète sucré, est classé comme un trouble du métabolisme. Le métabolisme fait référence à la manière dont notre corps utilise la nourriture digérée pour l'énergie et la croissance. La plupart des aliments que nous consommons sont décomposés en glucose, qui est une forme de sucre dans le sang et la principale source de carburant pour notre corps. Lorsque notre nourriture est digérée, le glucose est libéré dans notre circulation sanguine. Nos cellules utilisent le glucose pour produire de l'énergie, et l'insuline permet à nos cellules d'absorber le glucose. L'insuline est une hormone produite par le pancréas. Après un repas, le pancréas libère automatiquement une quantité suffisante d'insuline pour déplacer le glucose présent dans notre sang vers les cellules. Au fur et à mesure que le glucose pénètre dans les cellules, la glycémie diminue.

Une personne atteinte de diabète présente une condition dans laquelle la quantité de glucose dans le sang est trop élevée (hyperglycémie). Cela peut être dû au fait que le corps ne produit pas suffisamment d'insuline, qu'il ne produit pas du tout d'insuline, ou que les cellules ne répondent pas correctement à l'insuline produite par le pancréas. Cela entraîne une accumulation excessive de glucose dans le sang, qui finit par être excrété dans l'urine. Ainsi, même si le sang contient beaucoup de glucose, les cellules ne peuvent pas l'utiliser pour leur énergie et leur croissance essentielles.

Pour déterminer si vous souffrez de diabète, de prédiabète ou si vous n'avez aucun de ces problèmes, les médecins peuvent utiliser l'une des trois

méthodes de dépistage.

• **Test A1C:**

- Un résultat d'au moins 6,5% indique un diabète.
- Une plage de lecture entre 5,7% et 5,99% indique un prédiabète.
- Un résultat inférieur à 5,7% est considéré comme normal.

• **Test de glycémie à jeun (FPG - glucose plasmatique à jeun):**

- Un taux d'au moins 126 mg/dL indique un diabète.
- Une plage de lecture entre 100 mg/dL et 125,99 mg/dL indique un prédiabète.
- Un résultat inférieur à 100 mg/dL est considéré comme normal. Une lecture anormale après le test FPG indique que le patient présente une glycémie à jeun altérée (IFG), où le glucose ne peut pas pénétrer efficacement dans les cellules.

• **Test oral de tolérance au glucose (OGTT):**

- Un résultat d'au moins 200 mg/dL indique un diabète.
- Une plage de lecture entre 140 mg/dL et 199,9 mg/dL indique un prédiabète.
- Un résultat inférieur à 140 mg/dL est considéré comme normal. Une lecture anormale après l'OGTT indique que le patient présente une tolérance au glucose altérée (IGT). [2]

1.7. La liste des complications possibles :

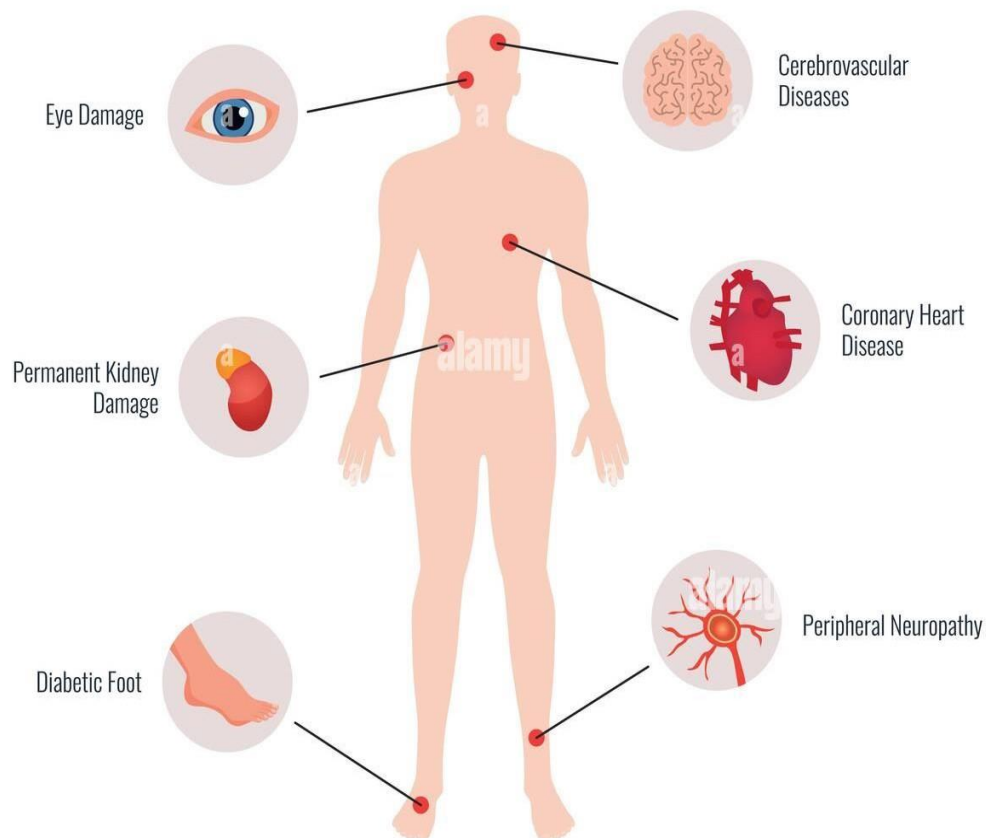
La liste des complications potentielles causées par un diabète mal contrôlé est la suivante :

- Complications oculaires telles que le glaucome, la cataracte, la rétinopathie diabétique et d'autres affections.

- Complications du pied incluant la neuropathie, les ulcères et parfois la gangrène, pouvant nécessiter une amputation.
- Complications cutanées, avec une sensibilité accrue aux infections cutanées et à divers troubles cutanés.
- Problèmes cardiaques tels que les cardiopathies ischémiques, lorsque l'apport sanguin au muscle cardiaque est réduit.
- Hypertension, fréquente chez les personnes atteintes de diabète, augmentant le risque de maladies rénales, de problèmes oculaires, de crises cardiaques et d'accidents vasculaires cérébraux.
- Santé mentale, avec un risque accru de dépression, d'anxiété et d'autres troubles mentaux associés à un diabète non contrôlé.
- Perte auditive, les patients diabétiques étant plus susceptibles de développer des problèmes d'audition.
- Maladies des gencives, avec une prévalence plus élevée chez les patients diabétiques.
- Gastroparésie, où les muscles de l'estomac ne fonctionnent pas correctement.
- Acidocétose, une complication grave caractérisée par une accumulation de corps cétoniques et d'acidité dans le sang.
- Neuropathie diabétique, entraînant divers problèmes nerveux.
- HHNS (syndrome hyperosmolaire hyperglycémique non cétosique), une urgence médicale où la glycémie est très élevée sans présence de cétones dans le sang ou l'urine.
- Néphropathie, avec une tension artérielle non contrôlée pouvant entraîner une maladie rénale.
- MAP (maladie artérielle périphérique), caractérisée par des douleurs, des picotements et des difficultés de déplacement.

- Accident vasculaire cérébral, avec un risque accru si la pression artérielle, le taux de cholestérol et la glycémie ne sont pas contrôlés.
- Dysfonction érectile chez les hommes.
- Sensibilité accrue aux infections, les personnes atteintes de diabète mal contrôlé étant plus vulnérables.
- Cicatrisation des plaies plus lente, les coupures et les blessures prenant plus de temps à guérir. [15]

Complications of Diabetes Mellitus



alamy

Image ID: 2ETG9KJ
www.alamy.com

Figure 1.1 -Les Complications du diabète

1.8. Quelques faits et mythes sur le diabète:

De nombreux renseignements sur le diabète sont répandus dans la presse écrite, les magazines et sur Internet pourtant, certains d'entre eux s'avèrent être des mythes. Il est crucial que les personnes atteintes de diabète ou de prédiabète, ainsi que leurs proches, employeurs et écoles, aient une compréhension précise de cette maladie.

Quelques diabètes mythes:

- Les personnes atteintes de diabète ne doivent pas faire d'exercice : Faux ! L'exercice est essentiel pour les personnes atteintes de diabète, tout comme pour tout le monde. Il aide à maintenir un poids santé, améliore la santé cardiovasculaire, régule la glycémie, et réduit le stress. Il est toutefois important que les patients consultent leur médecin avant de commencer un programme d'exercices.
- Les personnes en surpoids développeront toujours un diabète de type 2 à un moment donné : Faux. Bien que le surpoids ou l'obésité augmentent le risque de diabète de type 2, ce n'est pas une certitude. De nombreuses personnes atteintes de ce type de diabète n'ont jamais été en surpoids, et la majorité des personnes en surpoids ne développent pas de diabète de type 2.
- Le diabète n'est qu'une nuisance, pas une maladie grave : Faux. Les complications du diabète, telles que les maladies cardiaques et les AVC, peuvent entraîner un décès prématuré. La durée de vie d'une personne diabétique est généralement réduite de cinq à dix ans par rapport à celle des personnes non diabétiques.
- Les enfants peuvent surmonter le diabète: Faux. La plupart des enfants atteints de diabète ont le type 1, et la destruction des cellules bêta productrices d'insuline dans le pancréas est permanente. Ils devront prendre de l'insuline pour le reste de leur vie, à moins qu'un remède soit trouvé.
- La consommation excessive de sucre conduit inévitablement au diabète : Faux. Le diabète de type 1 est une maladie auto-immune, tandis que le

diabète de type 2 est souvent lié à des facteurs génétiques et à un mode de vie peu sain, notamment une alimentation riche en calories.

- Je peux sentir quand ma glycémie est élevée ou faible : Faux. Bien que des taux de glycémie très élevés ou bas puissent causer des symptômes, ils peuvent varier considérablement d'une personne à l'autre. La meilleure façon de surveiller la glycémie est de la mesurer régulièrement.
- Les régimes des personnes diabétiques sont différents : Faux. Les recommandations diététiques pour les personnes diabétiques sont similaires à celles pour tout le monde : une alimentation saine et équilibrée, riche en fruits, légumes et grains entiers.
- Les personnes diabétiques ne peuvent pas manger certains aliments, comme les féculents : Faux. Les personnes diabétiques peuvent consommer des féculents, mais elles doivent surveiller leur consommation et opter de préférence pour des aliments à grains entiers.
- Le diabète n'est pas transmissible : Vrai. Le diabète n'est pas contagieux, bien qu'il puisse y avoir une prédisposition génétique.
- Seules les personnes âgées développent un diabète de type 2 : Faux. De plus en plus d'enfants et d'adolescents développent un diabète de type 2 en raison de l'obésité infantile et d'un mode de vie sédentaire.
- Prendre de l'insuline signifie que le diabète est grave : Faux. Certaines personnes prennent de l'insuline pour contrôler leur glycémie, mais cela ne signifie pas nécessairement que leur diabète est plus grave que celui des personnes qui ne prennent pas d'insuline.
- Les personnes diabétiques ne peuvent pas manger de chocolat ou de bonbons : Faux. Les personnes diabétiques peuvent consommer des sucreries avec modération dans le cadre d'une alimentation équilibrée et en tenant compte de leur glycémie.
- Les personnes diabétiques sont plus susceptibles de tomber malades : Faux. Bien contrôler son diabète peut réduire le risque de complications, mais une fois malade, la gestion du diabète peut devenir plus difficile.
- Les symptômes du diabète sont évidents : Faux. Les symptômes du diabète peuvent être discrets, mais un diagnostic précoce est essentiel pour prévenir les complications . [16]

1.9. Liste des symptômes du diabète les plus courants:

Mictions fréquentes: êtes-vous allés à la salle de bain pour uriner plus souvent récemment? Est-ce que tu remarques que vous passez la majeure partie de la journée aux toilettes ? Lorsqu'il y a trop de glucose (sucre) dans votre sang, vous urinerez plus souvent. Si votre insuline est inefficace, ou absente, vos reins ne peuvent pas filtrer le glucose dans le sang. Les reins prélèveront de l'eau de votre sang afin de diluer le glucose qui à son tour remplit votre vessie.

- Soif disproportionnée : si vous urinez plus que d'habitude, vous devrez remplacer ce liquide perdu. Vous boirez plus que d'habitude. Avez-vous bu plus que d'habitude ces derniers temps?
- Faim intense: comme l'insuline dans votre sang n'a pas fonctionné correctement, ou n'existe pas du tout, et vos cellules ne reçoivent pas leur énergie, votre corps peut réagir en essayant de trouver plus d'énergie, de la nourriture. Vous allez avoir faim.
- Gain de poids: cela peut être le résultat de ce qui précède symptôme (faim intense).
- Perte de poids inhabituelle: elle est plus courante chez les personnes atteintes de diabète de type 1. Comme votre corps ne fabrique pas de l'insuline, il cherchera (les cellules ne reçoivent pas de glucose). Muscle, tissus et graisse seront décomposés pour produire de l'énergie. Comme Le type 1 est d'apparition plus soudaine et le type 2 est beaucoup plus graduelle, la perte de poids est plus perceptible avec Type 1.
- Augmentation de la fatigue : si votre insuline ne fonctionne pas correctement, ou n'y est pas du tout, le glucose ne pourra pas entrer dans vos cellules et leur fournir de l'énergie. Cela vous fera sentir de la fatigue et de l'appétit.
- Irritabilité: l'irritabilité peut être due à votre manque d'énergie.
- Vision floue : cela peut être causé par des tissus tirés de vos lentilles

oculaires. Cela affecte vos yeux » capacité à se concentrer. Avec un traitement approprié, cela peut être arrangé. Il existe des cas graves de cécité où des problèmes de vision prolongés peuvent survenir. Les coupures et les ecchymoses ne guérissent pas correctement ou rapidement : Trouvez-vous que les coupures et les ecchymoses prennent beaucoup plus de temps que d'habitude pour guérir ? Quand il y a plus de sucre (glucose) dans votre corps, sa capacité à guérir peut être miné.

- Plus d'infections cutanées et / ou à levures : plus de sucre dans votre corps, sa capacité à récupérer les infections sont affectées. Les femmes atteintes de diabète le trouvent particulièrement difficile à récupérer de la vessie et infections vaginales.
- Démangeaisons cutanées: une sensation de démangeaisons sur votre peau parfois un symptôme du diabète.
- Les gencives sont rouges et / ou en fées - Les gencives se détachent des dents: si vos gencives sont sensibles, rouges et / ou enflées cela pourrait être un signe de diabète. Vos dents pourraient se détacher lorsque les gencives s'écartent d'eux. [17]

1.10. Le traitement du diabète :

1.10.1. Le traitement du diabète de type 1 :

Dans le cas du diabète de type 1, où le pancréas ne produit pas suffisamment d'insuline, il est nécessaire de compenser ce manque en administrant artificiellement de l'insuline quotidiennement par injection sous-cutanée. Cela peut se faire à l'aide d'une seringue, d'un stylo ou d'une pompe à insuline, dans le cadre d'un traitement appelé insulinothérapie. Ce type de diabète affecte le plus souvent les enfants, les adolescents et parfois les jeunes adultes.



Figure 1.2 - Seringue d'insuline

1.10.2. Le traitement du diabète de type 2:

Le traitement repose principalement sur l'adoption d'une alimentation équilibrée et la pratique régulière d'une activité physique. Si ces mesures ne suffisent pas à contrôler la glycémie, un traitement par médicaments antidiabétiques par voie orale peut être ajouté. Dans certains cas, un traitement à base d'insuline peut être nécessaire si les niveaux de sucre dans le sang restent élevés malgré les autres mesures.



Figure 1.3 - Le traitement hygiéno-diététiques

1.10.3. Le traitement du diabète gestationnel :

Selon le Centre européen d'étude du Diabète (Ceed), le recours à l'insuline est nécessaire dans 50% des cas pour le traitement du diabète gestationnel. Dans des cas plus rares, un traitement par médicaments antidiabétiques par voie orale peut être envisagé. Quoi qu'il en soit, des mesures hygiénodietétiques doivent être mises en œuvre rapidement. Il est essentiel que ces mesures prennent en compte à la fois le diabète de la mère et les besoins nutritionnels du fœtus.

1.11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la maladie du diabète, ses différents types, les symptômes associés, ainsi que les méthodes de diagnostic et de traitement disponibles. Nous avons également discuté de quelques mesures préventives pour réduire les risques de développer le diabète. Dans le prochain chapitre, nous explorerons différentes approches de diagnostic préventif, en mettant en lumière l'utilisation d'algorithmes de deep learning pour la prédiction du diabète de type 2.

Chapitre 2

APPLICATION DU DEEP

LEARNING EN DOMAINE

MEDICAL

2.1. Introduction

Le Deep Learning a révolutionné le domaine de l'intelligence artificielle. Basée sur des réseaux neuronaux artificiels, c'est une technologie qui tente d'imiter les secrets du fonctionnement neuronal du cerveau humain dans l'espoir qu'un jour il puisse le reproduire virtuellement et le transposer sur des machines qui deviendraient aussi intelligentes et autonomes que les humains. Cette technologie a permis aux scientifiques de faire des progrès considérables dans la reconnaissance et la classification des données.

Dans ce chapitre on va parler sur le fonctionnement et les techniques du deep learning dans le domaine médical et en particulier l'utilisation du deep learning pour la prédiction du diabète.

2.2. Définition du deep Learning :

Le deep learning, ou apprentissage profond, est une sous-discipline de l'intelligence artificielle qui se concentre sur la construction et l'entraînement de réseaux neuronaux artificiels à plusieurs couches, appelés réseaux de neurones profonds, pour apprendre à représenter et à interpréter des données complexes. En utilisant ces réseaux de neurones, le deep learning permet aux machines d'effectuer des tâches telles que la reconnaissance d'images, la reconnaissance vocale, la traduction automatique et bien d'autres choses, en apprenant à partir de grandes quantités de données sans nécessiter de programmation explicite pour chaque tâche spécifique.

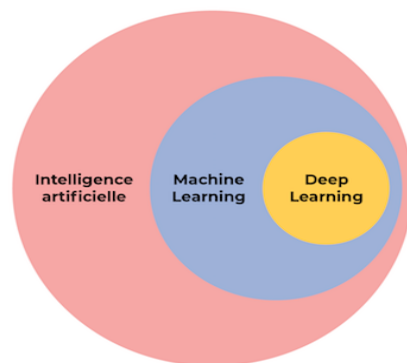


Figure 2.1 – Le deep learning

2.3. Le fonctionnement de deep learning :

Les réseaux de deep learning sont entraînés sur la base de structures complexes de données auxquelles ils sont confrontés. Ils élaborent des modèles de calcul composés de plusieurs couches de traitement pour créer plusieurs niveaux d'abstraction afin de représenter les données. Par exemple, le modèle de deep learning connu sous le nom de réseau neuronal convolutif peut être entraîné à l'aide d'un grand nombre (des millions) d'images, des images représentant des chats par exemple. Ce type de réseau neuronal tire son apprentissage des pixels contenus dans les images reçues. Il peut classer des groupes de pixels en fonction des caractéristiques du chat telles que les griffes, les oreilles, les yeux indiquant la présence de l'animal dans l'image. Le deep learning est très différent de la machine learning classique. Dans cet exemple, un expert dans ce domaine passerait un temps considérable à mettre au point un système de machine learning capable de détecter les caractéristiques représentatives du chat. Avec le deep learning, il suffit de fournir au système un très grand nombre d'images de chats pour qu'il en retienne de façon autonome les caractéristiques. Pour de nombreuses tâches, comme la vision informatique, la reconnaissance vocale, la traduction automatique et la robotique, les performances des systèmes de deep learning dépassent largement celles des systèmes de machine learning classiques. Sans compter que la création de systèmes de deep learning est également relativement plus facile. Même si la reconnaissance des caractéristiques a lieu de façon autonome, il faut toutefois activer des milliers d'hyperparamètres (ou boutons) pour qu'un modèle de deep learning devienne efficace

2.4. Exemples d'Application du Deep Learning :

Le deep Learning est utilisé dans les nombreux domaines :

- reconnaissance d'image.
- traduction automatique.
- voiture autonome.
- diagnostic médical.
- recommandations personnalisées.

- modération automatique des réseaux sociaux.
- prédiction financière et trading automatisé.
- identification de pièces défectueuses.
- détection de malwares ou de fraudes.
- chatbots (agents conversationnels).
- exploration spatiale.
- robots intelligents[3]

2.5. Les types d'apprentissage profond :

Dans le domaine de l'apprentissage profond, les modèles prédictifs utilisent différents algorithmes fondamentaux pour inférer des relations mathématiques à partir des données d'entraînement.

Il existe principalement trois types de méthodes d'apprentissage :

2.5.1 Apprentissage supervisé :

Dans ce type d'apprentissage, le modèle est nourri par un ensemble de données d'entraînement comprenant à la fois les observations (les entrées) et les résultats correspondants (les sorties). Le modèle déduit ensuite la relation mathématique entre les entrées et les sorties, qu'il peut utiliser pour classifier les futures données de test.

2.5.2 Apprentissage non supervisé :

Ici, le modèle est alimenté par des données d'entraînement non classifiées (seulement les entrées). Ensuite, le modèle classe les données de test dans différentes catégories en trouvant des similarités entre elles.

2.5.3 Apprentissage semi-supervisé :

Comme son nom l'indique, l'apprentissage semi-supervisé combine des caractéristiques de l'apprentissage supervisé et non supervisé. Un ensemble de données semi-supervisées comprend principalement des données d'entraînement non classifiées ainsi que de petites quantités de données classifiées

2.6. Algorithmes du deep Learning:

Avant de rentrer dans le détail de trois différents algorithmes utilisés en apprentissage profond pour différents cas d'usage, nous commençons par définir simplement le modèle au cœur de l'apprentissage profond: le "réseau de neurones"

2.6.2. Les Réseaux de neurones:

2.6.1.1. Définition:

Un réseau de neurones artificiels est un système de technologie de l'information basé sur le fonctionnement du cerveau humain, dont sont équipés les ordinateurs dotés de fonctions d'intelligence artificielle

2.6.1.2 Historique et perspectives d'avenir:

Les réseaux de neurones artificiels ont fait leur apparition dans la sphère publique au cours des dix dernières années dans le cadre du débat sur l'intelligence artificielle, mais la création de la technologie elle-même remonte déjà à plusieurs décennies. Les premières réflexions sur le sujet datent du début des années 1940. Warren McCulloch et Walter Pitts décrivent à l'époque un modèle basé sur la structure du cerveau humain et connectant des unités élémentaires. L'idée est alors de pouvoir effectuer presque toutes les fonctions arithmétiques. En 1949, Donald Hebb développe la règle d'apprentissage qui portera son nom, utilisée aujourd'hui encore dans le fonctionnement de nombreux réseaux neuronaux. En 1960, un premier réseau neuronal artificiel trouve une utilisation commerciale d'envergure mondiale en assurant le filtrage d'écho dans les téléphones analogiques. La recherche dans ce domaine connaît par la suite un coup d'arrêt, lié d'une part aux conclusions d'éminents scientifiques qui estimaient que le modèle des réseaux de neurones artificiels ne pouvait pas servir à résoudre des problèmes majeurs, et d'autre part au fait qu'un apprentissage efficace nécessitait de disposer de grandes quantités de données numériques, ce qui n'était pas le cas à l'époque. Ce n'est qu'avec l'avènement du big data que la recherche reprendra le manière conséquente, l'intérêt pour l'intelligence artificielle et les réseaux de neurones artificiels étant à nouveau au plus haut. Depuis lors, le domaine ne cesse de se développer sur un rythme élevé.

Toutefois, aussi prometteurs que soient les résultats qu'ils permettent d'obtenir, les réseaux de neurones artificiels ne sont pas la seule technologie à mettre en œuvre pour soutenir l'intelligence artificielle en informatique. Ils ne constituent qu'une option parmi d'autres, bien qu'ils soient souvent présentés dans le débat public comme la seule façon viable de progresser dans ce domaine[15]

2.6.1.3 Le neurone biologique :

Le neurone biologique est composé de trois parties principales[16] :

- 1) Le corps cellulaire composé du centre de contrôle traitant les informations reçues par les dendrites.
- 2) Les dendrites sont les principaux fils conducteurs par lesquels transitent l'information venue de l'extérieur.
- 3) L'axone est fil conducteur qui conduit le signal de sortie du corps cellulaire vers d'autres neurones.

1: Récepteur

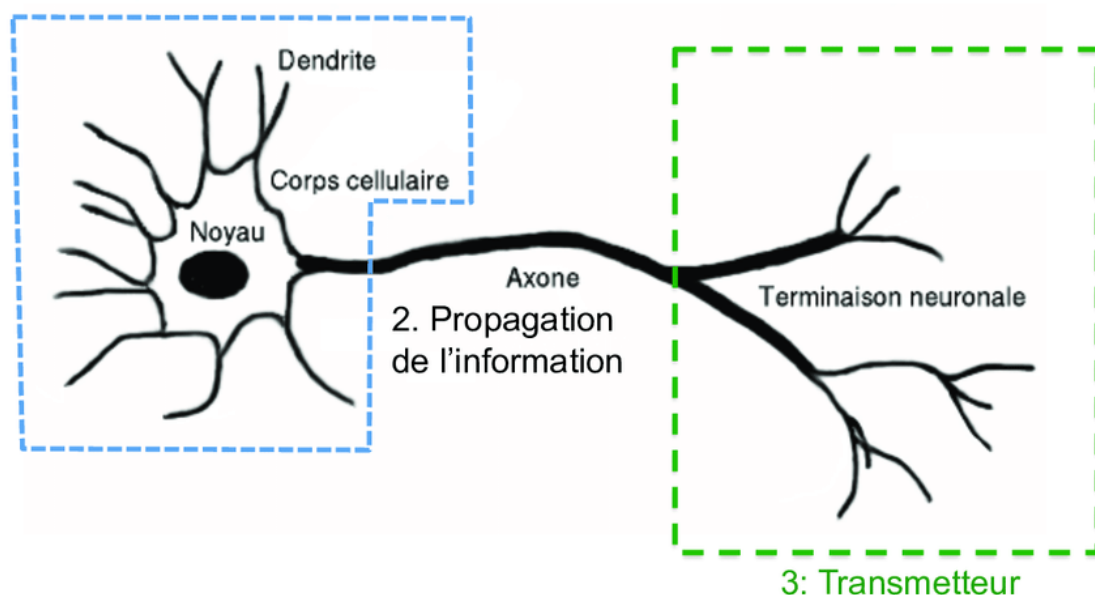


Figure 2.2 : neurone biologique [17]

2.6.1.4 Comment fonctionne un réseau neuronal artificiel ?

La conception des réseaux de neurones artificiels s'appuie sur la structure des neurones biologiques du cerveau humain. Les réseaux de neurones

artificiels peuvent être décrits comme des systèmes composés d'au moins deux couches de neurones - une couche d'entrée et une couche de sortie - et comprenant généralement des couches intermédiaires (« hidden layers »). Plus le problème à résoudre est complexe, plus le réseau de neurones artificiels doit comporter de couches. Chaque couche contient un grand nombre de neurones artificiels spécialisés

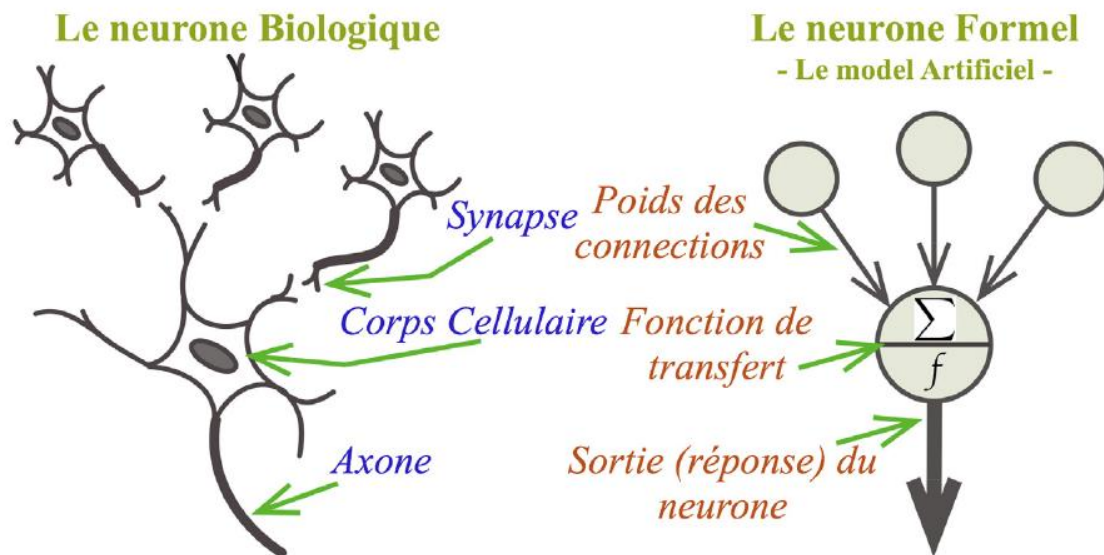


Figure 2.3: fonctionnement de réseau neurone

2.6.3. Les algorithmes :

2.6.3.1 Les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) :

Les réseaux neuronaux convolutifs sont principalement employés dans le domaine de la vision par ordinateur. Leurs premières couches sont spécialisées dans l'extraction de caractéristiques distinctes des images, ensuite traitées par un réseau neuronal plus traditionnel pour la catégorisation.

2.6.3.2 Les réseaux neuronaux récurrents (RNN) :

Les réseaux neuronaux récurrents sont largement utilisés pour le traitement du langage, grâce à leurs boucles de rétroaction intégrées qui leur confèrent

une capacité de mémoire.

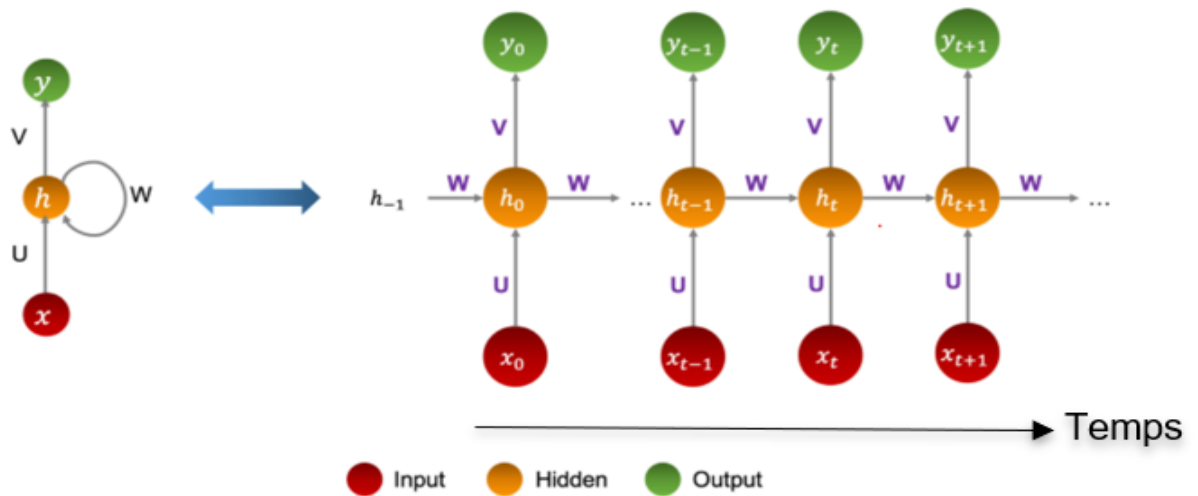


Figure 2.4 - Architecture du réseau de neurones récurrents (RNN)

2.6.3.3 Les réseaux adversaires génératifs (GAN) :

Les réseaux adversaires génératifs sont principalement utilisés pour générer des données telles que des images, du texte et des vidéos. Ces GAN comportent deux réseaux neuronaux en antagonisme : le générateur qui produit des données synthétiques convaincantes, et le discriminateur qui tente de différencier les données fausses des données réelles.

2.6.3.4 K plus proches voisins (KNN) :

K nearest neighbors (KNN) ou K plus proche voisins en français est l'un des méthodes d'apprentissage supervisé le plus simple, utilisé pour résoudre des problèmes de classification et de la régression. son fonctionnement est de classer les nouveaux points de données en fonction de la similarité aux points de données voisins.

- KNN est un algorithme qui ne fait aucune hypothèse sur la structure des données et de la distribution, ce qui signifie qu'il s'agit d'un algorithme non paramétrique.
- Il est également appelé algorithme de l'apprenant paresseux, car il n'apprend pas immédiatement de l'ensemble d'apprentissage, mais stocke l'ensemble de données et, au moment de la classification, il exécute une action sur l'ensemble de données.

- KNN fonctionne par classification ou prédiction sur la base d'un nombre fixe (K) de points de données les plus proches de point d'entrée. Cela signifie que pour une valeur choisie de K , un point d'entrée serait classée ou devrait appartenir à la même classe que la classe la plus proche des nombre des points K voisins

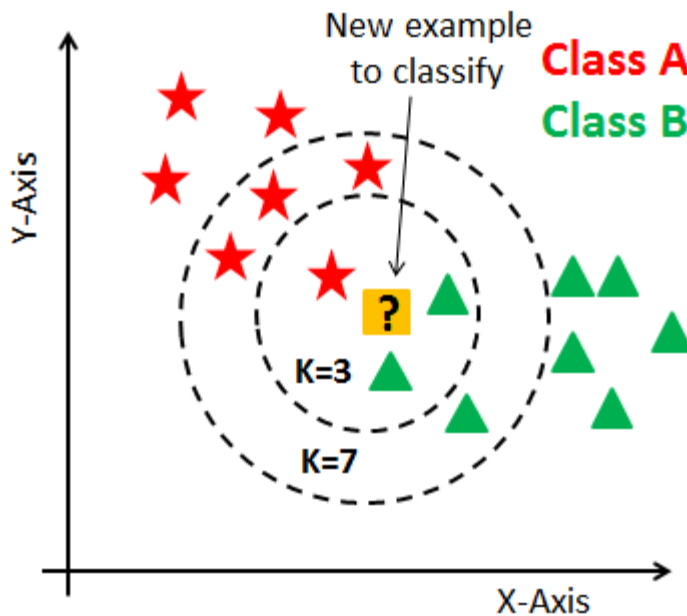


Figure 2.5 - Exemple simple sur KNN

L'interprétation de l'exemple

Dans cet exemple nous avons une donnée non classée et tous les autres données sont classée (étoile et triangle) chacun avec leur classe (classe A et B).

- Si $k=3$ les données les plus proche du nouvelle donnée sont qui ont à l'intérieure de premier cercle, et la classe la plus prédominante c'est triangle (Classe B) car 2 triangles et seulement 1 étoile donc la donnée non classée sera classer un triangle (Classe B).
- Si $k=7$ les données les plus proches du nouvelle donnée sont qui ont à l'intérieure de deuxième cercle, et la classe la plus prédominante c'est l'étoile (Classe A) car on a 4 étoiles et 3 triangles donc le donnée non classée sera classer un étoile (Classe A).

La distance entre le point non classée et les plus proches voisins

La distance entre le point non classé et les plus proches voisins est mesurée en utilisant différentes méthodes comme : la distance euclidienne, la distance de Manhattan, la distance de Minkowski, celle de Jaccard, la distance de Hamming. . . etc, la fonction de distance est choisie en fonction du type de données qu'il manipule. Pour les données de même type la distance euclidienne est le bon candidat, et pour les données qui ne sont pas de même type la distance de Manhattan est la bonne mesure pour l'utiliser

Les représentations mathématiques de quelques distances

Distance euclidienne :

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=0}^n (x_i - y_i)^2}$$

distance de Manhattan

$$d(x, y) = \sum_{i=0}^n |x_i - y_i|$$

Remarque

Le choix de la bonne valeur de K est un processus appelé réglage des paramètres est important pour une meilleure précision, la sélection des valeurs plus petites pour k aura une plus grande influence sur le résultat. Et pour la sélection des valeurs plus élevées de k auront des limites de décision plus lisses, ce qui signifie une variance plus faible mais un biais

Algorithme de construction de KNN

1. Sélectionnez le nombre K des voisins
2. Pour chaque exemple de l'ensemble de données :
 - 2.1. Calculez la distance entre l'exemple de requête et l'exemple actuel à partir des données.
 - 2.2. Ajouter la distance et l'index de l'exemple à une collection ordonnée
3. Trier cette collection de distances et d'indices du plus petit au plus grand (par ordre croissant) ordonnée par les distances.

4. Choisi les k premiers entrée de collections
5. Attribuer l'exemple de requête à la classe ou laquelle le nombre de k voisins est maximal (classe le plus fréquent).

Avantage de KNN

1. Simple à implémenter
2. Gérer naturellement les cas multi classes
3. Peut être utilisé pour la classification et la régression

Inconvénients de KNN

1. le choix de la valeur de k (le nombre de voisins le plus proche)
 2. Le cout de calcul est élevé (pour chaque instance de l'ensemble de données on a besoin de calculer la distance)
2. Stockage de données
3. Sensible aux fonctionnalités non pertinentes.

2.7 Comment marche l'algorithme du deep Learning :

Après avoir vu plusieurs exemples, un réseau de neurone artificiel peut être utilisé dans la reconnaissance d'images, pour identifier un animal par exemple. Chaque couche du réseau identifie une caractéristique de l'animal : la silhouette, la tête, les deux oreilles, les pattes..etc. les réseaux de neurones artificiels sont également très utilisés dans le traitement automatique du langage ou Natural language processing (NLP)

2.8 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine ou SVM est l'un des algorithmes d'apprentissage supervisé les plus populaires, utilisé pour les problèmes de classification et de régression.. Le but de l'algorithme SVM est de créer la meilleure ligne ou limite de décision qui peut séparer l'espace à n dimensions en classes afin que nous puissions facilement mettre le nouveau point de données dans la bonne classe à l'avenir. Cette meilleure frontière de décision est appelée un hyperplan. SVM choisit les points / vecteurs extrêmes qui aident à créer l'hyperplan. Ces cas extrêmes sont appelés vecteurs de support, et donc l'algorithme est appelé machine de vecteur de support.

Les diagrammes suivant illustre deux classes (classe des points bleus et

classe des points roses) différent qui sont classés avec un hyperplan.

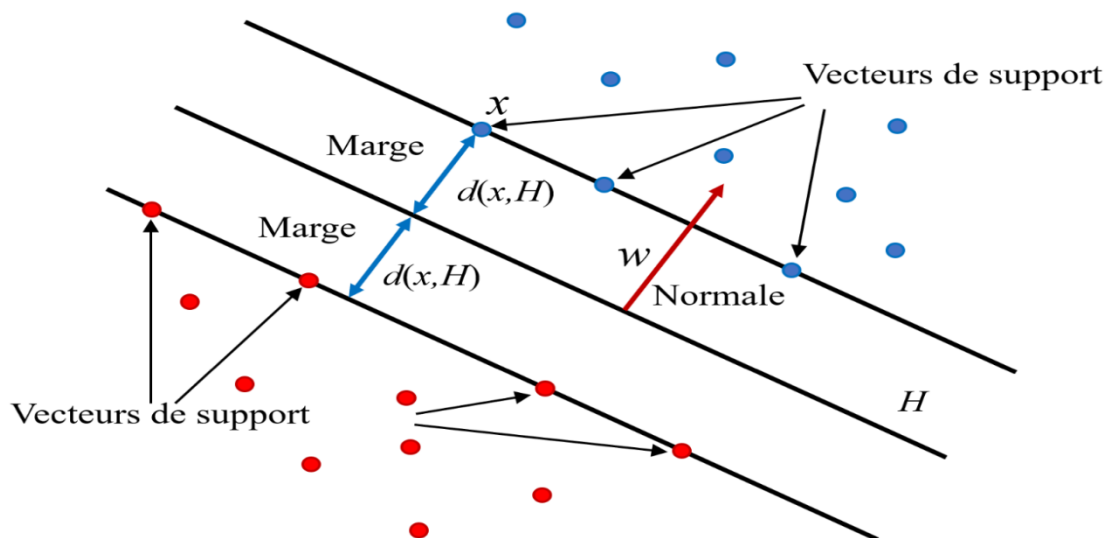


Figure 2.6 - Séparation parfait de deux classes avec un hyperplan

Exemple

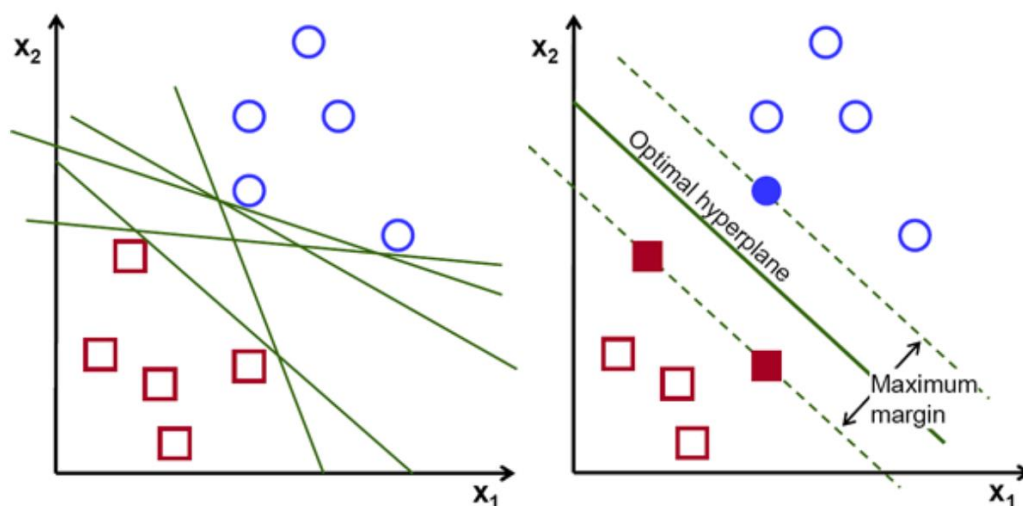


Figure 2.7 - Un simple exemple sur le fonctionnement de l'algorithme SVM

Avantage de SVM

1. Il a la capacité de gérer de grands espaces fonctionnels.
2. Fonctionne bien avec même des données non structurées et semi-structurées comme du texte, des images et des arbres.
3. Il s'adapte relativement bien aux données de grande dimension.

Inconvénient de SVM

1. Il est sensible au bruit
2. Difficile de comprendre et d'interpréter le modèle final, les poids variables et l'impact individuel.
3. L'extension de la classification à plus de deux classes est problématique

2.9 Le Deep Learning en détection et prédiction des maladies :

Aujourd'hui, la pratique médicale moderne est étroitement liée à l'utilisation d'images, que ce soit en dermatologie, radiologie, cardiologie, urologie, gastro-entérologie, et ainsi de suite. La médecine de précision émerge comme une nouvelle approche de la recherche clinique et des soins aux patients, mettant l'accent sur la compréhension et le traitement des maladies en intégrant les données multiples ou omises d'un individu pour des décisions personnalisées. Avec la prolifération de vastes ensembles de données complexes issus de la médecine de précision, de nouvelles techniques de traitement et de compréhension de ces données sont nécessaires. L'évolution rapide de l'informatique a permis le développement de techniques pour stocker, traiter et analyser ces ensembles de données complexes, un exploit au-delà des capacités des statistiques traditionnelles et des premières technologies informatiques. L'apprentissage automatique, une branche de l'intelligence artificielle, constitue une méthodologie informatique visant à identifier des tendances complexes dans les données pour effectuer des prédictions ou des classifications sur de nouvelles données ou pour une analyse exploratoire avancée. L'analyse par apprentissage automatique des données multiples de la médecine de précision permet d'analyser de vastes ensembles de données et de mieux comprendre la santé et les maladies humaines. Cette étude se concentre sur l'utilisation de l'apprentissage automatique pour les "big data" de la médecine de précision, dans les domaines de la génétique, de la génomique, et au-delà

- **Détection du cancer à partir d'images médicales :** Les réseaux de neurones convolutifs (CNN) sont utilisés pour analyser des images de mammographies afin de détecter les signes précoces de cancer du

sein. De même, les CNN sont employés pour identifier les lésions suspectes dans les scans CT et les IRM pour la détection précoce de tumeurs.

- **Diagnostic de rétinopathie diabétique** : Le Deep Learning est utilisé pour analyser des images de fond d'œil afin de détecter et de diagnostiquer la rétinopathie diabétique, une complication grave du diabète qui peut entraîner une perte de vision si elle n'est pas traitée précocement.
- **Prédiction des maladies cardiovasculaires** : Les réseaux de neurones récurrents (RNN) sont utilisés pour analyser les données de surveillance ambulatoire telles que la fréquence cardiaque, la tension artérielle et l'activité physique, afin de prédire le risque de maladies cardiovasculaires telles que les crises cardiaques et les AVC.
- **Diagnostic de maladies neurologiques** : Le Deep Learning est utilisé pour analyser les images IRM du cerveau afin de détecter les signes de maladies neurologiques telles que la sclérose en plaques, la maladie d'Alzheimer et les tumeurs cérébrales.
- **Prédiction du risque de diabète** : Les modèles du Deep Learning sont utilisés pour analyser les données démographiques, les antécédents médicaux et les résultats de tests sanguins afin de prédire le risque de développer un diabète de type 2 chez les individus.
- **Prédiction du développement de la maladie d'Alzheimer** : pour des patients atteints d'une déficience cognitive légère.

2.10. Conclusion

Dans ce chapitre on a parlé tout d'abord du deep Learning sa définition et ses différentes techniques ainsi que ces domaines d'application. Nous avons également cite les techniques de prédiction qui comprennent les réseaux de neurones artificiels que nous avons choiser comme meilleure solution pour la prédiction du diabète.

Chapitre 3

CONCEPTION

3.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les étapes de conception de notre système de prédiction du diabète. Une modélisation UML est proposée suivie de la méthodologie de travail partant de la collecte de données, puis leur prétraitement jusqu'à l'application de l'approche du deep learning proposée.

3.2. Présentation UML

Face à la diversité des formalismes utilisés par les méthodes d'analyse et de conception objet, UML (Unified Modeling Language « langage de modélisation objet unifié ») représente un réel facteur de progrès par effort de normalisation.

UML permet de modéliser un problème de façon standard. Ce langage est né de la fusion de plusieurs méthodes existantes auparavant, il se définit aussi comme un langage de modélisation graphique et textuel destiné à comprendre et décrire des besoins, spécifier et documenter des systèmes, esquisser des architectures logicielles, concevoir des solutions et communiquer des points de vue.



3.3. Modélisation avec UML:

UML propose un ensemble de graphiques (il y en a actuellement 13) pour modéliser la structure et le comportement du système. Selon la complexité et les besoins de l'application, nous pensons à une gamme de ces régimes.

- **Diagrammes de cas d'utilisation**
- **Diagrammes de séquences**
- **Diagrammes de classes**

Nous avons utilisé Diagramme de séquence

3.4. Les diagrammes de séquences:

Les diagrammes de séquences permettent de décrire comment les éléments du système interagissent entre eux et avec les acteurs, ses principales informations sont les messages échangés entre les lignes de vie, présentés dans un ordre chronologique.

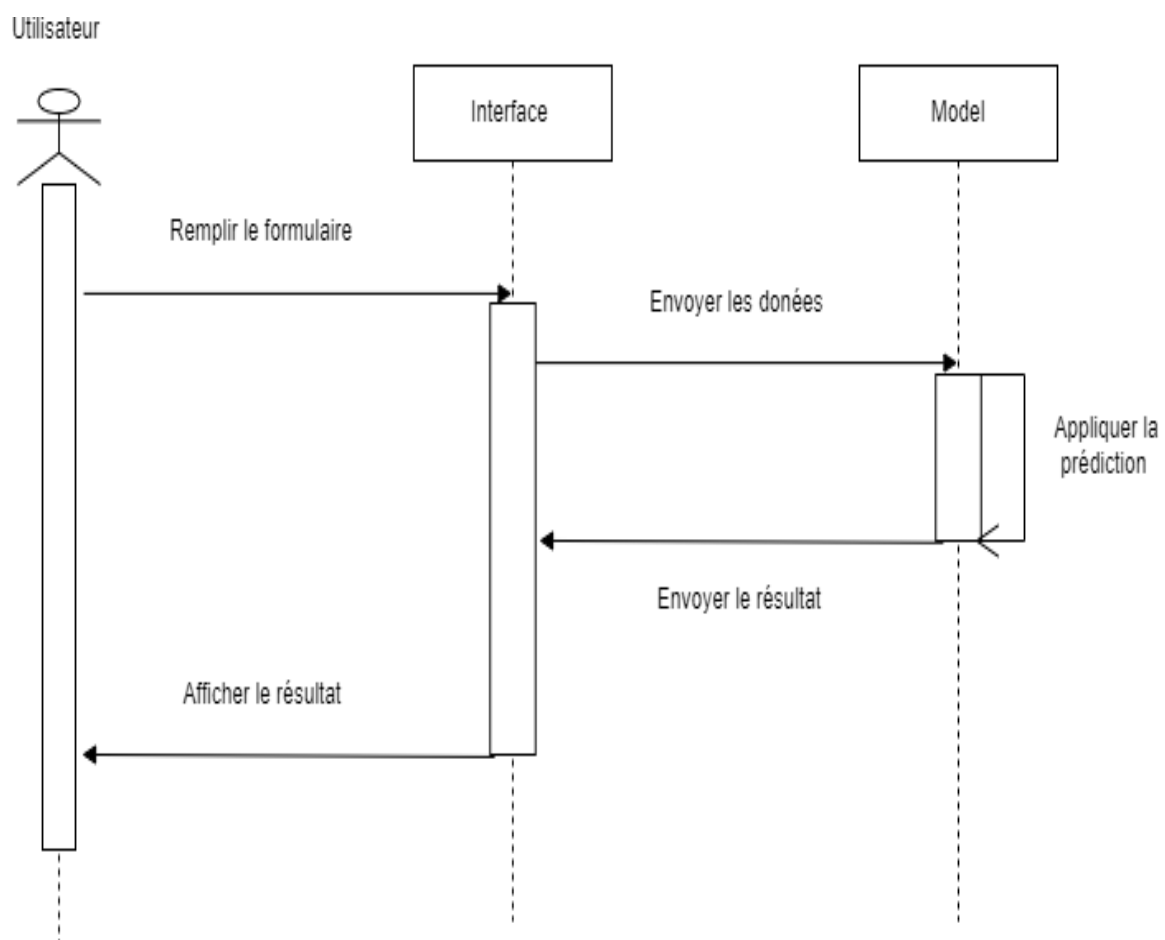


Figure 3.1 – diagramme de séquence.

3.5. Méthodologie:

3.5.1. Définir l'ensemble des données et des variables utilisés:

.Cet ensemble de données provient à l'origine de l'Institut national du diabète et des maladies digestives et rénales. L'objectif de l'ensemble de données est de prédire de manière diagnostique si un patient est diabétique ou non, sur la base de certaines mesures diagnostiques incluses dans l'ensemble de données. Plusieurs contraintes ont été imposées à la sélection de ces instances à partir d'une base de données plus large. En particulier, tous les patients ici (768) sont des femmes d'au moins 21 ans d'origine indienne Pima. Contenu Les ensembles de données se composent de plusieurs variables prédictives médicales et d'une variable cible, Outcome. Les variables prédictives comprennent le nombre de grossesses que la patiente a eues, son IMC, son taux d'insuline, son âge, etc.

Le dataset Pima est téléchargeable depuis ce lien:

<https://www.kaggle.com/uciml/pima-indians-diabetes-database/data>. [18]

Les variables sont les suivants :

1. **Glucose** : Concentration plasmatique de glucose à 2 heures dans un test oral de tolérance au glucose.
2. **Prégnances** : Nombre de fois enceinte.
3. **BloodPressure** : Pression artérielle diastolique (mm Hg).
4. **SkinThickness** : Epaisseur de pli cutané du triceps (mm).
5. **Insulin** : Insuline sérique 2 heures (mu / ml).
6. **BMI** : (ou IMC) Indice de masse corporelle (poids en kg /taille en m)
7. **DiabetesPedigreeFunction** : Fonction généalogique du diabète.
8. **Age** : l'âge en années.
9. **Outcome** : variable de classe (0 ou 1) ou 0 indique que le patient ne souffre pas de diabète et 1 indique que le patient est diabétique

Variable	Description	La plage
Pregnancies	nombre de fois enceinte	1-17

BloodPressure	Si un TA diastolique > 90 signifie une pression artérielle élevé (probabilité élevée de diabète) Un TA diastolique < 60 signifie une pression artérielle base (moins probabilité de diabète)	0-122
SkinThikness	Valeur estimé pour la graisse corporelle. épissure normal du pli cutané chez les femmes est de 23 mm. Une épissure plus élevée conduit à l'obésité et les chances de diabète augmente.	0-110
Insulin	Insuline sérique 2 heures (mu U/ ml) et niveau d'insuline normal 16-166 mUI/L, les valeurs audessus de cette plage peuvent être alarmante	0-799
BMI	(poids en kg / taille en m2) IMC de 18.5 à 20 c'est normal IMC entre 25 et 30 situer dans une plage surpoids Et de 30 ou plus situer dans la fourchette d'obésité	0-80.6
DiabetePre digmeFunction).	Fournit des informations sur les antécédentes chez les parents et la relation génétique avec les patients. Une fonction de pedigree plus élevée signifie que le patient plus susceptible de souffrir un diabète	0.078-2.42
Age	Age d'une personne en années	21-81
Glucose	Concentration plasmatique de glucose 2heures dans un test oral de tolérance au glucose	0-199
Outcome	Indique si une personne est diabétique ou non	0/1

Table3.1– Définition des variables

3.5.2 Normalisation des données:

En général, pour que les bases de données soient compatibles avec les entrées et sorties du réseau neuronal, elles doivent subir un prétraitement. Une pratique courante de prétraitement consiste à normaliser les données de manière appropriée, en tenant compte de la plage de valeurs acceptées par le réseau.

3.5.3 L'apprentissage:

La capacité principale des réseaux de neurones réside dans leur aptitude à apprendre, que ce soit pour reconnaître une lettre, un son, ou autre chose. Cependant, cette connaissance n'est pas intrinsèque. La plupart des réseaux de neurones acquièrent leur compétence par l'exemple, en suivant un algorithme d'apprentissage. Pour élaborer une application basée sur les réseaux de neurones artificiels (ANN), il est essentiel de segmenter les données en trois ensembles distincts : deux pour l'apprentissage et un pour les tests.

3.5.4 Architecture de l'ANN:

Les réseaux neuronaux artificiels (ANN) cherchent à simuler et à faire en sorte que les ordinateurs agissent comme des cellules cérébrales interconnectées. Différentes parties du cerveau humain sont responsables du traitement de différentes informations, et ces parties du cerveau sont disposées hiérarchiquement, ou en couches.

Ainsi, lorsque l'information entre dans le cerveau, chaque niveau de neurones traite l'information, fournit des informations et les transmet à la couche suivante, plus élevée.

C'est cette approche en couches du traitement de l'information et de la prise de décision que les ANN tentent de simuler. Dans sa forme la plus simple, un ANN ne peut avoir que trois couches de neurones :

- la couche d'entrée :où les données entrent dans le système.
- la couche cachée :où les informations sont traitées.
- la couche de sortie :où le système décide de ce qu'il doit faire en fonction des données

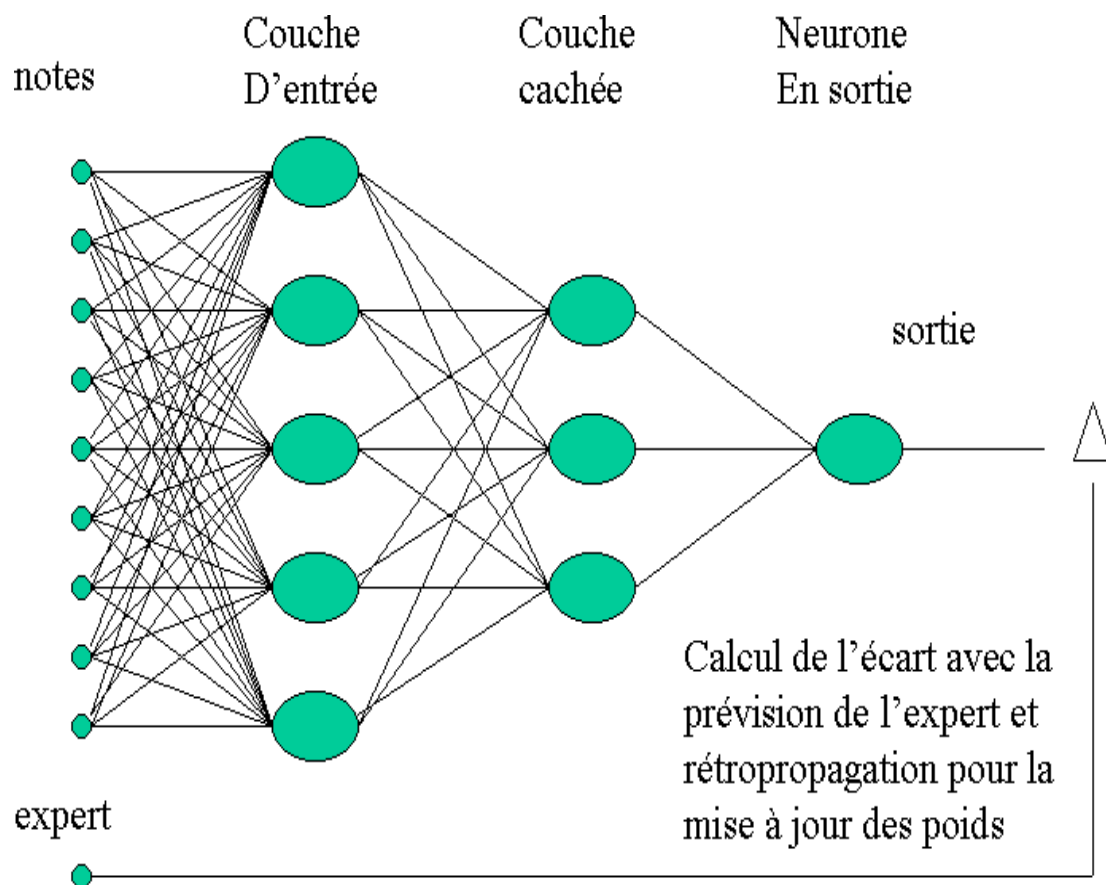


Figure 3.2 : Architecture du Reseaux neuronaux artificiels (ANN)

a) Fonctions d'activation:

En mathématiques, une quantité indénombrable de fonctions non linéaires existe. Néanmoins, seulement une petite fraction d'entre elles est utilisée comme fonction d'activation en Deep Learning.

La différence entre ces fonctions d'activation peut parfois sembler négligeable, cependant, certaines de ces fonctions doivent être choisies avec précision si l'on souhaite créer un réseau de neurones fonctionnel.

Nous allons utiliser les fonctions d'activation pour déterminer la sortie du réseau neuronal, comme oui ou non. Elle fait correspondre les valeurs résultantes à une valeur comprise entre 0 et 1 ou -1 et 1, etc

b) Fonction d'activation ReLU(Rectified Linear Unit):

La fonction Rectified Linear Unit (ReLU) est la fonction d'activation la plus couramment utilisée en Deep Learning. [7]

Elle donne x si x est supérieur à 0, 0 sinon. Autrement dit, c'est le maximum entre x et 0 :

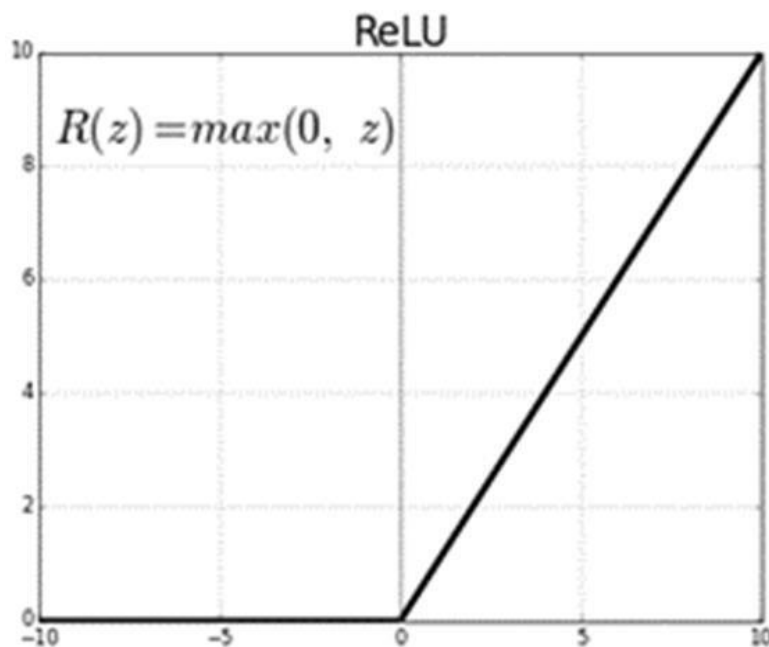


Figure 3.3 – ReLU

Cette fonction permet d'appliquer un filtre en sortie de couche. Elle laisse passer les valeurs positives dans les couches suivantes et bloque les valeurs négatives. Ce filtre permet alors au modèle de se concentrer uniquement sur certaines caractéristiques des données, les autres étant éliminées.

c) La fonction sigmoïde:

La fonction Sigmoïde est la fonction d'activation utilisée en dernière couche d'un réseau de neurones construit pour effectuer une tâche de classification binaire. [8]

Elle donne une valeur entre 0 et 1.

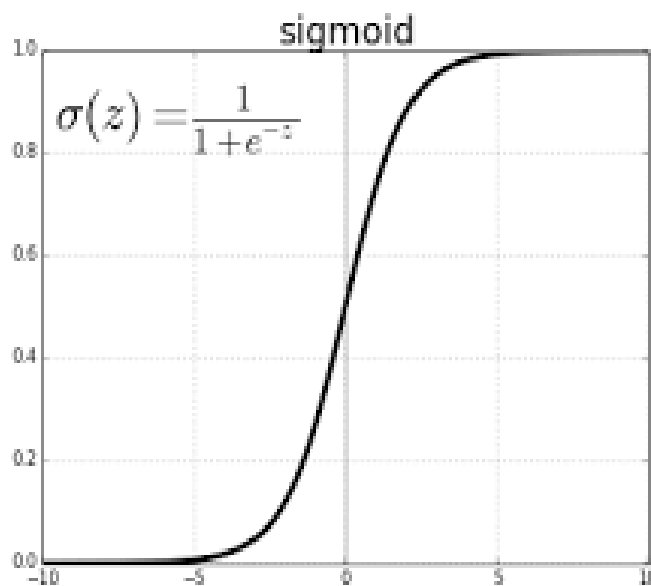


Figure 3.4 : Logistic Sigmoid.

d) Le perceptron multicouche:

Le Perceptron Multicouche (PMC) constitue une autre grande famille de réseaux neuronaux. Après avoir exposé l'architecture de ces réseaux, nous aborderons leur processus d'apprentissage et le concept de rétro propagation de l'erreur. Un neurone perceptron effectue un produit scalaire entre son vecteur d'entrée x et un vecteur de paramètres w appelé poids, auquel est ajouté un biais b , puis utilise une fonction d'activation f pour déterminer sa sortie (équation 1).

$$1 : y = f(x \cdot w + b)$$

Le perceptron est structuré en plusieurs couches. La première couche est connectée aux entrées, et ensuite chaque couche est connectée à la précédente. C'est la dernière couche qui génère les sorties du PMC. Les sorties des autres couches ne sont pas directement accessibles depuis l'extérieur du réseau, c'est pourquoi elles sont appelées couches cachées.

3.6 Les réseaux antagonistes génératifs(GAN)

Les Réseaux Antagonistes Génératifs (GAN) sont parmi les algorithmes d'apprentissage profond les plus en vogue développés récemment [10]. Leur objectif est de produire des données, comme des images, de manière plus convaincante que ne peut le faire un détecteur. Une fois entraîné, un GAN est capable de créer, par exemple, de faux visages avec une grande efficacité, donnant naissance à des images qui semblent réalistes. C'est pourquoi leur importance croissante dans la recherche scientifique et l'analyse d'images médicales est indéniable (ce qui explique pourquoi nous les avons utilisés dans notre étude).

- **Le premier modèle s'appelle un générateur** et vise à générer de nouvelles données similaires à celles attendues. Le générateur pourrait être assimilé à un faussaire d'art humain, qui crée de fausses œuvres d'art.
- **Le second modèle s'appelle le Discriminator** . L'objectif de ce modèle est de reconnaître si une donnée d'entrée est « réelle » — appartient à l'ensemble de données d'origine — ou si elle est « fausse » — générée par un faussaire. Dans ce scénario, un discriminateur est analogue à un expert en art, qui essaie de détecter les œuvres d'art comme véridiques ou frauduleuses.

3.7 Imputation des données :

Les valeurs manquantes ou invalides ont un impact certain sur la qualité des résultats. L'imputation des données est le processus de remplacement des données manquantes, invalides qui ont échoué aux vérifications avec des valeurs substituées.

Dans le but d'imputer des valeurs nulles dans dataset Pima, nous avons utilisé le module python fancyimpute. Il s'agit d'une bibliothèque de techniques d'imputation pour les données manquantes. Fancyimpute impute les valeurs manquantes à l'aide d'une méthode d'apprentissage automatique. Fancyimpute impute les valeurs manquantes dans toutes les colonnes. En utilisant Fancyimpute, les données manquantes peuvent être imputées de deux manières:

- KNN (K-Nearest Neighborest) un algorithme d'apprentissage automatique supervisé utilisé pour résoudre les problèmes de classification et de régression.
- MICE (Multiple Imputation by Chained Equation) :est une méthode robuste et informative de traitement des données manquantes dans les ensembles de données.

Dans notre modèle on a choisi les KNN car ils sont plus simples à utiliser et ils ont donné de meilleurs résultats.

3.7.1. Test et validation

Après l'entraînement du réseau neuronal, il est essentiel de le tester sur un ensemble de données distinct de celui utilisé pour l'apprentissage afin d'évaluer ses performances. Si ces performances ne sont pas satisfaisantes, il est nécessaire d'apporter des modifications à l'architecture du réseau ou à la bibliothèque d'apprentissage.

3.8. Conclusion:

Dans ce chapitre on a présenté les différentes étapes d'analyse et la conception de notre modèle.

Dans le prochain chapitre, on va parler de l'implémentation qui présente la partie pratique de notre travail.

Chapitre 4

IMPLEMENTATION

4.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'introduire les étapes de mise en œuvre de notre application de détection et de prédiction du diabète. Nous débuterons par la présentation de l'application elle-même, en discutant des ressources employées dans sa conception ainsi que des interfaces graphiques utilisées. Ensuite, nous aborderons le traitement des données recueillies et les résultats obtenus.

Ce chapitre est divisé en trois parties : la présentation des outils de développement, le traitement des données collectées et les résultats obtenus.

4.2. Présentation des outils de développement

1. NetBeans

NetBeans est un environnement de développement intégré (IDE) open source et multiplateforme dédié au développement d'applications logicielles



NetBeans

dans différents langages tels que Java, C/C++, PHP, et d'autres. Il a été développé par Sun Microsystems et est devenu par la suite une partie d'Oracle Corporation après l'acquisition de Sun. La première version de NetBeans a été publiée en 1997 en tant que projet étudiant à l'Université de Charles. En 1999, Sun Microsystems a acquis la version commerciale de NetBeans et a commencé à la développer et à la soutenir. En 2000, NetBeans est devenu un projet open source. En 2010, Oracle a annoncé l'acquisition de Sun Microsystems et NetBeans est devenu une partie de l'ensemble d'outils Oracle. En 2016, Oracle a annoncé son intention de faire don de NetBeans à la Apache Software Foundation. En 2018, Apache

NetBeans est devenu un projet Apache et la version 9.0 a été publiée après le don.

Il s'intègre avec des plates-formes de développement populaires telles que Apache Tomcat et GlassFish, facilitant ainsi le développement et le test des applications. NetBeans comprend de nombreux outils avancés tels qu'un éditeur de texte avancé, un processeur de code intégré, et un organisateur de projets qui facilite l'organisation et la gestion des projets de développement. Il permet la collaboration entre les développeurs en prenant en charge les systèmes de contrôle de version tels que Git et Subversion. NetBeans bénéficie d'une communauté active de développeurs et d'utilisateurs qui fournissent un support et contribuent au développement du logiciel. En résumé, NetBeans est l'un des environnements de développement intégrés leaders offrant une gamme variée d'outils et de fonctionnalités pour le développement d'applications de manière fluide et efficace.[10]

2. XAMPP

XAMPP est un programme de développement d'applications Web qui appartient à la communauté des



XAMPP

logiciels open source et qui fonctionne sur les ordinateurs exécutant les systèmes Windows, Linux et Mac. XAMPP a été développé par Apache Friends Project dans le but de rendre ses fonctionnalités librement accessibles à tous.

XAMPP . le nom est un acronyme, chaque lettre représentant l'un des cinq composants principaux. Le progiciel contient le serveur web Apache, le système de gestion de base de données MySQL (ou MariaDB), les langages de programmation Perl et PHP. Le X initial indique les systèmes d'exploitation avec lesquels il fonctionne : Linux, Windows et Mac OS X. [11]

3. phpmyadmin

PHPMyAdmin est un outil libre et gratuit qui permet de gérer la base de données MySQL en ligne. C'est l'un des plus populaires et des plus puissants outils de gestion de bases de données dans le monde. Il est utilisé



par des millions d'utilisateurs dans le monde entier, offrant des fonctionnalités pour manipuler des tables, colonnes, lignes, clés primaires, clés étrangères et index dans une base de données relationnelle. PHPMyAdmin fournit une interface Web conviviale et intuitive qui permet aux utilisateurs de créer, manipuler et interroger des bases de données MySQL. Il offre aux développeurs et aux administrateurs système une interface graphique pour faciliter toutes les tâches liées à la gestion d'une base de données. Ces tâches peuvent inclure la création de bases de données, l'ajout de tables, l'exécution de requêtes SQL comme SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE, CREATE TABLE, ALTER TABLE, DROP TABLE, et l'utilisation de commandes comme JOIN, WHERE, GROUP BY, et ORDER BY. PHPMyAdmin permet aussi l'importation et l'exportation de données et bien plus encore. [12]

4. Jchart

Jchart est une représentation graphique de données qui transforme les données en composants visuels. Par exemple, un diagramme circulaire utilise des tranches de cercle et un code couleur pour distinguer les catégories de données. Simplifier la complexité de grands ensembles de données en les organisant



visuellement lors de leur présentation permet aux utilisateurs de comprendre plus facilement et de se connecter aux conclusions qui peuvent être tirées. être tirés de l'analyse des données. Dans le livre de 1914 de l'ingénieur américain Willard Cope Brinton, *Graphic Methods for Presenting Facts*, il déclare : « Des millions de dollars sont dépensés chaque année dans la collecte de données, dans l'espoir que ces données entraîneront automatiquement la correction des conditions étudiées... Bien que des données précises et des faits réels soient précieux, lorsqu'il s'agit d'obtenir des résultats, la manière de les présenter est généralement plus importante que les faits eux-mêmes. » [13]

5. WEKA

Weka est un logiciel libre dédié au Data Mining. Parmi les fonctionnalités qu'il couvre, on trouve les arbres de décision. Selon la définition, un arbre de décision est un outil d'aide à la



décision et à l'exploration de données. Il permet de modéliser simplement, graphiquement et rapidement un phénomène mesuré plus ou moins complexe. Sa lisibilité, sa rapidité d'exécution et le peu d'hypothèses nécessaires a priori expliquent sa popularité actuelle. [14]

4.3. Résultats des étapes d'apprentissage et du test

À ce stade, on a divisé notre ensemble de données en deux sous-ensembles, où 80 % constitue l'ensemble d'apprentissage à 20 % l'ensemble de test. La figure (4.1) et la figure (4.2) présentent la division de notre dataset en données d'entraînement 602 lignes et données de test 191 lignes.

	Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
0	6	148	72	35	0	33.6	0.627	50	1
1	1	85	66	29	0	26.6	0.351	31	0
2	8	183	64	0	0	23.3	0.672	32	1
3	1	89	66	23	94	28.1	0.167	21	0
4	0	137	40	35	168	43.1	2.288	33	1
...
744	13	153	88	37	140	40.6	1.174	39	0
754	8	154	78	32	0	32.4	0.443	45	1
758	1	106	76	0	0	37.5	0.197	26	0
760	2	88	58	26	16	28.4	0.766	22	0
761	9	170	74	31	0	44.0	0.403	43	1

602 rows x 9 columns

Figure 4.1 : Données d'entraînement 60 lignes.

	Pregnancies	Glucose	BloodPressure	SkinThickness	Insulin	BMI	DiabetesPedigreeFunction	Age	Outcome
0	6	108	44	20	130	24.0	0.813	35	0
1	2	118	80	0	0	42.9	0.693	21	1
2	10	133	68	0	0	27.0	0.245	36	0
3	2	197	70	99	0	34.7	0.575	62	1
4	0	151	90	46	0	42.1	0.371	21	1
...
187	10	101	76	48	180	32.9	0.171	63	0
188	2	122	70	27	0	36.8	0.340	27	0
189	5	121	72	23	112	26.2	0.245	30	0
190	1	126	60	0	0	30.1	0.349	47	1
191	1	93	70	31	0	30.4	0.315	23	0

Figure 4.2 : Données de test 191 lignes

4.4. Génération de nouvelles données à partir de l'ensemble d'apprentissage

- Cette partie explique la prédiction du diabète à l'aide de SVM

```
svm.buildClassifier(data);
eval.evaluateModel(svm, data);
    type="svm";
    break;
}
```

Figure 4.3 : Prédiction du diabète avec SVM

- Cette partie explique la prédiction du diabète à l'aide de KNN3

```
knn.setOptions(weka.core.Utils.splitOptions("-K 3"));
    type="K 3";
    knn.buildClassifier(data);
eval.evaluateModel(knn, data);
    break;
```

Figure 4.4 : Prédiction du diabète avec KNN3

- Cette partie calcule accuracy recall précision F1score

```
precision =Math.floor(eval.precision(0) * 10000000) / 100000 ;
Rappel = Math.floor(eval.recall(0) * 10000000) / 100000;
    f1Score = Math.floor(eval.fMeasure(0) * 10000000) / 100000;
    accuracy =Math.floor(eval.pctCorrect() / 100.0 * 10000000) / 100000;
model.addRow(new Object[] {type, accuracy,Rappel,precision, f1Score});
```

Figure 4.5 : Accuracy recall précision F1score

4.4.1. Prédiction/ détection d'un nouveau cas de diabète

Dans le cadre de la prédiction du risque de diabète chez de nouveaux patients, nous avons développé une interface permettant de saisir les valeurs des paramètres vitaux du patient, notamment le poids, l'épaisseur de la peau, l'âge, le taux d'insuline, etc. Ensuite, le système fournit le résultat de la prédiction. L'interface du système est illustrée dans la figure (3.11).

4.4.2. Résultats des expérimentations

A cette étape, nous avons effectué une comparaison entre les résultats de l'approche du deep Learning que nous avons proposé et 2 autres algorithmes d'apprentissage automatique qui sont : SVM et KNN. Les métriques d'évaluation utilisées étaient : l'accuracy, la précision, le rappel et le F1 score. Les formules de calcul de la précision, le rappel et le F1 score sont présentées ci-dessous respectivement dans les équations (1, 2,3 et 4).

- 1 : Précision= $TP/(TP+FP)$
- 2 : Rappel = $TP/(TP+FN)$

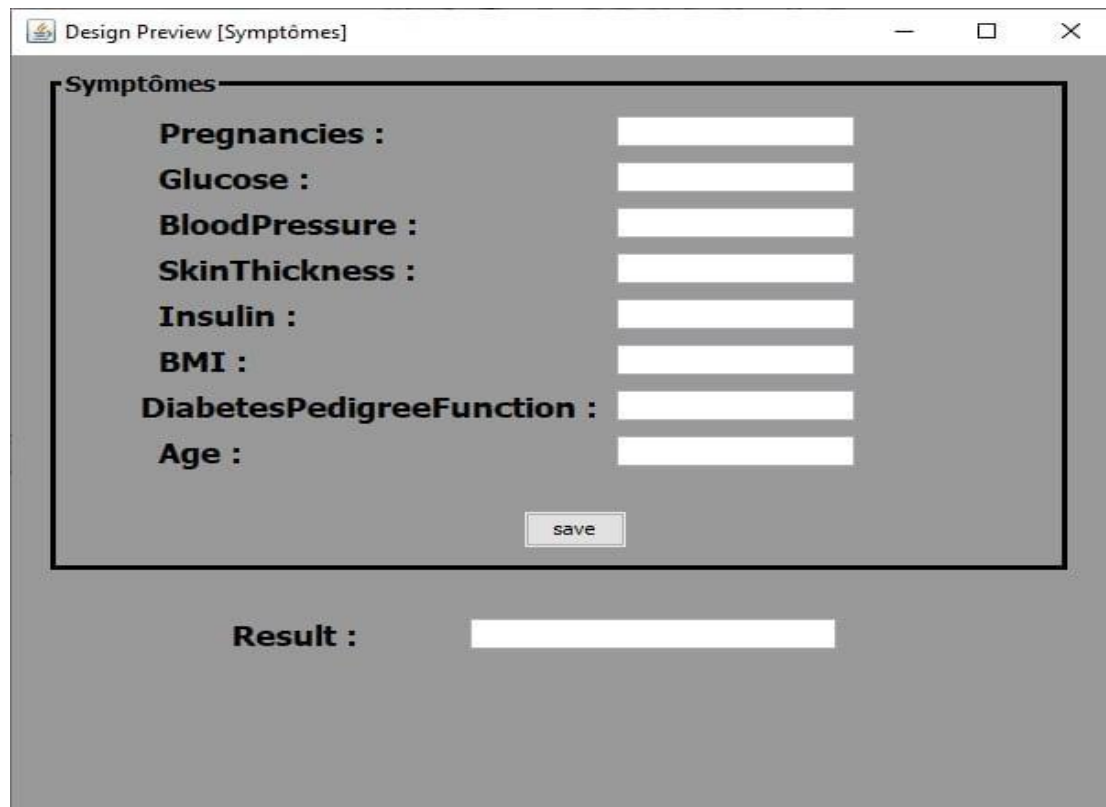


Figure 4.6 : Interface.

- 3: $F1score = \frac{2(\text{précision} \cdot \text{rappel})}{(\text{précision} + \text{rappel})} = \frac{TP}{(TP + 1/2(FP + FN))}$
- 4: $accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)}$

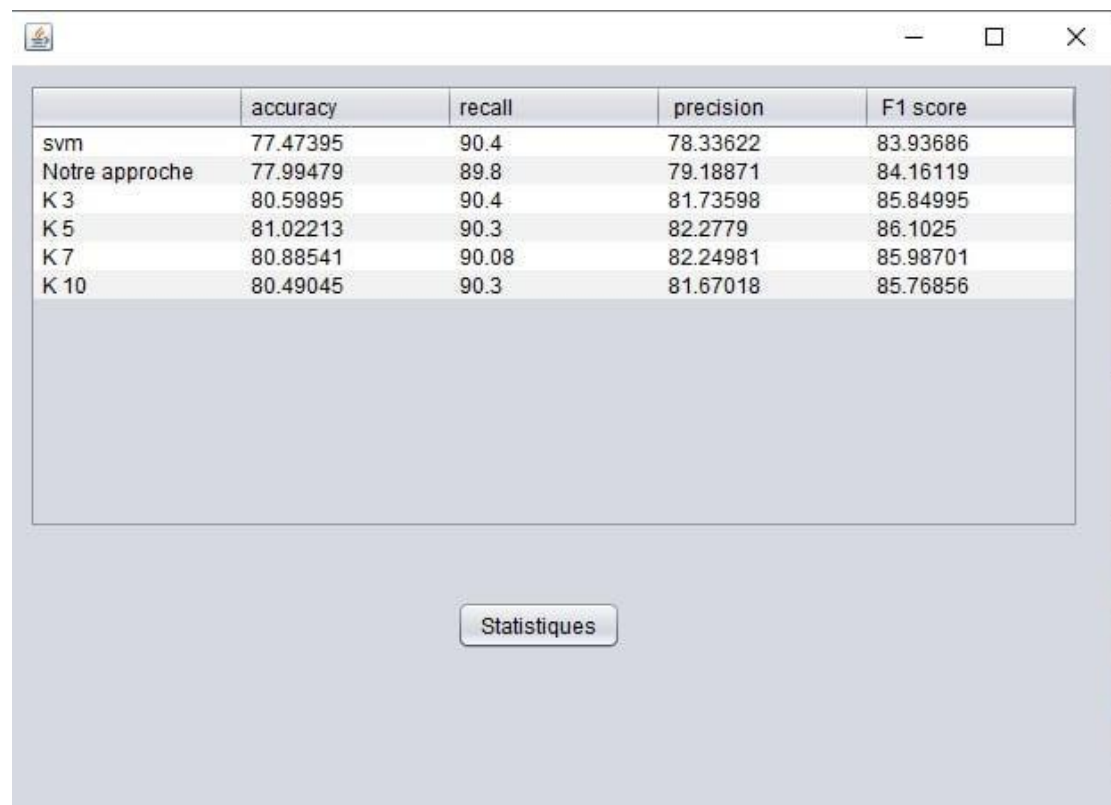
tel que :

- TP = nombre de vrais positifs
- FN = nombre des faux négatifs
- TN = nombre de vrais négatifs
- FP = nombre de faux positifs

En entraînant notre modèle avec SVM on a obtenu : un accuracy de 77 %, et avec les différents paramètres de KNN on a obtenu les résultats suivants :

- KNN 3 : un accuracy de 65%
- KNN 5 : un accuracy de 66 %
- KNN 7: un accuracy de 68 %
- KNN 10 : un accuracy de 76 %

Le tableau et le graphe ci-dessus (figure 4.7 et tableau 4.1) présentent les résultats obtenus. Nous constatons que notre approche a généré les meilleurs résultats en comparaison avec ceux obtenus en appliquant les SVM et le KNN. Aussi, les résultats obtenus par le SVM sont meilleurs que ceux obtenus par le KNN.



	accuracy	recall	precision	F1 score
svm	77.47395	90.4	78.33622	83.93686
Notre approche	77.99479	89.8	79.18871	84.16119
K 3	80.59895	90.4	81.73598	85.84995
K 5	81.02213	90.3	82.2779	86.1025
K 7	80.88541	90.08	82.24981	85.98701
K 10	80.49045	90.3	81.67018	85.76856

Statistiques

Table 4.1 : Resultats des experimentations.

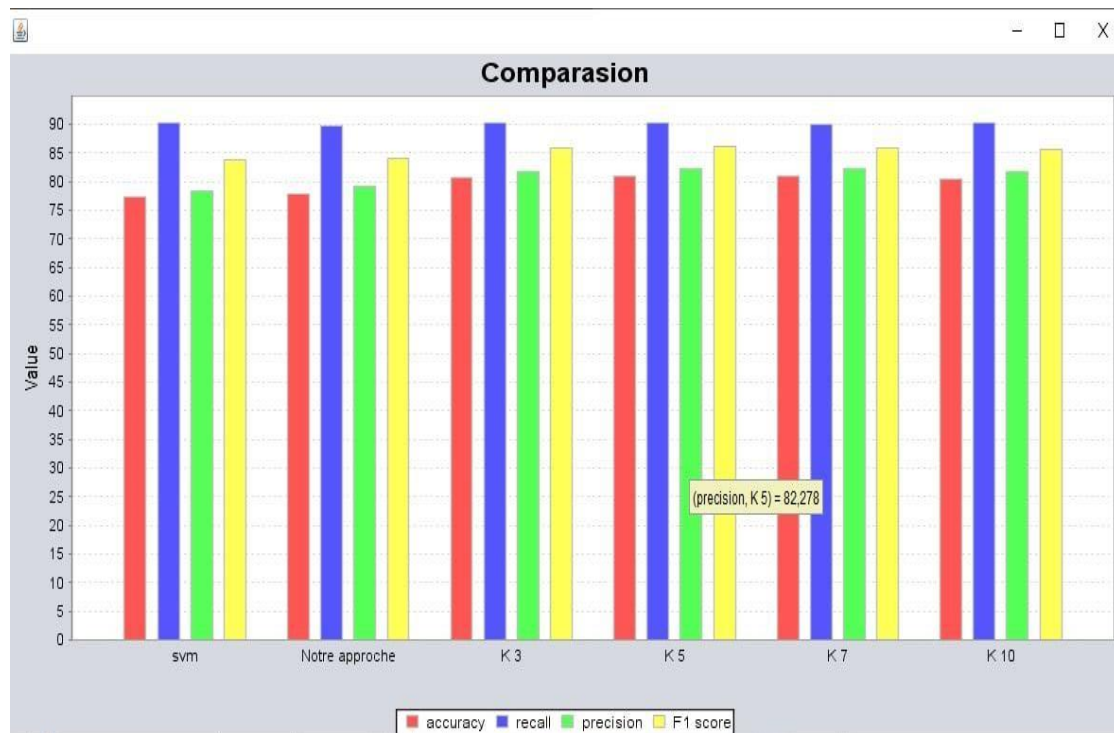


Figure 4.7 ;Comparaison des résultats des expérimentations..

4.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes étapes que nous avons menées pour parvenir au développement et au bon fonctionnement de notre système de prédiction du diabète. Nous voulons mentionner que notre approche de deep Learning a généré les meilleurs résultats (accuracy de 81%) en comparaison avec ceux obtenus en appliquant les SVM (90%) et le KNN (90%).

Conclusion générale

Une grande partie de la population mondiale est affectée par le diabète, posant ainsi une menace considérable pour la santé publique. Afin de contrer cette préoccupation croissante, nous avons envisagé de développer une application robuste visant à soutenir les professionnels de la santé dans la détection précoce du diabète. Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé des techniques d'exploration de données et des algorithmes d'apprentissage automatique pour analyser les données du diabète indien PIMA. Nos expérimentations ont démontré que cette approche peut réduire les facteurs de risque et améliorer considérablement les capacités de prédiction, ouvrant ainsi la voie à une meilleure gestion et prévention du diabète.

Bibliographie

- [1] , magenta<https://www.novonordisk.com//>
- [2] magentahttps://dspace.univguelma.dz/jspui/bitstream/123456789/13567/1/CHEMMAKH_LILIA_F4_1656591277.pdf
- [3] ,
magentaNadia,A.I.(20192020).Uneappro
chel
Apouirlareconnaissancedesexpressionsfac
Algérie/Bouira.
- [4] ,magenta**mémoirefind\T1\textquoterightetudeLa**
Reconnaissance DesémotionsdebaseParLe
Applicationde
DeepLearningPrésenterpar:RebahiGhedirilmaneSem
riKhawLa/,
- [5] , magenta[https://intelligence-artificielle.com/top-
algortithme-deep- learning/amp//](https://intelligence-artificielle.com/top-algortithme-deep-learning/amp//)
- [6] ,
magenta**Introductiontoartificialneuralnetworks**
enzogrossi
EuropeanJournalofGastroeHepatology
- [7] ,
magenta[https://www.insidemachinelearning.com/fonction-
dactivation- comment-ca- /](https://www.insidemachinelearning.com/fonction-dactivation-comment-ca-/)
- [8] , magenta<http://math.univ-lyon1.fr/~jberard/cours-www.pdf/>
- [9] , magenta<https://arxiv.org/abs/1406.2661/>
- [10] ,magenta**tarch./https://netbeans.apache.org/tutorial/**

main/tutorials/nbm- quick-search/

[11] , magenta https://www.montefiore.uliege.be/services/verif/cours/bd/repet2014/tp7_slides.pdf

[12] , magenta <https://docs.phpmyadmin.net/fr/latest/intro.html>

[13] , magenta <https://thierry-leriche-dessirier.developpez.com/tutoriels/java/afficher-graphe-jfreechart-5-min/>

[14] , magenta <https://www.weka.fr/sante/base-documentaire/achats-hospitaliers-wk790/approvisionnement-et-gestion-des-flux-sl7158481/definition-et-domaine-d-application-sl7158483.html>

[15] Pang, Z., Niu, F., & O'Neill, Z. (2020). Solar radiation prediction using recurrent neural network and artificial neural network: A case study with comparisons. *Renewable Energy*, 156, 279-289.

[16] Hébert C. All diamond and diamond/carbon nanotube composite electrode for neurophysiological studies : from the material to the interfacial devices 2012.

[17] Datascientest. Réseau de neurones – Deep Learning : Biologiques ou artificiels, même combat?. Disponible sur : <https://datascientest.com/deeplearning-reseau-de-neurones-biologiques-ou-artificiels>

<https://www.kaggle.com/datasets/uciml/pima-indians-diabetes-databa>