



République Algérienne Démocratique et Populaire
Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen
Faculté des Sciences
Département d'Informatique

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master en Informatique

Option: Réseaux Informatiques Et Systèmes Distribuées (R.S.D)

Thème

Objets connectés et suivi à domicile des patients atteints de maladies chroniques

Réalisé par :

- FILALI Douaa
- MEHIAOUI Thouria

Présenté le 03 Juillet 2022 devant le jury composé de MM.

-*Mana Mohammed*..... (Président)
-*Merzoug Mohammed*..... (Encadrant)
-*M'hamedi Mohammed* (Co-Encadreur)
-*Benaissa Mohammed*..... (Examineur)

Année universitaires : 2021-2022

Dédicace

Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

À ce lui qui m'a fait de moi une femme forte, mon père.

À mon mari et mon fils Omar Ouanis

À mes beaux parents

À mes chères frères Habib et Solimane.

À Hayouta, Nyhal, Amjad et Iyad.

À mes chères amies Thouria, Yasmine, Djihane & Djihane .

À toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

À tous ceux qui ont participé à ma réussite.

Douaa

Dédicace

Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

À ce lui qui m'a fait de moi une femme forte, mon père.

À mes chères sœurs Nour El Houda et Wafaa et mon frère

Younes .

À mes chères amies Imane, Douaa, Hanane, et Yasmine.

À toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

À tous ceux qui ont participé à ma réussite.

Thouria

Remerciements

Nous sommes très reconnaissants envers tous ceux qui, par leurs Compétences scientifiques et leurs qualités humaines, ont contribué au bon déroulement de ce mémoire. Nous tenons à remercier tout d'abord Mr. Merzoug Mohammed et Mr. M'hamedi Mohammed, pour ses vailleureux conseils et pour la confiance et la sympathie qu'il nous a accordée en acceptant de nous encadrer et qu'il nous a témoigné au cours de ce projet de Fin d'études. Nous exprimons toute notre reconnaissance à Mr. Mana Mohammed, d'avoir bien voulu nous faire l'honneur de présider le jury de ce mémoire. Nous adressons nos sincères remerciements à Mr. Benaissa Mohammed, membre du jury, pour avoir accepté d'être le rapporteur de ce manuscrit.

Table de matières

Introduction générale	4
Chapitre I	7
Etat de l'art sur les objets connectés (IoT)	7
I.1 Introduction	8
I.2 Introduction sur les technologies Internet des objets (IoT)	8
I.2.1 Définition	9
I.3 Domaine d'application des IoT :	10
I.3.1 Domotique: Smart HOME/ Smart CITIES:.....	10
I.3.2 L'énergie : Smart Grid :.....	12
I.3.3 Le transport : Smart véhicule :	12
I.3.4 La santé (Smart Healthcare)	13
I.3.5 L'industrie (Smart Industry).....	13
I.3.6 L'agriculture (Smart Agriculture).....	13
I.4 L'IoT dans le domaine médical : l'Internet of Medical Things IoMT	13
I.4.1 Services offerts par L'IoMT	14
I.4.2 Les avantages de l'IOT dans le secteur santé	16
I.4.3 Les appareils médicaux connectés	16
I.4.4 La sécurité des objets connectés	17
I.5 Conclusion :	18
Chapitre II	19
Notions de base du système cardiovasculaire	19
II. Notions de base du système cardiovasculaire	19
II.1 Introduction	20
II.2 Résumé sur les systèmes cardiovasculaires.....	20
II.2.1 Définition	20
II.2.2 Anatomie du cœur	21
II.2.3 Circuit sanguine	22
II.2.4 Activités du Cœur.....	22
II.2.5 Les maladies cardiovasculaires	23
II.2.6 L'Electrocardiogramme (ECG) :.....	24
II.2.7 Ondes et intervalles de L'ECG	24
II.3 Conclusion :	27
Chapitre III.....	28

Table de matières

L'intelligence artificiel et deep learning.....	28
III. L'intelligence artificiel et deep learning.....	28
III.1 Introduction	29
III.2 Définitions et généralités	29
III.3 Principe de fonctionnement	30
III.4 Types des Réseaux dans Deep Learning	31
III.4.1 Réseau de Neurones	31
III.4.2 Le perceptron.....	32
III.4.3 Perceptron multicouche	32
III.4.4 Réseau de neurones convolutif	34
III.4.5 Réseau de neurones récurrent	37
III.4.6 Auto encodeurs - Représentation des données de manière compressée.....	38
III.5 Application sur les signaux ECG	39
III.6 Conclusion	41
Chapitre IV	42
Contribution	42
IV. Contribution	42
IV.1 Introduction	43
IV.2 Présentation du système	43
IV.3 Base de données	46
IV.4 Environnement et Outils du développement	47
IV.5 Etapes d'implémentation.....	48
IV.5.1 Les bibliothèques utilisées.....	48
IV.5.2 Chargement et affichage de la base de données	48
IV.5.3 Préparation des données.....	49
IV.5.4 Création du modèle d'apprentissage DNN.....	50
IV.5.5 Optimisation des hyperparamètres.....	52
IV.5.6 Entraînement du modèle.....	52
IV.6 Résultats obtenus.....	52
IV.7 Acquisition d'ECG	56
IV.8 Conclusion	57
Conclusion générale.....	58
Bibliographie	61

Table des figures

Table des figures

Figure I-1premier objet connecté.....	9
Figure I-2Internet des objets (IoT).....	10
Figure I-3Domaine d’application des IoT :	10
Figure I-4Applications IOT dans la maison intelligente.	11
Figure I-5Smart Grid	12
Figure I-6Principe de internet of MedicalThingsIoMT	14
Figure I-7Les appareils médicaux connectées	16
Figure II-1 Schéma du système cardiovasculaire	20
Figure II-2Schéma fonctionnel du cœur [10]	21
Figure II-3 schéma du circuit sanguin [12].....	22
Figure II-4 fonctionnement électrique du cœur [14]	25
Figure II-5 trace signale ECG et ses ondes.....	25
Figure III-1L’IA et ses branches ML & Deep Learning.....	30
Figure III-2exemple d’un modèle de Deep Learning [18].....	31
Figure III-3Exemple de simple NN [19].....	31
Figure III-4Model simple de Perceptron [19].....	32
Figure III-5Schéma représente les trois types de couches [19]	34
Figure III-6Schéma illustré comment fonctionne l’algorithme CNN [20].....	35
Figure III-7Exemple représenté deux filtre [20].....	36
Figure III-8 Schéma de RNN [20]	37
Figure III-9 Schéma de LSTM [20].....	38
Figure III-10 Schéma illustré [20]	39
Figure IV-1Capteur ECG AD8232	44
Figure IV-2Carte SIM800L	45
Figure IV-3 Organigramme générale du système.....	45
Figure IV-4 Notre Application Arduino.....	46
Figure IV-5 Diagramme circulaire de répartition des battements de cœur.....	47
Figure IV-6Représentation graphique de chaque classe d’apprentissage.....	49
Figure IV-7 Affichage des résultats d’apprentissage.....	53
Figure IV-8 Représentation des deux courbes Acc/loss.....	53
Figure IV-9 Matrice de confusion.....	54

Table des figures

<i>Figure IV-10 Visualisation d'échantillons</i>	54
Figure IV-11 Signal ECG Acquis.....	56
<i>Figure IV-12 Envoi d'un sms</i>	57

Introduction générale

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

La maladie chronique est cruciale car le nombre de personnes concernées est en forte croissance. Elle est devenue constituer un problème majeur de santé publique.

Actuellement le domaine médical exige de nouvelles techniques et technologies, afin d'évaluer l'information d'une manière objective. Le développement de l'électronique et de l'informatique et leur utilisation conjointe dans le domaine médical a permis d'avoir des appareils plus performants.

Du coup, l'intérêt exponentiel pour la santé connectée et son application aux patients et aux professionnels de la santé est d'autant plus important compte tenu de la complexité des problèmes médicaux actuels et de leurs implications économiques.

Tout laisse à penser que les objets connectés que l'on désigne aujourd'hui par l'acronyme vasescouer nos habitudes et nos repères. Dans le domaine de l'IoMT (Internet of MedicalThings), ces objets connectés peuvent récolter en permanence des données sur des constantes diverses tel que notre température ou notre rythme cardiaque. Nous avons tous en tête le lancement il y a quelques années de l'Apple Watch 4 qui prenait en compte les constantes de santé de ses utilisateurs. Depuis son lancement, cette montre a sauvé la vie de plusieurs dizaines de personnes, en déclenchant un appel d'urgence dès lors qu'elle détectait une anomalie cardiaque.

L'Intelligence Artificielle (IA) et Deep Learning est un domaine de recherche en pleine expansion et promis à un grand avenir. Ses applications, qui concernent toutes les activités humaines, permettent notamment d'améliorer la qualité des soins. L'IA est en effet au cœur de la médecine du futur avec les opérations assistées, le suivi des patients à distance, les prothèses intelligentes, ou encore les traitements personnalisés grâce au recoupement de données (big data) ... Grâce à L'IA la prédiction du risque cardiovasculaire est amélioré. Plusieurs études démontrent la supériorité des méthodes d'apprentissage automatique (machine Learning) pour mieux prédire et donc mieux prévenir le risque de récurrence des patients ayant déjà vécu un infarctus du myocarde ou un AVC ischémique, ou d'autres maladies cardiovasculaires.

Dans notre projet de fin d'études nous avons proposé un système de surveillance médicale dédié pour les patients atteints de maladies cardiaques. L'objectif de notre

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

Le système est de faciliter la suivie de malades, et de procurer de l'aide avec des équipements simple et manipulable. Ce système enregistre l'ECG afin de classifier les données captées à l'aide d'un programme de classification par un réseau de Neurones approfondi.

Notre mémoire est organisé de la manière suivante :

- Nous allons entamées le premier chapitre par une Introduction sur les technologies Internet des objets (IoT), nous citons ses différents domaines d'applications, nous pencherons sur son impact dans le domaine médical.
- Nous avons consacré le deuxième chapitre pour un résumé sur les systèmes cardiovasculaires.
- Le troisième, nous l'avons attribué pour l'intelligence artificielle et le Deep Learning nous citons premièrement des définitions et généralités, nous montrons ensuite son principe de fonctionnement et son application sur les signaux ECG.
- Dans le quatrième et le dernier chapitre, nous avons présentées les étapes de la conception et la réalisation pratique de notre système de surveillance, ensuite nous avons présenté les résultats obtenus après les tests pratiques effectués.
- Nous terminons cette mémoire avec une conclusion générale synthétisant le contenu de ce projet de fin d'étude et présentant les perspectives de ce thème de recherche.

Chapitre I

Etat de l'art sur les objets connectés (IoT)

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

I.1 Introduction

L'Internet des objets, également appelé IoT, a fait l'objet de nombreux développements. Le concept de base de l'IOT (Internet Of Things) ressort que différentes choses ou objets sont interconnectés entre eux afin d'atteindre un objectif commun. L'IOT recèle un énorme potentiel, qui donne lieu à des applications révolutionnaires capable de transformer profondément notre mode de vie. Comme toute technologie, l'IOT comporte des défis et des risques.

Dans ce chapitre nous allons tout d'abord définir le concept du terme IOT, les différents domaines d'application seront détaillés, ainsi que son architecture puis nous nous pencherons sur son impact dans le secteur de la santé.

I.2 Introduction sur les technologies Internet des objets (IoT)

Essayons de remonter aux origines de l'Internet des Objets nous pouvant retracer la naissance de l'Internet des Objets jusqu'à un nom « John Romkey » un pionnier d'Internet qui a co-écrit le premier ensemble de protocoles de communication, en 1982. C'est en 1990 qui conçoit le premier grille-pain connecté. L'Internet des Objets, au pluriel, commencer à prendre forme.

Cependant le terme internet des objets est utilisé pour la première fois en 1999 par Kevin Ashton, informaticien et employé de « protect&Gamble » (société cosmétique britannique), qui désigne alors le lien entre la technologie RFID et l'internet.

En 2003, le premier objet connecté la lampe DAL est commercialisé par la firme violet, en 2005, cette même firme lance le célèbre lapin Nabaztag.(FigureI-1) [1] .

L'Internet des Objets n'est donc pas une technologie récente mais elle est associée, aujourd'hui, à d'autres technologies en plein développement [2].

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)



Figure I-1premier objet connecté

I.2.1 Définition

Dans cette étude, nous proposons de croiser les approches purement techniques et les approches centrée sur les usages en définissant l'Internet des Objets comme un réseau de réseau. L'IoT permet, via des systèmes d'identification électronique normalisé et unifié, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté les entités numériques et des objets physiques. Cette technologie a la capacité de récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et les mondes virtuel les données s'y rattachant. L'enjeu majeur n'est pas tant d'inventer de nouvelles technologies que de perfectionner celles qui existent déjà, de les connecter, et les intégrer.

L'IOT incarne l'évolution de l'Internet et a le potentiel d'améliorer le monde tel que nous le connaissons. La rapidité à laquelle nous y parviendront ne dépend que de nous.

La ci-dessous (FigureI-2) montre que la possibilité de se connecter à l'internet est valable pour n'importe quel objet qui nous entoure [3].

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

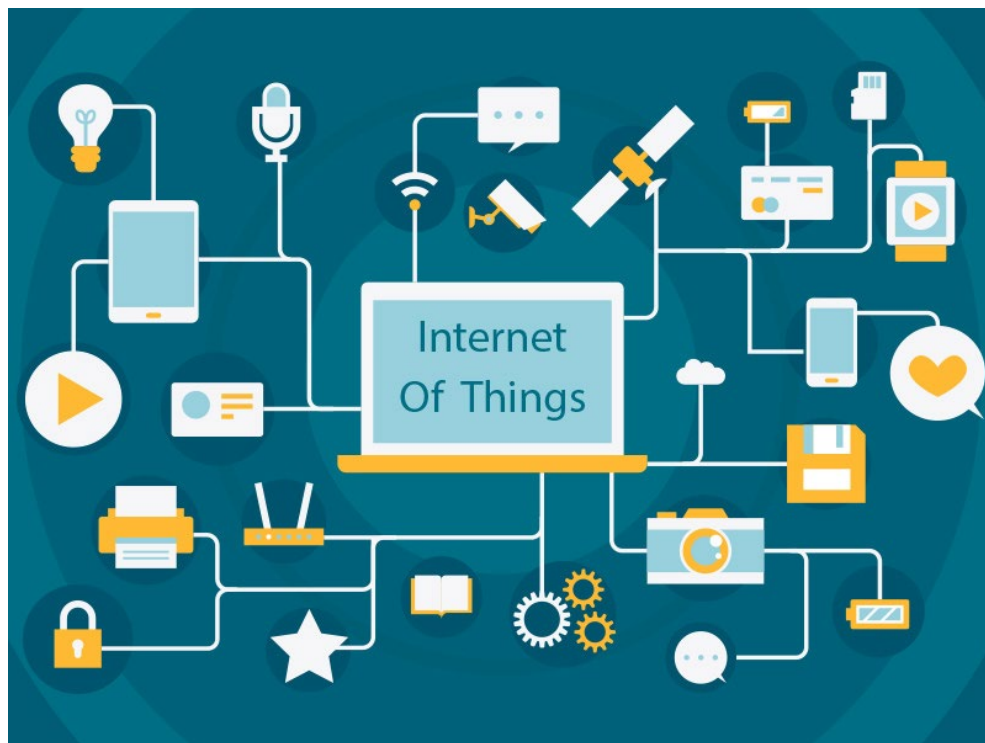


Figure I-2 Internet des objets (IoT)

I.3 Domaine d'application des IoT :

Plusieurs domaines d'application sont touchés par l'IoT, Parmi ces principaux domaines, Nous citons les secteurs suivants (figureI-3) [4].

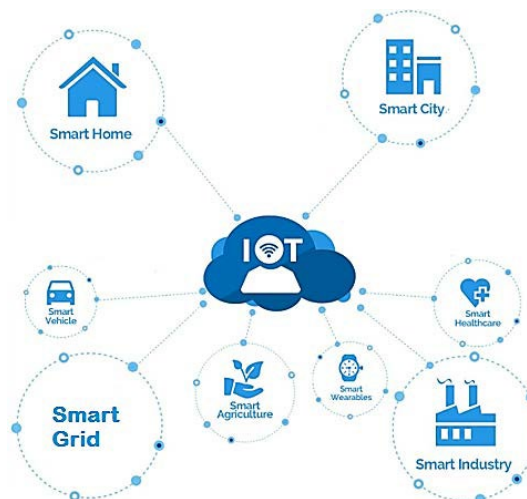


Figure I-3 Domaine d'application des IoT :

I.3.1 Domotique: Smart HOME/ Smart CITIES:

Le champ d'application de l'IoT commence par des maisons intelligentes puis s'étale pour toucher les villes (smart cities), Ce domaine regroupe l'ensemble des technologies

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

de l'électronique, de l'information et des télécommunications utilisées pour contrôler et programmer des équipements d'une maison. Elle vise à apporter des fonctions de confort: commandes à distance, gestion d'énergie (optimisation de l'éclairage et du chauffage... etc.), sécurité (comme les alarmes) et de communication (contacts et discussion avec des personnes extérieures).

L'IOT permettra une meilleure gestion des réseaux divers qui alimentent ces villes intelligentes (eaux, électricité, gaz, etc..). Des capteurs peuvent être utilisés pour améliorer la gestion des parkings et diminuer les embouteillages.

Parmi les nombreuses applications de l'IOT existants dans la Domonique, nous avons choisi quelques exemples (figureI-4).



Figure I-4 Applications IOT dans la maison intelligente.

Le thermostat intelligent : grâce à une intelligence artificielle, ils peuvent réduire jusqu'à 40 % de la consommation énergétique résidentielle via une meilleure gestion de son chauffage.

L'interrupteur connecté : permet de contrôler les différents éclairages de la maison à distance via un Smartphone.

Prises communicantes : pour communiquer des informations via votre Smartphone,

Par exemple : le démarrage d'un appareil électroménager aux heures creuses (lave-linge, lave-vaisselle).

Ampoules connectées : on peut en régler l'allumage et l'intensité via un interrupteur connecté, généralement livré avec une application.

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

Capteurs / déclencheurs : capteurs connectés pour contrôler les mouvements (présence d'une personne dans votre maison), la température, l'humidité, la qualité de l'air (teneur en CO2 ...).

Vitrage : des fenêtres vitrées intelligentes qui se contrôlent selon les conditions climatiques afin de maintenir une température ambiante à l'intérieur de la maison [5].

I.3.2 L'énergie : Smart Grid :

L'un des domaines d'application de l'IoT est le secteur de la distribution d'énergie intelligente, dit « Smart Grid » (voir la figure I-5). La gestion des grilles électriques se verra améliorée grâce à la télémétrie, permettant une gestion en temps réel de l'infrastructure de distribution de l'énergie (gaz de ville, électricité...etc.). Cette interconnexion à large échelle permet une meilleure intégration des différentes sources d'énergies et une meilleure gestion de la distribution jusqu'aux utilisateurs finaux, elle facilitera aussi la maintenance et le contrôle de la consommation et la détection des fraudes.



Figure I-5 Smart Grid

I.3.3 Le transport : Smart véhicule :

Dans ce domaine l'IOT appuiera les efforts actuels autour des véhicules intelligents au service de la sécurité routière et l'aide à la conduite. Cela portera sur la

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

communication inter-véhicule et entre véhicules et infrastructure routière. L'IOT constituera ainsi un prolongement naturel des « systèmes de transport intelligents » (STI) et leurs apports en termes de sécurité routière, confort, efficacité de la gestion du trafic et économie du temps et de l'énergie.

I.3.4 La santé (Smart Healthcare)

Dans le domaine de la santé, l'IOT permettra le déploiement de réseaux personnels pour le contrôle et le suivi des signes cliniques. Ceci permettra ainsi de faciliter la télésurveillance des patients à domiciles, et apporter des solutions pour l'autonomie des personnes à mobilité réduite. On aura plus de détail sur ce domaine par la suite.

I.3.5 L'industrie (Smart Industry)

Dans l'industrie l'IOT permettra un suivi total des produits, de la chaîne de production, jusqu'à la chaîne logistique et de distribution en supervisant les conditions d'approvisionnement. Cette traçabilité de bout en bout facilitera la lutte contre la contrefaçon, la fraude et les crimes économiques transfrontaliers.

I.3.6 L'agriculture (Smart Agriculture)

Dans ce domaine, des réseaux de capteurs interconnectés à l'IOT peuvent être utilisés pour la supervision de l'environnement des cultures. Ceci permettra une meilleure aide à la décision en agriculture, notamment pour optimiser l'eau d'irrigation, l'usage des intrants, et la planification de travaux agricoles. Ces réseaux peuvent être aussi utilisés pour lutter contre la pollution de l'air, du sol et des eaux et améliorer la qualité de l'environnement en général.

I.4 L'IoT dans le domaine médical : l'Internet of Médical Things IoMT

Bien que le secteur des soins de santé ait été plus lent à adopter les technologies de l'Internet des objets (IOT) que d'autres secteurs, l'Internet of Médical Things (IoMT) s'implante petit à petit depuis peu. L'IoMT peut aider à surveiller, informer et notifier les soignants et les assurances sur l'état d'un patient. Il permet également d'identifier les problèmes avant qu'ils ne deviennent critique [6].

La santé connectée consiste en l'utilisation de nouvelles technologies pour améliorer la santé des malades d'une façon durable et sans coupure. Le dispositif intelligent va

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

enregistrer toutes les activités du corps afin d'en faire un compte-rendu détaillé. Ces mesures sont captées via un objet connecté, ensuite les données sont accessibles sur le smartphone, la tablette ou encore l'ordinateur de l'utilisateur. Elles sont présentées de manière simple et claire pour être facilement compréhensibles.

Ces technologies peuvent faciliter l'accès aux soins et permettent à leurs utilisateurs une prise en charge personnalisée en matière de prévention ou de soins médicaux. L'apparition des dispositifs de la santé connectée sur le marché a provoqué une grande fermentation dans le monde médical. Contrôler sa santé devient un geste banal et rassurant, car les données sont obtenues en temps réel et peuvent être transmises immédiatement au médecin. Toutes ces étapes sont bien illustrées dans la (figureI-6)

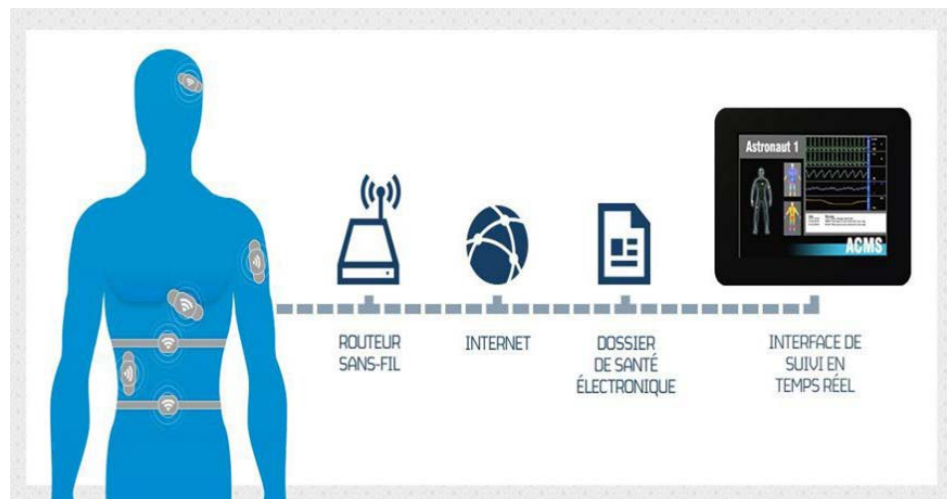


Figure I-6 Principe de internet of Medical Things IoMT

I.4.1 Services offerts par L'IoMT

Le champ d'usage de l'IoT en médecine est large, dans cette partie nous allons présenter les services majeurs proposés par l'IoT afin de développer le secteur médical [7].

La surveillance à distance des patients : télé santé L'une des applications les plus populaires des technologies de l'IoMT est la surveillance des patients à distance appelé aussi la Télésanté, en particulier ceux qui ont de dispositifs médicaux à gérer.

Par exemple, l'IoT peut faciliter la vérification régulière de la glycémie ou indiquer si la tension artérielle est supérieure à la normale. Les appareils connectés peuvent

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

envoyer ces informations en temps réel au médecin traitant qui peut intervenir plus rapidement. Appliqués aux patients qui souffrent de maladies chroniques, aussi sur les personnes âgées, ou bien chez les bébés.

Assurer la disponibilité des équipements critiques :

Dans le but de protéger la vie du patient et d'assurer la qualité des soins, un système est proposé pour surveiller les performances des matériels médicaux. Certains matériels sont utilisés pour sauver ou préserver la vie des personnes. Comme tous les appareils électroniques, cet équipement est soumis à de nombreux risques comme des interruptions de l'alimentation en électricité à la défaillance des systèmes. Des cas pareils mettent le patient au bord de la vie ou de la mort. L'appareil « e-Alert » développé par « Philips » résout le problème. Au lieu d'attendre que l'appareil tombe en panne, « e-Alert » prédit et surveille le matériel médical et avertit le personnel de l'hôpital des éventuels dysfonctionnements.

Réduire le temps d'attente :

Le Centre médical « Sinaï » à New York a été en mesure de réduire une heure du temps d'attente pour le placement en milieu hospitalier pour 50% des patients des salles d'urgence. Le centre médical est équipé de 1 000 « lits », et il est visité par plus de 59 000 patients par an. L'institution médicale a piloté le programme « AutoBed », développé par « GE Healthcare ». Le but d'AutoBed est de trouver des lits disponibles pour les patients. Le logiciel AutoBed peut traiter jusqu'à 80 demandes simultanées au « lit », suivre les sièges disponibles et occupés, prendre en compte 15 besoins des patients, par exemple la possibilité d'appeler une infirmière

Soins et traitement de la maladie chronique :

Plusieurs dispositifs et technologies aident à traiter les maladies chroniques. Par exemple, « Heath Net Connect » a créé un programme de gestion du diabète de la Population. Le programme vise à améliorer le traitement clinique et à réduire les coûts médicaux des patients au stade préventif.

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

I.4.2 Les avantages de l'IOT dans le secteur santé

L'apport de l'Internet des objets dans le domaine médical permet de :

- Renforcement de l'hospitalisation à domicile pour quelques patients qui évitent certains déplacements vers les établissements de santé pour diagnostiquer leurs états.
- Minimiser les erreurs médicales.
- La régularisation de la consommation des médicaments et leurs prises à l'heure par des piluliers connectés.
- Facilite les tâches pour le médecin.
- Encourager la prévention de certaines maladies.

I.4.3 Les appareils médicaux connectés

Ces derniers temps plusieurs appareils connectés (figureI-7) ont été créés pour l'amélioration de la qualité des soins et pour faciliter la tâche des professionnels de santé. Ces appareils connectés sont utilisés pour stocker et gérer les paramètres de soins et les données sur les maladies capturées.



Figure I-7 Les appareils médicaux connectés

Il existe plusieurs appareils, on peut citer quelques-uns dans ce qui suit :

- Mysignals : il mesure plus de 15 paramètres biométriques différents (ECG, température, le taux du glucose dans le sang...).

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

- Le gant ExoMind : qui aident les victimes d'un AVC.
- E-care Heart : pour la surveillance cardiaque.
- Montre intelligente : pour la détection de chute et de localisation chez les malades d'Alzheimer.

- Equipements médicaux connectés tels que les machines IRM, les scanners...

- Les moniteurs de surveillance respiratoire : munis de capteurs, sont capables de déceler les mouvements respiratoires de bébé. Si le moniteur ne capte rien durant une période de 20 secondes, il avertit immédiatement en déclenchant un signal sonore,

Ce moniteur est souvent une plaque munie de capteurs et se glisse sous le matelas de l'enfant.

- Invention scientifique de t-shirt intelligent pour les enfants autistes par le gagnant dans l'émission stars of science « Abderrahim Bourouis », Cette invention est conçue pour comprendre, calmer et faciliter la communication avec les enfants autistes.

- Body connecté : un body équipé de capteurs permettant de surveiller la respiration de bébé, sa température, ses mouvements et ses positions. De plus, le body enverra des mises à jour aux smartphones des parents, grâce à une application mobile. Aussi un capteur sonore est intégré, ce dernier avertira les parents grâce à un système d'alerte dès qu'il se passe quelque chose.

I.4.4 La sécurité des objets connecté

Les problèmes de sécurité liés aux appareils connectés doivent constituer une préoccupation majeure pour les administrateurs de services de santé, les données privées du patient ne doit pas être compromises sinon la vie des patients serait en danger. La confidentialité de l'utilisateur devrait être invulnérable, et devrait pouvoir détecter et bloquer les activités malveillantes, car l'ensemble du système pourrait être compromis en accédant à un seul appareil connecté au système.

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les objets connectés(IOT)

La sécurité des objets connectés médicaux doit être rapidement prise au sérieux car la sécurité des patients reste la priorité numéro un dans le secteur de la santé pour créer un environnement sécurisé contre les cyberattaques et la perte de données [8].

I.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude détaillée sur l'internet des objets. Nous avons commencé par une introduction sur l'IOT dans le but de comprendre comment tout a commencé et avoir une définition globale sur cette technologie. Puis nous avons défini ses principaux composants, ensuite nous avons cité quelques domaines d'application. Et enfin nous avons visionné l'IOT dans le secteur santé.

Chapitre II

Notions de base du système cardiovasculaire

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

II.1 Introduction

Pendant des siècles, le cœur a été au centre de l'intérêt humain. C'est un muscle fonctionnant comme une pompe, Il est le moteur principal du système cardiovasculaire. Dans ce chapitre nous présentons un résumé sur le système cardiovasculaire.

II.2 Résumé sur les systèmes cardiovasculaires

II.2.1 Définition

Le système cardiovasculaire appelé aussi système circulatoire Constitué du cœur et des vaisseaux (les artères et les veines), le système cardio-vasculaire a pour fonction de distribuer aux organes, par le sang, l'oxygène et les nutriments indispensables à leur vie, tout en éliminant leurs déchets.

L'appareil cardiovasculaire comporte un ensemble de pompage (le cœur) et de distribution (les gros vaisseaux) amenant un liquide (le sang) jusqu'à de très fin vaisseaux (les capillaire) placés proches des cellules et à travers desquels se font les échanges nécessaires au renouvellement de l'environnement immédiat des cellules.

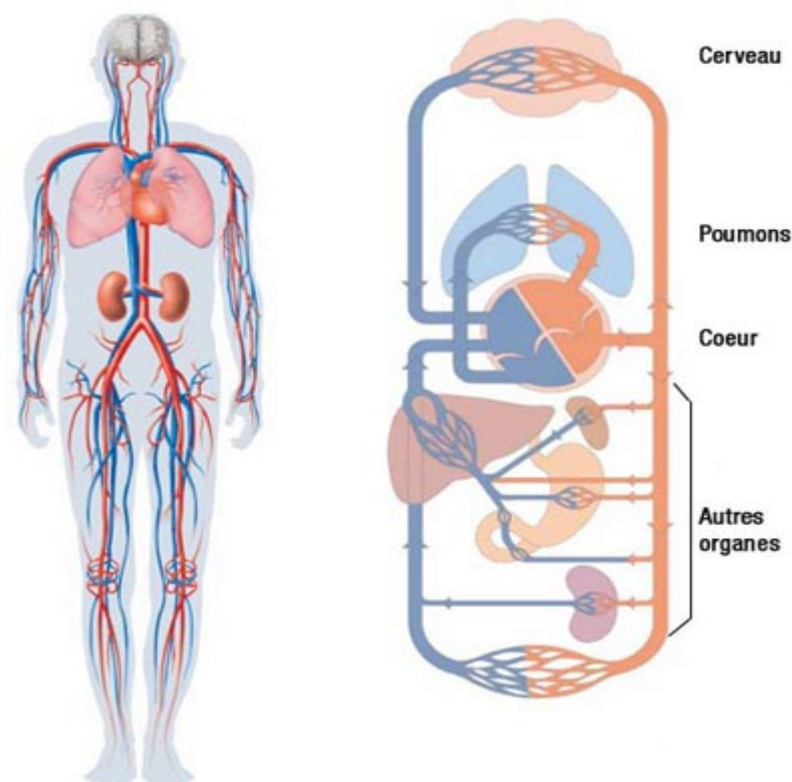


Figure II-1 Schéma du système cardiovasculaire[9]

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

II.2.2 Anatomie du cœur

Le cœur est le composant central dans ce système, C'est un organe creux et musculaire comparable à une pompe, assure la circulation du sang dans les veines et les artères. Sa forme est similaire à un cône inversé (sa base vers le haut et à droite et son apex en bas et à gauche). (voir figure II-2).

Le cœur se situe dans le médiastin, c'est la partie médiane de la cage thoracique délimitée par les deux poumons, le sternum et la colonne vertébrale. Il se trouve un peu à gauche du centre du thorax. Sa taille est environ 1.5 fois la taille du poing fermé de la personne, il pèse environ 300 grammes chez l'homme adulte, 250 grammes chez la femme. Il est capable de propulser, au repos, 5 à 6 litres de sang par minute soit près de 220 millions de litres de sang en 70 ans de vie. [10]

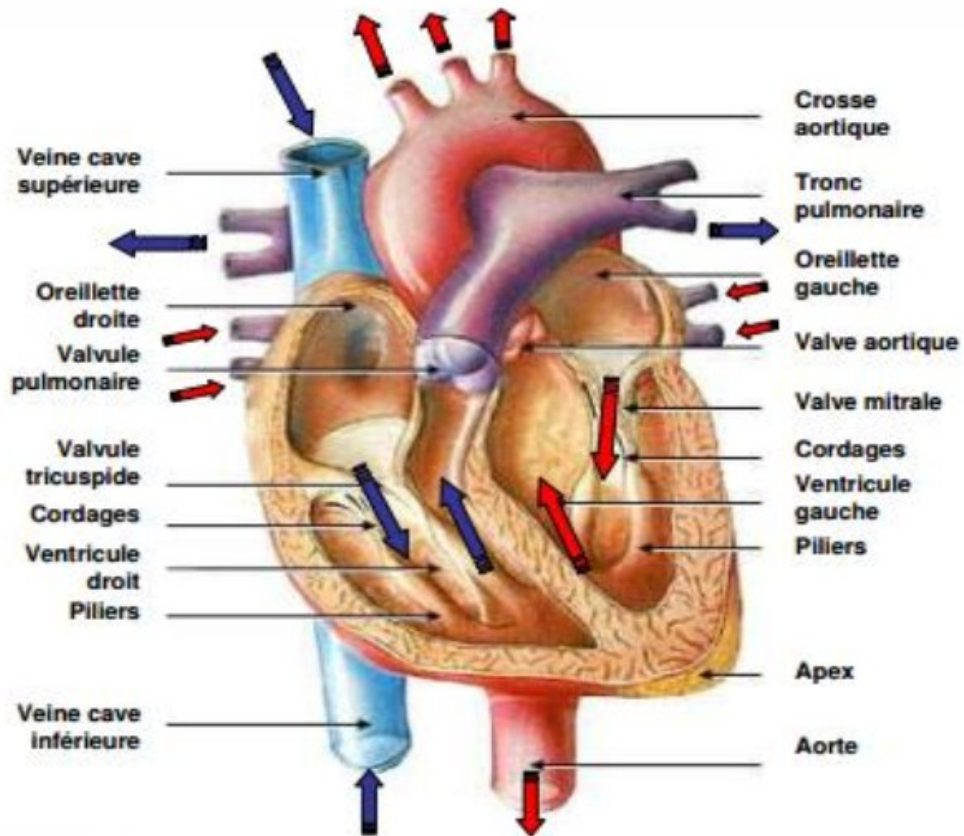


Figure II-2 Schéma fonctionnel du cœur [10]

Le cœur est subdivisé en quatre cavités : deux oreillettes (atrium) et deux ventricules permettant de propulser le sang vers toutes les cellules du corps humain, Les paires oreillettes ventricule droite et gauche constituent respectivement le cœur droit dit veineux et gauche dit artériel qui sont séparés par le septum qui est un mur musculaire

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

épais évitant le passage du sang entre les deux moitiés du cœur. Des valves entre les oreillettes et les ventricules assurent le passage unidirectionnel du sang.

II.2.3 Circuit sanguine

Le système vasculaire est un ensemble de veines et artères relié au cœur formant un circuit à haute pression qui assure la circulation sanguine dans l'organisme, il se divise en deux circulations dites pulmonaire et systémique. [11]

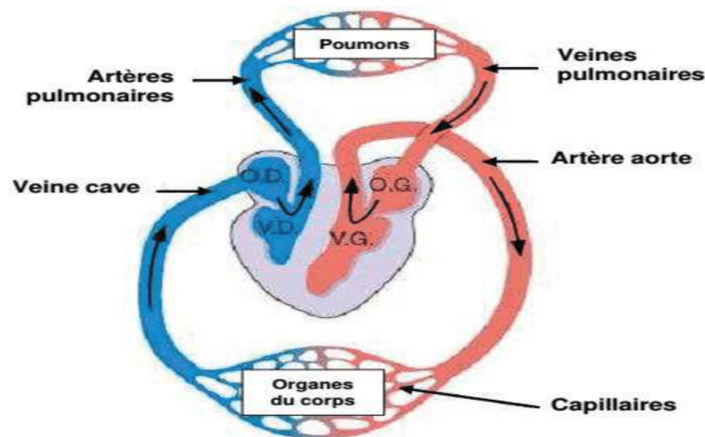


Figure II-3 schéma du circuit sanguin [12]

II.2.4 Activités du Cœur

Le cœur génère un cycle cardiaque commençant par le déclenchement d'une activité électrique qui déclenche l'activité mécanique cardiaque et contrôle sa chronologie, possède deux composantes.

Une composante mécanique, le cycle cardiaque, qui est la succession des phases de contraction (systole) éjectant le sang hors du ventricule gauche et des phases de relaxation (diastole) permettant le remplissage de la cavité cardiaque.

Une composante électrique, directement responsable de la phase mécanique avec laquelle elle est parfaitement synchronisée. Le courant électrique naît en un point précis du cœur (de l'ordre de quelques millimètres de diamètre), appelé nœud sinusal, situé au sommet de l'oreillette droite et forme un circuit électrique. Les forces électromotrices générées par l'activité cardiaque, nous permettent de mesurer l'activité électrique du CŒUR.

L'examen permettant de mesurer l'activité électrique du cœur est l'électrocardiogramme, ou ECG. Cet examen s'effectue grâce à :

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

- ✓ Un galvanomètre, dont les bornes sont reliées, par des fils, à des électrodes placées sur la peau,
- ✓ Un amplificateur, car les courants cardiaques sont de très faible intensité,
- ✓ Un système d'enregistrement sur papier millimétré.

II.2.5 Les maladies cardiovasculaires

Les MCV regroupent les pathologies qui touchent le cœur et l'ensemble des vaisseaux sanguins, comme l'athérosclérose, les troubles du rythme cardiaque, l'hypertension artérielle, l'infarctus du myocarde, l'insuffisance cardiaque ou encore les accidents vasculaires cérébraux [13]

- **L'accident vasculaire cérébral :**

L'accident vasculaire cérébrale (AVC) est une pathologie imprévisible responsable de nombreux handicaps potentiellement lourds, voire de décès.

- **L'athérosclérose :**

L'athérosclérose, par son implication dans de nombreuses pathologies cardiovasculaires, est un véritable fléau dont les complications peuvent être fatales.

- **Les cardiopathies congénitales :**

Les cardiopathies congénitales sont des anomalies fréquemment retrouvées lors du développement du fœtus.

- **L'hypertension artérielle :**

L'hypertension artérielle est une pathologie qui augmente le risque de développer d'autres maladies cardiovasculaires plus sévères.

- **L'infarctus du myocarde :**

L'infarctus du myocarde est lié à l'obstruction par un caillot d'une artère alimentant le cœur, ce qui entraîne des lésions au niveau des tissus cardiaques.

- **L'insuffisance cardiaque :**

L'insuffisance cardiaque correspond à une incapacité irréversible du cœur à exercer son rôle de pompe, elle est souvent liée à une pathologie sous-jacente.

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

- **Les maladies des vaisseaux :**

Nos veines peuvent souffrir de nombreuses maladies, de la plus bénigne, comme les varices, aux plus graves comme la phlébite et l'une de ses conséquences possibles, l'embolie pulmonaire.

- **Les troubles du rythme cardiaque :**

Tachycardie, bradycardie, fibrillations... Les **troubles du rythme cardiaque**, ou arythmies, sont variés.

II.2.6 L'Electrocardiogramme (ECG) :

L'électrocardiogramme est la représentation graphique du potentiel électrique qui commande l'activité musculaire du cœur : c'est une image électrique de l'activité cardiaque.

Ce potentiel est recueilli par des électrodes placées à la surface de la peau sur des positions standardisées.

Le tracé est effectué sur un papier millimétré et quadrillé.(Figure fonctionnement électrique du cœur).

II.2.7 Ondes et intervalles de L'ECG

L'ECG se présente comme une suite d'ondes électriques (voir figure II-4 fonctionnement électrique du cœur), correspondant chacune à une phase de fonctionnement du cœur et ensemble de segments temporels (intervalles) séparant ces ondes.

Ces ondes sont appelées ondes P, le Complexe QRS, et l'onde T parfois suivie de l'onde U.

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

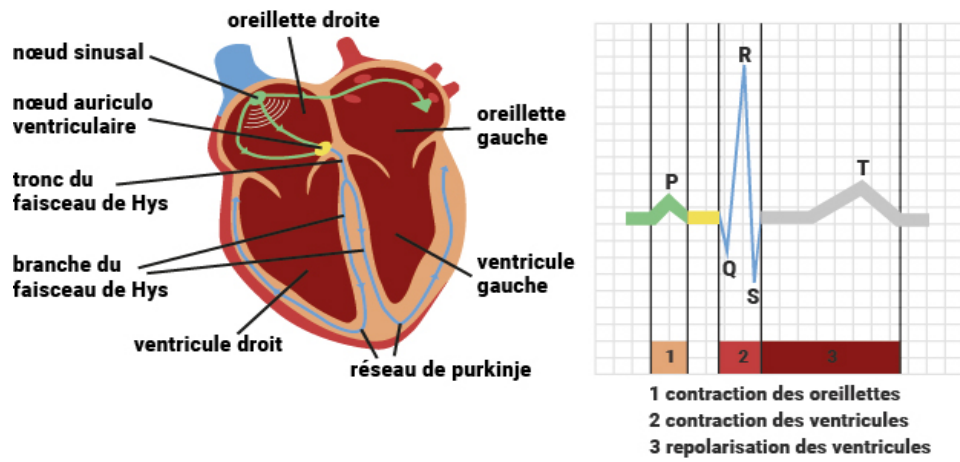


Figure II-4 fonctionnement électrique du cœur [14]

L'ECG est séparé en deux intervalles de base, l'intervalle PR et l'intervalle QT (figure II-5)

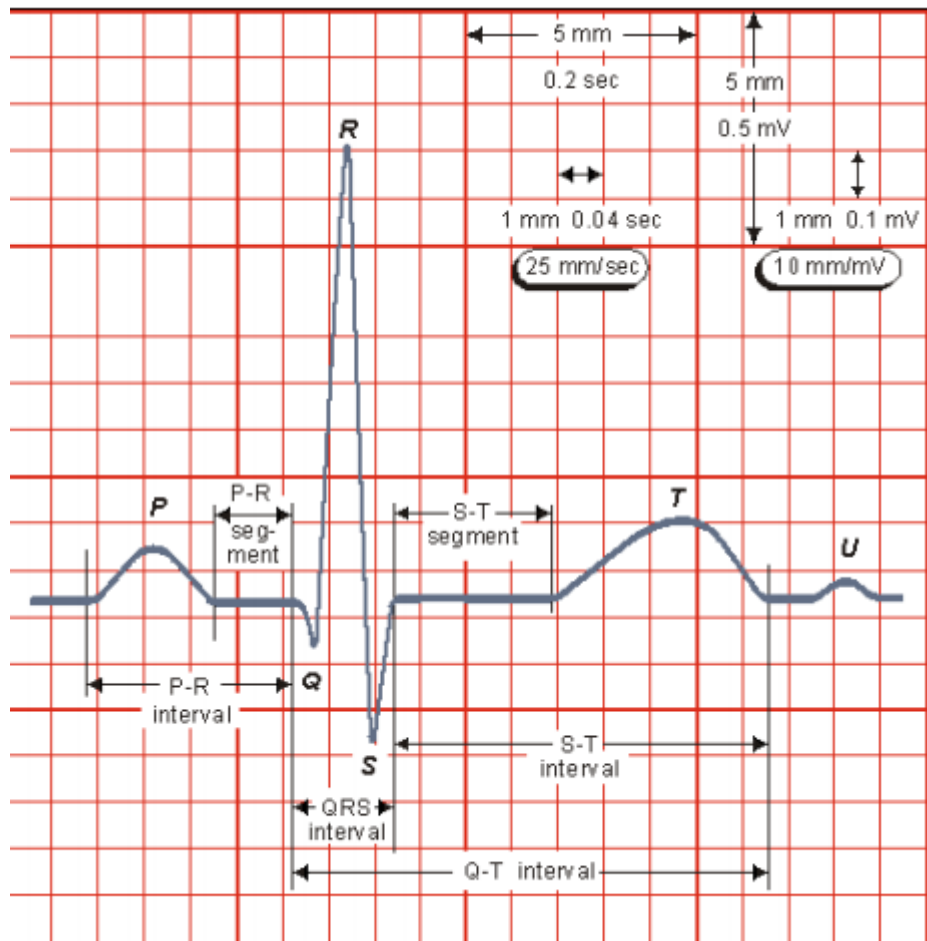


Figure II-5 trace signale ECG et ses ondes

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

L'onde P:

Elle représente la dépolarisation auriculaire. Cette onde peut être positive ou négative avec une durée de l'ordre de 90 ms. Généralement son observation est difficile, spécialement dans des conditions bruitées. Il faut noter que la repolarisation auriculaire (Restauration du potentiel de repos de/des oreillette(s) après sa(leur) dépolarisation) [15] n'est pas visible sur l'ECG car elle coïncide avec le complexe QRS d'amplitude plus importante.

Le complexe QRS:

Il correspond à la dépolarisation ventriculaire précédant l'effet mécanique de contraction et il possède la plus grande amplitude de l'ECG. Il est constitué de trois ondes consécutives :

L'onde Q qui est négative, **l'onde R** qui est positive dans un ECG normal et **l'onde S** qui est négative. Sa durée normale est comprise entre 85 et 95 ms.

L'onde T:

Elle correspond à la repolarisation des ventricules (Restauration de la polarisation membranaire d'un ventricule après sa dépolarisation) [15], qui peut être négative, positive ou biphasique et qui a normalement une amplitude plus faible que le complexe QRS. Bien que la dépolarisation et la repolarisation des ventricules soient des événements opposés, l'onde T est normalement du même signe que l'onde R, ce qui indique que la dépolarisation et la repolarisation ne sont pas symétriques.

L'ECG est aussi caractérisé par plusieurs intervalles comme on peut voir sur la Figure (II-5) :

L'intervalle RR:

Il est délimité par les sommets de deux ondes R consécutives et d'où est évaluée la fréquence cardiaque instantanée. Cet intervalle est utilisé pour la détection des arythmies ainsi que pour l'étude de la variabilité de la fréquence cardiaque.

Chapitre2: Notions de base du système cardiovasculaire

Le segment ST:

Il représente l'intervalle durant lequel les ventricules restent dans un état de dépolarisation actif. Il est aussi défini comme la durée entre la fin de l'onde S et le début de l'onde T.

L'intervalle PQ:

Il représente l'intervalle de temps entre le début de la dépolarisation des oreillettes et le début de la dépolarisation ventriculaire. Il représente le temps nécessaire à l'impulsion électrique pour se propager du nœud sinusal jusqu'aux ventricules et il est mesuré entre le début de l'onde P et le début du complexe QRS.

L'intervalle QT:

Il représente la durée entre le début du complexe QRS et la fin de l'onde T. Cet intervalle reflète la durée de la dépolarisation et repolarisation ventriculaire. En effet sa dynamique peut être associée à des risques d'arythmie ventriculaire et de mort cardiaque soudaine.

II.3 Conclusion :

Ce chapitre est un résumé sur les systèmes cardiovasculaires Dans lequel nous avons exposé les différentes notions de composante essentielles de ce système, la manière de son fonctionnement, ainsi, les maladies cardiovasculaires et la définition de ECG et leurs ondes. Et par la suite on peut aborder le chapitre suivant pour présenter des généralités sur l'intelligence Artificiel et Deep Learning, son principe de fonctionnement et leurs applications sur les signaux ECG.

Chapitre III

L'intelligence artificiel et deep learning

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

III.1 Introduction

L'intelligence artificielle n'est pas un concept nouveau et a connu depuis les années 50 des stages d'essor et de ralentissements. L'IA change le monde dans plusieurs domaines, notamment les soins médicaux, le suivi des patients et la manipulation robotique des chirurgiens, les traitements personnalisés, les prothèses intelligentes et la surveillance épidémiologique. L'IA a un grand potentiel dans le domaine médical. Dans ce chapitre nous allons parler des généralités de L'IA, principe de son fonctionnement et leur Application sur les signaux ECG.

III.2 Définitions et généralités

L'intelligence artificielle est une série de formules mathématiques qui produisent des algorithmes. Elle est présente dans notre quotidien, c'est un domaine de l'informatique qui a pour objectif de recréer une technologie équivalente à l'intelligence humaine.

L'intelligence artificielle est constituée de deux parties. La première est le **Machine Learning**, utilisant les statistiques pour donner aux machines la capacité d'"apprendre", la deuxième partie appelée **Deep Learning** (apprentissage profond), ce sont des algorithmes permettant une amélioration autonome grâce à la modélisation. Comme les réseaux neuronaux inspirés du fonctionnement du cerveau humain à partir d'une grande quantité de données. L'apprentissage profond constitue une autre étape dans l'évolution de l'intelligence artificielle [16].

Pour ne pas confondre entre Intelligence artificielle, Machine Learning et Deep Learning [16]:

L'intelligence artificielle est une science dont le but est de faire réaliser par une machine des tâches que l'Homme accomplit en utilisant son intelligence. Pour y parvenir, nous avons besoin d'apprendre à notre machine comment réaliser ces tâches par le biais d'algorithmes conçus à partir de modèles statistiques. C'est ce que l'on appelle le **Machine Learning**. Le **Deep Learning** est quant à lui une branche du Machine Learning s'appuyant sur l'usage de neurones artificiels s'inspirant du cerveau humain. Ces neurones sont organisés en couches donnant alors une notion de profondeur (deep) au réseau de neurones.

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

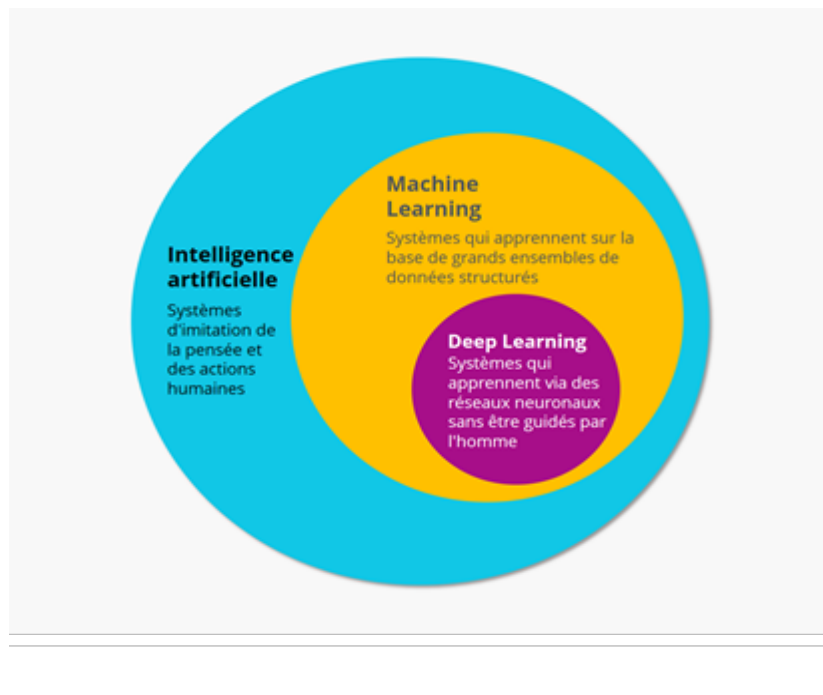


Figure III-1L'IA et ses branches ML & Deep Learning

La (Figure III-1) représente La relation entre l'IA, le ML et le Deep Learning et on peut conclure que Le Deep Learning est l'une des technologies principales du ML, il concerne les algorithmes inspirés par la structure et le fonctionnement du cerveau.

III.3 Principe de fonctionnement

IA s'appuie sur de vastes quantités de données, dont la quantité et la qualité constituent la base de l'efficacité de IA. Cette fonctionnalité vous permet d'extraire des propriétés spécifiques de ces données et de les traiter pour obtenir des résultats.

Les modèles du Deep Learning utilisent alors différentes couches neuronales qui forment un réseau artificiel, et il doit contenir au moins trois couches, les informations sont transmises à chaque couche, la sortie de la couche précédente fournissant une entrée pour la couche suivante, la première couche d'un réseau est appelée couche d'entrée, tandis que la dernière est appelée couche de sortie, toutes les couches entre les deux sont appelées couches cachées. Chaque couche est généralement un algorithme simple et uniforme contenant un type de fonction d'activation [17].

Le terme « profond » fait généralement référence au nombre de couches cachées du réseau neural, la profondeur du modèle dépendra du nombre de couches du modèle.

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

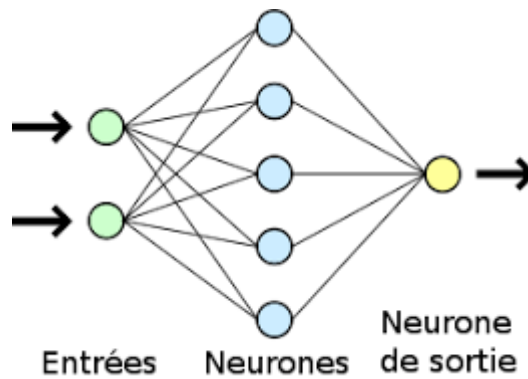


Figure III-2 exemple d'un modèle de Deep Learning [18]

La Figure III-2 affiche deux unités d'entrée, une entrée et deux couches intermédiaires (couches cachées), un exemple nous montre le principe d'un modèle d'apprentissage profond.

III.4 Types des Réseaux dans Deep Learning

III.4.1 Réseau de Neurones

Le mot " neurones " est juste un autre mot pour désigner le cerveau. Un Réseau de neurones (RN) est une simplification de notre outil le plus puissant, le cerveau. Il utilise des neurones qui sont tous connectés les uns aux autres par des poids (Figure III-3). Les neurones reçoivent une entrée numérique et sont multipliés par les poids. Les poids sont le cœur du réseau neuronal, et en leur attribuant des valeurs numériques spécifiques, nous pouvons traiter n'importe quelle entrée et obtenir la sortie souhaitée. Un RN n'est qu'un moyen de traiter des données.

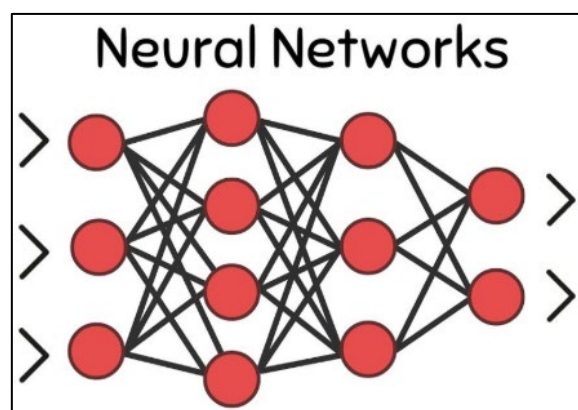


Figure III-3 Exemple de simple NN [19]

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

III.4.2 Le perceptron

Le perceptron est le plus ancien et le plus simple des réseaux neuronaux, RN, créé en 1958. Il s'agit également du RN le plus simple. Mis au point par Frank Rosenblatt, le perceptron a posé les bases des principes fondamentaux des réseaux neuronaux [19].

Ce RN ne comporte qu'un seul neurone (Figure III-4), ce qui le rend extrêmement simple. Il prend un nombre n d'entrées et les multiplie par les poids correspondants. Il calcule une seule sortie. Il souffre de son manque de complexité dans la mesure où il ne peut traiter que des données d'un seul niveau de complexité [19].

Cas d'utilisation :

- Comprendre le cerveau humain.
- Mise à l'échelle pour des RN plus avancés.

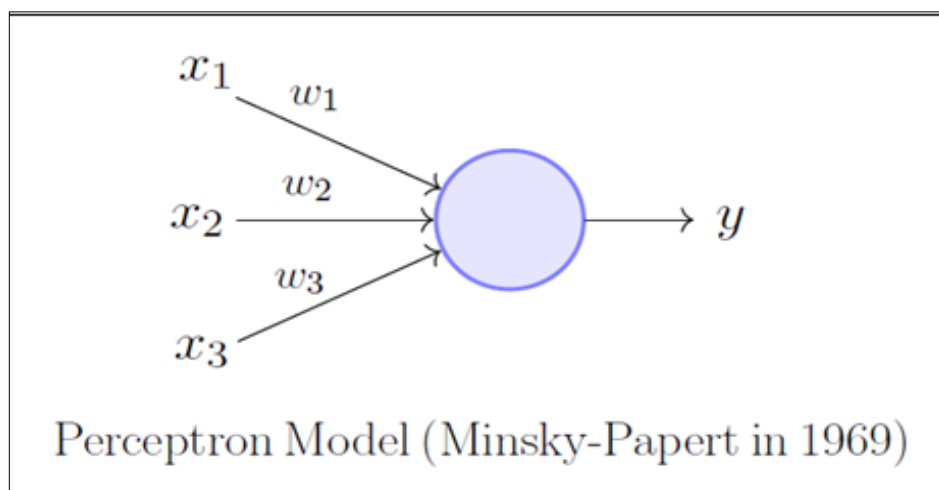


Figure III-4 Model simple de Perceptron [19]

III.4.3 Perceptron multicouche

Un perceptron multicouche (PMC) est toujours un perceptron, mais sa complexité est accrue par l'apparition de couches. Il existe trois types de couches dans un PMC (Figure III-5):

- ✓ **Couche d'entrée** : La couche d'entrée est ce qu'elle semble être : les données que l'on introduit dans le RN. Les données d'entrée doivent être numériques. Cela signifie que nous pouvons être amenés à prendre un élément non

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

numérique et à trouver un moyen de le rendre numérique. Le processus de manipulation des données avant leur entrée dans le réseau de neurones est appelé traitement des données et constitue souvent la partie la plus longue de la création de modèles d'Apprentissage Automatique (AA).

- ✓ **Couche(s) cachée(s) :** Les couches cachées sont composées de la plupart des neurones du réseau de neurones et constituent le cœur de la manipulation des données pour obtenir la sortie souhaitée. Les données passent par les couches cachées et sont manipulées par de nombreux poids et biais.
 - Les poids peuvent être considérés comme la force de la connexion. Il affecte la quantité d'influence qu'un changement dans l'entrée aura sur la sortie.
 - Le biais représente simplement l'écart entre les prédictions et la valeur prévue. Ils constituent la différence entre la sortie de la fonction et sa sortie prévue.

On l'appelle la couche "cachée" car les développeurs de réseaux neuronaux ne travaillent pas directement avec ces couches, contrairement aux couches d'entrée et de sortie.

- ✓ **Couche de sortie :** La couche de sortie est le produit final de la manipulation des données dans le réseau de neurones et peut représenter différentes choses. Souvent, la couche de sortie se compose de neurones qui représentent chacun un objet et la valeur numérique associée est la probabilité qu'il s'agisse de cet objet spécifique. Dans d'autres cas, il peut s'agir de la sortie d'un neurone qui représente la valeur d'un objet en fonction de certaines entrées. L'idée principale est que les couches de sortie sont le résultat des données qui passent par le réseau de neurones, et le but que nous essayons d'atteindre.

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

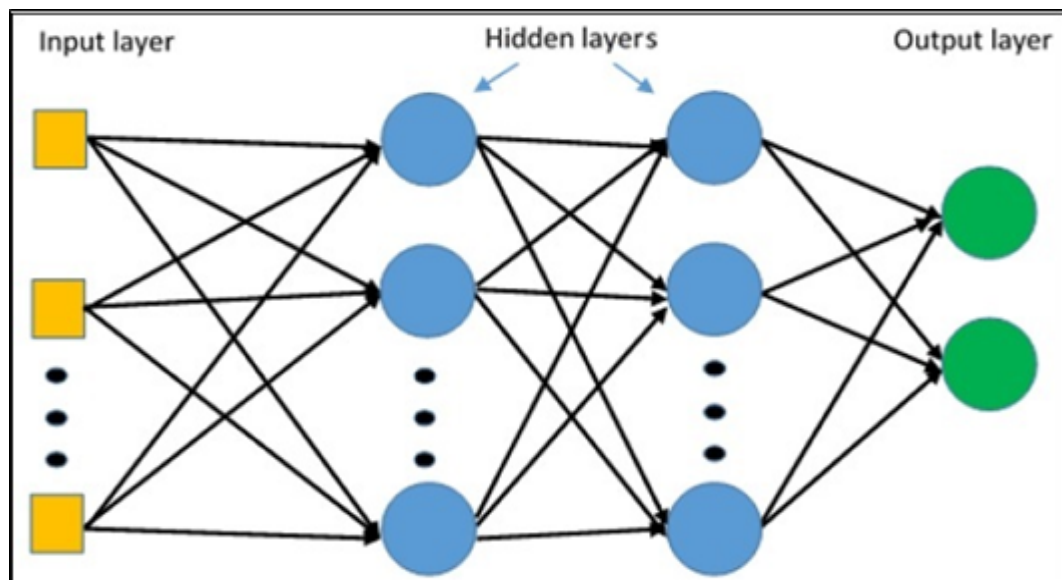


Figure III-5 Schéma représente les trois types de couches [19]

Principe de l'avance : L'idée est que nous transmettons des données numériques dans les réseaux et qu'elles continuent à avancer en subissant de nombreuses opérations. Nous faisons avancer les données. Pour obtenir les bonnes opérations de sorte que toute entrée donnée produise toujours la sortie souhaitée, il faut un entraînement. L'entraînement consiste essentiellement à trouver ce qui donne les meilleurs résultats et à l'appliquer au réseau.

Cas d'utilisation :

- Vision par ordinateur
- Traitement du langage naturel
- Base d'autres réseaux neuronaux
- Classification de données

III.4.4 Réseau de neurones convolutif

Un réseau de neurones convolutif (Convolutional Neural Network CNN) utilise toujours les mêmes principes que les PMC, mais ce réseau de neurones met en œuvre des couches convolutives. Il est important de noter que les réseaux neuronaux convolutifs sont généralement utilisés pour les images et les vidéos [20].

Il faut savoir que les images ne sont qu'une grille de chiffres, et que chaque chiffre indique l'intensité d'un pixel donné (Figure III-6). Sachant qu'il s'agit d'une grille de

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

chiffres, nous pouvons manipuler ces chiffres pour trouver des modèles et des caractéristiques de l'image. Les couches convolutionnelles le font en utilisant des filtres.

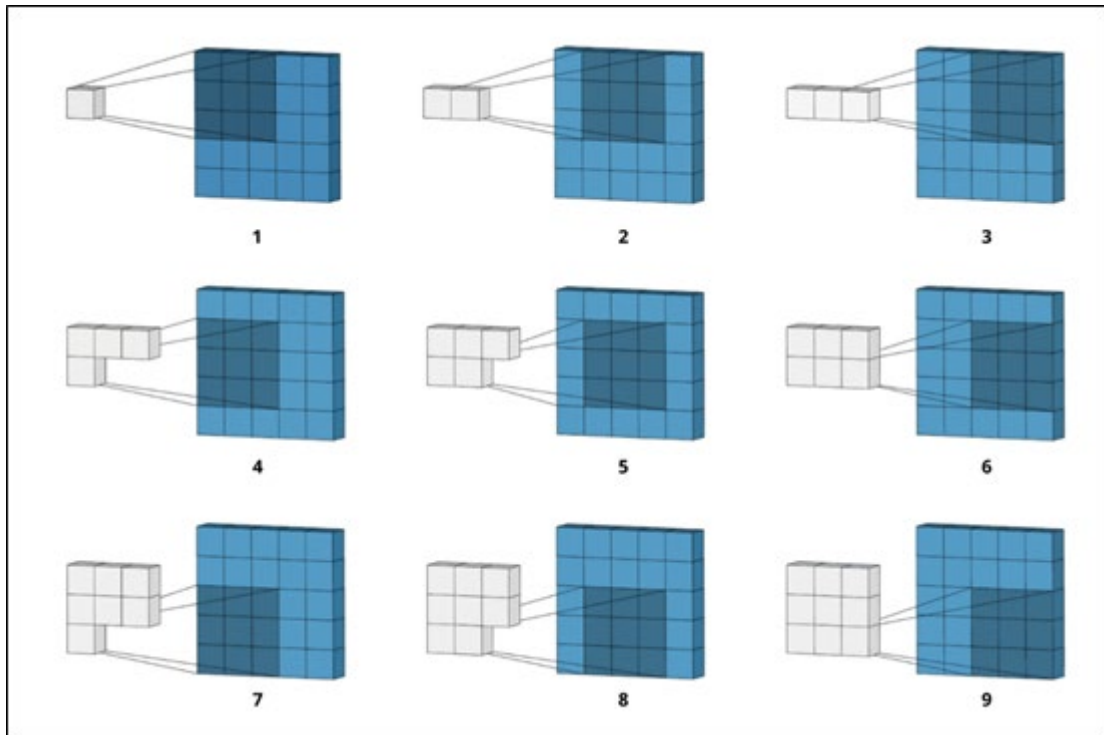


Figure III-6 Schéma illustré comment fonctionne l'algorithme CNN [20]

Filtres (Figure III-7):

Un filtre est une grille de nombres définie $N \times M$ (N et M représentent la taille de la grille) qui est multipliée plusieurs fois avec l'image originale. Pour comprendre ce qui se passe réellement, reportez-vous à l'animation.

Le filtre est déplacé sur la grille et produit de nouvelles valeurs. Ces nouvelles valeurs peuvent représenter des bords ou des lignes dans l'image. Par exemple,

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

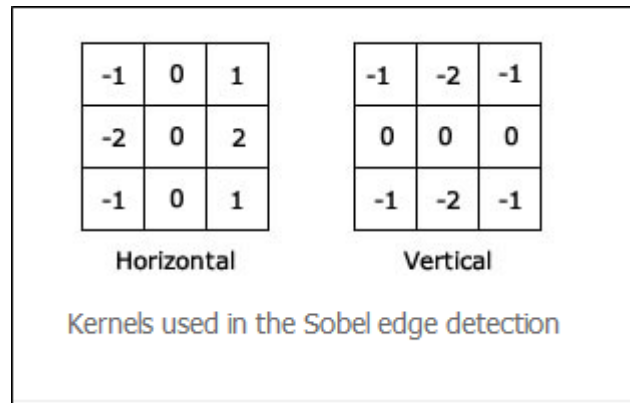


Figure III-7Exemple représenté deux filtre [20]

Prenez les filtres ci-dessous :

Le filtre horizontal tente d'éliminer les valeurs autres que le centre vertical. Pour ce faire, il utilise des valeurs négatives pour éliminer les bords et 0 pour le centre afin de rendre les pixels neutres. Si le filtre est réussi, nous pourrions voir une ligne horizontale à partir des nouvelles valeurs. Il en va de même pour le filtre vertical qui vient d'être inversé.

Après avoir appliqué les filtres à l'ensemble de l'image, nous pouvons facilement extraire les principales caractéristiques trouvées par les filtres à l'aide d'un calque de mise en commun. La détermination des nombres à inclure dans le filtre est décidée lors de la formation du modèle. La détermination des meilleurs chiffres donnera les meilleurs résultats pour l'ensemble de la tâche.

Couche de mise en commun :

Les couches de mise en commun font ce à quoi elles ressemblent. Elles "regroupent" les caractéristiques les plus importantes trouvées par les filtres. Pour ce faire, plusieurs méthodes sont utilisées. Une méthode populaire est le Max Pooling, où pour chaque partie filtrée d'une image, le plus grand nombre est pris et stocké dans une nouvelle grille. Cette méthode consiste essentiellement à prendre les caractéristiques les plus importantes et à les compresser en une seule image, afin de la traiter dans un PMC. Ce processus peut également être connu sous le nom d'échantillonnage de données, et son utilisation donne des résultats très prometteurs [20].

Cas d'utilisation :

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

- Classification d'images
- Vision par ordinateur
- Trouver des caractéristiques / motifs dans les images

III.4.5 Réseau de neurones récurrent

Les données que nous pouvons analyser avec les réseaux neuronaux ne se limitent pas complètement aux données statiques. Des éléments tels que les images, les nombres et les cadres sont tous des données qui peuvent être analysées par elles-mêmes. Cependant, les données qui dépendent de leurs instances passées pour prédire l'avenir sont des exemples de données temporelles. Les données boursières, les données de séries chronologiques, les données d'ondes cérébrales, etc. sont toujours analysées en utilisant les instances passées d'une variable dépendante. Les RN mentionnés jusqu'à présent ne traitent pas les autres états de données, mais les RN récurrent (RNN) sont la solution.

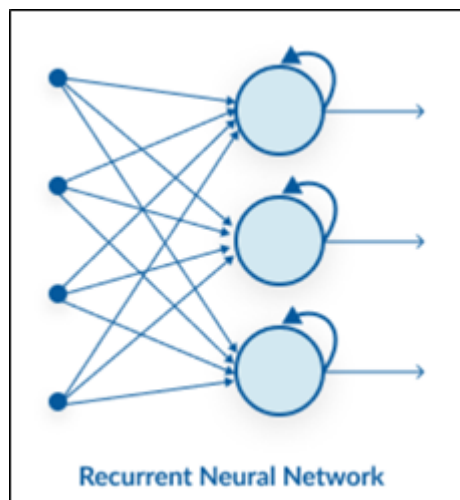


Figure III-8 Schéma de RNN [20]

Matrices d'état : Les RNN se souviennent des états précédents des données en stockant la dernière sortie dans leur propre mémoire (Figure III-8). Ces matrices sont appelées matrices d'état. Il fonctionne comme une couche normale dans un PMC, mais il utilise la matrice d'état pour calculer la nouvelle sortie. L'utilisation des sorties et des états précédents des données prend essentiellement en compte ces données dans la sortie

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

finale. Ceci est crucial pour des applications telles que les prédictions boursières et les prévisions de séries temporelles.

Long Short Term Memory : Réseaux Long Short Term Memory (LSTM) développent davantage cette idée de sauvegarder les matrices d'état en deux états (Figure III-9). Il existe un état à long terme et un état à court terme. Si un état persiste dans la sortie du modèle, il deviendra une matrice d'état à long terme et pèsera davantage lors de l'examen de nouvelles données.

Le système LSTM est très efficace lorsqu'il s'agit de trouver des modèles dans des données continues et il est à l'avant-garde des prédicteurs boursiers

Cas d'utilisation :

- Traitement du langage naturel
- Prédictions boursières
- Prédictions de données basées sur le temps

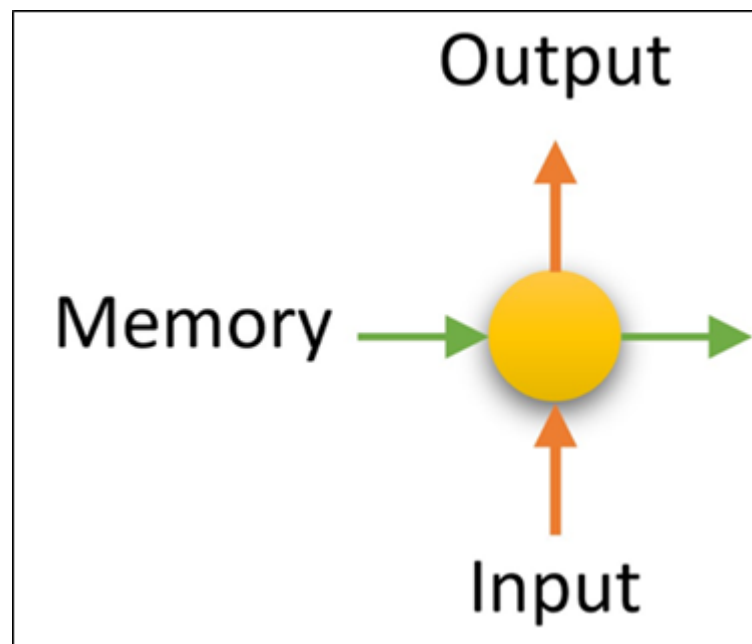


Figure III-9 Schéma de LSTM [20]

III.4.6 Auto encodeurs - Représentation des données de manière compressée

La plupart des RN reçoivent des données et prennent certains types de décisions. Les auto encodeurs ont une tâche différente, qui consiste à trouver un moyen de compresser les données (Figure III-10) tout en conservant la même qualité.

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

Traditionnellement, en AA, les étiquettes attachées à nos données sont différentes et l'objectif du réseau neuronal à produire. Dans un codeur automatique, les étiquettes sont les mêmes que les entrées.

Ainsi, dans cette architecture, vous avez une couche d'entrée et de sortie identique. La couche cachée est plus petite que les couches d'entrée et de sortie (en termes de nœuds) et est appelée le "goulot d'étranglement". Comme le goulot d'étranglement est plus petit, il est obligé de trouver un moyen de compresser les données originales et de les remettre dans la couche de sortie. Cette compression est souvent meilleure que les moyens conventionnels car elle permet de conserver une qualité élevée.

Cas d'utilisation : Principalement pour représenter de grandes quantités de données d'une manière plus petite et compressée.

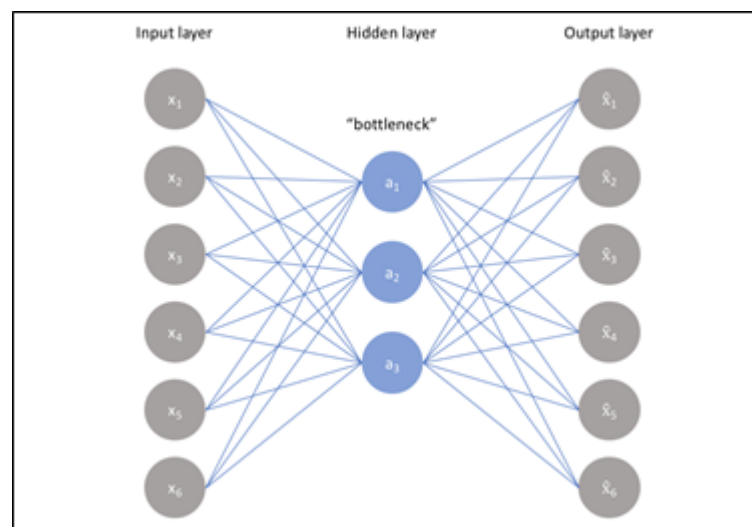


Figure III-10 Schéma illustré [20]

III.5 Application sur les signaux ECG

Les signaux ECG font l'objet d'études depuis plus de 100 ans. Par ECG, nous pouvons détecter les troubles cardiaques, un changement dans l'ECG peut être un indicateur de problèmes de santé dans le muscle cardiaque. IA et le deep learning sont utilisés pour détecter ces troubles.

L'analyse et le traitement des signaux ECG constituent une approche clé dans le diagnostic des maladies cardiovasculaires. Le principal domaine de travail dans ce

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

domaine est la classification, qui est de plus en plus soutenue par des algorithmes basés sur AA [21].

Un développement intéressant a été signalé dans ([22]; [23]) où des ensembles ombrés ont été utilisés pour signaler la granulation (quantification).

Exemples de granulation de l'information pour la modélisation et la classification du signal ECG ont été présentés dans ([24], [25], [26]; [27], [28]). Plus récemment, idées de granulation de l'information ont été utilisées pour la compression et la classification du signal ECG. À cet égard, on a utilisé des idées de regroupement de données ([29], [30]) et d'algorithmes génétiques (EG) ([31]). Ainsi, on trouve pas mal de techniques appliquant les approches de IA, et en particulier les réseaux de neurones [32], [33], pour l'analyse automatique de l'ECG.

Le travail de Mark et al [34], montre que les techniques de réseaux de neurones et spécialement, le réseau MLP et la carte auto-organisatrices (SOM) sont utilisés à des fins de classification. Autres approches, telles que l'approche bayésienne et heuristique [35], et des modèles de Markov [36], ont été également expérimentées pour la classification des signaux ECG. ART (Adaptive Resonant Theory) a été appliqué à une variété de domaines allant des applications médicales, telles que la classification des modèles ECG [37], autrement dit sémantique des données. Barro et al [38], ont utilisé la théorie MART (MultiChannel Adaptive Resonance Theory) pour classer les signaux ECG. La mise en œuvre des résultats montre que ce classificateur peut discriminer les battements normaux des battements ventriculaires avec une précision de plus de 90%.

Olmez [39], dans son travail sur la classification des formes d'ondes de l'ECG a classé 4 types de battement tels que les battements normaux, le bloc de branche gauche, la contraction ventriculaire prématurée, et les battements de type P en utilisant un réseau de neurones RCE (Restricted Coulomb Energy) et les algorithmes génétiques et il a obtenu une précision de classification de plus de 94%.

Plusieurs études ont confirmé les performances des réseaux de neurones pour la détection et la reconnaissance de l'ECG anormal.

Le traitement et l'analyse des signaux ECG impliquent une série d'étapes, notamment [40]:

Chapitre3: L'intelligence artificiel et deep learning

- Amplification du signal et sa conversion A/C.
- Élimination du bruit.
- Sélection des caractéristiques.

La classification des signaux ECG se résume à la discrimination de P-QRS-T, les complexes appartenant à l'une des classes existantes.

III.6 Conclusion

De nombreuses applications d'IA sont actuellement en cours de développement et certains modèles montrent des résultats cohérents avec l'analyse effectuée par les cardiologues pour une interprétation de base. Au sens large, l'IA sera la méthode la plus récente pour toutes les tâches telles que l'acquisition d'images par rayons X, scanner et IRM, ainsi que l'analyse des dossiers médicaux, des bases de données médicales et des connexions entre les institutions d'assurance maladie.

Le chapitre suivant sera consacré à la conception et la réalisation du système de suivi médical et validations expérimentales.

Chapitre IV
Contribution

Chapitre4: Contribution

IV.1 Introduction

La classification des anomalies cardiaques est une étape importante dans les systèmes d'aide au diagnostique et les dispositifs de surveillance médicale. En effet, le signal ECG est un indicateur continu de la fonction cardiaque et son suivi est très utile pour détecter toute déviation fonctionnelle du cœur.

Dans ce chapitre nous présentons un système IoT et une classification des signaux électrocardiographiques en cinq classes, nous utilisons un réseau de neurones PMC sur une base de données composée de la collection de signaux de battements cardi dans ce travail, notre objectif est de classer les signaux ECG de notre base d'apprentissage qui contient 87 554 signales en cinq classes qui se constitue de battements normaux avec 72471 signales, battements inconnus avec 6431 signales, battements ectopiques ventriculaires avec 5788 signales, battements ectopiques supraventriculaires avec 2223 signales et battements de fusion avec 641 signales. Puis, on mise en œuvre le système réalisé par le test d'un ECG enregistrer en temps reel d'un patient, et si le ECG et inormale un sms est envoyé au médecin traitant.

Les provenant de la célèbre dataset de classification des battements cardiaques, le MIT-BIH Arrhythmia Database¹.

IV.2 Présentation du système

Notre projet porte sur l'acquisition et la classification des arythmies ECG avec les méthodes de machine Learning et de Deep Learning. Pour atteindre cet objectif et pour obtenir la meilleure performance possible, nous avons un système qui se compose en deux parties :

Partie 1 : classification des données ECG

¹ <https://www.kaggle.com/shayanfazeli/heartbeat>

Chapitre4: Contribution

Dans cette partie, nous avons implémenté un DNN avec l'utilisation de la base de données MIT-BIH, notre système permet de faire une classification multi label en sortie à travers la fonction softmax. Les sorties obtenues pour notre classifieur correspondent à des types de maladies cardiaques. La classification multi classe va nous permettre de trouver le type des battements suivants :

"Bat Normaux", "Bat ectopiques supraventriculaires", "Bat ectopiques ventriculaires", "Bat de fusion", "Bat inconnu".

Partie 2 : Acquisition du signal et l'envoi d'un sms

Dans cette partie, nous avons fait l'acquisition du signal ECG à travers le capteur AD8232. Le capteur ECG Appelé aussi l'électrocardiogramme est une petite puce utilisée pour mesurer les contractions musculaires, et les petits signaux électriques générés pendant les contractions sont amplifiés et filtrés pour être utilisés avec des microcontrôleurs tels qu'Arduino. Ce dernier est utilisé pour diagnostiquer diverses maladies cardiaques. (Figure IV-1) présente le capteur AD8232. Après l'étape de l'acquisition nous entrons le signal acquis dans le modèle implémenté dans la première partie et si le modèle détecte que le signal appartient à une classe qui présente une maladie, un sms s'envoie au médecin de ce malade à travers une carte sim800L présentée dans la figure (IV-2).



Figure IV-1 Capteur ECG AD8232

Chapitre4: Contribution

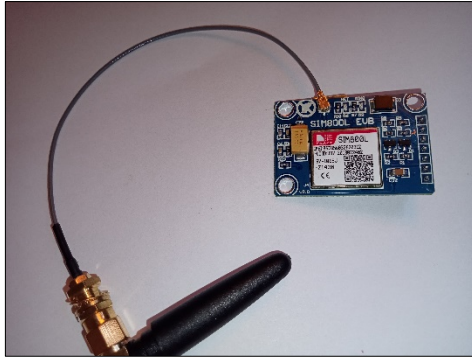


Figure IV-2 Carte SIM800L

La figure suivante montre l'organigramme de notre système :

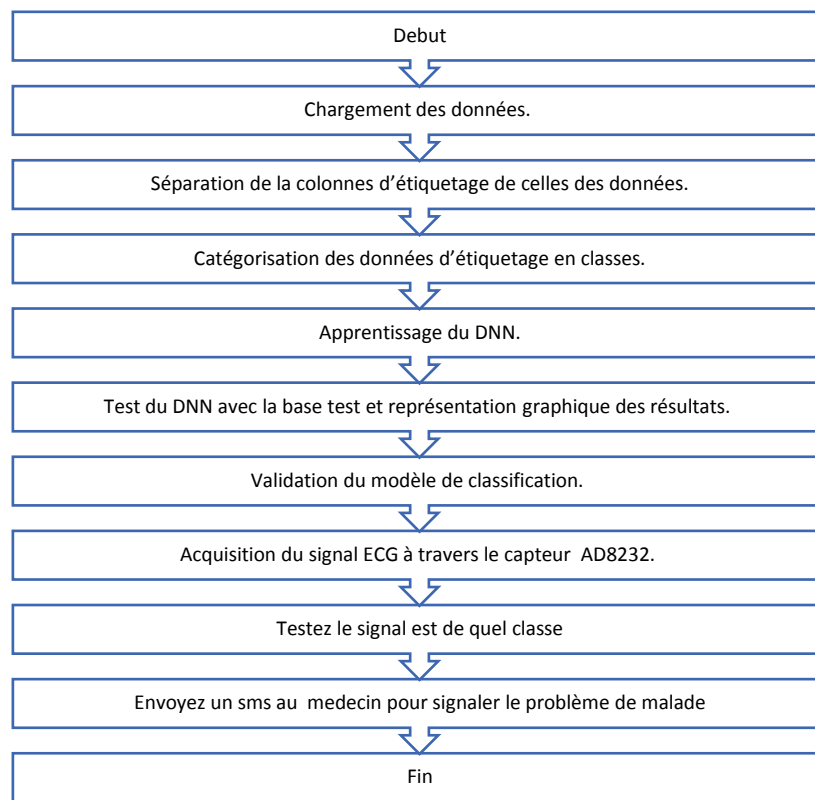


Figure IV-3 Organigramme générale du système

Chapitre4: Contribution

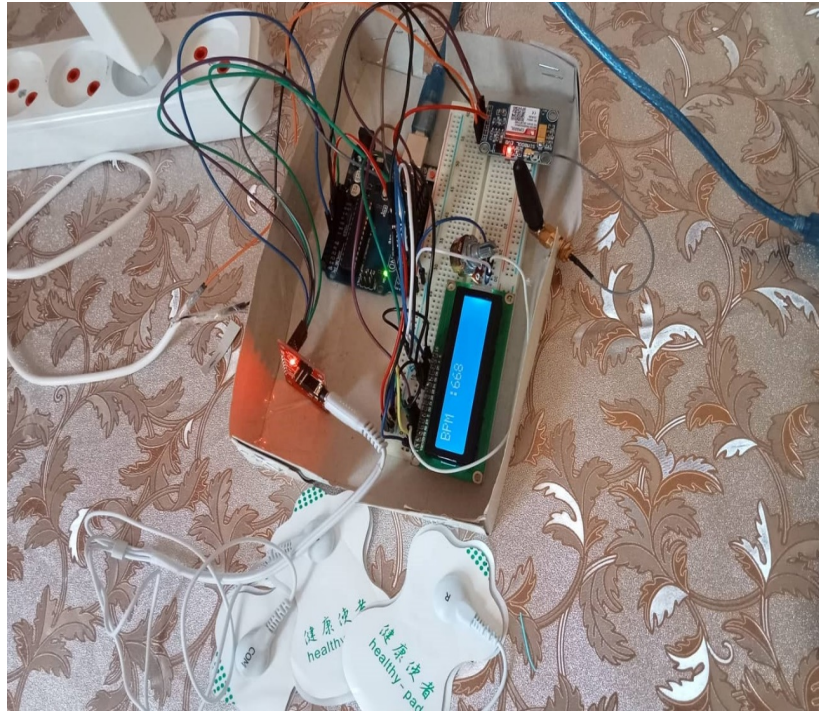


Figure IV-4 Notre Application Arduino

IV.3 Base de données

La base de données sur les arythmies du MIT-BIH, complétée en 1980, est une des premières bases de données introduites dans ce domaine. Cette base de données fournit une série de tests pour l'évaluation des détecteurs d'arythmie.

La base de données d'arythmie du MIT-BIH contient 48 extraits d'une demi-heure d'enregistrements ECG ambulatoires à deux canaux obtenus chez 47 sujets étudiés par le laboratoire d'arythmie du BIH entre 1975 et 1979. Vingt-trois enregistrements ont été choisis au hasard parmi 4000 enregistrements ECG ambulatoires par heure recueillis auprès d'une population hétérogène de patients hospitalisés (environ 60 %) et de patients externes (environ 40 %) à L'Hôpital de Boston. Les 25 enregistrements restants ont été sélectionnés dans le même ensemble pour inclure des arythmies moins courantes mais cliniquement significatives.

Chapitre4: Contribution

Les enregistrements ont été numérisés à 360 échantillons par seconde par canal avec

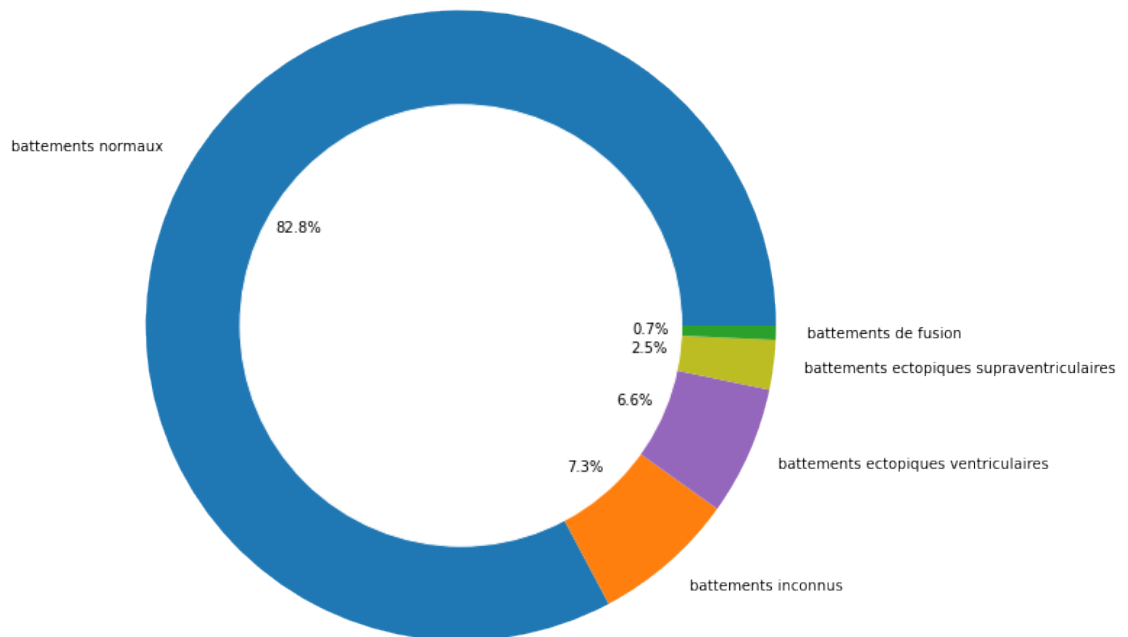


Figure IV-5 Diagramme circulaire de répartition des battements de cœur

une résolution de 11 bits sur une plage de 10 mV. Deux cardiologues ou plus ont annoté indépendamment chaque enregistrement ; les désaccords ont été résolus pour obtenir des annotations de référence lisibles par ordinateur pour chaque temps (environ 110 000 annotations au total) inclus dans la base de données.

788 signales, battements ectopiques supraventriculaires avec 2223 signales et battements de fusion avec 641 signales.

Et pour la base de test les classes sont réparties avec le même pourcentage mais avec seulement 21892 signales au total.

IV.4 Environnement et Outils du développement

La sélection d'un environnement de programmation approprié est très importante pour le développement de projets. Cela se fait en fonction de plusieurs facteurs : la puissance de compilation, la facilité d'utilisation, la disponibilité de plusieurs fonctionnalités, la communication avec d'autres environnements...

Chapitre4: Contribution

Nous avons utilisé le langage python afin de développer notre application en utilisant anaconda comme environnement de développement, en raison de sa faible courbe d'apprentissage et de sa flexibilité, Python est devenu l'un des langages dont la croissance est la plus rapide. Les bibliothèques en constante évolution de Python en font un bon choix pour l'analyse des données [41].

Les bibliothèques que nous avons utilisées dans la réalisation de notre projet : Tensorflow, Keras, Pandas, Numpy et Matplotlib.

IV.5 Etapes d'implémentation

Notre programme se base sur DNN chaque neurone effectue des calculs simples mais les données d'entrées passent à travers plusieurs couches de calcul. Dans notre modèle on a utilisé trois couches cachées avant de produire une sortie. Cette architecture a été adoptée après plusieurs tentatives, ces tentatives nous ont donné de bons résultats mais pas aussi optimaux que le réseau final, certaines d'entre elles nous ont mené à un surapprentissage et d'autres à un sous-apprentissage.

Pour la réalisation de cette classification nous avons suivis les démarches suivantes :

IV.5.1 Les bibliothèques utilisées

Dans un premier temps il faut s'assurer que tous les packagent/bibliothèques sont chargé et fonctionnent comme il se doit.

```
[ ] #Chargement des bibliothèques
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from tensorflow.keras.utils import to_categorical
from sklearn.metrics import confusion_matrix, classification_report
from keras.layers import Dense, Dropout, Activation
from keras.models import Sequential, Model
from sklearn.model_selection import train_test_split
```

IV.5.2 Chargement et affichage de la base de données

Nous avons séparé les deux bases de données dans deux variables, une pour l'apprentissage

Chapitre4: Contribution

```
[ ] #Chargement de la base de données
train_data = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/ECG/mitbih_test.csv", header = None)
test_data = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/ECG/mitbih_test.csv", header = None)
```

Voici les informations sur les données de chacune des variables utiliser :

```
[ ] #Affichage des informations de la base d'apprentissage
print("Mit train dataset")
print(train_data.info())

Mit train dataset
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 21892 entries, 0 to 21891
Columns: 188 entries, 0 to 187
dtypes: float64(188)
memory usage: 31.4 MB
None

[ ] #Affichage des informations de la base de test
print("Mit test dataset")
print(test_data.info())

Mit test dataset
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 21892 entries, 0 to 21891
Columns: 188 entries, 0 to 187
dtypes: float64(188)
memory usage: 31.4 MB
None
```

Pour mieux visualiser les données sur lesquels nous allons travailler, nous vous présentant par la suite le graphe de chaque de classe figure (6):

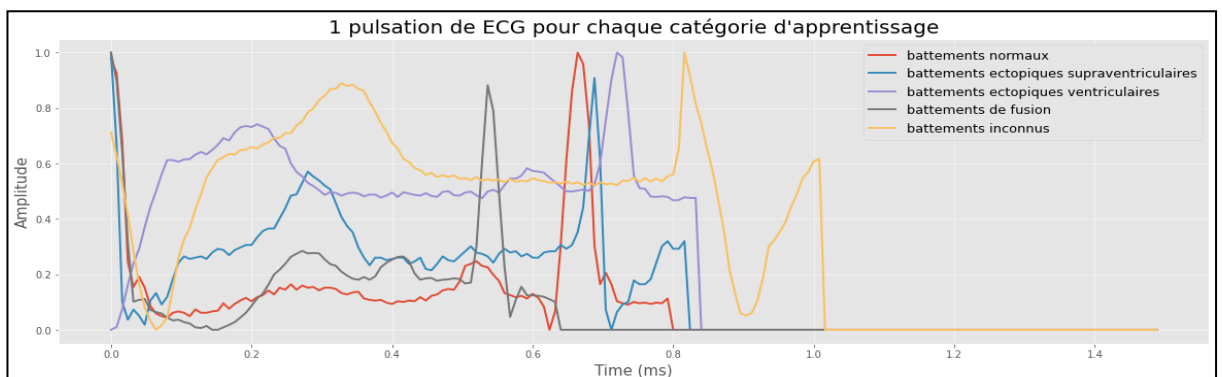


Figure IV-6 Représentation graphique de chaque classe d'apprentissage.

IV.5.3 Préparation des données

Dans cette étape nous avons créée quatre matrices X_{train} , y_{train} , X_{test} , y_{test} .

- Les deux matrices X_{train} et X_{test} contenant les données d'ECG depuis la base train et test respectivement.

Chapitre4: Contribution

```
[ ] X_train, y_train = train_data.iloc[:, :-1], train_data.iloc[:, -1]
    X_test, y_test = test_data.iloc[:, :-1], test_data.iloc[:, -1]
```

- Les deux matrices y_train et y_test contenant l'étiquetages d'ECG depuis la base train et test respectivement.

Conversion du vecteur de classification nombres entiers en une matrice de classe binaire.

```
[ ] y_train = to_categorical(y_train)
    y_test = to_categorical(y_test)
```

- Conversion du vecteur de classification nombres entiers en une matrice de classe binaire. A la fin nous obtenons les données suivants :

```
[ ] print("X_train shape=" +str(X_train.shape))
    print("y_train shape=" +str(y_train.shape))
    print("X_test shape=" +str(X_test.shape))
    print("y_test shape=" +str(y_test.shape))

X_train shape=(21892, 187)
y_train shape=(21892, 5)
X_test shape=(21892, 187)
y_test shape=(21892, 5)
```

IV.5.4 Création du modèle d'apprentissage DNN

Dans cette étape nous avons créé notre modèle d'apprentissage simple PMCbasé sur DNN qui se compose de 3 couches cachées.

```
[ ] ecg_model = Sequential()
    ecg_model.add(Dense(256, activation='relu', input_shape=(187,)))
    ecg_model.add(Dense(128, activation='relu'))
    ecg_model.add(Dense(64, activation='relu'))
    ecg_model.add(Dense(64, activation='relu'))
    ecg_model.add(Dense(5, activation='softmax'))
```

Nous proposons un dispositif novateur pour l'analyse de l'ECG, capable de représenter le signal d'une manière transférable entre différentes tâches. Pour ce faire,

Chapitre4: Contribution

nous décrivons une architecture de réseau neuronal profond qui offre une capacité considérable d'apprentissage de telles représentations composées de trois couches cachées leur fonction d'activation est « tanh » et tous les neurones lie l'un a l'autre c'est-à-dire « Dense » avec un pas d'apprentissage 0.0001.

Les principales caractéristiques du modèle sont les suivantes :

- La couche d'entrée est constituée de 256 nœuds la fonction d'activation '**relu**'.
- La première couche cachée, Dense, est composée de 128 neurones et de la fonction d'activation '**relu**'.
- Deuxième couche cachée, Dense, est composée de 64 neurones et de la fonction d'activation '**relu**'.
- Troisième couche cachée, Dense se compose à nouveau de 64 neurones et de la fonction d'activation '**relu**'.
- La quatrième et dernière couche est composée de 5 neurones c'est-à-dire 5 classes et de la fonction d'activation '**softmax**'.

```
[ ] ecg_model.summary()
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense (Dense)	(None, 256)	48128
dense_1 (Dense)	(None, 128)	32896
dense_2 (Dense)	(None, 64)	8256
dense_3 (Dense)	(None, 64)	4160
dense_4 (Dense)	(None, 5)	325

Total params: 93,765
Trainable params: 93,765
Non-trainable params: 0

Chapitre4: Contribution

IV.5.5 Optimisation des hyperparamètres

```
# specification des Hyperparamètre

tf.keras.optimizers.Adamax(
    learning_rate=0.0001, beta_1=0.9, beta_2=0.999,
    epsilon=1e-07, name="Adamax" )
model.compile(optimizer='adamax',
              loss='categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])
```

- Nous avons modifié le pas dans l'optimiser Adamax « learning_rate » sa valeur par default été 0.002, pour que l'apprentissage soit beaucoup plus précis.
- Loss : categorical_crossentropy calcule la probabilité de « classe prédite vs classe réelle » en raison de l'utilisation de la fonction d'activation "softmax" qui produit une probabilité en sortie de la fonction.
- Metrics : accuracy pour calculer l'exactitude de notre modèle.

IV.5.6 Entraînement du modèle

```
[ ] ecg_model_fit = ecg_model.fit(X_train, y_train, batch_size=32, epochs=80)
```

Nous configurons la taille du lot à 32 et le nombre d'epochs à 80 c'est-à-dire que, notre base de données sera divisée en 32 parties et que l'apprentissage se fera en 2560 itérations puis on valide avec la base de test.

IV.6 Résultats obtenus

L'exécution de l'apprentissage donnera le contenu suivant comme sortie (80 epochs) figure (IV-7):

Chapitre4: Contribution

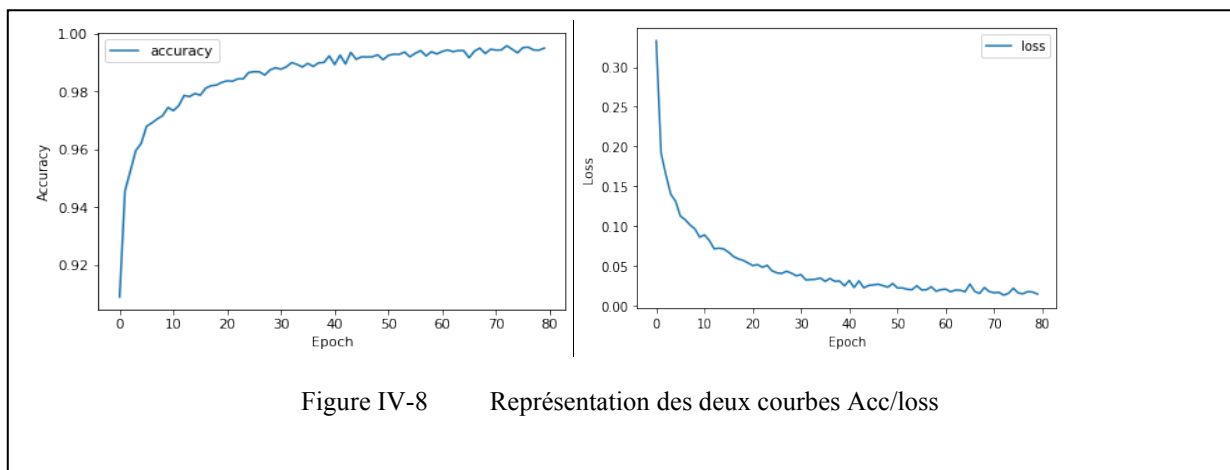
```
Epoch 69/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0225 - accuracy: 0.9931
Epoch 70/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0173 - accuracy: 0.9946
Epoch 71/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0159 - accuracy: 0.9943
Epoch 72/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0163 - accuracy: 0.9944
Epoch 73/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0128 - accuracy: 0.9958
Epoch 74/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0152 - accuracy: 0.9947
Epoch 75/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0216 - accuracy: 0.9934
Epoch 76/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0156 - accuracy: 0.9952
Epoch 77/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0146 - accuracy: 0.9953
Epoch 78/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0174 - accuracy: 0.9944
Epoch 79/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0168 - accuracy: 0.9943
Epoch 80/80
685/685 [=====] - 2s 3ms/step - loss: 0.0142 - accuracy: 0.9950
```

Figure IV-7 Affichage des résultats d'apprentissage

Pour tester et évaluer notre modèle on exécute ce block d'instruction , ainsi que le graphe d'accuracy et loss figure (IV-8):

```
[ ] print("Evaluation")
mse,acc = ecg_model.evaluate(X_test,y_test,batch_size=32)
print("mse = ",mse)
print("acc = ",acc)

Evaluation
685/685 [=====] - 1s 2ms/step - loss: 0.0066 - accuracy: 0.9979
mse = 0.006565442308783531
acc = 0.9978987574577332
```



Chapitre4: Contribution

Matrice de confusion figure (IV-9) pour la classification des battements de cœur sur l'ensemble de test. La classe est indiquée à gauche. Les nombres à l'intérieur des blocs sont le nombre d'échantillons classés dans chaque catégorie.

```
[ ] matrix = confusion_matrix(y_true, prediction)
print(matrix)

[[18104  12    2    0    0]
 [  11  545   0    0    0]
 [   6    1 1438   3    0]
 [   5    0    5  152   0]
 [   1    0    0    0 1607]]
```

Figure IV-9 Matrice de confusion

Pour une meilleure visualisation Les nombres à l'intérieur des blocs sont le nombre d'échantillons classés dans chaque catégorie, normalisé par le nombre total d'échantillons et arrondi à deux chiffres.

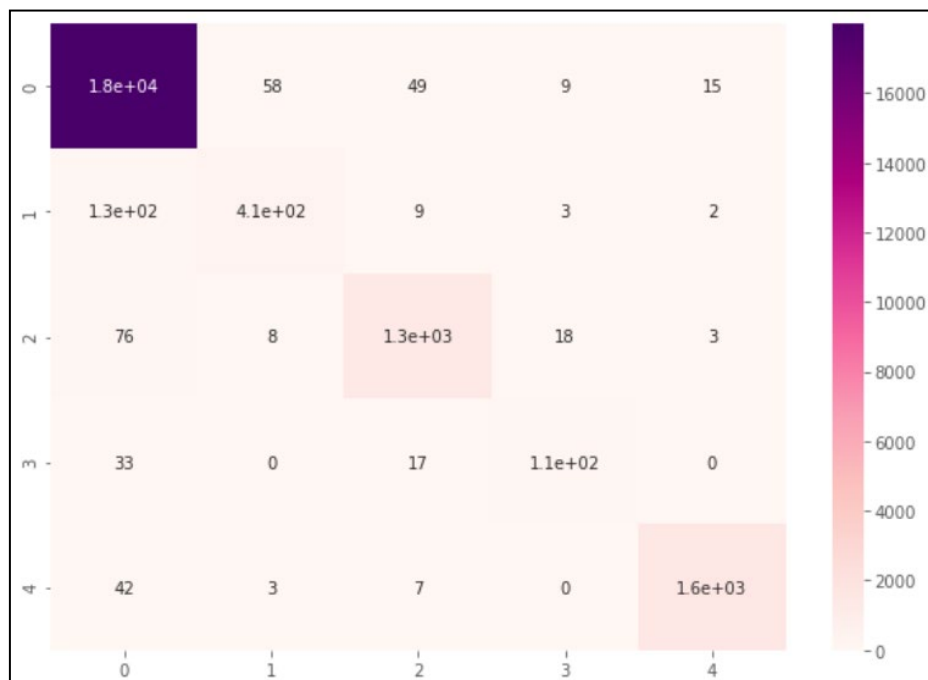


Figure IV-10 Visualisation d'échantillons

Chaque ligne de la matrice figure (IV-10) représente les échantillons d'une classe prédite tandis que chaque colonne représente les échantillons d'une classe réel

Chapitre4: Contribution

Elle va nous permettre de encore mieux visualisé nos résultat car la diagonal de cette matrice représente les true positif c'est-à-dire les échantillons bien classé, au-dessus de cette ligne en retrouve les faux positifs c'est-à-dire ceux qui ont été classé dans cette classe mais n'appartient pas à celle-ci ,et au dessous en retrouve les faux négatif, le rapport de classification est comme suit:

```
[ ] print(classification_report(y_true, prediction,target_names= labels))
```

	precision	recall	f1-score	support
Bat Normaux	1.00	1.00	1.00	18118
Bat ectopiques supraventriculaires	0.98	0.98	0.98	556
Bat ectopiques ventriculaires	1.00	0.99	0.99	1448
Bat de fusion	0.98	0.94	0.96	162
Bat inconnu	1.00	1.00	1.00	1608
accuracy			1.00	21892
macro avg	0.99	0.98	0.99	21892
weighted avg	1.00	1.00	1.00	21892

Les métriques utiliser :

Les métriques de performance sont utilisées pour mesurer la performance du réseau de neurones. L'exactitude, la perte, l'exactitude de validation, la perte de validation, l'erreur absolue moyenne, la précision, le rappel et le score f1 sont des mesures de performance.

- **Accuracy ou l'exactitude :** elle désigne la proximité d'une valeur mesurée par rapport à une norme ou à une valeur connue est calculé comme suite :

$$Accuracy = \frac{Vrai\ positif + Vrai\ négatif}{Total}$$

- **La précision :** La précision désigne la proximité de deux ou plusieurs mesures entre elles. Il s'agit de la répétabilité ou de la reproductibilité de la mesure.

$$Precision = \frac{Vrai\ positif}{Vrai\ positif + Faux\ positif}$$

Chapitre4: Contribution

- **Le rappel (recall)** : Le rappel est la fraction d'instances pertinentes qui ont été récupérées par rapport au nombre total d'instances pertinentes.

$$Recall = \frac{Vrai\ positif}{Vrai\ positif + Faux\ N\u00e9gatif}$$

- **Le score F1** : Le score F1 combine la pr\u00e9cision et le rappel relatifs \u00e0 une classe positive sp\u00e9cifique - Le score F1 peut \u00eatre interpr\u00e9t\u00e9 comme une moyenne pond\u00e9r\u00e9e de la pr\u00e9cision et du rappel, o\u00f9 un score F1 atteint sa meilleure valeur \u00e0 1 et sa pire \u00e0 0 , on le calcule avec la formule suivante :

$$F1 = \frac{tp}{tp + \frac{1}{2}(fp + fn)}$$

➤ Avec :

- TP=nombre de vrais positifs.
- FP=nombre de faux positifs.
- FN=nombre de faux n\u00e9gatifs.

IV.7 Acquisition d'ECG

Nous avons utilis\u00e9 le capteur AD8232 pour acquies l'ECG du patient. L'ECG acquies est pr\u00e9sent\u00e9 dans la figure (IV-11).



Figure IV-11 Signal ECG Acquis

Chapitre4: Contribution

Après l'acquisition, l'ECG passe dans le modèle de classification pour prédire leur type, et si le type est inormal le système envoi un sms au medecin traitant du patient. Le sms pour averti le medecin que leur patient à parobablement un problème cardiaque.

```
[ ] pred = ecg_model.predict(signal_r1)
print(pred)
print("predicted class =", np.argmax(pred))

[[9.3904465e-01 2.4503639e-02 6.0296166e-03 8.6002902e-04 2.9562036e-02]]
predicted class = 0
```

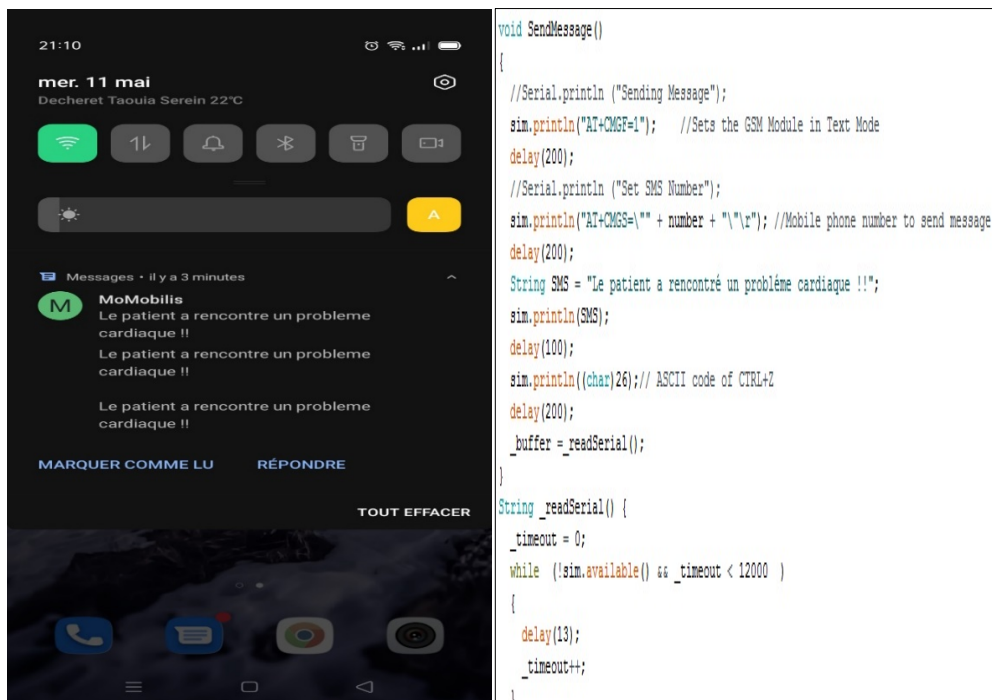


Figure IV-12 Envoi d'un sms

IV.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre système IoT pour l'acquisition et la classification des battements cardiaques de l'ECG basée sur une représentation transférable. Plus précisément, nous avons entraîné un RN profond. Selon les résultats, la méthode suggérée est capable de faire des prédictions sur la base de données avec des précisions comparables aux méthodes de pointe dans la littérature comme on a pu le voir dans le chapitre précédent. De plus, nous avons visualisé la représentation apprise en illustré l'efficacité de l'approche proposée par acqui d'un ECG réel est classé par le modèle est l'envoi d'un sms au médecin traitant dans le cas d'un problème.

Conclusion générale

Avec la propagation des maladies chroniques, en particulier les maladies cardiaques, qui causent de nombreux décès, il est devenu nécessaire de suivre les patients infectés et de fournir des installations médicales qui aident à cela.

Dans ce projet. Nous avons travaillé sur plusieurs outils informatiques et électroniques spécifique. Nous avons fusionné un circuit électronique que nous avons conçu avec la carte Arduino UNO. Des capteurs ont été intégrés pour interagir. Nous avons utilisé la technologie de transmission par GSM.

Le dispositif ainsi réalisé permettra, à travers des capteurs et des circuits électroniques simples :

- Mesurer le rythme cardiaque et afficher le signal de L'ECG à l'aide de capteur ECG. Puis, classifier les données captées à travers ce capteur à l'aide de technologie de Deep Learning.
- Afficher le rythme cardiaque capté dans une écran LCD.
- En cas ou le système détecte un problème dans le rythme cardiaque, il envoie un SMS notifiant à l'aide de capteur GSM qu'on a utilisé.

La réalisation de notre système passe par deux étapes nécessaires :

- La première étape concerne la conception et la réalisation de circuit intégrer les capteurs nécessaires qu'on a utilisé, et afficher le rythme cardiaque.
- La deuxième étape consiste à l'enregistrement de rythme cardiaque et le classifier à l'aide d'un programme Python en utilisant L'IA et Deep Learning.

Ce projet était un challenge pour nous, de pouvoir appréhender le processus de prototypage d'un dispositif médical, pour la suivie de patients atteindre de maladies chroniques, surtout ceux qui souffrent de maladies cardiaques. Bien sûr, on aurait pu rêver d'avoir de composants selon le besoin escompté mais malgré tous les moyens de bord, la recherche a été passionnante.

Enfin, nous souhaitons vivement que ce projet peut servir comme un élément de base pour d'autres études plus approfondies pour faire intégrer sous des systèmes plus complexes.

Pour les problèmes rencontrés au cours de ce projet. Une telle réalisation n'est pas dénuée de difficultés. Il est à noter que nous nous sommes confrontées à plusieurs problèmes, nous citons les suivants :

- Le manque de matériels et des capteurs médicaux.
- Nous n'avons pas eu la chance d'effectuer des tests hospitaliers sur les malades.
- Des notions que nous n'avons pas vu durant notre cursus : Fritzing, l'IA et Deep Learning.

Cependant, on peut dire que malgré ces difficultés, les résultats obtenus grâce à cette étude, qu'ils soient pratiques ou théoriques, ouvrent la porte à d'autres études plus approfondies.

Perspective de notre projet :

- Créer une application professionnelle fournit spécialement pour l'appareil.
- Effectuer des tests réels sur les patients atteints de maladies cardiaques au niveau de l'hôpital, et interpréter les résultats avec des médecins spécialistes.

Bibliographie

- [1] C. Locqueneux, LE GUIDE DE LA MAISON ET DES OBJETS CONNECTES Domotique, smart home et maison connectée, 2016.
- [2] «yahoo,» [En ligne]. Available: <https://fr.search.yahoo.com/search?fr=mcafee&type=E210FR91105G0&p=la+fi+rme+>. [Accès le 10 04 2022].
- [3] S. b. e. F. m.-f. Pierre-Jean Benghozi, L'internet des objets, la Maison des sciences de l'homme, 2009.
- [4] Y. Chellal, «« Sécurité de l'Internet des Objets : vers une approche cognitive et systémique »,», Université de Technologie de Compiègne, télécommunications, 2012.
- [5] K. ADEL, «La maison intelligente,» Université virtuelle de Tunis, Nouvelles Technologies des Télécommunications et Réseaux , 2017 / 2018.
- [6] «Quand santé rime avec IoT,» 27 11 2018. [En ligne]. Available: <https://www.sqli-digital-experience.com/blog-fr/quand-sante-rime-avec-iot>. [Accès le 10 04 2022].
- [7] [En ligne]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/les-usages-des-objets-connect%C3%A9s-en-m%C3%A9decine-liot-m%C3%A9dical-kruglei>. [Accès le 15 04 2022].
- [8] [En ligne]. Available: <https://www.orange.com/fr/actualites/2017/Decembre/IoT-et-sante-du-bien-etre-a-lameilleure-gestion-de-sa-sante>. [Accès le 15 04 2022].
- [9] «Contraintes cardiovasculaires au vent arrière en formula,» 07 avril 2009. [En ligne]. Available: <https://bedleguen.wordpress.com/2009/04/07/contraintes->

Références bibliographiques

- cardiovasculaires-au-vent-arriere-en-formula/. [Accès le 20 04 2022].
- [10] B. Radhwane, «« analyse du signal ECG par réseau adaptif d'ondelettes envue de la reconnaissance de pathologies cardiaques »,» Thèse doctorat, université abouBekerBelkaid de Tlemcen, avril 2013.
- [11] NASRKAId Ali Moulhi, ««exploration cardiovasculaire par étude corrélative des activités électriques et hémodyalyse cardiaques et l'activité rhéologique parti,» Mémoire de magister, 2012.
- [12] «Schema du circuit sanguin,» [En ligne]. Available: <https://www.researchgate.net/profile/Ouelli-Abdelhaq/publication/301285813/figure/fig2/AS:613878094372918@1523371351976/3-Schema-du-circuit-sanguin-La-couleur-bleue-indique-que-le-sang-est-pauvre-en.png>. [Accès le 22 04 2022].
- [13] «Maladies cardiovasculaires,» [En ligne]. Available: <https://www.frm.org/recherches-maladies-cardiovasculaires#:~:text=Les%20maladies%20cardiovasculaires%20regroupent%20les,encore%20les%20accidents%20vasculaires%20c%C3%A9r%C3%A9braux>. [Accès le 22 04 2022].
- [14] «L'activité électrique du cœur,» 23 août 2016. [En ligne]. Available: <https://www.fedecardio.org/je-m-informe/l-activite-electrique-du-coeur/>.
- [15] P. Taboulet, «Repolarisation atriale,» 02 avril 2022. [En ligne]. Available: <https://www.e-cardiogram.com/repolarisation-atriale/#:~:text=Restauration%20du%20potentiel%20de%20repos,n'est%20g%C3%A9n%C3%A9ralement%20pas%20visible..> [Accès le 22 04 2022].
- [16] A. VANNIEUWENHUYZE, Intelligence artificielle vulgarisée: le machine et le deep learning par la pratique, 2019.
- [17] K. D. Foote, A brief history of deep learning, ” DATAVERSITY, 2017.
- [18] D. Belhaouci, «Démystifier le Machine Learning , Partie 2 : les Réseaux de

Références bibliographiques

- Neurones artificiels,» [En ligne]. Available: <https://www.juripredis.com/fr/blog/id-19-demystifier-lemachine->.
- [19] V. Sethi, «Types of Neural Networks (and what each one does!) Explained,» towards data science,» towards data science, [En ligne]. Available: : <https://towardsdatascience.com/types-of-neural-network-and-what-each-one-does-explained-d9b4c0ed63a1>. [Accès le 25 04 2022].
- [20] A. PAI, «CNN vs. RNN vs. ANN – Analyzing 3 Types of Neural Networks in Deep Learning,»analytics vidhya,» [En ligne]. Available: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/02/cnn-vs-rnn-vs-mlp-analyzing-3-types-of-neural-networks-in-deep-learning/>. [Accès le 07 juin 2022].
- [21] S. e. a. Śmigiel, «ECG Signal Classification Using Deep Learning Techniques Based on the PTB-XL Dataset,» National Library of Medecin, 2021. [En ligne]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8469424/>. [Accès le 07 06 2022].
- [22] W. V. A. G. A. Pedrycz, «Information granulation for concept formation. Proceedings of ACM Symposium on Applied Computing,» *Villa Como*, p. 484–489, 2000.
- [23] W. G. A. Pedrycz, «Information granulation and signal quantization,» *Kybernetes* 30(2), p. 179–192, 2001.
- [24] W. G. A. Pedrycz, «Temporal granulation and its application to signal analysis,» *Inform. Sci*, pp. 143, 47–71, 2002.
- [25] A. P. W. Gacek, «Logic characterization and classification of ECG signals. In: Leonides C.T (ed.) Medical Imaging Systems Technology. Methods in Cardiovascular and Brain Systems,» p. 183–206, 2005.
- [26] A. P. W. Gacek, «A granular description of ECG signals,» 2006.
- [27] G. P. W. Bortolan, «Fuzzy descriptive models: an interactive framework of information granulation,» p. 743–755, 2002.

Références bibliographiques

- [28] G. P. Bortolan, «An interactive framework for an analysis of ECG signals,» p. 109–132, 2002.
- [29] A. J. z. J. Gacek, «Representation of ECG signals using the segmentation technique.,» p. 33–43, 2003.
- [30] A. J. z. J. Gacek, «w-FCM: clustering with weights and its application to ECG signal analysis,» p. 931–941, 2003.
- [31] A. P. Gacek, «A genetic segmentation of ECG signals,» p. 1203–1208, 2003.
- [32] M. C. S. Rosaria, «Artificial neural networks for automatic ECG analysis’,IEEE Trans,» *IEEE Trans. Signal Processing*, p. 1417–1425, 1998.
- [33] H. J. V. G. Mark, «Using artificial neural network for classifying ICU patient states,» *IEEE EMB Mag*, p. 41–47, 1997.
- [34] H. J. V. G. Mark, «Using artificial neural network for classifying ICU patient states,» *IEEE EMB Mag*, p. 41–47, 1997.
- [35] E. L. J. L. Williams, «Comparison of multi-group logistic and linear discriminant ECG and VCG classification,» *J. Electrocardio*, p. 83–92, 1987.
- [36] R. M. S. G. G. C. S. A. B. D. A. Coast, «An approach to cardiac arrhythmia analysis using hidden Markov models,» *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, p. 826–836, 1990.
- [37] C. M. R. Silipo, «Artificial neural networks for automatic ECG analysis,» *IEEE Trans. Signal Processing*, p. 1417–1425, 1998.
- [38] M. F. S. Barro, «Classifying multi-channel ECG patterns with adaptive neural network,» *IEEE EMB Mag*, p. 45–55, 1998.
- [39] T. Olmez, «Classification of ECG waveforms using RCE neural network and genetic algorithm,» *Electronics Letters*, p. 1561–1562, 1997.
- [40] A. e. P. GACEK, ECG signal processing, classification and interpretation: a

Références bibliographiques

comprehensive framework of computational intelligence, Springer Science & Business Media, 2011.

- [41] G. G. A. Nagpal, «Python for Data Analytics, Scientific and Technical Applications,» IEEE Xplore,» 19 février 2019. [En ligne]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8701341>. [Accès le 10 06 2022].

Résumé :

Actuellement, l'évolution dans le monde des technologies de l'information et de télécommunication interagit dans plusieurs domaines stratégiques. Le concept IoT (internet des objets) révolue considérablement notre mode de vie en la simplifiant. L'usage des objets connectés en médecine devient de plus en plus courant. Aujourd'hui, la digitalisation et l'IoT, sont devenus des éléments importants dans ce secteur. Notre travail vise l'élaboration d'un appareil de surveillance médical pour la suivie des patients atteindre de maladies chroniques. Ce dispositif cible principalement les patients atteindre de maladies cardiaques, mais il peut aussi servir toutes les autres catégories. Il ouvre des champs d'application pour les professionnels de la médecine. Cette innovation apportera des solutions et de nombreux changements dans l'organisation des soins médicaux. L'IoT dans sa globalité, le système cardiovasculaire et la technologie de Deep Learning et l'IA et au final la réalisation de notre système de surveillance à partir des théories et des pratiques que nous avons acquises.

Mots clés : IoT, AI, e-santé, ARDUINO, Apprentissage en profondeur,

Abstract:

Currently, developments in the world of information and telecommunications technologies interact in several strategic areas. The IoT (Internet of Things) concept has significantly changed our way of life by simplifying it. The use of connected objects in medicine is becoming more and more common. Today, digitalization and IoT have become important elements in this sector. Our work is aimed at developing a medical surveillance device for monitoring patients with chronic diseases. This device primarily targets patients with heart disease, but it can also serve all other categories. It opens up fields of application for medical professionals. This innovation will bring solutions and many changes in the organization of medical care. IoT as a whole, the cardiovascular system and Deep Learning technology and AI and ultimately the realization of our surveillance system based on the theories and practices we have learned.

Keywords: IoT, AI, e-health, ARDUINO, Deep Learning,

ملخص:

حالياً، تتفاعل التطورات في عالم تكنولوجيات المعلومات والاتصالات السلكية واللاسلكية في عدة مجالات استراتيجية. لقد غير مفهوم إنترنت الأشياء أسلوب حياتنا بشكل كبير من خلال تبسيطه. أصبح استخدام الأشياء المتصلة في الطب أكثر شيوعاً. اليوم، أصبحت الرقمنة وإنترنت الأشياء عنصرين مهمين في هذا القطاع. يهدف عملنا إلى تطوير جهاز مراقبة طبية لمراقبة المرضى المصابين بأمراض مزمنة. يستهدف هذا الجهاز بشكل أساسي المرضى الذين يعانون من أمراض القلب، ولكن يمكنه أيضاً خدمة جميع الفئات الأخرى. يفتح مجالات التطبيق للمهنيين الطبيين. سيؤدي هذا الابتكار إلى حلول والعديد من التغييرات في تنظيم الرعاية الطبية. إنترنت الأشياء ككل، نظام القلب والأوعية الدموية وتكنولوجيا التعلم العميق والذكاء الاصطناعي، وفي النهاية تحقيق نظام المراقبة لدينا بناءً على النظريات والممارسات التي تعلمناها.

الكلمات الرئيسية: إنترنت الأشياء، الذكاء الاصطناعي، الصحة الإلكترونية، أردوينو، التعلم العميق،