

VOLET DE GENERALITE

La santé est la condition normale et naturelle de tous les êtres vivants, car cette capacité est inhérente à la vie. Donc, elle est perçue comme une ressource de la vie quotidienne, et non comme le but de la vie. La maladie désigne un ensemble d'altération qui engendre un mauvais fonctionnement de l'organisme en redondance, une influence négative sur la santé d'une personne. Cette dernière qui souffre, nécessitant un traitement thérapeutique. Dans ce contexte, le suivi de patients constitue aujourd'hui la majeure partie des activités médicales, que ce soit en ambulatoire comme en établissements de santé qui est un lieu de prise en charge de ses besoins en matière de santé. Le parcours de soins de ces patients s'étale dans la durée et fait appel à l'ensemble des compétences des différents professionnels s'intervenant dans la prise en charge.

Ce volet sera consacré sur la présentation des généralités des concepts de base. Il est composé du deuxième chapitre intitulé généralité et champs d'application. Le présent chapitre comprend deux sections dont la première est constitué des approches conceptuelles où nous prélèveront les définitions des différents mots clés ou concepts de base liés de près ou de loin à notre sujet de recherche et la seconde section est celle de l'étude et de la compréhension du domaine hébergent en son sein notre sujet de recherche. Le troisième chapitre qui présentera les solutions déjà proposer autour de notre problématique sera intitulé état de l'art et sera clôturer par une section concentre à la démarcation. À la fin de ce volet une synthèse conclusive sera proposer en guise de brève rappelle des thématiques débattue tout le long de ce volet.

SOMMAIRE

Volet de généralité	- 1 -
sommaire	- 2 -
CHAPITRE. II. GÉNÉRALITÉ ET CHAMPS D'APPLICATION	- 3 -
II.1. INTRODUCTION	- 3 -
II.2. Première section : aperçu thématique	- 3 -
A. Le système de santé	- 3 -
B. la E-Santé.....	- 4 -
C. Les ressources médicales	- 4 -
D. L'intelligence artificielle	- 4 -
E. Le chatbot.....	- 5 -
F. La réalité virtuelle.....	- 5 -
G. Le big-data.....	- 6 -
II.3. Deuxième section : champs d'application	- 6 -
II.3.1. Automatisation de la détection.....	- 7 -
II.3.1.A. intelligence artificielle	- 7 -
A.1. Intelligence artificielle pour l'imagerie médicale	- 9 -
A.2. Le Machine Learning	- 10 -
A.3. Le Deep Learning	- 12 -
II.3.1.B. LE BIG DATA ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIEL	- 15 -
II.3.1.C. LA PRISE DE DÉCISION ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIEL	- 16 -
II.3.2. La santé numérique et le chatbot	- 17 -
II.3.2.1. La e-santé	- 17 -
II.3.2. Les agents conversationnels : Chatbot	- 18 -
II.3.2.A. La technologie sous-jacente.....	- 19 -
II.3.2.B. Organisation d'un outil de chatbot	- 19 -
II.3. conclusion	- 21 -
Références	- 22 -

CHAPITRE. II. GÉNÉRALITÉ ET CHAMPS D'APPLICATION

II.1. INTRODUCTION

L'importance des travaux de recherches dans le domaine de santé a pris une nouvelle dimension au cours des deux décennies passées. En effet, confrontés à un contexte socio-économique difficile, et des insatisfactions observées auprès de demandeur des soins, la majorité des établissements hospitaliers du monde entier doivent se plier à de nouvelles règles de gestion afin de minimiser les coûts engendrés et de maximiser le confort et le soin des patients. Voilà la raison poussant un bon nombre de chercheur à construire des thématiques autour du monitoring, de l'e-santé, du healthCare, du système informatique hospitalière, etc. tentant d'apporter des nouvelles stratégies d'organisation et de planification dédiées au milieu hospitalier.

Aujourd'hui, le système hospitalier n'est plus abordé d'un seul revers ou même en utilisant une seule technologie mais c'est en combinant deux, trois voire même quatre disciplines qui nous redonne un peu cette lueur d'espoir de courir à une condition de vie sanitaire stable.

L'incompréhension et le non familiarisation de certains concepts cités ou non dans ce paragraphe sera bien définie dans la section ci-dessous.

II.2. PREMIERE SECTION : APERÇU THEMATIQUE

A. LE SYSTEME DE SANTE

Un système de santé désigne l'ensemble des organisations, institutions et ressources consacrées aux soins. En France, il regroupe les activités sanitaires, sociales et médico-sociales et s'organise aux niveaux national, régional et local à travers une grande diversité d'acteurs (vie-publique-fiche thématique, 2023).

Dans son rapport intitulé "Des systèmes de santé renforcés sauvent plus de vies", l'Organisation mondiale de la santé (OMS) définit les systèmes de santé comme *"la totalité des organisations, institutions et ressources consacrées à la production d'actions visant principalement à améliorer, maintenir ou restaurer la santé"*. En France, le système de santé s'appuie sur différents types de structures :

- Sanitaires (qui s'occupent de la prise en charge hospitalière) ;
- Médico-sociales et sociales (à destination de publics âgés, handicapés ou considérés comme fragiles) ;
- Ambulatoires (qui dispensent des soins dits "de ville").

Il implique ainsi plusieurs types d'acteurs :

- Les offreurs de soins ;
- Les producteurs de biens et services en santé ;
- Des institutions publiques ;
- Des financeurs ;
- Les bénéficiaires (patients, proches aidants), qui font vivre la démocratie sanitaire.
- L'ensemble de ces acteurs s'organisent aux niveaux national, régional et local (OMS, 2023).

B. LA E-SANTE

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la e-santé se définit comme « les services du numérique au service du bien-être de la personne » c'est-à-dire comme l'application des technologies de l'information et de la communication (TIC) au domaine de la santé et du bien-être. La télémédecine est une activité professionnelle qui met en œuvre des moyens de télécommunications numériques permettant à des médecins et à d'autres membres du corps médical de réaliser à distance des actes médicaux, alors que la télésanté concerne l'utilisation des systèmes de communication pour protéger et promouvoir la santé.

La e-santé, ou santé électronique, décrit l'ensemble des moyens et services liés à la santé qui utilisent les nouvelles technologies de l'information et de la communication. La e-santé fait appel à Internet, aux applications pour smartphones et aux objets connectés (science, 2023).

C. LES RESSOURCES MEDICALES

Par ressource du système de santé, on désigne l'ensemble des facteurs qui concourent, en se recombinaient entre autre la documentation, la finance, les différents appareils, à l'amélioration de la santé de la population, soit par le diagnostic et le traitement des pathologies, soit par leur prévention (Maes, 2018).

D. L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'intelligence artificielle (IA) est un processus d'imitation de l'intelligence humaine qui repose sur la création et l'application d'algorithmes exécutés dans un environnement informatique dynamique. Son but est de permettre à des ordinateurs de penser et d'agir comme des êtres humains (netapp, 2023).

Pour y parvenir, trois composants sont nécessaires :

- Des systèmes informatiques ;
- Des données avec des systèmes de gestion ;
- Des algorithmes d'IA avancés (code)

Pour se rapprocher le plus possible du comportement humain, l'intelligence artificielle a besoin d'une quantité de données et d'une capacité de traitement élevées.

Selon Sage Advices, L'intelligence artificielle (IA) est une branche de l'informatique dédiée à la conception de machines capables d'imiter le cerveau humain dans des tâches telles que l'apprentissage ou le raisonnement. C'est une science interdisciplinaire qui implique un ensemble de logiciels, de logiques, de calculs et de disciplines philosophiques qui ont pour objectif d'amener les ordinateurs à exécuter des fonctions jusqu'alors perçues comme étant propres à l'homme (Sage advices, 2023).

E. LE CHATBOT

Au niveau le plus fondamental, un chatbot est un programme informatique qui simule et traite une conversation humaine (écrite ou parlée), permettant aux humains d'interagir avec des terminaux digitaux comme s'ils communiquaient avec une personne réelle. Les chatbots peuvent être aussi simples que des programmes rudimentaires répondant à une requête simple avec une réponse sur une seule ligne, ou aussi sophistiqués que des assistants digitaux qui apprennent et évoluent pour fournir des niveaux de personnalisation croissants à mesure qu'ils collectent et traitent des informations (Oracle, 2023).

Un chatbot est un terme anglais qui désigne un robot conversationnel capable de donner l'illusion de tenir une discussion et de répondre à des questions de la part des internautes. Les chatbots jouent un rôle grandissant dans le commerce conversationnel où les échanges ont lieu en langage naturel.

Le chatbot fait son entrée officielle dans le dictionnaire français Le Petit Robert en 2019 sous la définition « agent conversationnel ». Il s'agit d'un robot (terme contracté en « bot ») capable de simuler une conversation (un « chat » en anglais), plus ou moins simple, avec un être humain. Le chatbot interprète un message émis par l'utilisateur et lui répond, généralement par une action prédéterminée ou acquise. Le chatbot est un nouveau canal de communication digitale, au même titre que les sites internet et les applications mobiles en leur temps (lab-e-santé, 2020).

F. LA REALITE VIRTUELLE

La réalité virtuelle (ou Virtual Reality en anglais) est une expression qui désigne les dispositifs permettant de simuler numériquement un environnement par la machine (ordinateur). Selon les technologies employées, elle permet à l'utilisateur de ressentir un univers virtuel par le biais de ses différents sens : la vue le plus souvent mais aussi le toucher, l'ouïe, l'odorat (Artefacto, 2023).

La réalité virtuelle permet donc à une personne de vivre une expérience d'immersion et de mener une activité senso-motrice dans un monde artificiel. Pour garantir une immersion totale, l'utilisateur se sert d'un casque de réalité virtuelle. Celui-ci utilise le principe d'affichage en 3D stéréoscopique pour placer le visualisateur dans un monde virtuel généré par une machine

"La réalité virtuelle est l'ensemble des sciences et technologies qui permettent à un utilisateur de se sentir présent dans un environnement artificiel. Ainsi la finalité de la réalité virtuelle est de permettre à un ou plusieurs utilisateurs une activité sensori-motrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel."

Contrairement à la réalité augmentée, la réalité virtuelle est une technologie qui vise donc à "plonger" un utilisateur dans un environnement artificiel, tout en lui permettant d'interagir intuitivement et naturellement avec cet environnement virtuel (clarte, 2023).

Dans le cadre professionnel, les usages de la réalité virtuelle sont nombreux. Celle-ci peut intervenir à différentes étapes, en phase de conception ou revue de projet, dans un objectif de prévention ou formation, comme outil d'aide à la vente... Elle s'applique à de nombreux domaines comme ceux de l'industrie, de l'éducation, de la santé, de la défense, du sport...

G. LE BIG-DATA

Avant de définir le Big Data, ou les méga données, il est important de bien comprendre ce que sont les données. Ce terme définit les quantités, les caractères ou les symboles sur lesquels des opérations sont effectuées par un ordinateur. Les données peuvent être stockées ou transmises sous forme de signaux électriques et enregistrées sur un support mécanique, optique ou magnétique.

Le terme de Big Data désigne de vastes ensembles de données collectées par les entreprises, pouvant être explorées et analysées afin d'en dégager des informations exploitables ou utilisées pour des projets de Machine Learning (datascientest, 2023).

On définit souvent le Big Data par les « 3 V » qui le caractérisent : le volume et la variété des données, et la vitesse avec laquelle elles sont générées, collectées et traitées. C'est ce qui différencie les « méga données » des données traditionnelles.

La définition du Big Data est la suivante : des données plus variées, arrivant dans des volumes croissants et à une vitesse plus élevée. C'est ce que l'on appelle les trois « V ».

En d'autres termes, le Big Data est composé de jeux de données complexes, provenant essentiellement de nouvelles sources. Ces ensembles de données sont si volumineux qu'un logiciel de traitement de données traditionnel ne peut tout simplement pas les gérer. Mais ces énormes volumes de données peuvent être utilisés pour résoudre des problèmes que vous n'auriez jamais pu résoudre auparavant (oracle, 2023).

II.3. DEUXIEME SECTION : CHAMPS D'APPLICATION

Seuls ceux qui ont vécu dans une caverne ces dix dernières années ont pu ignorer l'incroyable révolution de l'apprentissage automatique, ou Machine Learning (ML) ou abusivement appelle intelligence artificiel (IA). Il ne se passe plus une semaine sans qu'il ne fasse parler de lui : cela a commencé par de formidables progrès en reconnaissance d'images, puis en analyse de la voix, le programme Watson d'IBM¹ est ensuite devenu champion du jeu de Jeopardy, on a vu les premières voitures autonomes de Google sillonner les routes, puis le programme Alpha GO² de DeepMind a vaincu le champion du monde du jeu de go, le logiciel Libratus³ de l'université Carnegie Mellon a écrasé des champions de poker, des patients paralytiques ont pu contrôler le mouvement de leurs membres par la pensée, grâce à un programme qui avait appris à déchiffrer certaines de leurs ondes cérébrales... bref, les succès s'enchaînent et ne se ressemblent pas. Il y a dix ans, de telles intelligences artificielles n'existaient que dans les romans de science-fiction.

L'intelligence artificielle (IA) engendre beaucoup de fantasmes et de craintes, notamment parce qu'elle permet d'autonomiser certaines tâches de manière accrue, jouant ainsi un rôle majeur dans les mutations du travail. On parle d'une technologie qui va se substituer au travail humain et faire disparaître le travail ou, à tout le moins, le raréfier. Mais ce qui va jouer sur les mutations du travail, ce n'est pas tant l'existence de l'IA ou ses progrès, que la manière dont elle sera déployée dans les organisations et les gains de productivité attendus.

¹ Le programme Watson d'IBM

² Le programme Alpha GO de DeepMind

³ Le logiciel Libratus de l'université Carnegie Mellon

En matière de technologie et de travail en général, il n'y a pas de fatalisme, mais des choix et des orientations stratégiques portés par les dirigeants d'organisations, publiques comme privées, dans un contexte spécifique (économique, sociale, technologique, démographique...). C'est la combinaison de tous ces facteurs qui déterminera en grande partie les effets et les usages de l'IA sur le travail, que ce soit au niveau des pratiques, du contenu, des conditions ou encore des relations entre collègues, clients ou usagers.

II.3.1. AUTOMATISATION DE LA DETECTION

Ce n'est que lorsque nous essayons d'écrire un programme pour imiter le raisonnement des experts médicaux sur un ordinateur que nous pouvons commencer à apprécier pleinement la véritable complexité des tâches visuelles, de l'audition, de l'analyse du traitement et de la compréhension effectuée par leur cerveau. La simplicité de l'extraction des informations pertinentes des images est très trompeuse. L'approche de l'apprentissage automatique est très différente. Au lieu de coder manuellement les règles explicites qui imitent l'approche des cardiologues, nous spécifions un modèle d'apprentissage et laissons l'algorithme d'apprentissage déterminer automatiquement un ensemble de règles en examinant les données, c'est-à-dire en entraînant le modèle. Dans le cadre de l'apprentissage supervisé, un ensemble d'exemples ainsi que les résultats souhaités (par exemple, des images et leurs segmentations respectives) sont présentés à l'algorithme d'apprentissage. L'algorithme sélectionne ensuite les règles qui transforment le mieux les entrées en sorties souhaitées. Il est important que le modèle appris soit généralisable, c'est-à-dire qu'il puisse prédire de manière fiable les résultats pour des images non vues auparavant, tout en ignorant les différences d'acquisition non pertinentes.

II.3.1.A. INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'intelligence artificielle (IA) est une discipline jeune d'une soixantaine d'années, qui est un ensemble de sciences, théories et techniques (notamment logique mathématique, statistiques, probabilités, neurobiologie computationnelle, informatique) qui ambitionne d'imiter les capacités cognitives d'un être humain (Stephan, 2018). Initiée dans le souffle de la seconde guerre mondiale, ses développements sont intimement liés à ceux de l'informatique et ont conduit les ordinateurs à réaliser des tâches de plus en plus complexes, qui ne pouvaient être auparavant que déléguées à un humain.

La paternité du terme « IA » pourrait être attribué à **John McCarthy** du MIT (Massachusetts Institute of Technology), terme que **Marvin Minsky** (université de Carnegie-Mellon) définit comme « *la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont, pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique* ». En 1956, le séminaire de Dartmouth a réuni pendant dix semaines des scientifiques de très haut rang pour définir l'intelligence artificielle. Parmi eux se trouvaient **John McCarthy**, **Marvin Minsky** (cofondateur du laboratoire d'intelligence artificielle au MIT, père des réseaux de neurones), **Herbert Simon** (prix Nobel d'économie 1978, inventeur de la rationalité limitée) et **Claude Shannon** (inventeur de la théorie de l'information) (McCarthy, 1995).

Le terme d'intelligence artificielle a été évoqué pour la première fois en 1950 par **Alan Turing**. Ce mathématicien a élaboré un test permettant de vérifier la capacité d'un système à faire preuve d'intelligence humaine. De nos jours, le test de Turing est toujours utilisé pour

mesurer l'intelligence de certaines machines. Depuis, les algorithmes d'intelligence artificielle contemporains s'attaquent principalement à deux types de problèmes : la première catégorie contient les problèmes qui sont facilement décrits à l'aide d'équations et de relations mathématiques sophistiquées, tandis que la seconde catégorie est constituée de problèmes difficiles à formuler.

Figure 1 : ». En 1956, le séminaire de Dartmouth



Un exemple de la première catégorie est "Deep Blue"⁴. Garry Kasparov, le champion du monde d'échecs, a été battu début 1997 par un algorithme informatique appelé Deep Blue. En effet, le jeu d'échecs est limité à 64 cases et 32 pièces et donc à un nombre maximum de coups. Cependant, pour le cerveau humain, l'exploration de tous les coups possibles semble un processus difficile et très lent comparé aux algorithmes informatiques effectuant la même tâche. Les problèmes de la deuxième catégorie sont assez différents. Bien qu'ils puissent sembler triviaux pour les humains, ils sont d'une difficulté prohibitive pour être formulés en équations mathématiques simples comme les problèmes de reconnaissance faciale ou d'estimation de l'âge par exemple.

La première approche représente tous systèmes dotés de mécanismes de raisonnement capables d'interpréter des données symboliques qui constituent une base de connaissance. Cette approche permet de traiter des questions de logique formelle pour prendre des décisions intelligentes en fonction de règles, faits et raisonnements établis par le savoir humain. La seconde approche, s'inspire du fonctionnement des neurones biologiques. En effet, cette méthode regroupe tous les systèmes composés de sous-élément interconnectés capables de traiter et de communiquer des informations entre eux. En outre, cette intelligence artificielle permet d'extraire des règles implicites contenues dans des bases de données volumineuses. Ces réseaux neuronaux artificiels sont généralement optimisés par des méthodes d'apprentissage afin d'apprendre de leurs erreurs par comparaison statistiques avec les résultats attendus.

Le développement général des volumes de données disponibles et le perfectionnement des nouvelles technologies, plus particulièrement des algorithmes et du matériel informatique, font de la santé un secteur de développement immense et extrêmement diversifié. Le croisement entre l'intelligence artificielle et la médecine permet de concevoir des systèmes

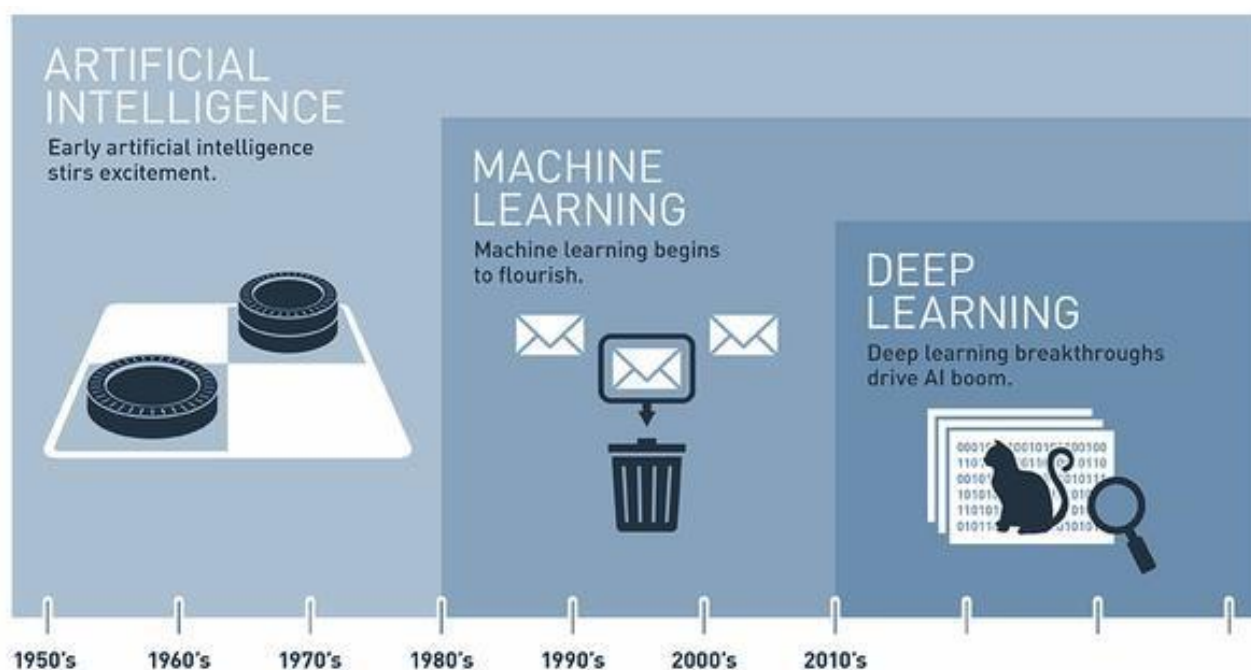
⁴ Deep Blue

plus préventifs et personnalisés, apportant une amélioration du suivi médical des patients et une assistance considérable aux professionnels de santé.

A.1. INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR L'IMAGERIE MEDICALE

L'intelligence artificielle est devenue un acteur majeur de la médecine du futur en proposant des modèles toujours plus préventifs et personnalisés, offrant une amélioration constante de la qualité des soins et une assistance précieuse aux professionnels de santé. Ses applications ont été conçues et appliquées à des pratiques comme l'aide au diagnostic, les opérations assistées et les traitements personnalisés. L'imagerie médicale, et plus particulièrement l'aide au diagnostic, est le secteur de la santé où les recherches et les enjeux sont les plus importants. Le grand enthousiasme et le dynamisme du développement des systèmes d'IA en radiologie sont démontrés par l'augmentation des publications sur ce sujet. Il y a seulement 10 ans, le nombre total de publications sur l'IA en radiologie dépassait tout juste 100 par an. Par la suite, nous avons connu une augmentation considérable, avec plus de 700-800 publications par an en 2016-17. Au cours des deux dernières années, la tomographie assistée par ordinateur (CT) et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) ont collectivement représenté plus de 50 % des articles, bien que la radiographie, la mammographie et l'échographie soient également représentées. La neuroradiologie (évaluée comme l'imagerie du système nerveux central) est la sous-spécialité la plus impliquée (représentant environ un tiers des articles), suivie de la radiologie musculo-squelettique, cardiovasculaire, mammaire, urogénitale, pulmonaire/thorax et abdominale, chacune représentant entre 6 et 9% du nombre total d'articles. L'IA a actuellement un impact sur le domaine de la radiologie, l'IRM et la neuroradiologie étant les principaux domaines d'innovation.

Figure 2 : une équivoque a levée : le Deep Learning, Le Machine Learning, L'intelligence Artificiel



Source : l'intelligence humaine associée à l'informatique cognitive (Cogito, 2019).

A.2. LE MACHINE LEARNING

L'apprentissage machine est une science qui consiste à faire en sorte qu'un ordinateur agisse sans le programmer. Le Deep Learning en est un sous-ensemble, qui peut être considéré comme l'automatisation de l'analyse prédictive. Il en existe trois types différents. Tout d'abord, l'apprentissage supervisé, où les ensembles de données sont étiquetés pour que des modèles soient détectés puis réutilisés. Puis, l'apprentissage non supervisé, où les ensembles de données ne sont pas étiquetés, mais sont triés en fonction des similarités ou des différences. Et enfin, l'apprentissage renforcé, où les ensembles de données ne sont pas étiquetés, mais l'IA reçoit un feedback de rétroaction après l'action (actualiteinformatique, 2023).

A.2.1. LES TYPES D'APPRENTISSAGE MACHINE

En apprentissage automatique, il existe deux types de données : les données étiquetées et les données non étiquetées. Si nous avons des données étiquetées, cela signifie que nos données sont marquées, ou annotées, pour montrer la cible, qui est la réponse souhaitée que notre modèle d'apprentissage automatique prédise. La nature de ces données identifie quatre catégories principales d'apprentissage utilisées aujourd'hui : l'apprentissage supervisé, l'apprentissage non supervisé, l'apprentissage semi-supervisé et l'apprentissage par renforcement. Nous détaillerons ces catégories dans les paragraphes suivants.

APPRENTISSAGE SUPERVISE

L'apprentissage supervisé traite ou apprend avec des données étiquetées. Cela implique que les données doivent être déjà étiquetées avec les bonnes réponses. L'apprentissage supervisé peut être assimilé à un enseignant qui utilise ses connaissances pour enseigner et corriger les erreurs d'un apprenant. Cette analogie est utilisée par les algorithmes d'apprentissage supervisé pour apprendre à partir des données. Lorsque l'algorithme fait une prédiction sur un exemple, sa fiabilité peut être calculée en connaissant la réponse correcte qui correspond à l'exemple.

L'apprentissage supervisé englobe deux familles d'algorithmes : les algorithmes de classification lorsque la variable de sortie est une catégorie (chat ou chien par exemple) et les algorithmes de régression quand la variable de sortie est une valeur réelle (prix, poids, surface...).

APPRENTISSAGE NON SUPERVISE

L'apprentissage non supervisé consiste à entraîner un algorithme en utilisant des informations qui ne sont ni classées ni étiquetées et lui permettre d'agir sur ces informations sans aucun guidage. Dans ce cas, sa mission consiste à regrouper des informations non triées en fonction de similitudes, de caractéristiques et de différences. Contrairement à l'apprentissage supervisé, aucun enseignant n'est fourni, ce qui signifie qu'aucune instruction ne sera donnée. Par conséquent, l'algorithme doit trouver les relations implicites dans les données non étiquetées par lui-même. L'apprentissage non supervisé englobe deux familles d'algorithmes : les algorithmes de regroupement (clustering) et les algorithmes d'association. Les premiers consistent à découvrir les regroupements inhérents aux données (par exemple

en regroupant les clients par leur comportement d'achat) alors que les derniers consistent à découvrir des règles qui décrivent une grande partie des données (par exemple, les personnes qui achètent X ont également tendance à acheter Y).

APPRENTISSAGE SEMI-SUPERVISE

L'apprentissage semi-supervisé est un problème d'apprentissage qui implique un petit nombre d'exemples étiquetés et un grand nombre d'exemples non étiquetés. Les problèmes d'apprentissage de ce type sont complexes car ni les algorithmes d'apprentissage supervisé ni les algorithmes d'apprentissage non supervisé ne sont capables d'utiliser efficacement les ensembles de données étiquetées et non étiquetées. L'apprentissage supervisé donne plus d'information, mais peut être très coûteux en quantité de données et temps de calcul alors que l'apprentissage non supervisé est plus automatisé, mais les résultats peuvent être beaucoup moins précis. L'apprentissage semi-supervisé combine quant à lui l'utilisation de données étiquetées et non étiquetées pour obtenir "le meilleur des deux" approches. Son principe est alors de modifier, ou de réorganiser, les hypothèses effectuées sur le modèle à partir des données d'apprentissage (ensemble en général petit) pour trouver la configuration la plus adaptée la fois aux données d'apprentissage et aux données de test. La plus grande utilité de cette approche est la capacité de labéliser les données non étiquetées en données étiquetées. Les données étiquetées sont comparativement plus coûteuses, difficiles et fastidieuses à acquérir que les données non étiquetées. Une autre utilité est de réduire le nombre de paramètres à apprendre pour prédire les données étiquetées à l'aide de tâches fictives.

APPRENTISSAGE PAR RENFORCEMENT

L'apprentissage par renforcement consiste à entraîner des modèles d'apprentissage automatique à prendre une séquence de décisions. Le modèle apprend à atteindre un objectif dans un environnement incertain et potentiellement complexe. Dans l'apprentissage par renforcement, il est confronté à une situation semblable à un jeu. Il procède par essais et erreurs pour trouver une solution au problème. Pour amener la machine à faire ce que le programmeur veut, le modèle reçoit des récompenses ou des pénalités pour les actions qu'il réalise. Son objectif est de maximiser la récompense totale. Bien que le développeur définisse la politique de récompense (c'est-à-dire les règles du jeu), il ne donne au modèle aucune indication ou suggestion sur la façon de résoudre le jeu. C'est au modèle de trouver comment accomplir la tâche pour maximiser la récompense, en commençant par des essais totalement aléatoires et en finissant par des tactiques sophistiquées et des compétences supérieures. L'apprentissage par renforcement a été appliqué avec succès à des problèmes variés, tels que le contrôle robotique, le pendule inversé, la planification de tâches, les télécommunications, le backgammon et les échecs.

Durant ce mémoire, nous avons fait face à des problématiques de nature segmentation et classification (segmentation des artères, segmentation d'anévrismes, détection des sténoses et classification des plaques). Ces tâches font partie de la discipline de l'apprentissage supervisé car nos modèles apprennent à partir d'un jeu de données annotées par des experts en neurologie et radiologie.

C'est dans ce cadre que nous concentrons les sous-sections suivantes sur l'étude de l'apprentissage supervisé. Nous détaillons sa formulation mathématique, ses principaux défis et les techniques utilisées pour assurer une bonne performance des modèles développés dans ce contexte.

A.2.2. LES MATHEMATIQUES AUTOURS DU MACHINE LEARNING

Pour formaliser ce problème, nous devons d'abord établir une modélisation mathématique de la tâche que nous voulons automatiser. Par conséquent, nous définissons un espace des hypothèses Φ dans lequel nous chercherons une solution. Nous devons également choisir une fonction de coût f qui évalue correctement les performances d'une solution $\phi \in \Phi$ pour l'échantillon des données utilisé. Si le coût d'erreur de f est élevé alors les performances sont faibles, et vice versa. Soit D l'ensemble correspondant à toutes les données relatives à la tâche considérée, $d \in D$, alors le but ultime de l'apprentissage automatique est de trouver une fonction ϕ^* telle que:

Équation 1 : formalisation d'une fonction d'apprentissage

$$\phi^* = \operatorname{argmin}_{\Phi} E_D[f(d, \phi)]$$

En d'autres termes, nous cherchons à trouver une fonction ϕ qui minimise le coût de l'erreur sur l'ensemble des données. Ainsi, si nous avons accès à un ensemble infini de données, le problème d'apprentissage automatique se réduit au problème d'optimisation ci-dessus (en plus du problème de modélisation qui est le choix de Φ). En revanche, c'est rarement le cas et les données sont le plus souvent limitées à un ensemble fini D . Par conséquent, nous ne pouvons pas juger avec précision la fiabilité de la fonction choisie car cet ensemble D peut ne pas représenter la vraie distribution des données de la tâche en question. Dans ce cas, nous faisons face à un problème d'estimation où nous ne pouvons évaluer la performance du modèle que sur un ensemble limité et connu de données.

Cet apprentissage se fait alors dans un espace d'hypothèses Φ avec un ensemble de données fini D . En apprenant de cette manière, le système accumule deux erreurs :

- Une erreur d'approximation (biais) qui est l'erreur provenant de l'apprentissage sur un espace d'hypothèses différent de l'espace réel,
- Une erreur d'estimation (variance) qui est l'erreur résultant de la mauvaise représentation des données par l'hypothèse choisie. Idéalement, nous cherchons à minimiser ces deux erreurs ensemble (risque empirique). Malheureusement, il est généralement impossible de faire les deux en même temps. Ceci est appelé donc le dilemme biais-variance.

A.3. LE DEEP LEARNING

Le Deep Learning ou **apprentissage profond** consiste à ce qu'une intelligence artificielle parvienne à assimiler de nouvelles connaissances à travers un réseau de neurones artificiels. Il s'agit d'une pratique issue de l'apprentissage automatique, également connu sous le terme de machine Learning. Cela permet à une intelligence artificielle (IA) de s'améliorer en intégrant de nouvelles règles. Leur ajout ne fait l'objet d'aucune intervention humaine. L'apprentissage profond utilise alors différentes couches neuronales qui forment un réseau artificiel.

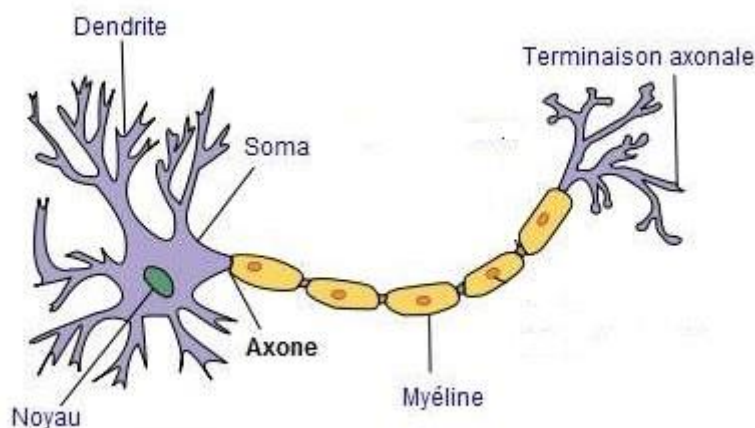
L'apprentissage profond s'appuie sur les réseaux de neurones artificiels convolutifs, dits profonds. Originellement inspiré par des observations en neurosciences sur le fonctionnement du cerveau, ce type de modélisation existe depuis près de soixante ans, après l'invention du Perceptron (Rosenblatt, 1958). Dans un réseau biologique, les données d'entrée proviennent d'un autre neurone qui passe dans la dendrite, le corps cellulaire effectue les calculs et le résultat sort par l'axone (cf. figure 3). Le fonctionnement d'un neurone artificiel est modélisé

sur celui d'un neurone biologique. Il peut réaliser des fonctions logiques, arithmétiques et symboliques complexes. Par contre, sa formulation initiale comportait d'importantes limitations (Marvin Minsky, 1969), notamment l'impossibilité de résoudre des problèmes non linéaires (surtout l'opération XOR). Il a donc été mis de côté jusqu'à l'invention des réseaux neuronaux multicouches artificiels et la rétro propagation (Williams, 1986).

A.3.1. LE NEURONE NATUREL

Le neurone biologique, qu'on peut nommer encore neurone naturel pour le distinguer du neurone artificiel des informaticiens, est une cellule spécialisée de l'organisme. C'est l'unité de base de notre cerveau, qui en contiendrait 86 milliards. Assemblés en réseau, les neurones donnent naissance à la pensée humaine et à ce que nous nommons intelligence. Mais ils ne sont pas les seules cellules du cerveau. D'autres types cellulaires jouent un rôle fondamental et participent au processus neuronal. Sans eux, les neurones ne pourraient exister. Mais seuls les neurones, ou plus exactement leurs propriétés électriques, ont inspiré les inventeurs du neurone artificiel. En effet, le neurone biologique a la particularité de produire, sous certaines conditions, un signal électrique et de le transmettre. C'est par ce signal électrique que se fait la diffusion du message nerveux (David, 2021).

Figure 3 : représentation d'un neurone naturel

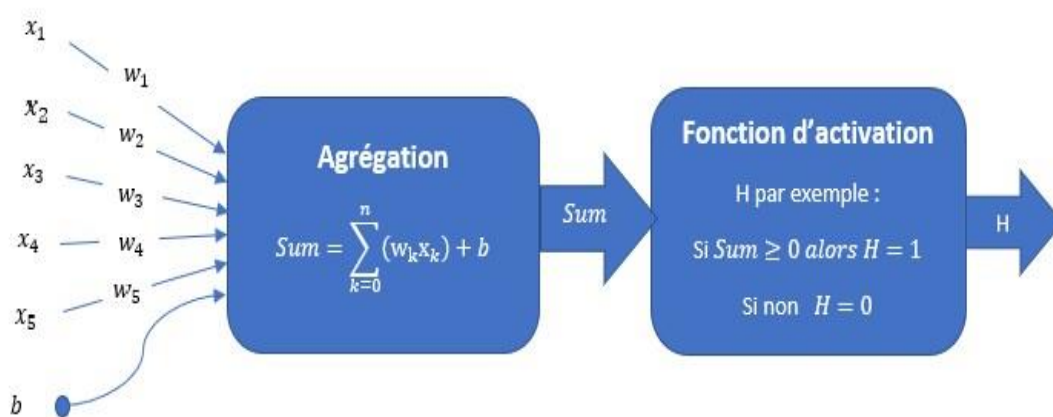


A.3.2. LE NEURONE ARTIFICIEL

I. LE PERCEPTRONS

Le perceptron est une modélisation grossière du fonctionnement des neurones naturels. Cette modélisation est assez intéressante car ainsi le neurone se prête mieux au calcul (au traitement informatique). C'est en effet ce modèle qui définit un neurone artificiel (celui qui est implémenté sur les plateformes informatiques).

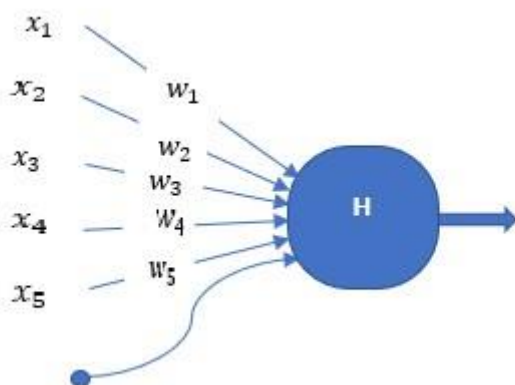
Figure 4 : Neurone Artificiel complet



II. INFLUENCE DU BIAIS

Le biais du neurone est fondamentalement nécessaire. Pour le comprendre, essayons d'explorer plus profondément le fonctionnement du neurone présenté à la première figure 4. Convenons-nous de représenter un neurone et sa fonction d'activation plus simplement par un seul bloc dans lequel sera inscrit uniquement la fonction d'activation. Donc, désormais, un neurone sera de la forme:

Figure 5 : neurone complet



A.3.3. LE RESEAU DE NEURONES ARTIFICIEL : ANN

Le réseau de neurones artificiels (ANN pour Artificial neural network) repose sur la notion perceptrons multicouches (MLP pour Multilayer Perceptrons). Un réseau de perceptrons multicouche peut être vu comme un ensemble d'unités de traitement (neurones), reliées entre elles par des connexions pondérées. Les poids de ces connexions sont les paramètres du modèle. Ces neurones et ces connexions sont organisés par couches : La première couche est appelée couche d'entrée, la dernière couche est appelée couche de sortie et les couches intermédiaires sont appelées couches cachées. Les neurones de ces couches cachées, ainsi que ceux de la couche de sortie, appliquent deux traitements :

- Une combinaison linéaire de leurs entrées (dont les poids sont des paramètres du réseau),

- Une fonction linéaire ou non linéaire appelée fonction d'activation.

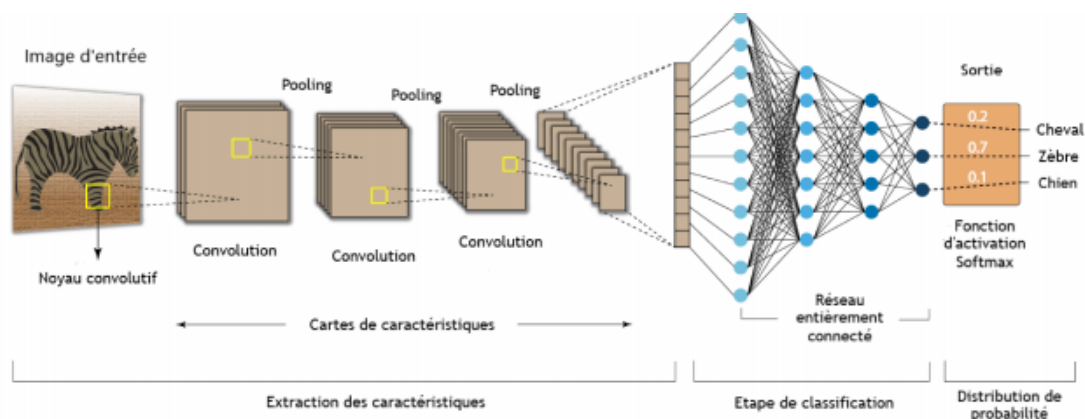
A.3.4. RESEAU DE NEURONES CONVOLUTIFS : CNN

Ce type de réseau s'inspire du fonctionnement biologique du cortex visuel. Les premières tentatives remontent à 1980 avec le néocognitron de **Fukushima** (Kunihiko, 1980), ancêtre des réseaux de neurones convolutifs. **Lecun** et al (Yann Lecun, 1998) se sont inspirés de ce dernier pour proposer le premier exemple de réseau de neurones convolutifs (appelés aussi CNN ou ConvNet) conçu dans le but de la reconnaissance de l'écriture manuscrite. Ce travail innovant a été appelé LeNet-5 et comprenait sept couches différentes avec deux couches de convolution.

Un réseau de neurones convolutifs est un modèle proche d'un réseau de perceptron multicouche. Il repose sur trois principes fondamentaux :

- Les champs réceptifs locaux associés à des convolutions permettent de détecter des caractéristiques élémentaires de l'image, formant ainsi une carte de caractéristiques ;
- Le partage de poids, qui consiste à apprendre les mêmes paramètres (poids) d'une convolution (et par conséquent à extraire les mêmes caractéristiques) pour toutes les positions sur l'image ;
- Les opérations de pooling réduisent la sensibilité aux translations et le coût du traitement de données.

Figure 6 : schéma complet d'un réseau de neurone convolutifs



II.3.1.B. LE BIG DATA ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIEL

Le Big Data et l'intelligence artificielle sont deux technologies inextricablement liées, au point que l'on peut parler d'une Big Data Intelligence. L'IA est devenue omniprésente dans les entreprises de toutes les industries au sein desquelles la prise de décision est transformée par les machines intelligentes. Le besoin en matière de décisions plus intelligentes et de gestion du Big Data sont les critères qui dirigent cette tendance. La convergence entre le Big Data et l'IA semble inévitable à l'heure où l'automatisation des prises de décisions intelligentes se présente comme la prochaine évolution du Big Data. Une agilité en hausse, des processus business plus intelligentes et une meilleure productivité sont les bénéfices les plus probables de cette convergence.

L'évolution de la gestion des données ne s'est pas déroulée sans embûches. Beaucoup de données sont aujourd'hui stockées sur ordinateur, mais il reste encore de nombreuses

informations sur papier, malgré la possibilité de numériser les informations sur papier et de les stocker sur des disques ou dans des bases de données (actualiteinformatique, 2023).

Aujourd'hui, l'usage du machine Learning, des systèmes experts et des technologies analytiques en combinaison avec le Big Data se présente comme l'évolution naturelle de ces deux disciplines. La convergence est inéluctable. L'Internet des Objets représente également une convergence entre Big Data et Intelligence artificielle. Sans un cerveau humain numérisé suffisamment intelligent pour permettre aux humains d'utiliser un réseau IoT capable de traiter, de distribuer et de collecter le Big Data, il ne sera pas possible de mettre en place un tel réseau. Même les capteurs, les puces, les nœuds de réseaux et les logiciels qui permettent de faire fonctionner les réseaux IoT sur le Cloud seront liés à l'intelligence artificielle. Ce phénomène est déjà en place dans le domaine des communications Machine to Machine. La capture de données pour identifier des tendances ou des patterns dans le comportement des clients ou des employés peut être très utile. Toutefois, l'extraction d'un sens, et son automatisation, pour découvrir des méthodes optimales d'améliorer la productivité ou la résolution de problèmes pourrait être encore plus utile. L'intelligence artificielle va être utilisée pour extraire du sens, déterminer de meilleurs résultats, et permettre des prises de décisions plus rapides à partir de sources Big Data massives (datascientest, 2023).

II.3.1.C. LA PRISE DE DÉCISION ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIEL

Quant à la prise de décision, de quoi s'agit-il ? Ce concept est défini comme ceci : " La prise de décision est un processus cognitif complexe, différent de la réaction instinctive et immédiate, visant à la sélection d'un type d'action parmi différentes alternatives. Ce processus est théoriquement basé sur des critères de choix, et sur une analyse des enjeux et des options et conduit à un choix final. " Dans cette définition, nous apprenons donc qu'une prise de décision est un processus qui met en place à la fois l'utilisation des connaissances apprises dans certains environnements pour choisir une action parmi tout un panel, et également l'apprentissage de part ces mêmes environnements qui permettra lors de prochaines prises de décision d'avoir une expérience plus grande afin de choisir l'action qui apportera le meilleur ratio entre le gain et les conséquences.

On peut également définir la prise de décision comme une réaction normale d'un organisme à rechercher comment réagir face à une situation, ou lorsque plusieurs choix s'offrent à ce dernier. De plus il n'est pas nécessaire d'apporter une réponse de vive voix, mais il est très important que la prise de décision se fasse dans un état conscient. Cependant ce n'est pas toujours par la réflexion et le passage vers notre soi conscient que la décision est prise. Certaines décisions sont prises par notre inconscient, les exemples donnés le plus fréquemment sont l'arrêt à un feu rouge lorsque nous sommes au volant d'un véhicule, ou le fait de s'éloigner d'un feu lorsqu'il commence à heurter notre corps. Nous ne réfléchissons pas dans ces cas-là à la décision que nous devons prendre, ainsi nous prenons des décisions sur le coup, pourtant les processus ont bien été mis en place et se sont déroulés de manière inconsciente. On peut donc distinguer deux types de prises de décision :

- Les prises de décision conscientes, où nous réfléchissons et où nous passons consciemment par toutes les étapes de la prise de décision ;
- Les prises de décision inconscientes, où nous ne nous rendons pas compte de ce processus mais qui se produit tout de même, et qui apportent une réponse ;

Si nous avons à imaginer ce que serait une prise de décision visuellement, le plus simple serait de s'imaginer un arbre de décision. Il s'agit là d'un outil qui aide à la prise de décision grâce à la représentation des différents scénarios qui sont proposés et des possibles conséquences de chaque "branche" (chemin qui mène à une action et donc à une récompense). Ainsi, une prise de décision serait constituée essentiellement d'un point de départ, comme un problème à résoudre ou une situation quelconque, d'un ensemble d'actions possibles à chaque étape de la réaction ou de la résolution du problème, et à la fin de l'action entreprise une conséquence et potentiellement l'évaluation de la décision prise afin d'enrichir sa propre connaissance grâce aux processus cognitifs mis en place (Contribution du système d'information à la prise de décision :Cas des entreprises de Bejaia. YAHIAOUI Brahim).

Les résultats de ces définitions nous mènent à dire que la décision est caractérisée par :

- Processus composé d'un ensemble d'étapes.
- L'existence d'un problème qui nécessite une résolution.
- L'existence de plusieurs solutions possibles pour répondre à ce problème.
- Le choix de la solution doit être conscient et pris par un certain nombre de critères bien précis.
- La solution doit être satisfaisante par apport au but fixé et La décision nécessite un temps limité.

II.3.2. LA SANTE NUMERIQUE ET LE CHATBOT

L'IA en santé pourrait être un outil performant et révolutionnaire. En effet, elle pourrait permettre de faire des diagnostics. Le but : gagner du temps et désengorger les cabinets de santé, les hôpitaux et tout autre centres médicaux. Pour cela, on imaginerait un patient se trouvant face à une sorte de robot (Laura DI ROLLO, 2019). De chez lui ou dans un centre, il répondrait assez rapidement à un questionnaire lui permettant d'apporter une solution personnalisée en fonction des réponses qu'il aura cochées.

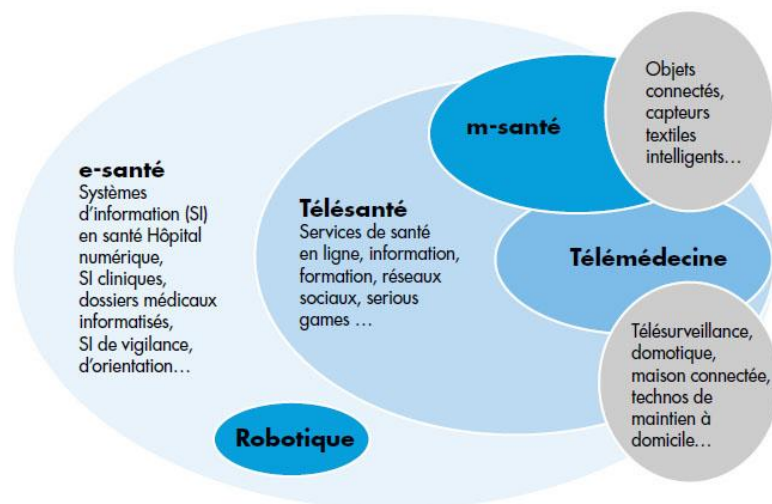
Selon de nouvelles orientations publiées récemment par l'OMS, l'intelligence artificielle (IA) constitue un grand espoir pour améliorer la prestation des soins et la médecine dans le monde entier, mais à condition de placer l'éthique et les droits humains au cœur de sa conception, de son déploiement et de son utilisation. « Comme toute nouvelle technologie, l'intelligence artificielle présente un immense potentiel pour améliorer la santé de millions de personnes dans le monde, mais comme pour toute technologie, il peut aussi en être fait mauvais usage et elle peut entraîner des effets préjudiciables, a déclaré le Dr Tedros Adhanom Ghebreyesus, Directeur général de l'OMS. Ce nouveau rapport, d'une importance capitale, constitue un guide précieux pour les pays qui souhaitent maximiser les avantages de l'IA, tout en en minimisant les risques et en évitant les pièges. » (dataanalytics, 2023).

II.3.2.1. LA E-SANTE

L'Intelligence artificielle est utilisée dans plusieurs solutions proposées dans le domaine de la santé. Elle est utilisée pour accélérer le processus de diagnostic, avec un taux précision qui pourrait dépasser celui de l'homme. De même, il devient plus facile de traiter des pathologies graves comme le cancer. L'IA peut aussi favoriser la conception de nouveaux médicaments et réduire le temps qui sépare la découverte d'une molécule de sa mise sur le marché. Par ailleurs, de nombreuses entreprises mettent sur le marché des applications mobiles destinées à suivre le traitement de certaines pathologies chez les patients (techno-

science, 2023). Dans les pays asiatiques, des robots sont déjà expérimentés pour venir en aide aux personnes en difficulté dans leurs activités quotidiennes. Ce sera un véritable plus pour les personnes âgées par exemple.

Figure 7 : composante et structure de la e-santé



L'e-Health est un terme générique qui répond à des définitions à géométrie très variable, toutes en lien avec l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans le domaine de la santé et/ou des soins de santé. Cela peut recouvrir des domaines tels que le télé monitoring, les téléconsultations, la télé-expertise ou la téléassistance, que l'on peut aussi regrouper sous l'appellation télémédecine. On inclut également ces services dans le domaine de la mHealth lorsqu'ils ont recours au support d'applications mobiles. La mHealth comprend également des applications de bien-être ou de style de vie, parfois connectées à des dispositifs médicaux ou à des capteurs (bracelets ou montres).

II.3.2. LES AGENTS CONVERSATIONNELS : CHATBOT

Historiquement, c'est le domaine de la psychologie qui a donné naissance au tout premier chatbot : ELIZA⁵, créé par le professeur **Joseph Weizenbaum** du MIT en 1966. Il s'agissait d'un programme informatique d'approche rogérienne (du nom du psychologue nord-américain Carl Rogers [1902-1987]) destiné à reformuler les propos de l'utilisateur sous forme de questions et ainsi simuler un entretien avec un thérapeute. Ensuite il a fallu attendre que la technologie se développe et devienne accessible au grand public pour se diffuser plus largement. Les chatbots de type assistant personnel de santé ou *symptom checker* ont commencé à voir le jour en Amérique du nord au début des années 2010. Mais **c'est surtout à partir de 2016 que les cas d'usage se sont multipliés** et que la technologie s'est diffusée dans plusieurs régions du monde, en particulier celles où le taux d'équipement en smartphone est le plus élevé.

La cinquantaine de solutions étudiées dans le cadre de notre étude permet aussi de dresser une typologie du phénomène. **Les chatbots visant à automatiser certaines tâches répétitives** telles que la prise de rendez-vous, la collecte d'informations auprès du patient ou

5

l'établissement d'un pré-diagnostic ont pour vocation d'améliorer la performance médico-économique du système de santé. **D'autres solutions s'inscrivent davantage dans une logique de care.** Soit qu'il s'agisse de favoriser l'empowerment et contribuer à une meilleure expérience patient : accès facilité à une information fiable et pertinente, aide à l'éducation thérapeutique, facilitation des démarches. Soit qu'elles permettent de rompre l'isolement dans le cas de maladies rares ou dans celui de troubles pour lesquels le regard de l'autre et la honte ressentie peuvent constituer un frein à la démarche de prise en charge.

Le marché des chatbots, et plus généralement de la e-santé, se développe à un rythme rapide et il faut s'attendre à une concurrence forte dans les mois et les années à venir. C'est pourquoi la question de l'usage doit plus que jamais demeurer au centre des préoccupations des porteurs de projet comme des concepteurs. Pour aboutir, le projet devra être réaliste, utile (c'est-à-dire satisfaire un besoin non adressé ou insuffisamment comblé), et apporter une valeur ajoutée par rapport à l'existant. Dans cette optique, **il est nécessaire de considérer la technologie non pas comme une fin en soi, mais comme un adjuvant au service de l'objectif à atteindre.**

II.3.2.A. LA TECHNOLOGIE SOUS-JACENTE

Dans la démarche de construction d'un chatbot, le rôle de la technologie est de mimer les mécanismes d'une conversation. Lorsque l'on décrypte les besoins conversationnels, il s'agit de comprendre une intention, et de proposer une réponse adaptée, et ce en temps réel. Enfin pour s'approcher davantage du mode conversationnel humain, il faut prendre en compte d'autres éléments : en particulier les paramètres de contexte, de mémorisation des précédents échanges et d'adaptation à l'interlocuteur.

Ces concepts peuvent être mimés de manière plus ou moins fidèle : pour les plus simples grâce à des outils développés spécifiquement, et pour les plus intuitifs grâce à de l'intelligence artificielle. Aujourd'hui, la maturité des solutions disponibles est variable et dépend de la complexité des performances attendues.

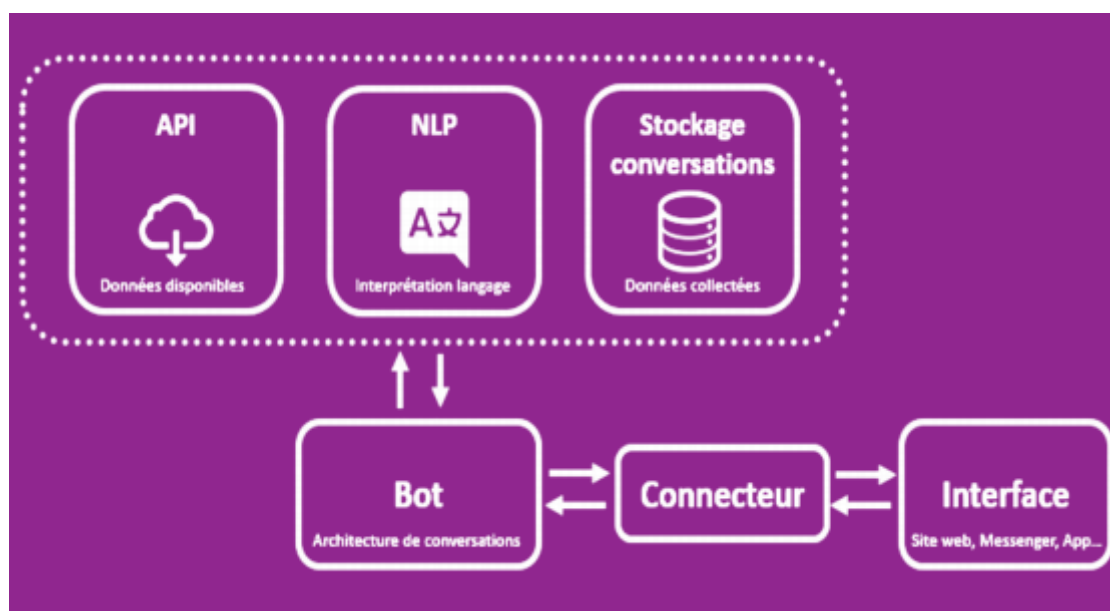
Des plateformes de construction de chatbot (par exemple Chatfuel ou ManyChat) permettent de répondre aux besoins conversationnels. Ce type de solution « sur l'étagère » est acceptable pour construire **une solution relativement simple**. Il est aussi possible de concevoir une solution propriétaire pour disposer d'un outil sur mesure, ou adapter une solution existante en la personnalisant.

L'intelligence artificielle, quant à elle, présente encore de nombreux champs de recherche. L'intérêt de ces technologies est de rendre **la conversation toujours plus fluide, ouverte et intuitive**. Les avancées sont rapides ce qui explique les améliorations des performances des chatbots. Les solutions développées par Google ou IBM sont parmi les plus puissantes du marché, mais des solutions propriétaires se développent en ciblant les conversations pour permettre des performances convenables sur un périmètre limité. En fonction des situations et des besoins, plusieurs approches peuvent être utilisées :

- **Le NLP (Natural Language Processing) ou NLU (Natural Language Understanding)**, pour élaborer sa propre syntaxe autour d'un champ de langage dédié ;
- **Le deep-learning**, pour apprendre et automatiser la sélection des réponses à partir d'une large banque de données.

II.3.2.B. ORGANISATION D'UN OUTIL DE CHATBOT

Figure 8 : L'organisation technique d'un chatbot peut être représentée de la manière suivante :



- **Les API** servent à mettre à disposition des données ou du contenu validé auquel pourra avoir accès le bot. Les conversations seront ensuite stockées dans des bases de données. L'ajout d'une couche de NLP (Natural Language Processing) permet d'optimiser la compréhension du langage naturel.
- **Le bot** permet d'architecturer les conversations en fonction des questions reçues, en proposant des réponses adaptées.
- **Le connecteur** permet de faire la jonction avec l'interface choisie, qui peut être un site internet ou une application de messagerie.

Dans un contexte de santé, chaque brique technologique doit être considérée par rapport aux bénéfices et aux risques qu'elle peut faire courir. Par exemple : un chatbot avec de l'IA ouvre la conversation mais autorise des questions non contrôlées ; l'utilisation d'une messagerie tierce permet une augmentation de la visibilité mais expose à un partage des données avec un tiers ; préfère-t-on bénéficier des puissants moteurs des GAFAM ou a-t-on besoin de conserver les données dans un environnement sécurisé ? À chaque étape, une réflexion doit être menée en amont afin **d'identifier les options d'architecture utilisables.**

À retenir

Les barrières technologiques à l'adoption du chatbot ont en grande partie été levées. Certaines technologies matures sont disponibles, d'autres sont en évolution constante et rapide. Un accompagnement autour de la conception d'un chatbot permet de trouver des solutions techniques adaptées aux besoins de chaque projet.

Dans un contexte de chatbot dédié au domaine de la santé, le choix de l'approche technologique nécessite une attention particulière, d'une part **pour garantir la qualité du message transmis** à l'utilisateur, mais aussi pour assurer **la protection des données échangées**. L'objectif étant d'apporter des conversations à la fois **fluides, bienveillantes et en conformité avec les pratiques recommandées et la réglementation.**

II.3. CONCLUSION

Regardons les choses en face : avec la montée en puissance du numérique et le bouleversement du traitement de l'information (mode d'écriture, archivage, partage, communication, réseaux sociaux et, désormais, intelligence artificielle), nous sommes en train de vivre une véritable révolution technologique. Contrairement aux grandes transformations d'hier qui venaient modifier notre accès à la nourriture ou à l'énergie (ce fut le cas de la révolution agricole du néolithique, il y a dix mille ans, ou de la révolution industrielle, il y a cent cinquante ans), il s'agit aujourd'hui d'une révolution « intellectuelle », qui touche à l'immatériel et qui va modifier la manière dont nous utilisons notre cerveau, tout en bouleversant l'organisation de notre société dont les économies développées sont précisément centrées sur le tertiaire et donc sur le traitement (plus ou moins sophistiqué) d'informations.

On peut donc s'attendre à ce que cette nouvelle révolution transforme l'être humain, non pas sur le plan biologique, mais dans sa manière d'utiliser ses propres ressources.

Comme nous l'avons signifié tout au début que ce présent chapitre qui comprenait deux sections dont la première constituait dès la présentation des approches conceptuelles où nous avons présenté certaines définitions des différents mots clés et concepts de base liés de près ou de loin à notre sujet de recherche. À sa lecture certaines figures vous expliciteront mieux les aspects vaporeux de concepts technologiques.

REFERENCES

- actualiteinformatique. (2023, Mars 24). *actualiteinformatique*. Récupéré sur actualiteinformatique: <https://actualiteinformatique.fr/tag/machine-learning>
- Alexandre. (2017). *La guerre des intelligences*. paris.
- Artefacto. (2023, Mars 22). Récupéré sur artefacto-ar.com: <https://www.artefacto-ar.com/realite-virtuelle/>
- Bali, S. (2018). *Barriers to development of telemedicine in developing countries*. In Telehealth. IntechOpen.
- Carré, G. C. (2008). « Technologies pour le soin, l'autonomie et le lien social des personnes âgées : quoi de neuf ? ». *Gérontologie Société*.
- clarte. (2023, Mars 22). Récupéré sur clarte-lab: <https://www.clarte-lab.fr/domaines-de-competences/realite-virtuelle>
- CLAUDE, M. (2014). *Le parcours de soins du patient : visible et partagé*. . Paris: Mémoire de l'école des hautes études.
- Cogito. (2019). *l'intelligence humaine associée à l'informatique cognitive*.
- dataanalytics. (2023, Mars 25). *dataanalyticspost*. Récupéré sur dataanalyticspost: <https://dataanalyticspost.com/category/innovation-en-action/>
- datascientest. (2023, Mars 22). *datascientest*. Récupéré sur <https://datascientest.com/big-data-tout-savoir>
- David, K. (2021). *RÉSEAUX DE NEURONES (Techniques et concepts associés) Formation sur les outils mathématiques de l'IA*.
- Eroukhmanoff J, B. (2018). *La médecine au défis de l'intelligence artificielle. médecine et politique* . publoc.
- e-santé, I. (2019). Livre blanc: chatbot du lab e-santé. *le futur de la santé sera-t-il conversationnel?*, 1-44.
- Fiorini, M. (2018). *Médecins et patients dans le monde des data, des algorithmes, et de l'intelligence artificielle*. Ariis (Alliance pour la recherche et l'innovation des industries de santé).
- GUILIANO. (2009). *10 Règles pour tracer le parcours du patient (éd. 1ere)*. . Paris: France santé.
- Karboub, K. (2022). *Contribution à l'amélioration des performances des services médicaux urgents appliquant l'IoT et l'intelligence artificielle*. Rabbat: universite de Lorraine.
- Klinger, E. (2006). *Apports de la réalité virtuelle à la prise en charge de troubles cognitifs et comportementaux*. paris: Télécom ParisTech.

- Kunihiko, F. (1980). A Self-Organizing Neural Network Model for a Mechanism of Pattern Recognition Unaffected by Shift in Position. *Neocognitron*, 193-202.
- lab-e-santé. (2020). *le futur de la santé sera-t-il conversionnel?* lab e-santé.
- Laura DI ROLLO, M. G. (2019). *Débat : L'intelligence artificielle en santé*. Lyon: Lyon Catholic University.
- M. Durand, A. S. (2020). *Applications médicales de l'intelligence artificielle : opportunités & challenges*. paris: Progrès en Urologie – FMC.
- Maes. (2018). *Nouvelle Organisations et Architectures Hospitalières*. paris: Ministère de la santé.
- Marvin Minsky, S. P. (1969). *Perceptrons : An Introduction to Computational Geometry*. MIT Press.
- McCarthy, J. (1995). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (Vol. IV). *AI Magazin*.
- Motivation, E. (Réalisateur). (2020). *la prise de décision* [Film].
- netapp. (2023, Mars 22). *netapp-ia*. Récupéré sur netapp.com: <https://www.netapp.com/fr/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence/>
- OMS. (2023). *Des systèmes de santé renforcés sauvent plus de vies*. OMS.
- Oracle. (2023, Mars 22). *chatbot-oracle*. Récupéré sur oracle: <https://www.oracle.com/fr/chatbots/what-is-a-chatbot/#:~:text=Au%20niveau%20le%20plus%20fondamental,communiquaient%20avec%20une%20personne%20r%C3%A9elle>.
- oracle. (2023, Mars 22). *oracle*. Récupéré sur Oracle inc: <https://www.oracle.com/fr/big-data/what-is-big-data/>
- OURAMDANE, N. (2008). *Vers un syst`eme d'assistance `a l'interaction 3D pour le travail et le t`el`etravail collaboratif dans les environnements de r`ealit`e virtuelle et augment`ee*. UNIVERSITE D'EVRY-VAL D'ESSONNE.
- Pierre-louis, B. (2009). *Traité d'économie et de gestion de la santé*. . France: Editions de santé.
- Rjiba, S. (2022). *Assistance Virtuelle pour la prevention des risque cardio vasculaire* . cannon .
- Rosenblatt, F. (1958). A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in The Brain. *Psychological Review*, 65-386.
- Sage advices. (2023, Mars 22). Récupéré sur sage.com: <https://www.sage.com/fr-fr/blog/glossaire/intelligence-artificielle-ia-definition/>
- science, F. (2023, Mars 22). *futura-science-medecine-e-santé-def*. Récupéré sur futura-science: <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-e-sante-15728/>
- Stephan, H. (2018). *L'intelligence artificielle, "la pire ou meilleure chose arrivée à l'humanité"*.

techno-science. (2023, Mars 25). *techno-science*. Récupéré sur techno-science:
<https://www.techno-science.net/definition/3690.html>

vie-publique-fiche thématique. (2023, Mars 22). Récupéré sur vie publique: <https://www.vie-publique.fr/fiches/37853-definition-et-acteurs-du-systeme-de-sante-francais>

Williams, D. E. (1986). Learning Internal Representations by Error Propagation, Parallel Distributed Processing. *Explorations in the Microstructure of Cognition, vol 1*, 318-362. Récupéré sur <https://www.bibsonomy.org/bibtex/>

Yann Lecun, L. B. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 2278-2324.