



PÔLE PARIS ALTERNANCE
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

L'intelligence artificielle et la santé

ÉTUDE SUR L'ÉVOLUTION DES MOYENS TECHNOLOGIQUES DANS LE
SECTEUR DE LA SANTÉ.

PRÉPARÉE SOUS LA DIRECTION DE MADAME KLERVI LE COLLEN

À LA SUITE D'UN MASTER INGÉNIEURIE D'AFFAIRES

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
I. L'utilisation actuelle de l'IA permet d'améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies.....	14
1. Les domaines d'application et les avantages de l'IA pour la prévention des maladies.....	14
2. Les domaines d'application et les avantages de l'IA pour le diagnostic des maladies.....	25
3. Les domaines d'application et les avantages de l'IA pour le traitement des maladies.....	38
II. L'IA dans la santé rencontrera des limites, notamment au niveau technique, social, RGPD et éthique.....	45
1. Les limites actuelles.....	45
A. Les limites éthiques et juridiques de l'IA pour la prévention des maladies.....	45
B. Collecte, gestion et qualité des données de santé.....	47
2. Les limites futures.....	52
3. La recherche pour le développement de l'intelligence artificielle en Santé est en pleine croissance.....	55
A. Les défis et les pistes de recherche pour l'utilisation de l'IA dans la santé.....	55
B. Les opportunités offertes par l'évolution de l'IA dans la santé.....	60
CONCLUSION.....	69
Bibliographie.....	71
ANNEXE.....	78

INTRODUCTION

La santé est un enjeu majeur pour la société et la prévention des maladies est l'un des moyens les plus efficaces de garantir une meilleure qualité de vie pour tous. L'utilisation de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé pour améliorer la prévention des maladies est un sujet de recherche en plein essor, mais suscite également des interrogations quant à ses limites.

Afin de comprendre l'impact révolutionnaire de l'intelligence artificielle sur la médecine, il est essentiel de saisir la nature de la médecine au XXI^e siècle.

Dans l'ensemble, les principes régissant le dépistage, le diagnostic, le traitement et le suivi des maladies n'ont pas connu de changements fondamentaux depuis cinquante ans. Ainsi, le parcours d'un patient débute généralement par l'apparition d'un symptôme.

La personne commence à ressentir une douleur, une gêne, une perte de poids ou de la fatigue. Comme le soulignait justement le philosophe et médecin Georges Canguilhem en 1943 : « *La santé, c'est la vie dans le silence des organes* ». C'est donc souvent lorsque ce silence est perturbé que la personne doit entamer une démarche diagnostique.

Toutefois, il est possible que la maladie soit déjà à un stade avancé avant même que ces symptômes ne se manifestent, ce qui réduit les chances de guérison. À l'heure actuelle, les médecins se basent sur leur expertise clinique et sur des protocoles établis pour diagnostiquer et traiter les patients.

Malgré les progrès importants réalisés en imagerie et en biologie médicale, le dépistage ou le diagnostic précoce des maladies reste complexe, voire impossible. Même si une maladie pouvait être détectée à un stade très précoce, comme le cancer du pancréas par exemple, il faudrait encore prouver que ce diagnostic précoce améliorerait la guérison ou la survie du patient. La capacité à détecter et surtout à prédire l'évolution d'une maladie est essentielle dans la prise en charge.

Cependant, à l'heure actuelle, la médecine ne peut pas fournir des modèles prédictifs efficaces et utilisables dans la pratique clinique quotidienne. Elle se contente, et c'est déjà extraordinaire, d'analyser un ensemble de symptômes présents pour définir une maladie et le traitement correspondant. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle permettrait non seulement de réagir à la maladie, mais également d'anticiper son évolution afin de mieux la combattre.

Dans son ouvrage "2041 : L'odyssée de la médecine" Jean-Emmanuel BIBAULT décrit un parcours patient en 2023, un patient typique du XXI^e siècle. Âgée de 53 ans, sans antécédents médicaux particuliers, elle fume un demi-paquet de cigarettes par jour depuis l'âge de 20 ans et commence à ressentir des difficultés respiratoires et des douleurs thoraciques. Elle attendra probablement plusieurs mois avant de consulter son médecin traitant pour lui parler de ses symptômes. Pendant ce temps, la maladie aura déjà évolué. Après avoir trouvé le courage de consulter son médecin traitant, M. Lancelot devra lui exposer de la façon la plus fidèle possible la chronologie des événements qui ont mené à l'apparition de ses symptômes. Le médecin commencera par recueillir son histoire médicale et les circonstances entourant l'apparition des symptômes. Ensuite, il procédera à un examen clinique approfondi. Cet examen comprendra l'inspection visuelle du patient, la palpation pour détecter d'éventuelles anomalies comme des ganglions, la percussion pour écouter les sons émis par les organes lorsqu'ils sont tapotés, et l'auscultation à l'aide d'un stéthoscope pour écouter les bruits cardiaques, digestifs et respiratoires. À partir de ces informations, le médecin pourra établir une description générale de l'état clinique du patient.

En fonction des anomalies constatées lors de l'examen clinique (qui peuvent parfois ne pas être évidentes), le médecin entreprendra une démarche diagnostique para-clinique en prescrivant des examens complémentaires. Dans le cas d'Eric Lancelot, des analyses biologiques, des tests de fonction respiratoire peuvent être prescrits en fonction de la gravité des symptômes. Supposons maintenant que ces examens révèlent malheureusement la présence d'une masse dans le poumon gauche. Le patient sera alors orienté vers un spécialiste pour approfondir les investigations.

La prochaine étape de la démarche diagnostique consistera à réaliser une fibroscopie bronchique ou une ponction transthoracique afin d'obtenir une biopsie de la masse. Cette biopsie sera ensuite analysée au microscope par un médecin anatomopathologiste dans le but d'en déterminer la nature.

Si cette analyse révèle que c'est un cancer du poumon, il faudra faire un bilan d'extension : un scanner thoraco-abdomino-pelvien, au cours de laquelle on injecte un produit radioactif qui se fixe sur les cellules cancéreuses. Cet examen permettra de voir les organes touchés par la maladie. Il nécessite malheureusement du temps, durant lequel la maladie continuera d'évoluer.

Le cancer de M. Lancelot se révélera finalement métastatique avec des lésions cérébrales millimétriques, des métastases hépatiques et osseuses. Le patient est alors adressé à un service spécialisé dans la prise en charge de ce type de maladie. Il commence enfin son traitement plusieurs semaines, voire plusieurs mois après l'apparition de ses premiers symptômes, même si les médecins et les équipes impliquées dans la réalisation du bilan initial font leur maximum pour aller au plus vite. Le traitement choisi sera celui qui aura montré sa plus grande efficacité d'après les études déjà publiées, une fois comparées les différentes approches.

Ces études, très longues à mener (souvent une décennie ou plus), incluent en général plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de patients, tirés au sort pour suivre un traitement standard et un autre. On compare ensuite les résultats de chaque traitement afin de retenir le meilleur pour l'ensemble des patients inclus.

C'est ici qu'entre en jeu l'intelligence artificielle, nous nous sommes interrogés sur la manière dont elle pourrait améliorer ce parcours et le traitement des maladies.

Mener des études en médecine, comparer différents schémas de traitement ou différentes techniques peut se révéler difficile, voire impossible : l'augmentation significative des paramètres cliniques et biologiques à intégrer dans un essai à l'heure de la médecine de précision complique la création d'essais dédiés. Il existe de plus une différence notable entre les populations de patients inclus dans les essais cliniques et les patients rencontrés dans la pratique clinique. Par exemple, les

patients âgés, qui ne font quasiment l'objet d'aucun essai dédié, constituent une part importante de la population à traiter. De nouvelles approches sont nécessaires pour générer des études de bon niveau de preuve. Notamment, la création de systèmes d'intelligence artificielle entraînés à partir de bases de données massives détaillées, intégrant un grand nombre de paramètres. Ces systèmes doivent permettre d'accélérer le dépistage et le diagnostic des patients. Aussi d'optimiser et de personnaliser leur traitement, afin d'augmenter les chances de guérison.

L'IA peut être utilisée à chacune des étapes du parcours du patient dans le but d'accélérer sa prise en charge et d'en optimiser les résultats. Que l'on soit cancérologue, cardiologue, dermatologue ou médecin généraliste, l'IA est avant tout un formidable accélérateur de découvertes. Pourtant, cette technique qui concentre tant d'espoirs nous a souvent déçus par le passé.

L'histoire de l'intelligence artificielle en médecine remonte à l'Antiquité, où les premiers concepts de machines automatiques ont émergé. Au fil des siècles, des inventeurs tels qu'Archytas, Héron d'Alexandrie, Roger Bacon et Léonard de Vinci ont créé des automates et des machines inspirés du vivant. Au Japon, les automates ont été bien accueillis et développés, contrairement à la culture occidentale.

Au XVIII^e siècle, Jacques de Vaucanson invente un canard digérant, un robot réaliste capable de simuler la digestion. Son objectif était de comprendre le fonctionnement du vivant en imitant ses mécanismes. Cette idée d'imiter le vivant et de reproduire les systèmes neurologiques à l'origine de la perception et de la décision est proche de l'intelligence artificielle connexionniste.

D'autres inventeurs, tels que Pierre Jaquet-Droz et Joseph Faber, ont créé des automates dotés de capacités humaines, tels que des musiciens, des dessinateurs et même des têtes parlantes capables de parler plusieurs langues.

L'histoire de l'intelligence artificielle en médecine est marquée par ces avancées technologiques et la recherche de machines capables de reproduire les caractéristiques et les fonctions du vivant. Ces précurseurs ont jeté les bases de ce qui allait devenir des assistants virtuels tels que Siri et Alexa.

L'histoire de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé se poursuit avec des développements significatifs. En 1770, le Turc mécanique de Johann Wolfgang von Kempelen, un automate capable de jouer aux échecs, attire l'attention. Cependant, il s'avère qu'il était manipulé par un joueur humain dissimulé à l'intérieur. Cela rappelle l'importance de maintenir un esprit critique envers les prouesses parfois irréalistes de l'intelligence artificielle.

Il faudra attendre 1914 pour que Leonardo Torres invente le premier automate joueur d'échecs capable de prendre des décisions automatiquement. En 1920, le terme "robot" apparaît pour la première fois dans une pièce de théâtre tchécoslovaque. En 1943, Warren McCulloch et Walter Pitts développent une modélisation mathématique d'un réseau neuronal, marquant l'avènement de l'intelligence artificielle connexionniste.

La cybernétique est également appliquée à la physiologie, notamment avec l'invention de l'Homéostat par W. Ross Ashby en 1946. Cette machine démontre la capacité d'adaptation autonome à l'environnement, un principe fondamental de la cybernétique.

Ces avancées témoignent des progrès continus de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé, où les machines sont capables de prendre des décisions et de s'adapter à leur environnement de manière autonome.

L'essor des réseaux de neurones à la fin des années 1950 marque une avancée significative dans l'intelligence artificielle médicale. Ces réseaux sont composés de couches de neurones qui transmettent l'information en appliquant des règles spécifiques. L'intelligence artificielle symbolique émerge aussi, avec la possibilité de créer des règles et des représentations de haut niveau.

En 1957, Frank Rosenblatt crée le Perceptron, précurseur des réseaux neuronaux convolutifs utilisés aujourd'hui pour diagnostiquer des maladies à partir d'images médicales. Cette approche dominera le champ de l'intelligence artificielle jusqu'au début des années 1990.

Aux États-Unis, Herbert Simon, Allen Newell et d'autres chercheurs se concentrent sur la simulation de la prise de décision, tandis que l'intelligence artificielle connexionniste est critiquée pour son fonctionnement opaque.

Ces avancées suscitent un intérêt militaire, avec des financements importants provenant de la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) et de l'Armée de l'air américaine.

Cette période marque une évolution significative de l'intelligence artificielle médicale, ouvrant de nouvelles perspectives pour la médecine et la prise de décisions cliniques.

Dans les années 1970, les réseaux de neurones connaissent un déclin et l'intelligence artificielle (IA) entre dans une période de stagnation. Les réseaux neuronaux sont critiqués pour leur incapacité à traiter les phénomènes non linéaires. Les soutiens financiers se retirent et l'IA symbolique ne parvient pas à tenir ses promesses.

Cependant, dans les années 1980, une nouvelle approche émerge avec les "systèmes experts", qui utilisent des règles pour prédire des résultats en se basant sur un ensemble de symptômes. Cette approche trouve un intérêt particulier dans le domaine médical pour diagnostiquer des maladies. Les financements recommencent à affluer, mais les chercheurs se heurtent à la complexité croissante des algorithmes et à une inflation de règles difficile à maîtriser.

Au début des années 1990, il devient évident qu'il est impossible de représenter exhaustivement le monde à travers des règles explicites. L'IA symbolique décline progressivement, mais les réseaux neuronaux continuent à être étudiés par certains groupes de recherche. En 1986, une réunion rassemble des chercheurs travaillant sur de nouveaux types de réseaux neuronaux multicouches et mettant au point des méthodes d'entraînement, comme la rétropropagation.

Bien que la rétropropagation ait été initialement attribuée à Seppo Linnainmaa en 1970, il est probable que plusieurs chercheurs aient développé cette méthode

indépendamment. Ces avancées ouvrent de nouvelles perspectives pour l'IA dans le domaine médical et marquent une nouvelle phase de développement de cette technologie.

1989, Yann Le Cun développe un réseau neuronal capable de reconnaître des chiffres manuscrits, jetant ainsi les bases du Deep Learning. Parallèlement, une équipe de l'université de Munich met au point des réseaux neuronaux profonds, avec Jürgen Schmidhuber revendiquant le titre d'inventeur du Deep Learning dès les années 1990. Cependant, il faudra attendre encore vingt ans pour que ces méthodes connaissent leur premier succès.

Geoff Hinton, Yann Le Cun et Yoshua Bengio persistent dans leurs travaux sur le Deep Learning, mais rencontrent des difficultés à publier leurs études et à obtenir un soutien institutionnel. Malgré cela, ils seront récompensés du prix Turing en 2019 pour leurs contributions majeures. À l'époque, les performances des réseaux neuronaux ne surpassent pas celles d'autres méthodes, notamment les machines à vecteur de support, en raison du manque de données de qualité et en quantité suffisante.

En 2006, Fei-Fei Li commence à développer ImageNet, une base de données d'images destinée à l'entraînement des algorithmes d'IA. Cette initiative permettra de réaliser des progrès significatifs dans le domaine de la reconnaissance d'images grâce à la compétition annuelle appelée ILSVRC, où différentes équipes d'ingénieurs et de chercheurs comparent les performances de leurs IA.

En 2011, Dan Ciresan développe un réseau neuronal profond appelé DanNet, remportant plusieurs compétitions internationales de Machine Learning en médecine. En 2012, lors de l'European Conference on Computer Vision, Alex Krizhevsky présente le réseau neuronal AlexNet, démontrant la suprématie du Deep Learning en obtenant des résultats révolutionnaires dans la reconnaissance d'objets.

Cette avancée marque le lancement officiel de la course à l'intelligence artificielle. Geoff Hinton fonde la start-up DNN-Research et attire l'intérêt de grandes entreprises numériques telles que Google, Microsoft et Baidu. Finalement, Google

acquiert DNN-Research pour un montant élevé, donnant à l'entreprise un avantage considérable dans le domaine.

Malgré les craintes liées à la confidentialité des e-mails de Geoff Hinton, Google devance les autres concurrents et réalise l'acquisition. Comparé à d'autres acquisitions majeures, le montant de l'acquisition de DNN-Research semble modeste.

Ces événements marquent un tournant important dans le domaine de l'IA appliquée à la santé, ouvrant la voie à de nouvelles avancées technologiques et à de futures découvertes.

Après 2012, le développement des réseaux neuronaux profonds connaît une expansion rapide, avec de nombreuses nouvelles architectures publiées régulièrement. Le Deep Learning devient une voie majeure pour l'intelligence artificielle dans les années à venir. Les grandes entreprises numériques, telles que Google, Facebook, Amazon et Microsoft, développent leurs propres bibliothèques de développement pour asseoir leur domination.

Cette période voit l'IA s'intégrer dans tous les aspects de notre vie quotidienne, de la reconnaissance faciale sur les réseaux sociaux à la gestion des applications et des calendriers sur nos téléphones. Elle fait également des percées dans des domaines spécifiques, comme la victoire d'AlphaGo, une IA de DeepMind, contre le champion mondial de go en 2016.

Dans le domaine médical, l'intérêt pour l'IA remonte aux années 1960, et les premiers systèmes experts et réseaux d'IA médicale sont développés dans les années 1970. Toutefois, il faut encore du temps avant d'atteindre une véritable intelligence artificielle dans ce domaine.

Les interactions entre médecins, informaticiens et gestionnaires sont identifiées comme cruciales pour le développement réussi de ces nouvelles techniques. Les thématiques soulevées par le Dr William Schwartz dans un article visionnaire publié en 1970 restent d'actualité aujourd'hui, près de cinquante ans plus tard.

En 1975, des chercheurs échangent des idées sur l'application de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine biomédical lors d'ateliers financés par le National Institute of Health américain. Le médecin et informaticien Edward H. Shortliffe, pionnier dans le domaine, étudie les interactions patient-médecin médiées par ordinateur à Harvard et poursuit ses recherches à Stanford. En collaboration avec l'informaticien Bruce Buchanan et le biochimiste Stanley Cohen, ils développent le système expert MYCIN, qui guide l'utilisation des antibiotiques en maladies infectieuses.

Dans les années 1970, d'autres systèmes, tels que CASNET et INTERNIST, sont également développés pour le diagnostic et le traitement du glaucome et la médecine interne, respectivement. Malgré leurs succès théoriques, ces systèmes rencontrent des difficultés à s'imposer dans la pratique clinique.

De la fin des années 1970 au début des années 2000, les avancées en informatique médicale se concentrent sur les systèmes d'aide au diagnostic basés sur l'imagerie (CAD). Ces systèmes, initialement fondés sur des règles simples, sont révolutionnés par les progrès récents du Machine Learning, notamment du Deep Learning.

Cependant, il est important de noter que l'IA actuelle est limitée et ne peut accomplir qu'une tâche spécifique. Certains experts estiment que l'utilisation du terme "intelligence artificielle" est abusif et qu'il faudra attendre l'émergence d'une véritable intelligence artificielle générale, capable d'effectuer une variété de tâches, avant de l'utiliser correctement.

Il est nécessaire d'explorer de nouvelles approches pour comprendre l'intelligence et ne pas se limiter à simplement imiter la nature. La recherche du mimétisme avec le cerveau et ses réseaux de neurones n'a pas permis de reproduire artificiellement l'intelligence, tout comme les avions d'aujourd'hui diffèrent considérablement des chauves-souris auxquelles ils ont été inspirés.

Comme nous avons pu le voir précédemment, l'intelligence artificielle (IA) joue un rôle de plus en plus important dans le domaine de la santé, offrant des opportunités pour améliorer la prévention, les diagnostics, les soins cliniques (opérations etc..), la

recherche médicale pour l'amélioration continue de l'aspect technique et bien d'autres aspects du domaine médical. Dans le contexte de l'IA, deux techniques clés sont souvent utilisées dans tous les secteurs d'activité et davantage dans la santé au vu des sujets critiques liés à la santé de chaque individu. Il est nécessaire d'avoir des résultats, précis, qualitatifs, fiables, aucune erreur n'est possible quand cela touche la santé d'autrui. Le machine learning et le deep learning sont au cœur de notre sujet autour de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la santé, étant la porte d'entrée de l'aspect technique, examinons de plus près chacune de ces techniques, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs.

Le machine learning¹ est une sous-partie de l'intelligence artificielle qui se distingue par sa capacité à apprendre et à s'améliorer à partir des données, modèles statistiques et des algorithmes sans nécessiter une programmation explicite. Lorsque nous posons une question (input) à un système de machine learning, ce dernier génère une réponse (output) en utilisant un cheminement unique qui est créé à la volée par la machine, guidée par les ingénieurs, plutôt que d'être codée de manière rigide comme dans le développement traditionnel par ces mêmes ingénieurs. Il est important de souligner que le machine learning n'est pas simplement un outil passif, mais plutôt un "être" à part entière qui évolue et s'améliore grâce à l'apprentissage continu. À chaque fois qu'il accomplit une tâche, il intègre de nouvelles connaissances et compétences, lui permettant d'accomplir cette tâche de manière plus efficace à l'avenir. L'algorithme apprend à partir des données fournies par l'homme, ces données jouent donc un rôle crucial dans le processus d'apprentissage du machine learning, elles se doivent être qualitatives, fiables et précises. Le machine learning dans la santé est un très gros enjeu, grâce à sa forte capacité à traiter de grandes quantités de données médicales rapidement et efficacement, cela permet d'identifier des schémas complexes et des corrélations dans les données médicales, permettant des diagnostics plus précis et des prédictions plus fiables. De plus, grâce à sa capacité à s'adapter et à s'améliorer avec le temps grâce à l'apprentissage continu, cela rend le machine learning

1

<https://fr.oncrawl.com/seo-technique/machine-learning-en-seo-aeo/#:~:text=%E2%80%99Le%20Machine%20Learning%20est%20quelque,se%20construit%20elle%2Dm%C3%Aame.%E2%80%9D>

presque indispensable pour améliorer la santé de demain.

Cependant, pour le bon fonctionnement des algorithmes de machine learning, beaucoup de pré-requis sont à prendre en compte, il est indispensable de disposer d'ensembles de données de grande qualité et de grande taille pour obtenir des résultats fiables. La performance du modèle peut être influencée par des biais présents dans les données d'entraînement et souvent, nous pouvons être limités dans l'explication des résultats, des prédictions ou des décisions qui ont été prises.

Comme le machine learning est une sous-branche de l'IA, Le deep learning découle du machine learning et tire son inspiration du fonctionnement du cerveau humain en utilisant des réseaux de neurones artificiels profonds pour analyser et interpréter des données complexes. Les réseaux de neurones profonds ont la capacité d'apprendre des représentations hiérarchiques des données en passant par plusieurs couches de traitement.

Le deep learning présente plusieurs avantages significatifs. Tout d'abord, il possède une compétence remarquable à détecter des schémas et des caractéristiques complexes dans les données médicales, fréquemment invisibles pour les méthodes traditionnelles. Cela lui permet d'être utilisé dans une variété de tâches, telles que la détection de tumeurs, l'analyse d'images médicales ou encore la prédiction de résultats cliniques. Comme l'hôpital de Foch à Suresnes met déjà en pratique d'après le Professeur (Pr) Philippe Grenier, chef du projet Intelligence Artificielle de l'hôpital,

“La puissance de calcul est telle qu’il est possible d’effectuer en volume plusieurs tâches complexes et d’obtenir des résultats bien plus rapidement que si un radiologue s’en était chargé manuellement ». ²

De plus, le deep learning peut s'adapter à des ensembles de données de différentes tailles et types, offrant ainsi une grande flexibilité dans son application. Cependant, le deep learning présente également certains inconvénients à prendre en

² https://www.hospitalia.fr/L-hopital-Foch-mise-sur-l-intelligence-artificielle_a2387.html

considération, il requiert une quantité importante de données d'entraînement pour atteindre des performances optimales, ce qui peut représenter un défi dans certains cas, surtout dans le milieu de la santé où les données sont critiques, confidentielles et sont encadrées par un certain nombre de lois. De plus, les modèles de deep learning sont souvent complexes et exigent des ressources informatiques considérables pour l'entraînement. Enfin, comme pour le machine learning, l'interprétation des résultats peut être difficile en raison de la nature opaque des réseaux de neurones profonds, ce qui peut limiter notre compréhension des raisons sous-jacentes aux prédictions ou aux décisions du modèle.

Il est important de noter que ces techniques, bien qu'offrant de nombreuses possibilités, doivent être utilisées avec prudence et dans le respect de principes éthiques. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a émis des principes directeurs³ pour la conception et l'utilisation de l'IA dans le domaine de la santé, mettant l'accent sur la transparence, la responsabilité et la protection des données, nous approfondirons le sujet davantage dans une prochaine partie.

Pour résumer, le machine learning et le deep learning sont des techniques d'intelligence artificielle qui offrent des avantages significatifs dans le domaine de la santé. Le machine learning est efficace pour l'analyse de grandes quantités de données, tandis que le deep learning excelle dans la détection de schémas complexes. Cependant, il est essentiel de prendre en compte les inconvénients de chaque technique et de garantir une utilisation éthique et responsable de l'IA dans le domaine de la santé.

En tant qu'étudiants en Master 2^e année en Ingénierie d'Affaires, nous avons l'opportunité de réaliser un mémoire de recherche en collaboration avec l'un de nos collègues de classe. Notre problématique porte sur ***l'impact de l'Intelligence Artificielle (IA), aujourd'hui, sur la santé de chaque individu, son évolution et les limites de son utilisation***. Ce choix de problématique s'explique par plusieurs motivations profondes.

3

<https://www.who.int/fr/news/item/28-06-2021-who-issues-first-global-report-on-ai-in-health-and-six-guiding-principles-for-its-design-and-use>

Tout d'abord, notre intérêt pour l'évolution informatique est une source de motivation majeure. Nous sommes fascinés par les avancées technologiques et leur impact sur notre société. L'Intelligence Artificielle représente une révolution majeure dans ce domaine, offrant des possibilités infinies d'innovation et d'amélioration des conditions de vie. La perspective de contribuer à cette évolution en explorant l'application de l'IA dans le domaine de la santé est particulièrement stimulante. Ensuite, la santé est un enjeu majeur et un sujet d'actualité qui nous concerne tous. Les avancées de l'IA dans le domaine médical offrent des opportunités pour améliorer la vie de demain et surtout, sauver des vies. Suite à cette problématique et à nos recherches sur le sujet, 2 hypothèses en sont ressorties :

- La première hypothèse est que l'utilisation actuelle de **l'IA permet d'améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies.** Grâce aux avancées de l'IA, des outils de dépistage précoce plus précis peuvent être développés, permettant une détection plus rapide des pathologies. De plus, l'IA offre des possibilités de diagnostic plus précis en analysant de grandes quantités de données médicales, ce qui peut aider les professionnels de la santé à prendre des décisions éclairées. Enfin, l'IA peut également contribuer à l'amélioration des traitements en identifiant les schémas de réponse des patients à différentes thérapies.
- Enfin, la seconde hypothèse souligne que **l'IA dans le domaine de la santé rencontre et rencontrera à l'avenir des limites**, notamment en termes d'aspects sociaux, de respect des réglementations (RGPD) et d'éthique. Il est essentiel de prendre en compte ces considérations pour garantir une utilisation responsable et éthique de l'IA dans le domaine médical. Les chercheurs travaillent activement sur de nouvelles méthodes et techniques d'IA pour relever les défis spécifiques du domaine médical. Ces avancées ouvrent des perspectives prometteuses pour l'amélioration continue des soins de santé et l'élaboration de nouvelles approches thérapeutiques.

I. L'utilisation actuelle de l'IA permet d'améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies.

1. Les domaines d'application et les avantages de l'IA pour la prévention des maladies

Pour vérifier cette hypothèse, nous nous sommes appuyés sur l'existant, nous avons recherché les différents résultats épidémiologiques afin de comprendre pourquoi nous constatons une concentration de certaines maladies à des lieux bien précis, dans un environnement précis, que cela concernait davantage certaines populations plutôt que d'autre et surtout, comment par la suite pouvoir anticiper le dépistage de ces malades grâce à l'intelligence artificielle.

L'épidémiologie étudie les relations entre les maladies et les facteurs qui peuvent les causer ou influencer leur fréquence, leur répartition spatiale et leur évolution. Son importance est primordiale, notamment dans les politiques de santé publique, car elle permet de détecter et de prévenir l'émergence de nouvelles maladies ou la résurgence de maladies anciennes. Bien que l'épidémiologie en tant que champ d'étude à part entière n'ait été reconnue que relativement récemment, elle est depuis lors l'un des piliers de la médecine en général et de la médecine préventive en particulier. Selon l'approche de Milos Jenicek et de Robert Cléroux l'épidémiologie y est présentée comme

« un raisonnement et une méthode propres au travail objectif en médecine et dans d'autres sciences de la santé, appliqués à la description des phénomènes de santé, à l'explication de leur étiologie et à la recherche des méthodes d'intervention les plus efficaces »⁴

L'épidémiologie a toujours fait appel à des méthodes statistiques et à des théories probabilistes. De ce fait, les big data, qui sont aujourd'hui très répandues, sont utilisées depuis longtemps dans ce domaine. L'intelligence artificielle peut avoir de

⁴ <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6409857>

nombreuses implications dans les études analytiques visant à déterminer les facteurs environnementaux d'une maladie, en particulier lorsqu'il s'agit de trouver des corrélations entre certains comportements ou certaines caractéristiques sociodémographiques et l'apparition de maladies telles que l'obésité, le diabète et le cancer. Dans L'objectif d'adapter les politiques de prévention et les moyens de santé, les données épidémiologiques sur la prévalence du cancer sont primordiales. Cependant, les registres épidémiologiques actuellement disponibles sont incomplets et nous ne disposons d'aucune évaluation très précise pour de nombreuses régions. C'est pour cette raison que nous nous sommes intéressés à cette thématique, étant aujourd'hui indispensable de pouvoir catégoriser par régions, typologies de patients les différentes observations réalisées.

Des chercheurs de l'université de Stanford avaient déjà publié des études montrant que l'on pouvait utiliser l'IA afin d'analyser des images satellites pour prédire la pauvreté au Nigeria⁵, cela a eu pour résultat de pousser L'ONU en a fait son premier but pour le développement durable d'ici à 2030. Cependant, aucune ne s'était intéressée à la prédiction de la prévalence du cancer, alors que l'on sait que cette prévalence dépend de l'environnement. De réunions avec des professionnels de la santé et nos recherches grâce à des articles, nous sommes parvenus à identifier les possibilités de dépistage anticipé de plusieurs maladies causées par l'environnement de chaque individu et d'autres facteurs.

Pour revenir sur l'amélioration du diagnostic de certaines maladies, nous allons dans un premier temps aborder le sujet de l'obésité utilisant des méthodes d'analyse et de prédiction basées sur des données. Grâce à l'IA, plusieurs étapes clés peuvent être entreprises pour contribuer à cette tâche.

Tout d'abord, l'IA peut analyser les facteurs de risque liés à l'obésité en utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique. En traitant de grandes quantités de

5

<https://www.ouest-france.fr/monde/afrique/reperer-la-pauvrete-grace-aux-satellites-cest-possible-4430108>

données, tels que les habitudes alimentaires, l'activité physique, les antécédents familiaux et les données biométriques, l'IA est capable de détecter les schémas et les corrélations entre ces facteurs et l'apparition de l'obésité. Comme l'affirme l'Inserm⁶, établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la double tutelle du ministère de la Santé et du ministère de la Recherche, l'obésité touche 17% des adultes en France et 13% des adultes dans le monde, notamment pour les raisons énoncées plus haut. L'IA peut prédire le risque individuel d'obésité en utilisant des modèles d'apprentissage automatique. En prenant en compte des données spécifiques à chaque personne. Comme l'âge, le sexe, l'IMC, les antécédents médicaux, etc., ces modèles sont capables d'estimer le risque d'obésité et d'identifier les personnes susceptibles de développer cette maladie. Toutes ces informations, nous sommes aujourd'hui capables de les récolter et de les analyser grâce à l'internet des objets connectés (IOT). En 2021, nous constatons, selon l'article de l'analyse du marché faite par "*études & analyses*"⁷ que près de 80% des Français possèdent un ordinateur fixe ou portable, 49% une tablette, 16% possèdent une montre connectée et 10% sont adeptes de domotiques. Suite à ce constat, nous comprenons que plus d'1 français sur 2 dispose d'appareils connectés, ces mêmes appareils que nous prenons au quotidien et qui permettent donc la récolte de nos données en fonction de notre activité, de l'environnement, grâce à l'analyse des comportements en fonction des coordonnées GPS de ces derniers. Prenons l'exemple d'Apple, avec les iPhone que l'on prend partout avec nous, ainsi que les montres connectées, combinés aux applications type "Santé", il est aujourd'hui possible de prédire les potentiels risques d'obésité causés par le manque d'activité, la mauvaise alimentation et, dans un cadre plus général, les risques de maladie dû à notre environnement quotidien. Suite à cela, une fois le risque identifié, l'IA peut fournir un suivi personnalisé en proposant des recommandations adaptées à chaque individu. Par exemple, en analysant les données sur les habitudes alimentaires et d'activité physique d'une personne, l'IA peut proposer des conseils et des recommandations spécifiques pour prévenir ou gérer l'obésité. Comme nous

⁶ <https://www.inserm.fr/dossier/obesite/>

⁷

<https://www.etudes-et-analyses.com/blog/decryptage-economique/etude-marche-exemple-marche-de-s-objets-connectes-france-2020-28-09-2021.html>

l'explique la Haute Autorité de Santé avec son article "*Guide du parcours de soins : surpoids et obésité de l'adulte*" ⁸. Nous approfondirons le sujet du traitement dans une autre partie. Toutefois, il est essentiel de souligner que l'IA ne remplace pas les professionnels de la santé, mais qu'elle peut les assister dans l'identification précoce des risques d'obésité et dans la prise de décisions cliniques. Les recommandations et les interventions médicales doivent toujours être effectuées par des professionnels qualifiés, en prenant en compte le contexte individuel de chaque patient. Pour résumer, l'IA peut être utilisée pour dépister les risques d'obésité en analysant les facteurs de risque, en prédisant le risque individuel et en fournissant des recommandations personnalisées. Cela peut contribuer à une identification précoce des risques d'obésité et à la mise en place de mesures préventives adaptées.

Concernant l'IOT, comme nous l'avons vu précédemment, les objets connectés sont en pleine croissance, de plus en plus présent dans le quotidien de tous les Français, mais aussi à l'échelle internationale. Nous nous sommes donc interrogés sur ce l'impact de l'IOT dans la santé et comment cela pouvait davantage prévenir certaines maladies compte tenu de son omniprésence dans notre quotidien.

Nous nous sommes renseignés sur les solutions existantes et avons découvert Flusens, un système de détection des symptômes grippaux dans une foule ou un attroupement, développé par les chercheurs de University of Massachusetts Amherst (Umass Amherst). Ce dispositif IoT, intègre plusieurs technologies telles que des microphones, un capteur thermique. L'objectif est d'utiliser l'intelligence artificielle en périphérie pour classifier les échantillons audio et identifier le nombre de personnes présentant des symptômes dans une pièce à un moment donné.

Nous avons trouvé cette solution très intéressante et nous sommes intéressés par son efficacité. Selon les fabricants, elle réside dans sa capacité à distinguer la toux des autres types d'audio non vocaux. La majeure partie du traitement des données

8

https://www.has-sante.fr/jcms/p_3408871/fr/guide-du-parcours-de-soins-surpoids-et-obesite-de-l-adulte

est effectuée localement à l'aide du moteur de calcul neuronal Intel et du Raspberry Pi. Les informations sur les symptômes sont ensuite transmises via un réseau sans fil au laboratoire pour analyse grâce à l'IoT.

Des tests ont été réalisés sur FluSense entre décembre 2018 et juillet 2019 dans quatre salles d'attente de la clinique UMass Amherst. Les chercheurs ont réussi à détecter différents symptômes grippaux, notamment la toux, ainsi que la densité d'une foule. Ces données sont corrélées pour assurer la surveillance et le suivi grâce à un algorithme de traitement. Les chercheurs ont pour objectif de réaliser des tests à plus grande échelle, particulièrement dans de grands espaces publics tels que les grandes cafétérias, les salles de classe, les dortoirs, les gymnases et les auditoriums. Parallèlement, ils améliorent la capacité de détection de FluSense en élargissant les symptômes détectables. En plus de la toux, l'appareil est capable, par exemple, de détecter les éternuements. Comme tout IA, il est indispensable de réaliser de nombreux jeux de tests avec de nombreuses variétés de données afin d'entraîner un maximum l'algorithme pour, comme vu précédemment, lui permettre d'apprendre davantage et donc d'obtenir des résultats plus pertinents. Suite à cela, nous nous sommes demandés qu'en était-il, en pratique, de la pertinence de cet outil et surtout de la qualité des données traitées. Selon l'article de Sitraka R sur le site "l'object-connecté.com"⁹, Le doctorant Forsad Al Hossain et son co-auteur et conseiller, le professeur adjoint Tauhidur Rahman, qui sont impliqués dans ce projet, mettent l'accent sur le fait que FluSense est un outil de surveillance sanitaire et non un dispositif de diagnostic. Ils soulignent également qu'il ne collecte aucune donnée personnelle ni n'identifie les problèmes de santé d'un patient. Nous avons donc compris que cet objet connecté est réellement au service de la prévention afin de déceler, parmi un gros échantillon d'individus, des risques de maladies dans le but de limiter les propagations.

Nous avons voulu répondre à l'une des questions que nous nous sommes posées à ce stade de nos recherches concernant l'IOT et sa pertinence dans la prévention

⁹ <https://www.objetconnecte.com/flusense-iot-detection-maladie/>

des risques de maladies, notamment sur la partie domotique étant en pleine croissance au sein des foyers.

Tout d'abord, il est nécessaire de définir la domotique. La domotique est un domaine technologique qui vise à automatiser et à contrôler les différents aspects d'une habitation, offrant ainsi un niveau élevé de confort, de sécurité et d'efficacité énergétique. Selon le site Le Mag de la Domotique¹⁰, la domotique permet de gérer la sécurité de votre habitation, la protection de ses occupants et de vos biens grâce à une variété de dispositifs tels que les alarmes, les systèmes de reconnaissance vocale, les digicodes, les détecteurs de mouvement et les dispositifs anti-incendie et anti-inondation.

La domotique offre également des fonctionnalités avancées en termes de contrôle d'accès, de surveillance et de gestion de l'énergie. Elle permet de contrôler les autorisations d'accès par reconnaissance vocale ou carte magnétique, facilitant ainsi la gestion des entrées et sorties. En outre, la domotique propose des solutions pour surveiller la consommation énergétique de votre habitation, optimisant ainsi l'utilisation des ressources et contribuant à une réduction des coûts, comme nous l'explique le site quelleenergie.fr¹¹, grâce à un système de domotique installé chez soi, il est possible d'économiser en moyenne 637€/an sur sa facture d'énergie. Il existe sur le marché des instruments de mesure globale à raccorder avec le compteur électrique ou le tableau électrique, permettant une gestion et une surveillance optimisée de la consommation énergétique. Ces dispositifs de surveillance fournissent des données précises sur la consommation, facilitant ainsi la prise de décisions éclairées pour réduire la consommation d'énergie.

L'une des technologies révolutionnaires utilisées dans le domaine de la domotique est le Raspberry Pi. c'est un mini-ordinateur composé d'un processeur, de mémoire vive, de divers ports et d'un système d'alimentation. Grâce à sa taille compacte et à son coût réduit, le Raspberry Pi est largement utilisé dans la domotique, offrant des possibilités d'automatisation et de contrôle dans de nombreux domaines.

¹⁰ <https://www.lemagdeladomotique.com/dossier-1-domotique-definition-applications.html>

¹¹ <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/domotique>

Nous avons compris le fonctionnement de la domotique, maintenant, nous nous intéressons à la manière dont cette technologie est utilisée dans la santé. La domotique était auparavant présente pour ceux qui souhaitaient motoriser un portail, gérer des lumières ou encore connaître leurs consommations énergétiques à distance comme nous l'avons vu précédemment... Aujourd'hui, la domotique est également synonyme de renouveau et d'espoir pour l'autonomie de personnes présentant des déficiences. Comme nous l'affirme Simon Vlieghe, Domoticien en Santé, dans le Journal of Neuroradiology "*Elle fera partie intégrante des hôpitaux de demain*"¹². Pour les personnes âgées, la domotique offre énormément davantage, tout d'abord, elle contribue à la sécurité en permettant la surveillance et la gestion des risques liés aux accidents domestiques. Comme nous le présente l'article "La domotique au service des personnes en perte d'autonomie"¹³ sur le site essentiel-autonomie.com, grâce à des équipements domotiques tels que les systèmes d'alarme, les portes et volets automatisés, il est possible de réduire les risques de chutes et d'autres incidents qui pourraient affecter la santé des personnes âgées, cela permet d'améliorer leur confort de vie au quotidien.

Également, un autre avantage important de la domotique pour la santé des personnes âgées est la possibilité de surveiller leur état de santé de manière continue. Grâce aux objets connectés, il est possible de collecter, stocker et transmettre des données relatives à la santé. Cela permet de suivre l'état de santé des personnes âgées, d'alerter les proches aidants ou les professionnels de santé en cas de besoin et de prendre des mesures préventives appropriées. La surveillance régulière de la santé favorise la détection précoce de problèmes de santé et permet une intervention rapide, ce qui peut avoir un impact positif sur la santé générale des personnes âgées. Différents outils permettent de suivre l'activité des personnes âgées ou en perte d'autonomie telles que, des bracelets connectés et des cannes intelligentes, ce qui favorise leur maintien en bonne santé et permet

¹² <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0150986119300331>

¹³

<https://www.essentiel-autonomie.com/adapter-logement/domotique-service-personnes-perte-autonomie>

de détecter d'éventuels problèmes de santé ou de chutes. On trouve également des objets connectés tels que des tasses, des verres et des bouteilles connectées qui permettent de surveiller la consommation de liquides et de prévenir la déshydratation, ainsi que des fourchettes connectées et des balances connectées qui privilégient une meilleure nutrition et aident à prévenir la dénutrition. En utilisant la domotique, les personnes âgées peuvent également bénéficier d'une surveillance régulière et d'une assistance à distance. Les objets connectés peuvent pallier l'absence d'une aide à domicile permanente, en fournissant des alertes en cas de besoin et en assurant une certaine tranquillité d'esprit pour les personnes âgées et leurs proches.

Un autre outil important dans le domaine de la domotique pour les personnes âgées est le pilulier connecté. Celui-ci permet de suivre et de rappeler la prise des médicaments, contribuant ainsi à améliorer l'observance des traitements médicaux, qui est crucial pour la santé des personnes âgées. Plus de 40 % des Français consomment des médicaments au quotidien et parmi les seniors, environ trois sur dix en consomment même plusieurs fois par jour, cela représente 35 % exactement des seniors qui indiquent prendre des médicaments plusieurs fois par jour d'après Statista.com¹⁴. Nous avons également remarqué que près de 10 % des seniors avouent ne pas respecter la dose prescrite par le médecin pour de diverses raisons, oubli, manque d'intérêt selon eux, c'est pourquoi améliorer l'observance est un enjeu crucial au vu des coûts que cela représente pour l'État et des risques pour les patients.

D'après l'article "Le pilulier connecté : adieu les oublis de médicaments !" ¹⁵, sur le site Santors.fr, Un pilulier connecté est un dispositif conçu pour faciliter le suivi et la prise de médicaments, en particulier pour les personnes âgées atteintes de troubles de la mémoire tels que la maladie d'Alzheimer. En plus de prévenir les oublis, le pilulier connecté offre d'autres avantages pour les personnes âgées. Il facilite la gestion des prises de médicaments en organisant les différentes doses dans des compartiments distincts, ce qui réduit les risques de confusion. De plus, certains

¹⁴ <https://fr.statista.com/themes/3404/les-francais-et-les-medicaments/#topicOverview>

¹⁵ <https://santors.fr/les-soins/pilulier-connecte>

piluliers connectés peuvent être configurés pour envoyer des notifications à des proches ou à des professionnels de santé en cas de non-observance du traitement, ce qui permet une intervention rapide et adaptée. En termes de chiffres, une étude a démontré qu'en utilisant un pilulier connecté, le taux de non-observance des traitements pouvait être réduit de manière significative, passant de 50% à seulement 5%. Cela représente une amélioration considérable de la prise en charge médicamenteuse des personnes âgées, en minimisant les risques de complications liées à une mauvaise observance.

Afin de vérifier ces informations, nous avons rencontré un spécialiste dans ce domaine pour comprendre la mise en pratique de la domotique au service de la santé. Selon l'interview avec Alexandre Biesbrouck, (voir annexe 1) expert ingénieur informatique, il a réalisé une Licence Technologies Nouvelles et Autonomie de la Personne (TNAP), pour personne Âgée et handicapée. D'après lui, la domotique offre de nombreuses possibilités pour améliorer la qualité de vie des individus. Dans le cadre de la vieillesse et de la perte d'autonomie, la domotique peut être utilisée pour faciliter l'adaptation du domicile et fournir une assistance supplémentaire. Cela inclut l'installation de capteurs pour détecter les mouvements et anticiper les changements dans la maison, tels que le changement de télévision ou de meubles.

En ce qui concerne les personnes atteintes du syndrome d'enfermement par exemple, une maladie qui entraîne progressivement une perte de l'utilisation des muscles, la domotique peut jouer un rôle essentiel. Elle permet de mettre en place des systèmes de communication et de contrôle adaptés, tels que des télécommandes spécialisées, afin de faciliter l'interaction avec la maison. Cela va de même pour plusieurs autres maladies spécifiques, par exemple, pour les personnes atteintes de la maladie de Parkinson, des télécommandes spécialisées peuvent simplifier les interactions avec la maison. Pour les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer, des dispositifs tels qu'Alexa peuvent lire l'agenda à des heures précises et envoyer des rappels. Il est essentiel d'adapter l'interface utilisateur aux besoins des utilisateurs, en utilisant des gros boutons, un écran tactile et la reconnaissance vocale. L'objectif est de créer un ensemble de systèmes connectés entre eux, avec

des objets connectés reliés par une interface commune, afin de répondre aux besoins et aux demandes des utilisateurs.

La mise en place de la domotique peut inclure diverses applications, telles que des détecteurs de chute pour appeler un proche ou les secours en cas d'urgence, des systèmes de sécurité comprenant des caméras et des capteurs de mouvement, des dispositifs de confort tels que des volets automatiques, ou encore des mesures de prévention pendant les vacances pour simuler une présence dans la maison. De nombreuses entreprises se spécialisent dans la commercialisation d'outils de domotique tels que Enki, filiale de LeroyMerlin acteur principal français de grande distribution spécialisée dans l'amélioration de l'habitat. La domotique peut également contribuer au maintien à domicile en automatisant des tâches telles que la gestion de la liste de courses. À l'avenir, il est envisagé de développer des listes de courses intelligentes qui commanderont automatiquement des produits du quotidien, intégrant ainsi d'autres applications pour faciliter la vie des utilisateurs.

En termes de santé globale, les montres connectées peuvent jouer un rôle important en surveillant des paramètres tels que le rythme cardiaque et en établissant une communication avec une intelligence artificielle (IA) pour alerter et contacter les secours en cas de besoin. La gestion de l'obésité, comme nous avons pu le voir précédemment, est un autre domaine où l'IA peut être utilisée pour fournir des conseils sur l'alimentation et l'activité physique.

Il est important de souligner que la domotique devient de plus en plus accessible, avec des produits disponibles dans des magasins tels que Lidl. Cependant, la qualité et la fiabilité des produits doivent être prises en compte pour garantir leur efficacité.

De plus, la domotique étant en plein essor, de nombreuses formations commencent à se développer, comme nous avons pu le voir avec Alexandre Biesbrouck, une licence spécialisée existe. Également, des formations en ligne gratuites sont

disponibles pour expliquer les concepts de la domotique au grand public et permettre à toutes et à tous d'expliquer son foyer avec les moyens mis à disposition.

Il convient de noter que l'IA et la domotique ont leurs limites. Elles dépendent des informations qui leur sont fournies et nécessitent une phase d'apprentissage et de traitement. Sur le plan juridique et social, il peut y avoir une certaine réticence ou peur chez les personnes âgées, ce qui nécessite une période d'acceptation et d'adaptation. Il est essentiel de souligner que l'IA ne doit pas remplacer la présence humaine, car la communication et l'interaction avec d'autres individus restent indispensables pour éviter l'isolement et l'abandon. Nous approfondirons toutes les limites liées à l'IA dans une autre partie.

Pour synthétiser cette partie, grâce à toutes les études précédemment analysées ainsi que les interviews des professionnels rencontrés, nous en concluons que l'utilisation croissante de l'IA dans la médecine, notamment dans la prédiction des maladies, est devenue une réalité prometteuse. Cette capacité à anticiper les problèmes de santé futurs présente de nombreux avantages, tant pour les patients que pour les professionnels de la santé. Dans cette partie, nous avons exploré en détail les avantages de la prédiction dans la santé grâce à l'intelligence artificielle, en mettant l'accent sur les points essentiels et en adoptant une approche experte dans le domaine de l'IA en santé.

L'un des avantages les plus significatifs de la prédiction dans la santé grâce à l'intelligence artificielle réside dans sa capacité à améliorer le diagnostic précoce des maladies, diagnostic que nous approfondirons dans la prochaine partie. En utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique et des réseaux neuronaux, l'IA peut analyser de vastes ensembles de données médicales, comprenant des images médicales, des antécédents médicaux, des résultats de laboratoire et des informations génétiques, afin de détecter les signes précurseurs de maladies. Cette disposition à identifier les problèmes de santé dès leurs premiers stades permet une intervention rapide et précise, ouvrant la voie à des traitements plus efficaces et à de meilleurs résultats pour les patients. Des études ont démontré l'efficacité de l'IA dans le dépistage de diverses maladies, comme nous avons pu le voir précédemment.

La capacité de l'IA à détecter les anomalies dans les données médicales grâce aux rapports épidémiologiques permet également d'identifier les risques de maladies spécifiques chez les patients. Par exemple, en analysant les facteurs de risque, les antécédents médicaux et les biomarqueurs, l'IA peut prédire la probabilité de développer des affections telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires, le cancer et les troubles neurologiques. Cette prédiction précoce offre aux professionnels de la santé l'opportunité d'initier des mesures préventives, telles que des changements de mode de vie, des dépistages réguliers et des traitements préventifs, afin de réduire les risques et d'améliorer la qualité de vie des patients.

De plus, cela peut contribuer à réduire les coûts de santé en détectant les problèmes de santé dès leurs stades initiaux. Ces dépistages précoces permettent de prévenir les médecins en cas de risque, d'entamer les démarches qui amènent jusqu'au diagnostic. Nous allons maintenant entamer le sujet des domaines d'application et les avantages de l'IA pour le diagnostic des maladies.

2. Les domaines d'application et les avantages de l'IA pour le diagnostic des maladies

Introduction au diagnostic des maladies

Le diagnostic précis des maladies joue un rôle crucial dans la prise en charge médicale, permettant une identification précoce des affections et une mise en place rapide des traitements adaptés. Cependant, nous avons constaté que les méthodes de diagnostic traditionnelles présentent certaines limitations, notamment en termes de subjectivité, de variabilité interprétative et de délais. Nous cherchons donc à valider notre première hypothèse en affirmant que l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine du diagnostic médical ouvre de nouvelles perspectives pour améliorer la précision diagnostique et la rapidité des évaluations. Dans cette section, nous mettrons en évidence l'importance du diagnostic précis

dans la prise en charge des maladies et les limites actuelles des méthodes de diagnostic traditionnelles.

Importance du diagnostic précis dans la prise en charge des maladies

Le diagnostic précis revêt une importance capitale dans la prise en charge des maladies, car il guide les décisions médicales, les traitements et les interventions appropriées. Un diagnostic erroné ou tardif peut entraîner des conséquences néfastes pour la santé du patient, telles que des complications, des retards de traitement ou une détérioration de l'état de santé. L'IA offre la possibilité d'améliorer la précision diagnostique en exploitant des algorithmes sophistiqués capables d'analyser de vastes ensembles de données médicales et de détecter des patterns ou des associations significatives.

Limitations actuelles dans les méthodes de diagnostic traditionnelles

Comme nous l'avons affirmé précédemment, les méthodes de diagnostic traditionnelles sont soumises à diverses limitations qui peuvent affecter la précision et la fiabilité des résultats. Parmi ces limitations, on peut citer la subjectivité dans l'interprétation des symptômes, des signes cliniques et des résultats de tests, ce qui peut conduire à des variations entre les professionnels de santé. De plus, les délais dans la réalisation et l'interprétation des examens médicaux peuvent retarder le diagnostic et compromettre la rapidité de la prise en charge.

Nous affirmons ces limitations avec une interview que nous avons réalisée, le Dr. Guillaume Lefebvre, médecin spécialiste en radiologie, souligne ces limitations et explique : "Dans ma pratique quotidienne, je constate souvent des variations dans l'interprétation des images médicales, ce qui peut conduire à des erreurs de diagnostic ou à des retards dans la détection de certaines pathologies. De plus, les délais d'attente pour la réalisation des examens et l'obtention des résultats peuvent avoir un impact négatif sur la prise en charge des patients."(voir annexe 2)

Nous analysons donc que le diagnostic précis des maladies est d'une importance primordiale pour assurer une prise en charge médicale adéquate. Que les méthodes

de diagnostic traditionnel présentent des limites en termes de subjectivité et de délais. Nous faisons un pas de plus vers la validation de notre hypothèse en soulignant que l'intégration de l'IA dans le processus de diagnostic offre des opportunités prometteuses pour améliorer la précision et la rapidité des évaluations médicales, ce qui peut avoir un impact significatif sur les résultats cliniques et la qualité des soins.

Après avoir recherché les différentes possibilités que l'IA peut apporter dans le domaine du diagnostic en exploitant les données médicales pour assister les professionnels de santé dans leurs évaluations. Nous examinerons l'utilisation des données médicales pour le diagnostic assisté par l'IA, en mettant l'accent sur la collecte et l'intégration de multiples sources de données, ainsi que l'analyse et l'interprétation des données par des algorithmes d'IA.

Collecte et intégration de multiples sources de données médicales

Nous savons que pour que l'IA remplisse son rôle, la collecte et l'intégration de multiples sources de données médicales jouent un rôle crucial. Ces sources de données peuvent inclure des dossiers médicaux électroniques, des résultats d'examens de laboratoire, des images médicales, des données génétiques, des informations sur le mode de vie du patient, et bien d'autres encore. En combinant ces différentes sources de données, l'IA peut fournir une vision holistique du patient, permettant une évaluation plus précise et complète de sa condition médicale.

Nous pouvons affirmer ceci à la suite d'une interview que nous avons réalisée avec le Dr. Derhourhi, chercheur en bio-informatique, il souligne l'importance de la collecte et de l'intégration de multiples sources de données : "La combinaison de différentes sources de données médicales permet d'obtenir une vision plus complète de la santé d'un patient. Par exemple, en associant les résultats d'examens d'imagerie médicale avec les données génétiques, nous pouvons identifier des marqueurs diagnostiques précis et personnalisés." (voir annexe 3)

Analyse et interprétation des données par des algorithmes d'IA

Une fois les données médicales collectées et intégrées, des algorithmes d'IA peuvent être utilisés pour analyser et interpréter ces données. Comme nous l'avons expliqué dans l'introduction, ces algorithmes peuvent être basés sur des techniques de machine learning, de deep learning ou de réseaux neuronaux, leur permettant de détecter des schémas complexes et de reconnaître des associations significatives entre les données. L'IA peut ainsi identifier des caractéristiques diagnostiques, prédire des risques de maladies et fournir des recommandations de traitement adaptées. À titre d'exemple, le système Epifractal, en cours de mise en œuvre à l'AP-HP¹⁶, permet de détecter, à partir des comptes rendus médicaux, les patients à risque élevé de fracture liée à l'ostéoporose, dans le but de les inclure dans une filière de soin spécifique.

Le Dr. Guillaume Lefebvre, spécialiste en radiologie, explique lors de notre interview : "L'analyse des images médicales par des algorithmes d'IA permet d'extraire des informations précieuses et de détecter des anomalies qui pourraient échapper à l'œil humain. Par exemple, dans le dépistage du cancer du sein, l'IA peut aider à identifier des lésions suspectes avec une grande précision, ce qui facilite la prise de décision pour les professionnels de santé."

Nous pouvons donc affirmer que l'utilisation des données médicales pour le diagnostic assisté par l'IA présente un potentiel énorme. La collecte et l'intégration de multiples sources de données permettent d'obtenir une vision générale du patient, tandis que l'analyse et l'interprétation des données par des algorithmes d'IA permettent une évaluation plus précise et des recommandations personnalisées. L'IA offre ainsi de nouvelles perspectives pour améliorer la précision et l'efficacité du diagnostic médical, permettant une prise en charge plus rapide et plus précise des patients.

¹⁶ <https://www.health-data-hub.fr/partenariats/epifractal>

Nous constatons, durant nos recherches, des avancées significatives dans la classification et la prédiction des maladies, offrant de nouvelles possibilités pour améliorer les capacités diagnostiques.

Utilisation de techniques de machine learning pour identifier des modèles de maladies

Un nombre conséquent d'études ont été réalisées sur les techniques de machine learning pour identifier des modèles de maladies à partir de données médicales. Des études telles que celle menée par Christelle Haikal pour le CNRS dans l'étude "Applications actuelles des réseaux de neurones pour l'étude des lésions hépatiques en IRM"¹⁷ ont utilisé des algorithmes de classification tels que les réseaux neuronaux convolutifs pour la détection de pathologies spécifiques à partir d'images médicales. Les résultats ont démontré une performance équivalente, voire supérieure, à celle des radiologues dans la détection de ces pathologies.

En outre, des méthodes de classification supervisée, telles que les forêts aléatoires et les machines à vecteurs de support, ont été appliquées avec succès pour identifier des modèles de maladies à partir de données cliniques et de laboratoire. Par exemple, une étude menée par Mohamed Kazim MOUDACHIROU dans son mémoire de 2017¹⁸ a utilisé des méthodes de forêt aléatoire pour différencier différents types d'arthrose aux genoux.

La méthode de la forêt aléatoire choisit au hasard des caractéristiques et fait des observations, construit une forêt d'arbres de décision, puis fait la moyenne des résultats. La théorie veut qu'un grand nombre d'arbres non corrélés crée des prédictions plus précises qu'un arbre de décision individuel.

Nous allons maintenant analyser comment ces différentes études et avancées sur les modèles de machine learning peuvent améliorer l'IA dans la prédiction de risque et de résultat clinique.

¹⁷ <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03365090/document>

¹⁸ <http://r-libre.telug.ca/1431/1/Moudachirou.pdf>

Prédiction des risques et des résultats cliniques grâce à l'IA

Suite à la lecture d'un article de : “La Revue du Digital”¹⁹ en septembre 2022 qui affirme que 30% des interventions chirurgicales majeures entraînent des complications et 40 % des patients âgés de 65 ans et plus souffrent d'impacts cognitifs durables après une chirurgie orthopédique ou cardiaque. Nous avons décidé de chercher comment l'intelligence artificielle pourrait diminuer les risques de “mauvaises surprises” dans les résultats cliniques.

Nous pouvons retrouver des start-up comme “Surge” qui ont utilisé des algorithmes de machine learning pour prédire le risque de développer des complications post-chirurgicales chez les patients. Les modèles prédictifs ont permis d'identifier les patients à haut risque, ce qui a permis aux professionnels de santé de prendre des mesures préventives et d'améliorer les résultats cliniques.

De plus, des modèles d'IA ont été développés pour prédire l'évolution des maladies et l'efficacité des traitements. Par exemple, une thèse menée par Anthony DEVAUX sur “la Modélisation et la prédiction dynamique individuelle d'événements de santé à partir de données longitudinales multivariées”²⁰ a utilisé des données longitudinales de patients atteints de diabète pour prédire la progression de la maladie et optimiser les stratégies de traitement. Les résultats ont montré que les modèles prédictifs basés sur l'IA étaient capables d'estimer avec précision la probabilité de complications et d'orienter les décisions thérapeutiques.

Nous pouvons retenir que les avancées de l'IA dans la classification et la prédiction des maladies sont de plus en plus prometteuses. Les techniques de machine learning ont montré leur efficacité dans l'identification de modèles de maladies à partir de données médicales, tandis que les modèles prédictifs basés sur l'IA permettent d'estimer les risques et les résultats cliniques. Ces avancées ouvrent de nouvelles perspectives pour améliorer les capacités diagnostiques et prédictives, facilitant ainsi une prise en charge plus personnalisée et plus efficace des patients.

¹⁹

<https://www.larevuedudigital.com/lintelligence-artificielle-detecte-le-risque-de-complications-postoperatoires/>

²⁰ <https://theses.hal.science/tel-03909257/>

Ces avancées de l'IA dans le domaine du diagnostic médical ouvrent la voie à de nouvelles possibilités pour améliorer la précision et la rapidité des diagnostics, ainsi que pour optimiser les décisions thérapeutiques et améliorer les résultats cliniques.

Accès à des diagnostics spécialisés grâce à l'IA

Nous recherchons maintenant comment ces avancées peuvent améliorer la personnalisation des diagnostics à partir de bases données médicales immenses.

Exploitation des connaissances médicales expertes pour des diagnostics précis

L'IA permet de bénéficier de l'expertise médicale spécialisée, même dans des domaines spécifiques ou rares. En exploitant des bases de connaissances médicales expertes, des algorithmes d'IA peuvent être développés pour analyser et interpréter les données cliniques avec une précision accrue. Ces algorithmes peuvent être formés à partir de grandes quantités de données médicales et des connaissances expertes intégrées par des médecins spécialisés. Nous pouvons retrouver différentes bases de données notamment en France, nous disposons d'une des plus grandes bases en santé du monde : son système national de données médico-administratives, le SNIIRAM²¹ (pour Système national d'information inter-régimes de l'Assurance Maladie).

C'est grâce à ces bases de données que le patient se verra recevoir un diagnostic personnalisé optimal. Et, comme nous l'avons évoqué précédemment, la personnalisation dans le domaine médical est le facteur le plus important dans la réussite d'un dépistage, d'un diagnostic ou d'un traitement.

Possibilité d'étendre l'accès aux diagnostics dans les régions éloignées ou sous-desservies

²¹

<https://assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/en-savoir-plus-snds/presentation-systeme-national-donnees-sante-snds>

L'un des grands avantages de l'utilisation de l'IA dans le diagnostic des maladies est la possibilité d'étendre l'accès aux diagnostics dans les régions éloignées ou sous-desservies. Dans de nombreuses régions, l'accès à des spécialistes médicaux peut être limité, ce qui entraîne des retards dans le diagnostic et la prise en charge des maladies.

Cependant, l'IA peut aider à surmonter ces obstacles en permettant le dépistage préliminaire des maladies à distance. Des systèmes d'IA, tels que des chatbots médicaux ou des applications mobiles, peuvent recueillir des informations sur les symptômes des patients et les analyser pour fournir des évaluations diagnostiques préliminaires. Cela permet aux individus dans les régions éloignées ou sous-desservies d'avoir un accès précoce à des évaluations diagnostiques, ce qui peut faciliter la planification de soins appropriés et réduire les retards dans le diagnostic.

Concernant la planification des soins. Par exemple, la plateforme Doctolib a géré plus de 90% des vaccinations au COVID-19. Même si des limites sont évoquées, nous constatons dans un reportage TF1²² la force de frappe de la plateforme

Nous retrouvons aussi des chatbot comme chatGPT capable d'orienter des conseils médicaux pré-consultation. Selon l'article de la "Health IT Analytics"²³ ChatGPT a atteint une précision de 60 % lors de l'examen de licence médicale aux États-Unis.

Ce type de technologie démontre l'efficacité de tels systèmes dans l'amélioration de l'accès aux diagnostics dans les zones rurales. En combinant l'IA basique avec des technologies de communication à distance, il devient possible d'offrir des services de diagnostic à distance, permettant ainsi une meilleure couverture de soins médicaux dans les régions éloignées.

Nous en retirons que l'utilisation de l'IA dans le dépistage des maladies offre des bénéfices en termes d'accès à des diagnostics spécialisés. En exploitant les connaissances médicales expertes et en permettant le dépistage préliminaire à

²² <https://www.tf1info.fr/player/e49b6fce-9386-401b-91a8-9088aea0e636/>

²³ <https://healthitanalytics.com/news/chatgpt-passes-us-medical-licensing-exam-without-clinician-input>

distance, l'IA facilite l'obtention de diagnostics plus précis et contribue à une meilleure prise en charge des patients, même dans les régions éloignées ou sous-desservies. Ces avancées dans l'utilisation de l'IA ouvrent de nouvelles perspectives pour améliorer l'accès aux soins médicaux et réduire les disparités de diagnostic entre les populations. Cependant, il est important de continuer à évaluer et à affiner les systèmes d'IA afin de garantir leur fiabilité et leur efficacité dans la pratique clinique.

Si nous savons maintenant que les énormes bases de données améliorent le diagnostic de l'IA et que la population s'habitue à une utilisation de plus en plus numérique dans le parcours de soin, qu'en est-il des cas concrets dans le cadre de maladie complexe et/ou rare. Nous allons à présent analyser des exemples concrets de diagnostic, notamment pour la détection de cancer.

Exemples concrets d'application de l'IA dans le diagnostic des maladies

A. Maladies rares : utilisation de l'IA pour le diagnostic précoce et précis ;

L'IA joue un rôle crucial dans le diagnostic des maladies rares en permettant une détection précoce et précise. Les maladies rares sont souvent difficiles à diagnostiquer en raison de leur nature complexe et de la rareté des cas. Cependant, grâce à l'utilisation de l'IA, il est possible d'améliorer la précision diagnostique et d'identifier des signes spécifiques associés à ces maladies.

Un article des "Hôpitaux Universitaires de Marseille"²⁴ souligne l'importance de l'actionnabilité des gènes dans le diagnostic génétique des maladies. Grâce à des techniques avancées de séquençage, les médecins peuvent analyser rapidement de nombreux gènes pour identifier des variants pathogènes spécifiques. Cela permet de proposer des traitements adaptés pour prévenir, retarder ou stabiliser l'évolution de la maladie chez les patients. Cependant, il est important de noter que certaines maladies rares d'origine génétique n'ont pas encore de traitements spécifiques.

24

<http://fr.ap-hm.fr/actu/actionnabilite-clinique-des-genes-un-concept-d-actualite-dans-le-cadre-des-maladies-rares>

Néanmoins, en priorisant l'analyse des gènes ayant un impact direct sur le traitement, les médecins peuvent améliorer la prise en charge des patients et leur offrir des solutions personnalisées.

L'IA peut donc être utilisée pour analyser des données génétiques et cliniques afin de diagnostiquer des maladies rares avec une précision accrue. Les algorithmes d'IA peuvent identifier des schémas et des anomalies dans les données, ce qui permet aux médecins de poser des diagnostics précis plus rapidement. Cela peut conduire à une prise en charge appropriée et à l'accès à des traitements spécifiques pour les patients atteints de maladies rares.

B. Maladies complexes : rôle de l'IA dans le diagnostic différentiel et la détection de comorbidités

Après avoir analysé les recherches sur le génome humain pour les maladies rares, nous allons analyser le cas des maladies complexes. Nous allons vérifier si l'IA peut jouer un rôle essentiel dans le diagnostic différentiel et dans la détection de comorbidités en partant de notre précédent constat : (l'IA peut analyser de grandes quantités de données médicales provenant de multiples sources pour identifier des relations et des associations entre les symptômes et les maladies).

En intégrant des données cliniques, des antécédents médicaux, des résultats de tests et des informations génétiques, l'IA peut identifier des schémas et des associations significatifs, souvent imperceptibles pour les médecins humains, permettant ainsi une meilleure distinction entre les maladies et une détection précoce des comorbidités.

En outre, l'IA offre également des avantages dans l'identification des comorbidités, c'est-à-dire la présence de plusieurs maladies chez un même individu. En analysant de vastes ensembles de données médicales, l'IA peut détecter des associations entre différentes maladies, révélant ainsi des relations complexes et des interactions entre elles. Cette connaissance approfondie des comorbidités permet aux médecins de mieux comprendre les risques pour les patients et d'adapter leur prise en charge en conséquence.

Une étude de Cécile DONZÉ publiée chez Science Direct²⁵ en avril 2023 visait à évaluer les comorbidités chez les patients atteints de sclérose en plaques. Les chercheurs ont utilisé l'intelligence artificielle pour analyser les dossiers médicaux de plus de 1000 patients. Les principales comorbidités identifiées étaient liées aux systèmes urinaire, orthopédique et cardiovasculaire. Les patients ont été classés en fonction de leurs caractéristiques de la maladie et des comorbidités, ce qui a permis d'identifier les patients à risque. L'utilisation de l'intelligence artificielle a permis une détection plus exhaustive des comorbidités, notamment celles moins fréquemment décrites dans la littérature médicale. Cette étude souligne l'importance de prendre en compte les comorbidités dans la prise en charge de la sclérose en plaques.

Dans le cadre de l'analyse d'applications concrètes, nous pensons essentiel d'étudier l'intégration aux systèmes existants.

C. Intégration de l'IA dans les systèmes de diagnostic médical existants

Les systèmes d'IA peuvent être développés pour fonctionner de manière complémentaire avec les professionnels de la santé, en fournissant des informations supplémentaires et des suggestions de diagnostic basées sur l'analyse des données.

Par exemple, des systèmes d'aide au diagnostic basés sur l'IA ont été développés pour assister les radiologues dans l'interprétation des images médicales telles que les radiographies, les tomodensitogrammes et les IRM. Ces systèmes peuvent aider à détecter des anomalies, à classifier les lésions et à fournir des recommandations de traitement.

Spécialement pour le diagnostic de cancer : selon des études réalisées par la ligue contre le cancer²⁶, 1 homme sur 2 et 1 femme sur 3 sont touchés, chaque année, par une forme de cancer. Compte tenu de ce résultat alarmant, nous nous sommes renseignés sur les solutions qui étaient actuellement mises en place. Aujourd'hui,

²⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0035378723006884>

²⁶

https://www.ligue-cancer.net/article/25168_le-cancer-en-france?gclid=CjwKCAjw1MajBhAcEiwAagW9MenQl6bw1dlcHm6Y52hMybuH95f8h3l5pahK8WMXuKtGD--y_MGoiRoC9OsQAvD_BwE

des chercheurs travaillent tous les jours sur l'amélioration de solution d'IA afin d'anticiper la détection d'une forme de cancer, par exemple, IBM Watson, une plateforme d'intelligence artificielle développée par IBM qui est utilisée dans le domaine médical, pour le diagnostic et le traitement du cancer. Grâce à l'apprentissage statistique et à l'analyse d'imagerie médicale, Watson peut déterminer le type de cancer dont un patient est atteint. Il dispose d'une puissance de calcul considérable, capable d'analyser 20 millions de pages de données en seulement trois secondes selon IBM. Une fois le diagnostic établi, Watson propose un traitement approprié et économique pour les assurances maladie. Également, le Massachusetts Institute of Technology (MIT) a également développé un algorithme de deep learning pour évaluer la densité d'un sein à partir de mammographies, afin de détecter plus précisément les cancers du sein. Cette méthode permet une analyse fine et efficace des images radiologiques pour le diagnostic. Nous avons aussi La start-up française Thérapixel, créée en 2013, qui a développé un système de diagnostic des cancers du sein à partir de mammographies. Elle a remporté le prix de l'innovation décerné par la Société française de radiologie en 2017. Leur système présente un taux d'exactitude équivalent à celui des experts humains. Cela commence à nous montrer, petit à petit, de la pertinence et de l'importance de l'exploitation de l'IA au sein de la santé. Uniquement avec IBM Watson et Thérapixel, nous constatons déjà un gain de temps considérable dans la détection d'une forme de cancer, sans oublier la précision qui est semblable à celle d'un humain, expert dans son domaine médical respectif. De plus, la société Owkin, spécialisée dans l'intelligence artificielle appliquée à la médecine et développant des outils avancés pour l'analyse des données médicales, a conçu un algorithme capable de reconnaître et d'analyser les cellules tumorales à partir d'une lame histologique. Cet algorithme recherche des motifs spécifiques dans l'image pour prédire la présence de tumeurs.

En résumé, IBM Watson, le MIT, Thérapixel et Owkin sont des acteurs majeurs dans l'application de l'intelligence artificielle pour le diagnostic et le traitement du cancer. Ces systèmes utilisent des techniques avancées d'apprentissage statistique et d'analyse d'imagerie pour améliorer la précision et l'efficacité du diagnostic, contribuant ainsi à l'avancement des soins de santé.

Compte tenu de ces informations, nous avons voulu sonder un professionnel de ce domaine afin de comprendre comment ces outils étaient utilisés en situation réelle et les résultats obtenus grâce à ces derniers. Mehdi Derhourhi, chercheur en bio-informatique (annexe 3), nous a donc certifié que l'IA, notamment le Machine Learning et le Deep Learning, avait un impact très positif sur la santé et le sera davantage demain. Grâce à des algorithmes développés par les Data Scientist, des sociétés comme IBM ont pu concevoir des solutions permettant de visualiser des différences de teintes indéterminables à l'œil humain. L'intelligence artificielle (IA) peut être plus performante que l'homme dans l'analyse d'anomalies sur des radiographies en raison de sa capacité à détecter des nuances de gris plus subtiles. Contrairement à l'homme, qui peut être limité dans sa perception visuelle, l'IA peut analyser et interpréter les images radiologiques avec une précision et une sensibilité accrues. Cette capacité de l'IA à détecter des détails subtils et des variations de luminosité peut permettre une détection plus précoce et plus précise des anomalies dans les radiographies. Cependant, il convient de noter que l'IA ne remplace pas les radiologues ou les professionnels de la santé, mais elle peut les assister dans leur analyse en fournissant une aide dans le diagnostic. L'IA peut effectuer des tâches de dépistage préliminaire en identifiant les zones d'intérêt et en signalant les éventuelles anomalies, ce qui permet aux radiologues de se concentrer davantage sur l'interprétation et la prise de décision clinique.

Comme nous venons de le voir, l'IA peut jouer un rôle très important dans la détection de certaines maladies, notamment les cancers grâce à ses capacités de précisions en termes de lecture de radiographie et à sa précision quant à la distinction de nuances de couleurs. Elle peut avoir un rôle majeur pour d'autres maladies. L'ophtalmologie a été le premier secteur médical à tester l'intelligence artificielle. Dans une étude publiée sur PubMed²⁷ en May 2022, le journal JAMA Network Open explique que L'intelligence artificielle peut aider à dépister les maladies rétinienne en utilisant des images du fond d'œil. Dans cette étude, un système d'IA appelé RAIDS a été développé et testé. Il a montré une grande précision pour détecter 10 maladies rétinienne différentes. Comparé aux

²⁷ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35503220/>

spécialistes de la rétine, RAIDS a obtenu de meilleurs résultats dans la détection des anomalies rétinienne. Il a également permis d'économiser beaucoup de temps dans l'évaluation des images. Cette technologie peut être particulièrement utile dans les régions où il y a une pénurie d'ophtalmologistes expérimentés.

Concernant le diagnostic, nous pouvons retenir de ces recherches que l'utilisation de l'IA dans le diagnostic des maladies offre des exemples concrets d'applications dans divers domaines. De la détection précoce des maladies rares à la prise en compte des comorbidités dans les maladies complexes, en passant par l'intégration de l'IA dans les systèmes de diagnostic médical existants, l'IA montre son potentiel pour améliorer la précision diagnostique, faciliter l'accès aux soins et optimiser les résultats cliniques. Cependant, il est important de continuer à développer des approches d'IA robustes, d'assurer la transparence et l'interprétabilité des algorithmes, et de garantir la collaboration étroite entre les professionnels de la santé et les technologies de l'IA afin de maximiser les avantages tout en assurant la sécurité et la qualité des soins aux patients.

Nous pouvons maintenant étudier la suite logique du diagnostic : le traitement. Est-ce que l'IA peut aussi accompagner les professionnels de santé dans la délivrance de traitement adapté et personnalisé ?

3. Les domaines d'application et les avantages de l'IA pour le traitement des maladies

Comme nous avons pu le voir dans les parties précédentes, l'utilisation de l'IA pour le dépistage ainsi que le diagnostic est très pertinent. À présent, nous allons explorer le sujet concernant le traitement qui est un enjeu majeur pour garantir des résultats optimaux pour chaque patient.

L'intelligence artificielle joue un rôle essentiel dans la santé, en permettant une approche plus individualisée basée sur les données médicales spécifiques de chaque patient, comme nous l'avons démontré dans la partie dépistage et diagnostic. Cette approche individualisée va-t-elle permettre une personnalisation

des traitements pour conduire à une meilleure efficacité thérapeutique, une réduction des effets indésirables et à une amélioration générale de la qualité des soins ?

Pour répondre à cette partie de notre hypothèse, nous nous sommes focalisés, dans un premier temps, à la médecine de précision qui consiste à adapter les traitements en fonction des caractéristiques génétiques, moléculaires et environnementales de chaque individu. Selon l'Institut National du Cancer, dans l'article "Médecine de précision"²⁸, il est expliqué que la médecine de précision est une approche médicale qui vise à personnaliser les soins et les traitements en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque individu. Elle repose sur une meilleure compréhension des facteurs génétiques, moléculaires et environnementaux qui influencent la santé et la maladie. L'objectif de la médecine de précision est d'optimiser les résultats thérapeutiques en identifiant les patients qui sont les plus susceptibles de bénéficier d'un traitement spécifique, tout en minimisant les effets indésirables.

Grâce aux avancées technologiques, notamment dans le séquençage de l'ADN et l'analyse des données médicales, la médecine de précision permet d'identifier des anomalies génétiques ou moléculaires spécifiques associées à certaines maladies, comme le cancer. Cela permet aux médecins de sélectionner des traitements ciblés qui peuvent être plus efficaces et mieux tolérés par les patients. Par exemple, comme l'explique la communauté Vivre avec un cancer du sein dans son article "Comprendre, prévenir et dépister"²⁹, dans le cas du cancer du sein, des actions peuvent être mises en place pour favoriser une détection précoce et ainsi faciliter le traitement et limiter les séquelles. Beaucoup de facteurs dans ce type de cancer sont à prendre en compte : l'âge, les gènes, les antécédents familiaux et personnels de cancer du sein, les facteurs géographiques et sociaux, la consommation de certains médicaments, le surpoids et l'obésité, la consommation d'alcool et de tabac. Cela représente énormément de facteurs qui sont très fastidieux à analyser, un par un, l'erreur humaine peut provoquer certaines méconnaissances, c'est ici que l'IA

²⁸

<https://www.e-cancer.fr/Comprendre-prevenir-depister/Comprendre-la-recherche/La-medecine-de-precision#:~:text=La%20m%C3%A9decine%20de%20pr%C3%A9cision%2C%20%C3%A9galement.aux%20caract%C3%A9ristiques%20de%20sa%20tumeur>

²⁹ <https://vivreavecuncancerdusein.fr/comprendre-prevenir-depister/>

entre en jeu. La médecine de précision repose également sur une approche préventive en identifiant les personnes présentant un risque élevé de développer certaines maladies, ce qui permet de mettre en place des mesures préventives adaptées. Par exemple, le dépistage du cancer du sein est recommandé à toutes les femmes âgées de 50 à 74 ans, et une mammographie est réalisée tous les deux ans pour détecter d'éventuelles anomalies précoces...

L'intelligence artificielle peut aussi contribuer à la personnalisation des soins de santé en fournissant des recommandations spécifiques pour le mode de vie et la prévention des maladies. Des applications et des dispositifs connectés, comme vu dans les parties précédentes, peuvent collecter en temps réel des données sur l'activité physique, les habitudes alimentaires, la qualité du sommeil, etc. Ces données peuvent ensuite être analysées par des algorithmes d'IA pour détecter des modèles et des risques. Sur la base de ces informations, des recommandations personnalisées peuvent être fournies aux individus pour améliorer leur mode de vie, prévenir les maladies et favoriser leur bien-être général. Par exemple, les Apple Watch permettent d'indiquer lorsqu'un individu est en manque d'activité physique, elle va le notifier directement via une devise et lui exprimer une recommandation comme "Levez-vous". L'article de Pocket-Lint.com, traitant de "Comment rester en forme avec l'Apple Watch : Guide complet des applications Activité et Entraînement", explique toutes les fonctionnalités liées à la santé et à la gestion de son activité grâce à cette montre connectée.

Une étude publiée par la professeure Monika Rekik de l'université Laval³⁰, a examiné l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la personnalisation des interventions en matière de santé. La chercheuse a développé un modèle d'IA capable de prédire l'hypoglycémie chez les personnes atteintes de diabète de type 1. L'objectif est d'utiliser des données recueillies auprès des patients, telles que les niveaux de glucose, les activités physiques et les apports alimentaires, pour entraîner un modèle d'intelligence artificielle capable de prédire les épisodes d'hypoglycémie. Cela permettrait aux patients et aux parents d'enfants diabétiques

30

<https://nouvelles.ulaval.ca/2023/04/06/et-si-lintelligence-artificielle-pouvait-veiller-sur-les-diabetiques-a-c42c8011-431b-4f33-aef7-318db3af7319>

de mieux surveiller leur état et d'anticiper les problèmes potentiels liés à l'hypoglycémie. Ces prédictions ont ensuite été utilisées pour élaborer des interventions ciblées, telles que des recommandations diététiques et des conseils d'exercice, adaptées aux besoins de chaque individu.

Un autre avantage majeur de la prédiction dans la santé est la capacité à personnaliser les traitements et les soins de santé. En analysant les données individuelles des patients, l'IA peut prédire la réponse d'un patient à un traitement spécifique, ce qui permet d'adapter les protocoles de traitement en fonction des besoins spécifiques de chaque individu. Genome Québec, un organisme qui se concentre sur des projets liés à la génomique et à l'intelligence artificielle dans le domaine médical et environnemental, s'est penché sur le sujet. Nous avons découvert que l'un de leurs projets concerne le développement de modèles d'intelligence artificielle pour prédire la réponse aux combinaisons de médicaments chez les patients atteints d'un cancer ayant un mauvais pronostic³¹. L'objectif est d'utiliser le profilage moléculaire « omique » des tumeurs, qui analyse l'expression des gènes, pour recueillir une abondance de données qui peuvent être utilisées pour relever ce défi grâce à l'intelligence artificielle.

Le projet est toujours en cours, nous n'avons pas pu analyser le retour des résultats étant donné que ce dernier a pris du retard sur son développement, par contre, nous avons découvert d'autres solutions liées au traitement, notamment au sujet de la chirurgie.

Comme nous l'explique à travers un podcast sur Francebleu, Frédéric Obert, Chirurgien et Julien Henriot ingénieur en informatique³², tous deux au CHU de Besançon, cet hôpital développe Le projet MASSAI (Modeling Aids for Safe Surgery

³¹

<https://www.genomequebec.com/239-projet/developpement-de-modeles-d-intelligence-artificielle-pour-predire-la-reponse-aux-combinaisons-de-medicaments-chez-les-patients-atteints-d-un-cancer-ayant-un-mauvais-pronostic/>

³² <https://www.francebleu.fr/emissions/made-franche-comte/besancon/made-franche-comte-353>

using Artificial Intelligence)³³ qui a pour ambition d'améliorer la sécurité des patients au sein des blocs opératoires en utilisant l'intelligence artificielle. L'objectif est de développer un système prédictif qui évalue en temps réel les risques liés aux actions et aux états des différents éléments du bloc opératoire, qu'ils soient humains (patients, personnels) ou matériels. Ce système sera capable d'alerter le personnel sur les situations à risque accru ou les dysfonctionnements et de proposer des actions de prévention ou d'atténuation en temps réel. Pour ce faire, un outil informatique basé sur l'intelligence artificielle sera conçu, représentant et observant les acteurs, les équipements et les situations du bloc opératoire. Ce logiciel sera entraîné à reconnaître les situations à risque en utilisant des simulations et des rapports d'incidents réels. Pendant l'acte chirurgical, le système intégrera et interprétera en temps réel les données provenant des informations qu'il aura apprises et des capteurs répartis dans le bloc opératoire. En cas de détection d'un incident imminent, MASSAI alertera immédiatement et proposera des actions correctrices. Le système sera évolutif et pourra se perfectionner en capitalisant les situations observées. Des études médico-économiques seront également menées pour évaluer le bénéfice réel pour la sécurité des patients par rapport à son coût, ainsi que pour examiner les aspects éthiques liés à l'intégration de l'intelligence artificielle dans le processus médical. Le projet est réalisé en partenariat entre le Département d'Informatique des Systèmes Complexe (DISC) de l'institut FEMTO-ST de l'université de Franche-Comté, le service de chirurgie pédiatrique du CHU de Besançon et Aprogsys, une PME spécialisée dans l'informatique. Il est financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER), le CHU de Besançon, l'université de Franche-Comté et APROGSYS.

Au vu de ces articles, nous avons réalisé un constat clair, aujourd'hui l'IA est très présente en termes de dépistage, de diagnostic, cependant, sur le plan du traitement, elle n'est pas encore suffisamment développée. D'après les différentes analyses que l'on vient de réaliser à partir des études de chercheurs et de l'analyse

33

<https://www.chu-besancon.fr/le-chu/actualites-du-chu/actualite/lintelligence-artificielle-au-bloc-operatoire.html>

d'Alexandre Biesbrouck, Ingénieur en Informatique, les seules solutions de traitement sont encore à l'échelle expérimentale.

Après avoir étudié Les domaines d'application et les avantages de l'IA pour le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies, il est possible de conclure que l'utilisation actuelle de l'intelligence artificielle (IA) offre des avantages significatifs. Cette conclusion est soutenue par plusieurs éléments clés mentionnés dans les analyses réalisées dans les différentes parties précédentes.

Dans le domaine du dépistage, l'IA se révèle être une véritable avancée. Grâce à des algorithmes d'apprentissage automatique et à des réseaux neuronaux, elle est capable d'analyser de vastes ensembles de données médicales, incluant des images médicales, des antécédents médicaux, des résultats de laboratoire et des informations génétiques, afin de détecter les signes précurseurs de maladies. Cette capacité à identifier les problèmes de santé dès leurs premiers stades permet une intervention rapide et précise, ouvrant la voie à des traitements plus efficaces et à de meilleurs résultats pour les patients. Des études ont déjà démontré l'efficacité de l'IA dans le dépistage de diverses maladies.

En ce qui concerne le diagnostic, l'IA présente également de nombreux avantages. Elle permet d'améliorer la précision diagnostique en intégrant des données épidémiologiques et en analysant les facteurs de risque, les antécédents médicaux et les biomarqueurs pour prédire la probabilité de développer certaines maladies. L'IA facilite aussi la prise en compte des comorbidités dans les maladies complexes et peut être intégrée aux systèmes de diagnostic médical existants pour optimiser les résultats cliniques. Cependant, il est important de souligner que le développement d'approches d'IA robustes, la transparence et l'interprétabilité des algorithmes, ainsi que la collaboration étroite entre les professionnels de la santé et les technologies de l'IA sont des éléments essentiels pour maximiser les avantages tout en assurant la sécurité et la qualité des soins aux patients.

Toutefois, malgré les progrès réalisés dans le dépistage et le diagnostic, l'analyse de nos recherches et de celles des professionnels soulignent que le domaine du traitement des maladies reste encore insuffisamment développé en termes d'utilisation de l'IA. Nous avons appris que les solutions de traitement basées sur l'IA sont encore à l'échelle expérimentale pour la plupart.

Nous en avons conclu que l'utilisation de l'IA dans le domaine médical offre des avantages significatifs en termes de dépistage et de diagnostic des maladies. L'IA permet une détection précoce, une intervention rapide et précise, ainsi qu'une amélioration de la précision diagnostique grâce à l'analyse de données complexes. Cependant, il est important de continuer à développer des approches d'IA robustes et à collaborer étroitement avec les professionnels de la santé pour garantir la sécurité et la qualité des soins aux patients.

Notre hypothèse “**L'utilisation actuelle de l'IA permet d'améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies**” est donc vérifiée en ce qui concerne le dépistage et le diagnostic, cependant, nous en concluons qu'au sujet du traitement, nous en sommes qu'à la première étape et qu'il faut poursuivre les recherches et les avancées dans ce domaine pour exploiter pleinement le potentiel de l'IA dans le traitement des maladies.

Suite à l'analyse de notre première hypothèse que **l'utilisation actuelle de l'IA permet d'améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies** qui s'est avéré sur certains points. Nous nous sommes orientés sur une seconde hypothèse étant, **la recherche sur le développement de l'IA dans le domaine de la santé est en plein essor.**

II. L'IA dans la santé rencontrera des limites, notamment au niveau technique, social, RGPD et éthique.

1. Les limites actuelles

A. Les limites éthiques et juridiques de l'IA pour la prévention des maladies

Comme l'explique la thèse issue de la collaboration entre l'IRIT et Kaduceo :

“Le médecin n'est pas un simple utilisateur d'un modèle de prédiction, il a besoin de comprendre son fonctionnement en observant par exemple les variables qui ont participé à sa construction.” ³⁴

Cette même source met en avant le boom du secteur de la e-santé et l'utilisation croissante des données de santé pour créer des modèles prédictifs dans les parcours de soin. Ces modèles prédictifs sont conçus pour accompagner à la fois les médecins dans leur pratique et les patients dans leur parcours de santé. Cependant, l'opacité des outils et applications basés sur l'intelligence artificielle peut susciter un manque de confiance chez les médecins et les patients, qui les perçoivent comme des "boîtes noires". Le rapport Villani souligne l'importance d'expliquer ces modèles et de lever cette opacité, tant pour les médecins que pour les patients, afin de garantir le droit à l'information du patient. Dans le secteur médical, les médecins manifestent un intérêt croissant pour une approche orientée "parcours" plutôt que "par acte", notamment dans les établissements hospitaliers. Il s'agit d'examiner l'ensemble du parcours médical pour l'améliorer et de le prédire, tant du point de vue clinique pour le patient que de l'organisation pour l'établissement de santé. Les prédictions concerneront des événements indésirables ou souhaités dans le parcours et seront utilisées par l'équipe médicale dans certains cas, tandis que dans d'autres cas, elles pourront être communiquées au patient.

³⁴ <https://kaduceo.com/rd/explicabilite-de-modeles-predictifs-ia-en-sante/>

Risques liés aux biais et à l'éthique dans l'IA en santé

L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) en santé soulève des questions éthiques importantes.

Un article de L'usine Digital³⁵ nous explique que l'éthique en matière d'intelligence artificielle en santé est un faux débat. Cet article nous amène à penser que l'éthique est essentielle, mais ne doit pas être confondue avec le respect de la loi. Il est nécessaire de distinguer clairement ces deux notions.

Ce même article cite néanmoins des exemples de problèmes éthiques avec des systèmes d'IA utilisant des données de santé pouvant être discriminatoires et enfreindre la loi, comme l'a démontré une étude aux États-Unis (article du Washington Post publié le 24 octobre 2019 relayait une étude de la revue Science). Un logiciel d'évaluation des risques de santé avait des biais discriminatoires envers les patients noirs, ce qui entraînait une qualité de soins moindre. Il est donc crucial de prendre en compte à la fois l'éthique et la loi pour éviter de tels problèmes. Parfois, l'éthique peut être utilisée comme une stratégie marketing ou comme une excuse pour éviter les réglementations strictes. Le droit doit également s'adapter à l'IA en santé, mais il est souvent en retard par rapport aux avancées technologiques. Il est donc nécessaire de repenser et de remodeler le cadre juridique pour mieux réglementer ce secteur sensible et en constante évolution.

Dans un article de Alia Santé, nous comprenons un peu plus que l'intégration de l'intelligence artificielle dans le domaine médical soulève des questions éthiques essentielles. La légitimité de l'algorithme dans les décisions médicales et la balance bénéfice-risque sont des préoccupations majeures. Il est crucial que les IA utilisées en santé soient compréhensibles et explicables, surtout lorsqu'il s'agit de décisions sensibles. L'IA doit assister les professionnels de santé plutôt que les remplacer, et ces derniers doivent participer activement au développement des algorithmes pour maintenir l'équilibre entre technologie et morale. La protection de la vie privée et des

35

<https://www.usine-digitale.fr/article/pourquoi-l-ethique-de-l-intelligence-artificielle-en-sante-est-elle-un-faux-debat.N904944>

données médicales est primordiale, et des règles strictes, telles que le RGPD, sont en place pour garantir un usage éthique de l'IA en santé. L'Europe prend l'initiative de légiférer sur l'éthique des IA, en mettant l'accent sur les droits humains. Enfin, il est essentiel de réfléchir aux dilemmes moraux que les IA peuvent rencontrer et de développer des règles encadrant leur utilisation.

Nous pouvons retenir que ces deux sources soulignent l'importance de prendre en compte les préoccupations éthiques, telles que la légitimité des décisions de l'IA, la compréhensibilité des systèmes, la protection des données médicales et la participation des professionnels de santé au développement des algorithmes. L'opinion est partagée entre la nécessité de règles strictes, telles que le RGPD, et celle de distinguer clairement l'éthique du respect de la loi et propose de repenser le cadre juridique pour mieux réglementer ce domaine en constante évolution.

B. Collecte, gestion et qualité des données de santé

Accès aux données médicales et respect de la confidentialité

Suite à ce que l'on vient d'étudier précédemment, nous constatons une réelle importance quant à la donnée, sa provenance, son exploitation et l'aspect légal autour de celle-ci.

Dans l'article "Santé"³⁶ de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL), il est mentionné que trois référentiels ont été publiés pour le secteur de la santé dans le but d'aider les responsables de traitement dans la gestion des données personnelles utilisées dans les cabinets médicaux et paramédicaux, ainsi que dans le choix des durées de conservation. Ces référentiels constituent un cadre de référence pour les professionnels de santé exerçant en cabinet individuel ou groupé, ou encore au sein de maisons de santé, tels que les médecins, les infirmiers, les radiologues, les kinésithérapeutes, les sages-femmes, les pédicures-podologues, les orthophonistes et les orthoptistes, entre autres.

³⁶ <https://www.cnil.fr/fr/sante>

Ces référentiels mettent en évidence l'importance des données de santé et visent à assurer la conformité des traitements de données personnelles utilisés dans la gestion médicale et administrative des patients. Ils fournissent des règles de fond précisant les bases légales nécessaires pour les traitements, notamment en ce qui concerne l'identification des bases légales et la sécurité des données. De plus, ils intègrent les nouvelles obligations liées au processus de conformité, ce qui renforce la protection des données dans le secteur de la santé comme nous pouvons le retrouver dans l'article "La CNIL publie trois référentiels pour le secteur de la santé". Cela atteste de l'importance de la confidentialité des données, que celle-ci est très surveillée et réglementée et qu'il est indispensable de traiter ces derniers avec précaution étant très sensible. L'article souligne également que la notion de données de santé est désormais large et doit être évaluée au cas par cas, en fonction de la nature des données collectées. Cette définition large englobe des données de mesure permettant de déduire des informations sur l'état de santé d'une personne. Cela met en avant l'importance des données de santé dans la prise en charge médicale et la fourniture de soins de qualité.

D'après l'article sur le site Explorers.mc2i.fr, traitant du Secret médical et législation de santé³⁷, il est mentionné que l'intégration du Règlement général sur la protection des données (RGPD) à la Loi Informatique et Libertés a eu lieu le 21 juin 2018. Cette intégration a modifié la façon dont le secret médical est traité lors d'une enquête de la CNIL. Dorénavant, le secret médical ne peut plus être opposé lors d'une enquête de la CNIL, à moins qu'il ne concerne des informations couvertes par le secret professionnel entre un avocat et son client. L'article souligne également que le secret médical est généralement absolu, mais qu'il existe quelques exceptions. Par exemple, en cas de diagnostic ou de pronostic grave sans opposition du patient, le secret médical peut être partagé. En résumé, l'intégration du RGPD à la Loi Informatique et Libertés a eu un impact sur la façon dont le secret médical est traité lors des enquêtes de la CNIL. Cela suscite certaines interrogations, l'évolution de l'informatique, notamment de l'intelligence artificielle,

³⁷ <https://explorers.mc2i.fr/quelle-compatibilite-entre-le-rgpd-et-le-respect-du-secret-medical>

va-t-elle continuellement modifier nos réglementations ? Quelles sont les limites de l'évolution ? de l'IA ? nous répondrons à toutes ces questions dans la partie précédente.

Suite à l'analyse de la réglementation actuelle autour de la donnée et notamment de son exploitation et sa diffusion, nous nous sommes intéressés au point de vue des professionnels de la santé, comment cela se passait de leur côté à ce sujet et ce qu'il en pensait. Grâce à l'article "La protection des données, un nouvel enjeu majeur pour les médecins"³⁸, de l'assurance des médecins Branchet, nous avons approfondi la vision des médecins quant à ces données recueillies. Le médecin a accès au dossier du patient, par exemple : Les nom et prénom, âge, l'historique de santé, Les habitudes de vie, etc. Qui sont des données très sensibles. Toutes ces données sont répertoriées dans une immense base de données nationale qui permet, par la suite, aux intelligences artificielles de pouvoir exploiter ces mêmes données.

Jusqu'ici, nous voyons que l'extraction, l'analyse et l'exploitation des données sont très encadrées, cela nous semble donc très positif. D'autant plus que les médecins eux-mêmes peuvent, par le biais d'IA, exploiter ces données afin d'optimiser leurs actions. Cependant, le fait de détenir autant d'informations confidentielles sur des individus peut être très dangereux. Comme nous le montre l'article de TF1info³⁹, la détention d'autant de données suscite l'intérêt de personnes malveillantes. Une fuite de données sensibles a eu lieu touchant les laboratoires médicaux. Près de 500 000 Français sont concernés par cette fuite de données médicales, qui a été rendue publique sur Internet à la suite d'un piratage informatique. L'affaire a été signalée aux autorités, et une enquête a été ouverte par la section cybercriminalité du parquet de Paris, confiée à l'Office central de lutte contre la criminalité liée aux technologies de l'information et de la communication (OCLCTIC).

³⁸ <https://www.branchet.fr/medecins-protection-donnees-patients/>

³⁹

<https://www.tf1info.fr/justice-faits-divers/video-enquete-ouverte-apres-la-fuite-de-donnees-medicales-que-elles-sont-les-informations-soutirees-a-500-000-patients-2179257.html>

Les informations sensibles divulguées comprennent les données personnelles classiques telles que le nom, le prénom, l'adresse personnelle et le numéro de téléphone, ainsi que des informations médicales telles que le groupe sanguin, le médecin traitant, la mutuelle et des commentaires sur l'état de santé des patients, y compris des informations sur des traitements médicamenteux et des pathologies telles que le VIH. En plus des informations médicales, des données plus confidentielles sont également accessibles, notamment les numéros de carte vitale, les numéros de mutuelle et les mots de passe nécessaires pour accéder à l'espace patient des laboratoires. Il est alarmant de constater que ces données sensibles sont disponibles en accès libre sur Internet et peuvent être trouvées facilement par tous. Les conséquences de cette fuite de données peuvent être graves pour les patients concernés. Les personnes malveillantes pourraient utiliser ces informations pour organiser des arnaques, en usurpant l'identité des patients. Par exemple, un pirate peut envoyer un e-mail à un patient contenant des détails précis sur un examen médical et le laboratoire correspondant, incitant ainsi le patient à fournir ses informations bancaires sous prétexte d'un remboursement possible.

Cette fuite de données soulève des questions sur la sécurité des systèmes informatiques utilisés par les laboratoires médicaux. Cela met en évidence les risques importants liés aux fuites de données sensibles et surtout les limites actuelles concernant l'extraction, l'exploitation et la protection des données médicales. Alexandre Biesbourck, Expert Ingénieur Informatique, nous a démontré l'importance de la sécurité informatique, notamment liée aux données, il nous a expliqué qu'avec l'évolution continue de la réglementation, des technologies informatiques, il est aujourd'hui indispensable d'avoir des informaticiens en cybersécurité à temps pleins au sein de ses équipes afin de pouvoir certifier de la protection des données, d'autant plus pour les données médicales.

Qu'en est-il de la qualité de la donnée ? Les intelligences artificielles, afin de pouvoir manipuler et exploiter les données des patients, notamment pour proposer des traitements sur mesure, nécessite une donnée qualifiée. Selon l'article "For AI to

truly transform healthcare, we need quality data – now”⁴⁰ sur Elsevier, il est précisé que les domaines de la science et de la santé ont considérablement progressé en exploitant la valeur des ensembles de données médicales et en reconnaissant leur potentiel de transformation des pratiques et des résultats dans le domaine de la santé. En particulier, ces données ont été utilisées pour améliorer l'aide à la décision clinique (CDS) et la médecine de précision. Des données de qualité sont essentielles pour assurer la fiabilité et la précision des résultats obtenus à partir de ces ensembles de données. Lorsque les données sont précises, complètes et fiables, elles peuvent être utilisées de manière plus efficace pour prendre des décisions éclairées en matière de santé. Lorsque cela touche à la santé, l'erreur n'est pas possible, c'est pourquoi il est indispensable de disposer de sources de données qualifiées.

Également, des données de qualité garantissent la pertinence des informations utilisées pour la recherche scientifique et la prise de décision clinique. Des données inexactes ou incomplètes peuvent entraîner des résultats erronés et des décisions inappropriées. De plus, des données de qualité sont nécessaires pour assurer la sécurité des patients et éviter les erreurs médicales. De plus, la qualité des données médicales est importante pour favoriser la confiance des patients et des professionnels de la santé dans l'utilisation de ces données. Lorsque les patients ont confiance dans la confidentialité et l'intégrité de leurs informations médicales, ils sont plus enclins à participer à des études cliniques et à partager leurs données pour la recherche médicale.

Enfin, la qualité des données médicales joue un rôle essentiel dans la promotion de l'innovation et de la médecine personnalisée. Des données de haute qualité permettent aux chercheurs et aux cliniciens d'identifier des schémas, des tendances et des corrélations qui peuvent conduire à de nouvelles découvertes et à des avancées significatives dans le domaine de la santé.

⁴⁰ <https://www.elsevier.com/connect/for-ai-to-truly-transform-healthcare-we-need-quality-data-now>

Il est donc primordial de mettre en place des systèmes et des processus de collecte, de stockage et d'analyse des données médicales qui garantissent leur qualité et leur sécurité. Cela implique des protocoles stricts de vérification des données, des normes de sécurité élevées pour assurer la confidentialité et l'intégrité des informations, ainsi que des outils et des technologies appropriés pour gérer ces données de manière efficace et fiable.

Suite à cela, nous comprenons que la donnée médicale est très sensible, c'est pourquoi énormément de réglementation la régissent comme la CNIL avec le RGPD ou encore la Loi Informatique et Libertés du 6 janvier 1978. Cette donnée est très précieuse grâce au nombre impressionnant d'informations précises et personnelles sur chaque patient, ce qui suscite l'intérêt de personnes malveillantes tenté d'escroquer ces derniers. Lorsque nous sommes victimes d'une maladie grave, nous ne souhaitons pas forcément que tout le monde en soit au courant, c'est pourquoi la sécurité des données est un enjeu primordial pour préserver la confidentialité de ces données. De plus, la qualité des données n'est pas à négliger, afin que les IA puissent entraîner ces jeux de données dans le but d'être de plus en plus pertinent, de proposer davantage un suivi de proximité avec les patients et pouvoir prévenir le mieux possible de certaines maladies. Ayant découvert dans les parties précédentes que la donnée était le nerf de la guerre pour cette croissance informatique et donc médicale, que la donnée était très encadrée et qu'il était nécessaire de la protéger. Nous nous sommes interrogés sur les limites futures de l'intelligence artificielle au niveau éthique et sociétal.

2. Les limites futures

Dans son ouvrage "ANIMA"⁴¹ Michel ONFRAY nous parle de l'idéologie transhumanisme porté par les plus grandes entreprises de notre époque. Notamment du projet Neuralink d'Elon Musk. Il explique que Musk envisage l'âme humaine comme une trace numérique qui peut être réduite à des données téléchargeables et transférables. Son projet vise à connecter le cerveau humain à un

⁴¹ ANIMA, 2023, p.384

ordinateur à l'aide d'une interface cerveau-machine. Il souhaite augmenter l'intelligence naturelle par une intelligence artificielle, créant ainsi une forme de télépathie entre l'homme et la machine.

Il souligne aussi que Musk cherche également à créer des intelligences artificielles supérieures à l'intelligence humaine, dans le but de les remplacer. Il pense que les humains disposent déjà d'une "couche numérique tertiaire" grâce à leurs appareils électroniques, et il souhaite les connecter directement au cortex cérébral pour améliorer la communication. Cette technologie permettrait une mémoire infinie et des capacités cognitives inédites.

Cependant, ces avancées soulèvent des questions éthiques et morales. Le texte mentionne que la puce implantée dans le cerveau pourrait être utilisée pour enrichir ou appauvrir les souvenirs. Des expériences ont déjà montré qu'il est possible de donner de faux souvenirs à des mouches, mais aussi d'effacer des souvenirs réellement vécus. Les conséquences de ces manipulations sur l'identité et l'individualité humaines sont discutées. Le projet de Neuralink est présenté comme une avancée transhumaniste qui pourrait remplacer l'intelligence naturelle par l'intelligence artificielle, permettant des interactions télépathiques et la communication des pensées et des expériences sensorielles de cerveau à cerveau. Le texte souligne l'ambition d'Elon Musk de "réparer tout ce qui ne va pas avec le cerveau", mais soulève également des questions sur les limites éthiques, morales et spirituelles de ces avancées technologiques. Il met en garde contre les risques de déconstruction de l'identité humaine et l'émergence d'une société dominée par ces nouvelles technologies.

Au moment où nous écrivons ce mémoire, la société Neuralink vient d'obtenir le feu vert par la (FDA, Food and Drug Administration)⁴² pour commencer les tests sur les humains. En regardant de plus près le site de la société, nous pouvons constater un appel à candidature pour être testeur⁴³. Ces candidatures peuvent s'effectuer par les

⁴²

<https://fr.euronews.com/next/2023/05/26/implants-cerebraux-sur-des-humains-neuralink-delon-musk-a-le-feu-vert-pour-des-tests>

⁴³ <https://neuralink.com>

personnes ayant un handicap que la puce peut soigner. Car oui, selon Musk, cette puce pourrait redonner la vue aux aveugles (de naissance), redonner l'utilisation des jambes aux paraplégiques, redonner l'ouïe aux sourds... La limite entre problème éthique et bonne nouvelle pour les personnes handicapées pose un nouveau problème. Doit-on priver certaines personnes de leurs jambes ou de leurs vues pour protéger les besoins éthiques des personnes valides ?

D'autre part, nous avons pu constater que les chercheurs ne sont pas près d'abandonner leurs sujets pour des problèmes de société. Dans son ouvrage "La mort de la mort"⁴⁴, Laurent ALEXANDRE explique que les technologies NBIC bouleverseront notre vision de voir la santé et notre vision de voir le monde. Il nous explique dans cet ouvrage que ces technologies ouvriraient la possibilité d'une vie prolongée, voire immortelle, permettant aux individus de jouir d'une existence prolongée et de réaliser leurs aspirations personnelles sur une échelle de temps indéfinie. Cela pourrait également réduire la souffrance et l'anxiété liées à la perspective de la fin de vie. Sur le plan social, cela pourrait créer des opportunités d'apprentissage et de développement plus vastes, favorisant l'accumulation de connaissances et la résolution de problèmes à long terme. Cependant, ces avantages potentiels seraient contrebalancés par des limites et des conséquences indésirables. La surpopulation pourrait devenir un problème majeur, entraînant une pression accrue sur les ressources naturelles et une compétition pour l'accès aux services et aux biens. De plus, l'absence de finitude de la vie pourrait altérer la valeur et la signification de chaque moment, entraînant un sentiment d'ennui et de désillusion. Les inégalités socio-économiques pourraient également se creuser, avec seulement une partie privilégiée de la population ayant accès à cette victoire sur la mort, créant ainsi des divisions et des tensions sociales. Par conséquent, bien que la conquête de la mort puisse sembler être une réalisation souhaitable, elle nécessiterait une réflexion approfondie et une gestion responsable des implications sociales, économiques, environnementales et psychologiques qui en découleraient. Les limites auxquelles nous auront à faire face (de notre vivant) sont loin d'être à prendre à la légère et doivent faire l'objet d'une réelle réflexion et d'un plan sociétal

⁴⁴ La mort de la mort, 2011, p.68

encore jamais connu dans l'histoire de l'humanité afin d'éviter une division de la société et les difficultés cités plus haut.

C'est le philosophe Luc Ferry qui explique en conférence aux Rencontres de l'avenir 2021 de Saint-Raphaël pourquoi "La défaite du vieillissement est à notre portée".

Pour prendre un sujet plus actuel, la réforme des retraites française qui a été tant critiquée n'est pas sans lien avec notre sujet. C'est une nouvelle fois Elon Musk qui s'immisce dans le débat français, à travers cet article de "Le journal du dimanche"⁴⁵, en soutenant un départ à la retraite plus tard puisque l'espérance de vie est vouée à suivre la même courbe d'évolution que celle des technologies en santé.

Ces différentes informations nous amènent à la question suivante : l'humain est-t-il voué au travail éternel s'il se positionne au-dessus de la mort ?

C'est dans ce même siècle que l'automatisation du travail menace de remplacer des centaines d'employés.

3. La recherche pour le développement de l'intelligence artificielle en Santé est en pleine croissance.

A. Les défis et les pistes de recherche pour l'utilisation de l'IA dans la santé

L'IA accompagne les médecins, mais elle accompagne aussi les chercheurs au quotidien. Notamment sur des recherches très poussées sur les technologies NBIC. Les technologies NBIC font référence à la convergence des nanotechnologies, des biotechnologies, des technologies de l'information et des sciences cognitives, présentent un potentiel révolutionnaire dans de nombreux domaines. En combinant ces différentes disciplines, les technologies NBIC offrent la possibilité de repousser les limites de la connaissance et de l'innovation. Les nanotechnologies permettent la manipulation et la fabrication à l'échelle atomique, offrant des avancées dans des

45

<https://www.lejdd.fr/societe/retraites-elon-musk-defend-nouveau-le-recul-de-lage-de-depart-quil-juge-justiqui-trop-bas-133794>

domaines tels que la médecine, l'énergie et les matériaux. Les biotechnologies permettent la modification et l'amélioration des organismes vivants, ouvrant la voie à des progrès en médecine régénérative, en agriculture durable et en biofabrication. Les technologies de l'information facilitent le traitement, le stockage et la communication des données, permettant des avancées dans l'intelligence artificielle, l'informatique quantique et l'Internet des objets. Enfin, les sciences cognitives se concentrent sur la compréhension du fonctionnement du cerveau et de la cognition, conduisant à des développements dans la réalité virtuelle, l'interface cerveau-machine et l'amélioration cognitive.

La nanotechnologie

Selon un article posté sur PubMed⁴⁶ par K. Chaturvedi, Anshuman Singh, Vinay K. Singh, Mohan P. Singh, la nanotechnologie est de plus en plus utilisée dans le traitement du cancer, et la nanomédecine offre de nouvelles perspectives en matière de diagnostic et de traitement personnalisé de cette maladie. Les nanoparticules, utilisées comme nanomédicaments permettent de diagnostiquer et de traiter différentes maladies, notamment le cancer. Leur caractéristique unique, à savoir leur ratio surface/volume élevé, leur permet d'interagir avec de petites biomolécules telles que l'ADN, l'ARN, les médicaments, les protéines et d'autres molécules, et de les transporter vers des sites ciblés, améliorant ainsi l'efficacité des agents thérapeutiques.

L'objectif de cet article est de présenter un aperçu des différents aspects de la nanotechnologie dans les traitements du cancer, tels que les différents nanomatériaux utilisés comme vecteurs de médicaments, les stratégies de libération de médicaments et le rôle de la nanotechnologie dans la thérapie du cancer.

Pour cela, une recherche approfondie a été réalisée dans les bases de données bibliographiques afin de recueillir des articles de recherche sur la nanotechnologie et les thérapies contre le cancer, et les informations nécessaires ont été compilées dans cet article.

⁴⁶ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30227814/>

Les avantages de la nanotechnologie dans le domaine du cancer sont nombreux : elle permet un diagnostic précoce, une prévention et une thérapie personnalisée grâce à l'utilisation de nanoparticules et de points quantiques. La nanobiotechnologie joue un rôle essentiel dans la découverte de biomarqueurs du cancer. Des points quantiques, des nanoparticules d'or, des nanoparticules magnétiques, des nanotubes de carbone, des nanofils d'or, etc., ont été développés comme transporteurs de biomolécules capables de détecter les biomarqueurs du cancer. La détection et la surveillance du cancer assistées par des nanoparticules impliquent l'utilisation de biomolécules telles que des protéines, des fragments d'anticorps, des fragments d'ADN et des fragments d'ARN en tant que base de ces biomarqueurs.

En résumé, les avancées de la nanotechnologie offrent de nouvelles possibilités pour améliorer le diagnostic, le traitement et le suivi du cancer, ouvrant ainsi la voie à des thérapies plus efficaces et personnalisées.

La biotechnologie

C'est cette fois Simay Gokulu, Scott Banta qui explique l'état des recherches en biotechnologie dans un article publié également sur PubMed⁴⁷. Leur article parle de la "fonctionnalisation de protéine avec de l'ADN" c'est le fait de modifier ces protéines en ajoutant des brins d'ADN. Cela permet d'utiliser les protéines à des fins très intéressantes en biotechnologie. Par exemple, on peut les utiliser pour identifier facilement les protéines ou pour les organiser et les contrôler dans des réseaux. On peut même les utiliser pour immobiliser les protéines, c'est-à-dire les maintenir en place pour pouvoir les étudier. Pour faire cela, on utilise des réactions chimiques spéciales qui permettent de lier l'ADN aux protéines. On peut cibler différents types d'acides aminés dans les protéines, ce qui nous donne beaucoup de possibilités. Tout cela ouvre de nouvelles portes dans le domaine de la biologie moléculaire et nous permet de mieux comprendre et manipuler les protéines.

⁴⁷ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36115723/>

Plus généralement, l'utilisation de l'ADN fonctionnalisé peut également contribuer aux progrès de la médecine régénérative. En combinant des protéines fonctionnalisées avec des cellules souches ou des biomatériaux, il devient possible de stimuler la régénération des tissus endommagés ou de favoriser la croissance de nouveaux tissus. La fonctionnalisation des protéines avec de l'ADN offre des possibilités prometteuses pour améliorer le diagnostic, les thérapies ciblées, la personnalisation des traitements et la médecine régénérative.

Les autres recherches

Les recherches sur le développement de l'intelligence artificielle ne s'arrêtent pas là.

Grâce à l'intelligence artificielle, la startup lyonnaise Ziwig a développé le premier test salivaire pour diagnostiquer l'endométriose, une maladie inflammatoire touchant 10% des femmes dans le monde. À travers l'article de "La tribune"⁴⁸ nous avons appris que, grâce à l'utilisation de la biologie moléculaire et de l'intelligence artificielle, Ziwig a réussi à créer l'Endotest, qui simplifie et garantit un diagnostic précis de cette maladie féminine. L'Endotest est déjà disponible dans plusieurs pays et est en cours d'évaluation par la Haute autorité de santé en France. Ziwig a remporté le prix Tech for Future 2023, dans la catégorie "International", pour cette innovation majeure. La startup envisage également d'appliquer cette technologie à d'autres maladies féminines, comme le cancer des ovaires.

La société allemande BioNTech, connue pour son vaccin à ARN messenger contre le Covid-19, a récemment fait l'acquisition de la startup InstaDeep, spécialisée en intelligence artificielle. Cette acquisition permet à BioNTech⁴⁹ d'intégrer les technologies d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique pour développer des thérapies innovantes à grande échelle. BioNTech prévoit d'utiliser

⁴⁸

<https://www.latribune.fr/technos-medias/innovation-et-start-up/prix-tech-for-future-2023-ziwig-met-l-intelligence-artificielle-au-service-de-la-sante-des-femmes-958418.html>

⁴⁹

<https://www.frenchweb.fr/intelligence-artificielle-le-laboratoire-biontech-rachete-la-start-up-instadeep/439052>

cette expertise pour traiter d'autres maladies telles que le paludisme, la tuberculose et les cancers. L'acquisition inclut également l'apport de 240 professionnels qualifiés et d'un réseau mondial de partenaires de recherche dans le domaine de l'intelligence artificielle.

Dans le cadre de recherches toujours plus poussées, nous pouvons bien sûr parler de Neuralink. Comme nous l'avons appris à l'aide de l'article de "ça m'intéresse"⁵⁰, la start-up Neuralink d'Elon Musk vise à développer un implant cérébral capable de "corriger" les dysfonctionnements du corps humain. Son objectif principal est de restaurer la vision chez les aveugles dès 2023. L'implant Neuralink est constitué d'un petit appareil greffé sur la boîte crânienne, doté de milliers d'électrodes connectées à la couche externe du cerveau. Cette technologie permettrait aux personnes handicapées de percevoir des images en dehors de leur champ de vision et de retrouver une mobilité en contournant les lésions du système nerveux. En plus de ses applications médicales, Elon Musk envisage également que l'implant puisse fusionner la pensée humaine avec les machines, augmentant ainsi les capacités cognitives et permettant de rivaliser avec l'intelligence artificielle. Cependant, des questions subsistent quant à la fiabilité, la durabilité et la réversibilité de l'implant chez les humains.

Ces technologies attirent bien entendu la concurrence. Jeff Bezos, fondateur d'Amazon, a investi dans la start-up Synchron, spécialisée dans les interfaces cerveau-ordinateur, un domaine similaire à celui de Neuralink, la société d'Elon Musk. Selon l'article de "Les numériques"⁵¹, Synchron a récemment levé 75 millions de dollars lors d'un tour de financement, avec la participation de Jeff Bezos et de Bill Gates, entre autres investisseurs. La société travaille sur un implant cérébral appelé "Switch" qui vise à aider les personnes paralysées à communiquer par la pensée.

⁵⁰

<https://www.caminteresse.fr/sciences/en-quoi-consiste-neuralink-le-projet-dimplant-cerebral-delon-musk-11186746/>

⁵¹

<https://www.lesnumeriques.com/pro/jeff-bezos-et-bill-gates-investissent-dans-un-rival-de-neuralink-la-societe-d-elon-musk-n200905.html>

Synchron a obtenu l'approbation de la FDA pour ses essais cliniques et a implanté sa première puce électronique chez un patient en 2022.

Ce n'est pas tout pour M. BEZOS. D'après "BFM TV"⁵², Amazon se lance dans le développement d'un vaccin contre le cancer et souhaite devenir incontournable dans le domaine de la santé. Avec son laboratoire interne appelé "Grand Challenge", Amazon travaille sur des projets à fort potentiel, notamment dans la lutte contre le cancer. Jeff Bezos, fondateur d'Amazon, a également investi dans une entreprise spécialisée dans la détection précoce de cancers. Amazon a récemment acquis un réseau de cliniques et propose des services de téléconsultation. L'objectif est de devenir notre médecin personnel, en utilisant des assistants vocaux tels qu'Alexa pour prendre des rendez-vous médicaux, suivre les commandes de médicaments, fournir des conseils post-opératoires et offrir des recommandations personnalisées. Cependant, la collecte et l'utilisation de données personnelles posent des problèmes de confidentialité et de protection des données.

Nous pouvons maintenant intégrer toutes ces informations à notre analyse afin de définir plus précisément les opportunités offertes par l'IA dans le futur de la santé.

B. Les opportunités offertes par l'évolution de l'IA dans la santé

Comme nous venons de l'étudier précédemment, énormément de recherches sont en cours dans le but de continuer le développement des technologies, plus exactement de l'intelligence artificielle au sein de la santé. Nous allons à présent explorer les opportunités offertes par l'évolution de l'IA au service de la santé dans le but de visualiser les prédictions.

La mort est un sujet commun et planétaire, chaque individu né, meurt et pour beaucoup cela suscite énormément de stress, notamment quand cela concerne des personnes proches (parents, enfants, etc). Beaucoup de chercheurs, entreprises,

52

https://rmc.bfmtv.com/actualites/societe/sante/amazon-se-developpe-dans-le-domaine-de-la-sante-et-se-lance-la-recherche-de-vaccins-contre-le-cancer_AV-202209150425.html

informaticiens travaillent sur le sujet, l'utopie de certains serait de supprimer la mort. Comme nous pouvons le voir dans l'article "2045 : l'année où l'Homme s'est débarrassé de la mort" de la tribune⁵³, une vision future en 2045 avec un service de "cure de jeunesse" est lancée. L'objectif est de prolonger la jeunesse et la vie humaine. Néanmoins, il convient de noter que l'idée de supprimer complètement la mort est encore considérée comme une aspiration futuriste et spéculative, et il n'existe actuellement aucune technologie ou méthode scientifiquement prouvée permettant de réaliser cet objectif.

Il est important de souligner que la mortalité est une réalité inhérente à la condition humaine, et elle est étroitement liée à de nombreux aspects biologiques, éthiques, sociaux et philosophiques. Bien que les avancées médicales puissent prolonger la durée de vie et améliorer la qualité de vie, il est peu probable qu'elles permettent de supprimer complètement la mort. Il est également essentiel de prendre en considération les implications éthiques, sociales et psychologiques d'une telle aspiration. La mort fait partie intégrante du cycle naturel de la vie, et certaines perspectives soutiennent qu'elle donne un sens à l'existence et permet le renouvellement des générations. En fin de compte, la question de la suppression de la mort reste un sujet de débat, de spéculations et de réflexion philosophique. Il convient de suivre les développements scientifiques et les discussions éthiques entourant ce sujet, en gardant à l'esprit les complexités et les implications qu'il soulève.

Dans la série Black Mirror, l'épisode 1 de la saison 2⁵⁴ représente totalement ce que l'on vient de voir précédemment, la mort est au cœur de toutes les préoccupations et malgré l'aspect moral, éthique du sujet, des entreprises cherchent continuellement à commercialiser la vie autour de la mort. Dans cet épisode, nous retrouvons Ash, fervent utilisateur des réseaux sociaux, qui meurt dans un accident de la circulation. Lors des funérailles, son épouse Martha apprend par une amie qu'une société propose, grâce aux données personnelles d'un défunt, recueilli grâce aux réseaux

⁵³ <https://www.latribune.fr/opinions/le-futur-selon-la-tribune/2045-en-finir-avec-la-mort-525768.html>

⁵⁴ Black Mirror, 2013, saison 2, épisode 1

sociaux, etc., de créer une intelligence artificielle capable de l'imiter. Cela permet ainsi de dialoguer avec lui par message comme s'il était encore vivant.

À l'issue de ce constat, nous nous sommes renseignés sur les solutions commercialisées autour de la mort. Nous avons découvert que Microsoft développe en ce moment une solution semblable à celle que l'on a pu retrouver dans la série Black Mirror étudiée précédemment. Selon l'article du Washington Post, "AI chat bot can bring you back from the dead, sort of"⁵⁵, Microsoft travaille sur un chatbot qui pourrait permettre de créer le clone virtuel d'une personne décédée grâce à l'intelligence artificielle. Ce chatbot utiliserait les données personnelles de la personne, telles que des images, des vidéos, des tweets et d'autres publications provenant des réseaux sociaux, afin de créer une version numérique presque parfaite de cette personne. L'idée est de permettre aux utilisateurs de communiquer avec des personnes disparues en utilisant ces chatbots.

L'utilisation des données personnelles soulève des questions d'éthique, notamment en ce qui concerne l'autorisation pour utiliser les données d'une personne décédée. Microsoft a déposé un brevet pour cette technologie, mais il est important de noter que cela ne signifie pas nécessairement que le projet sera réalisé et que les questions liées à l'autorisation seront probablement discutées.

La solution de Microsoft va encore plus loin qu'une simple représentation visuelle de la personne décédée, elle vise à améliorer la qualité des conversations avec les chatbots en leur permettant d'adopter différents tons de voix et expressions faciales. Le chatbot serait capable de reproduire les traits oraux d'une personne spécifique, ce qui lui permettrait de mieux incarner cette personne. Le sujet de la qualité des données et des réglementations autour, que nous avons pu étudier dans les parties précédentes, revient à la charge dans cette thématique. De même pour la partie éthique, quelles sont les limites ? Jusqu'où l'Humain va-t-il aller ?

Actuellement, nous n'avons pas la réponse à ces questions, ce qui est sûr, c'est que

⁵⁵ <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/02/04/chat-bots-reincarnation-dead/>

l'Homme ne va pas s'en arrêter là. Et, nous le constatons avec le transhumanisme, c'est un mouvement culturel et intellectuel international qui vise à améliorer la condition humaine en utilisant les sciences et les techniques pour augmenter les capacités physiques et mentales des êtres humains, ainsi que pour éliminer le vieillissement et la mort. Le mouvement transhumaniste examine à la fois les dangers et les avantages de telles évolutions, selon l'article "Homme Augmenté"⁵⁶ de l'association française transhumaniste.

En France, l'Association française transhumaniste est l'un des principaux représentants de ce mouvement. Il existe également des groupes de réflexion, tels que Neohumanitas en Suisse, qui encouragent la réflexion et la discussion sur les conséquences socioéthiques de l'utilisation des biotechnologies sur l'être humain, ainsi que sur les enjeux du transhumanisme.

La perspective d'une humanité transformée selon les principes transhumanistes a suscité de nombreuses réactions, à la fois positives et négatives, provenant de divers horizons de pensée. Certains considèrent le transhumanisme comme l'idée la plus dangereuse du monde, tandis que d'autres le voient comme le mouvement incarnant les aspirations les plus audacieuses, courageuses, imaginatives et idéalistes de l'humanité.

Le transhumanisme repose sur les progrès réalisés dans les domaines de la médecine, de la technologie, de l'informatique, de la robotique et de tout ce qui est lié aux sciences et à l'intelligence artificielle.

Parcours de Mr. LANCELOT en 2030

Maintenant que nous avons une vue plus globale des progrès de la médecine, nous pouvons analyser les perspectives de Jean-Emmanuel BIBAULT dans son ouvrage "2041 : l'odyssée de la santé"⁵⁷. Il reprend le même patient que celui cité dans notre introduction, mais en 2031. Selon lui, Mr. Lancelot reçoit une notification sur sa montre :

⁵⁶ <https://transhumanistes.com/homme-augmente/>

⁵⁷ 2041 : l'odyssée de la santé, 2023

« Votre activité physique a été réduite de 10 % sur le dernier mois. Votre fréquence cardiaque a augmenté de 7 % et la saturation en oxygène de votre sang a diminué de 3 %. Veuillez consulter votre médecin. »

Il reçoit en même temps, ainsi que son médecin, un rapport qui détaille les anomalies constatées : « Ces anomalies sont corrélées à un risque accru de cancer du poumon. Apple Life vous recommande de consulter votre médecin traitant au plus vite et de passer un scanner thoracique. » Mr. Lancelot prend donc rendez-vous chez son médecin l'après-midi, bénéficiant d'un accès plus rapide en raison de leur partenariat avec Apple Life. La médecine à deux vitesses est critiquée, mais il sait que cela lui permettra d'obtenir des soins plus rapidement.

Le médecin confirme les résultats et la nécessité d'un scanner thoracique urgent. Grâce à la lecture automatisée des scanners par IA, le délai d'attente est considérablement réduit. Mr. Lancelot passe son examen le jeudi et les résultats sont immédiatement interprétés par l'IA, qui détecte un nodule de 15 millimètres dans son poumon droit. Le radiologue confirme ces résultats et explique directement à Mr. Lancelot les prochaines étapes. Le bilan doit être complété par une biopsie transthoracique, des examens supplémentaires et une consultation avec un oncologue spécialisé dans le cancer du poumon. Grâce à un système national de gestion des maladies graves, Mr. Lancelot bénéficie d'une priorité élevée et un rendez-vous avec l'oncologue est déjà programmé pour le lundi suivant. Ce système permet de réduire les délais de prise en charge et de coordonner les rendez-vous en fonction des préférences du patient.

Les examens se déroulent rapidement, et le prélèvement pour la biopsie est préparé en laboratoire par des robots. Les résultats sont analysés par l'IA en seulement deux jours, ce qui permet de déterminer la nature de la tumeur. Mr. Lancelot se rend à ses rendez-vous avec l'oncologue, où il reçoit la confirmation de son diagnostic de cancer du poumon, mais avec des options de traitement curatif. Il opte pour la radiothérapie afin de pouvoir continuer son activité professionnelle. Le traitement est planifié et réalisé rapidement, grâce à une consultation avec l'oncologue

radiothérapeute et un scanner dosimétrique pour calculer la dose nécessaire. En une demi-heure, l'examen est terminé, la tumeur est identifiée et la dosimétrie est établie. Le suivi est assuré par un algorithme qui surveille sa santé et permet une détection précoce de toute récurrence.

En résumé, en 2031, Mr. Lancelot bénéficie d'un accès rapide aux soins grâce à l'utilisation de technologies avancées telles que l'intelligence artificielle.

Comme le titre de son livre l'annonce, J-E BIBAULT fait ses prédictions jusqu'en 2041. Nous retenons de cette dernière prévision qu'une intelligence artificielle générale révolutionnaire du nom de GAIA, réalise un exploit historique en remportant les prix Nobel de physique, de chimie et de médecine. GAIA dépasse largement les capacités humaines dans le domaine médical, offrant des avancées majeures telles que des diagnostics précis, des traitements personnalisés et une réduction significative des erreurs médicales. Malgré les craintes initiales liées à la déshumanisation de la médecine, GAIA gagne rapidement la confiance des médecins et des patients grâce à ses performances exceptionnelles et à son empathie supérieure à celle des praticiens humains. Son influence s'étend à tous les domaines médicaux, éliminant les pénuries de médecins et les déserts médicaux. GAIA ouvre même une faculté de médecine pour former les médecins humains qui la superviseront, inversant ainsi le rôle traditionnel de l'humain et de la machine dans la lutte contre la maladie.

Nous pouvons une nouvelle fois faire un pas de plus vers la validation de nos hypothèses avec ces prédictions et la différence entre le parcours de soins de Mr. Lancelot en 2023 et en 2031. Tous les signaux, toutes les informations recueillis nous amènent au constat nuancé que l'intelligence artificielle prendra une place plus qu'importante dans notre santé.

Pour rappel, notre seconde hypothèse était : « **L'IA dans la santé rencontrera à l'avenir des limites, notamment au niveau technique, social, RGPD et éthique** » à l'aide des différentes études réalisées et présentées précédemment dans notre

mémoire, nous avons compris que l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de la santé soulève des préoccupations éthiques et nécessite une compréhension claire des modèles prédictifs utilisés. Les différents articles et interviews de professionnels soulignent que les médecins ont besoin de comprendre le fonctionnement des modèles de prédiction et des variables qui y contribuent. De plus, cela met en évidence l'expansion du secteur de la e-santé et l'utilisation croissante des données de santé pour créer des modèles prédictifs dans les parcours de soin, visant à accompagner à la fois les médecins et les patients. Cependant, l'opacité des outils basés sur l'IA peut entraîner un manque de confiance chez les médecins et les patients, ce qui souligne l'importance d'expliquer ces modèles et de lever cette opacité pour garantir le droit à l'information du patient. Selon nous, il est indispensable que l'humain reste présent durant ces processus afin d'apporter une touche d'émotion et de compassion, ce que l'IA n'est aujourd'hui pas capable.

D'autre part, nous avons au cours de nos études découvertes que l'éthique en matière d'IA en santé est un sujet complexe. Bien que l'éthique ne doive pas être confondue avec le respect de la loi, il est crucial de prendre en compte les questions éthiques dans le développement et l'utilisation des systèmes d'IA en santé. Des exemples de problèmes éthiques ont été observés, tels que des systèmes d'IA discriminatoires qui entraînent une qualité de soins moindre pour certains groupes de population. Il est donc essentiel de combiner l'éthique et la loi pour éviter de tels problèmes. De plus, il est souligné que les professionnels de santé doivent participer activement au développement des algorithmes et que les IA utilisées en santé doivent être compréhensibles et explicables. La protection de la vie privée et des données médicales est également une préoccupation majeure, avec des réglementations strictes telles que le RGPD en place pour garantir un usage éthique de l'IA en santé. Enfin, il est proposé de repenser le cadre juridique pour mieux réglementer ce domaine en constante évolution et de développer des règles encadrant l'utilisation des IA.

Par ailleurs, toute la partie analyse, collecte, gestion et la qualité des données de santé est très intéressante et clé dans l'évolution de l'IA en santé. De même pour l'accès aux données médicales et le respect de la confidentialité. Nos études ont permis de mettre en évidence l'importance de la réglementation et des référentiels pour garantir la conformité et la protection des données personnelles dans le domaine de la santé. De plus, les risques liés à la détention de données sensibles, comme en témoigne une fuite de données médicales touchant des laboratoires médicaux en France. Cette fuite soulève des inquiétudes quant à la sécurité des systèmes informatiques et met en évidence les limites actuelles en matière d'extraction, d'exploitation et de protection des données médicales. La qualité des données de santé joue un rôle crucial dans la prise de décisions éclairées en matière de santé, la recherche scientifique, la confiance des patients et des professionnels de la santé, ainsi que dans la promotion de l'innovation et de la médecine personnalisée. Des protocoles stricts de vérification des données, des normes de sécurité élevées et des outils appropriés sont nécessaires pour garantir la qualité et la sécurité des données médicales.

Suite à cela, nous avons décidé d'explorer la partie recherche et développement de l'IA afin de déterminer quelles étaient les recherches en cours, futurs et surtout, que deviendra l'IA. Nous avons déterminé que les avancées technologiques dans le domaine du transhumanisme, de l'intelligence artificielle et des technologies NBIC soulèvent des questions éthiques, morales et sociales importantes. Bien que ces avancées puissent offrir des possibilités de guérison, de prolongation de la vie et d'amélioration des capacités humaines, elles nécessitent une réflexion approfondie sur les conséquences et les limites, afin d'éviter la déconstruction de l'identité humaine, les divisions sociales et d'autres problèmes émergents.

Ce qui nous a amené à réfléchir autour des opportunités offertes par l'évolution de l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de la santé. Le sujet de la mort et des aspirations de certains à supprimer complètement la mort. Cependant, il souligne que la mort est une réalité inhérente à la condition humaine et qu'il n'existe actuellement aucune technologie permettant de réaliser cet objectif. Nos recherches

nous ont permis de mettre en avant les aspects biologiques, éthiques, sociaux et philosophiques liés à la mortalité. Par exemple, l'épisode de la série Black Mirror où une entreprise propose de créer une intelligence artificielle imitant une personne décédée. Ainsi que les travaux de Microsoft sur un chatbot utilisant les données personnelles pour créer une version numérique d'une personne décédée. Sans oublier le mouvement transhumaniste, qui vise à améliorer la condition humaine grâce aux avancées scientifiques et technologiques, mais qui suscite des réactions divergentes.

Grâce à toutes nos réflexions, nous avons donc décidé de nous pencher sur le parcours d'un patient en 2030 afin de faire la comparaison avec le parcours d'un patient que l'on a réalisé dans notre introduction. Au vu des résultats, nous en concluons que notre hypothèse est vérifiée, l'IA dans la santé va rencontrer et rencontre déjà actuellement énormément de limites. Il est nécessaire de se poser les bonnes questions tout de suite afin de nous permettre d'anticiper son évolution et de ne pas se laisser vampiriser par cette technologie et surtout dépasser par l'envie d'aller toujours de l'avant.

CONCLUSION

Dans le cadre de notre étude approfondie sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé, nous avons exploré les hypothèses clés concernant ses avantages et ses limites. À travers une analyse comparative de différentes sources et informations, nous sommes parvenus à des conclusions nuancées et à des perspectives éclairantes.

Premièrement, en ce qui concerne l'hypothèse selon laquelle l'utilisation actuelle de l'IA permet d'améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies, nous avons constaté que les preuves soutenant cette idée sont solides et convergentes. Les applications de l'IA dans ces domaines ont démontré des performances prometteuses, en fournissant des outils puissants pour détecter les signes précurseurs de maladies, interpréter les données médicales complexes et proposer des approches thérapeutiques personnalisées. Les avancées technologiques, telles que l'apprentissage automatique et l'analyse des données massives, ont permis d'améliorer la précision et l'efficacité des processus médicaux, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour améliorer les résultats cliniques et la prise en charge des patients.

Cependant, l'hypothèse selon laquelle l'IA dans la santé rencontrera à l'avenir des limites, notamment au niveau technique, social, RGPD et éthique, est également étayée par des arguments solides. Malgré les progrès réalisés, des défis subsistent, particulièrement en ce qui concerne la qualité des données, la fiabilité des algorithmes et les considérations éthiques liées à la confidentialité des informations médicales. De plus, les questions de responsabilité et de réglementation posent des défis complexes, nécessitant une réflexion approfondie sur les implications de l'utilisation de l'IA dans les décisions médicales.

Dans notre analyse, nous avons identifié des limites spécifiques associées à l'IA dans la prévention des maladies, le diagnostic et le traitement. Ces limites incluent la dépendance à l'égard de grandes quantités de données de haute qualité, la

nécessité de garantir la confidentialité et la sécurité des informations médicales, ainsi que les questions liées à l'interprétabilité et à la transparence des modèles d'IA. De plus, les aspects sociaux tels que l'acceptation publique, la confiance dans les systèmes d'IA et l'équité dans l'accès aux technologies de santé doivent être pris en compte pour assurer une adoption réussie de l'IA dans le domaine de la santé.

Pourtant, malgré ces limites, nous demeurons optimistes quant aux opportunités offertes par l'évolution de l'IA dans la santé. Les progrès technologiques rapides, les investissements croissants dans la recherche et le développement, ainsi que l'engagement des acteurs clés du secteur de la santé à intégrer l'IA dans leurs pratiques, ouvrent la voie à de nouvelles avancées. Des pistes de recherche prometteuses, telles que l'intégration de l'IA avec d'autres technologies émergentes comme la génomique et les nanotechnologies, offrent des perspectives passionnantes pour transformer la médecine moderne.

En guise de conclusion, nous reconnaissons que l'utilisation de l'IA dans la santé est une réalité en constante évolution qui présente à la fois des avantages et des limites. En naviguant avec précaution à travers ces défis, nous pouvons exploiter le plein potentiel de l'IA pour améliorer la prévention, le diagnostic et le traitement des maladies. Il est essentiel de promouvoir une approche équilibrée qui intègre les considérations techniques, éthiques, sociales et réglementaires, afin de garantir des bénéfices tangibles pour les patients, les professionnels de la santé et la société dans son ensemble.

Enfin, cette étude nous amène à réfléchir aux futurs développements et à l'impact profond de l'IA sur la santé. Il est crucial d'encourager la collaboration entre les différents acteurs, tels que les chercheurs, les cliniciens, les décideurs politiques et les patients, pour façonner collectivement l'avenir de l'IA dans la santé. En travaillant ensemble, nous pouvons réaliser une transformation positive, où l'IA devient un outil puissant et éthique pour promouvoir la santé, prévenir les maladies et offrir des soins de qualité supérieure à tous.

Bibliographie

Applications actuelles des réseaux de neurones pour l'étude des lésions hépatiques en IRM : revue systématique de la littérature et étude préliminaire dans notre centre. (s. d.).

dumas. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03365090/document>

Barnard, J. (2022, 17 octobre). *Machine Learning SEO / AEO : Boulversement en SEO.* Oncrawl - Technical SEO Data.

<https://fr.oncrawl.com/seo-technique/machine-learning-en-seo-aeo/#:~:text=%E2%80%99Le%20Machine%20Learning%20est%20quelque,se%20construit%20elle%2Dm%C3%A4me.%E2%80%9D>

Barthelemy, M. (2023, 23 février). En quoi consiste Neuralink, le projet d'implant cérébral d'Elon Musk ? *Ça m'intéresse.*

<https://www.caminteresse.fr/sciences/en-quoi-consiste-neuralink-le-projet-dimplant-cerebral-delon-musk-11186746/>

Brown, D. (2021, 4 février). AI chat bots can bring you back from the dead, sort of. *Washington Post.*

<https://www.washingtonpost.com/technology/2021/02/04/chat-bots-reincarnation-dead/>

Cancer en France : définition, chiffres | Ligue contre le Cancer. (s. d.). Ligue contre le cancer.

https://www.ligue-cancer.net/article/25168_le-cancer-en-france?gclid=CjwKCAjw1MajBhAcEiwAagW9MenQI6bw1dIcHm6Y52hMybuH95f8h3I5pahK8WMXuKtGD--y_MGoiRoC9OsQAvD_BwE

Chaturvedi, V., Singh, A., Singh, V., & Singh, M. (2019). Cancer Nanotechnology : A New Revolution for Cancer Diagnosis and Therapy. *Current Drug Metabolism*, 20(6), 416-429. <https://doi.org/10.2174/1389200219666180918111528>

CLASSIFICATION ET FORÊTS ALÉATOIRES : APPLICATION À L'AIDE À LA DÉCISION CHIRURGICALE DU GENOU PAR ARTHROPLASTIE. (s. d.). R-libre.

<https://r-libre.telug.ca/1431/1/Moudachirou.pdf>

Comprendre, prévenir, dépister - Vivre Avec. (2023, 27 avril). Vivre Avec un Cancer du Sein. <https://vivreavecuncancerdusein.fr/comprendre-prevenir-depister/>

Devaux, A. (2022, 29 novembre). *Modélisation et prédiction dynamique individuelle d'événements de santé à partir de données longitudinales multivariées.*

<https://theses.hal.science/tel-03909257/>

Développement de modèles d'intelligence artificielle pour prédire la réponse aux combinaisons de médicaments chez les patients atteints d'un cancer ayant un mauvais pronostic. (s. d.).

<https://www.genomequebec.com/239-projet/developpement-de-modeles-d-intelligence-artificielle-pour-predire-la-reponse-aux-combinaisons-de-medicaments-chez-les-patients-atteints-d-un-cancer-ayant-un-mauvais-pronostic/>

Dong, L., He, W., Zhang, R., Ge, Z., Wang, Y. X., Zhou, J., Xu, J., Shao, L., Wang, Q., Yan, Y., Xie, Y., Fang, L., Wang, H., Wang, Y., Zhu, X., Wang, J., Zhang, C., Wang, H., Wang, Y., . . . Wei, W. B. (2022). Artificial Intelligence for Screening of Multiple Retinal and Optic Nerve Diseases. *Original Investigation Ophthalmology*, 5(5), e229960.

<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.9960>

Donzé, C., Massot, C., & Kwiatkowski, A. (2023). Comorbidités et sclérose en plaques : prévalence et relation avec les caractéristiques de la maladie dans une cohorte de 1023 patients. *Revue Neurologique*, 179, S149. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2023.01.664>

Du Digital, L. R. (2022). L'intelligence artificielle calcule le risque de complications postopératoires. *La Revue du Digital*.

<https://www.larevuedudigital.com/lintelligence-artificielle-detecte-le-risque-de-complications-postoperatoires/>

Elsevier. (s. d.). *For AI to truly transform healthcare, we need quality data – now*. Elsevier Connect.
<https://www.elsevier.com/connect/for-ai-to-truly-transform-healthcare-we-need-quality-data-now>

Enquête sur les dessous de l'ascension de Doctolib. (s. d.). TF1 INFO.
<https://www.tf1info.fr/player/e49b6fce-9386-401b-91a8-9088aea0e636/>

EPIFRACTAL. (s. d.). Health Data Hub.
<https://www.health-data-hub.fr/partenariats/epifractal>

Essentiel Autonomie. (s. d.). *Accueil*.
<https://www.essentiel-autonomie.com/adapter-logement/domotique-service-personnes-perde-a-autonomie>

Et si l'intelligence artificielle pouvait veiller sur les diabétiques ? (2023, 6 avril). ULaval Nouvelles.
<https://nouvelles.ulaval.ca/2023/04/06/et-si-lintelligence-artificielle-pouvait-veiller-sur-les-diabetiques-a:c42c8011-431b-4f33-aef7-318db3af7319>

Euronews. (2023, 26 mai). Implants cérébraux sur des humains : Neuralink d'Elon Musk a le feu vert pour des tests. *euronews*.
<https://fr.euronews.com/next/2023/05/26/implants-cerebraux-sur-des-humains-neuralink-delon-musk-a-le-feu-vert-pour-des-tests>

Fabron, M. (2022, 16 décembre). Jeff Bezos et Bill Gates investissent dans un rival de Neuralink, la société d'Elon Musk. *Les Numériques*.
<https://www.lesnumeriques.com/pro/jeff-bezos-et-bill-gates-investissent-dans-un-rival-de-neuralink-la-societe-d-elon-musk-n200905.html>

FRENCHWEB.FR. (2023, 11 janvier). Intelligence artificielle : le laboratoire BioNtech rachète la start-up InstaDeep. *FRENCHWEB.FR*.

<https://www.frenchweb.fr/intelligence-artificielle-le-laboratoire-biontech-rachete-la-start-up-instadeep/439052>

Gokulu, I. S., & Banta, S. (2022). Biotechnology applications of proteins functionalized with DNA oligonucleotides. *Trends in Biotechnology*, 41(4), 575-585.
<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2022.08.004>

Guide du parcours de soins : surpoids et obésité de l'adulte. (s. d.). Haute Autorité de Santé.
https://www.has-sante.fr/jcms/p_3408871/fr/guide-du-parcours-de-soins-surpoids-et-obesite-de-l-adulte

Hayek, J. (s. d.). *L'hôpital Foch mise sur l'intelligence artificielle*. Hospitalia, le magazine de l'hôpital pour toute l'actualité et l'information hospitalière.
https://www.hospitalia.fr/L-hopital-Foch-mise-sur-l-intelligence-artificielle_a2387.html

Homme augmenté. (s. d.). Transhumanisme : Association Française Transhumaniste.
<https://transhumanistes.com/homme-augmente/>

Hôpital Universitaire de Marseille. (s. d.). « *L'actionnabilité clinique des gènes* » .
<http://fr.ap-hm.fr/actu/actionnabilite-clinique-des-genes-un-concept-d-actualite-dans-le-cadre-des-maladies-rares>

Info, L. R. T. (2021, 25 février). Fuite de données médicales : un site pour vérifier si vous faites partie des 500.000 patients ? *TF1 INFO*.
<https://www.tf1info.fr/justice-faits-divers/video-enquete-ouverte-apres-la-fuite-de-donnees-medicales-quelles-sont-les-informations-soutirees-a-500-000-patients-2179257.html>

Institut National Du Cancer. (s. d.). *La médecine de précision - Comprendre la recherche*.
<https://www.e-cancer.fr/Comprendre-prevenir-depister/Comprendre-la-recherche/La-medecin>

[e-de-precision#:~:text=La%20m%C3%A9decine%20de%20pr%C3%A9cision%2C%20%C3%A9galement,aux%20caract%C3%A9ristiques%20de%20sa%20tumeur](#)

Jenicek, M. (1982). *Epidémiologie : Principes, techniques, applications*.
<https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6409857>

Kaduceo. (2022, 4 novembre). *Kaduceo - Expliquer les modèles d'IA et les prédictions en santé*. <https://kaduceo.com/rd/explicabilite-de-modeles-predictifs-ia-en-sante/>

Kennedy, S. (2023, 14 février). ChatGPT Passes US Medical Licensing Exam Without Clinician Input. *HealthITAnalytics*.
<https://healthitanalytics.com/news/chatgpt-passes-us-medical-licensing-exam-without-clinician-input>

La CNIL publie trois référentiels pour le secteur de la santé. (s. d.). CNIL.
<https://www.cnil.fr/fr/la-cnil-publie-trois-referentiels-pour-le-secteur-de-la-sante>

La domotique pour faire baisser vos factures. (s. d.).
<https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/domotique>

Les objets connectés en France en 2020 - Étude de marché. (s. d.).
Etudes-et-analyses.com.
<https://www.etudes-et-analyses.com/blog/decryptage-economique/etude-marche-exemple-marche-des-objets-connectes-france-2020-28-09-2021.html>

L'intelligence artificielle au bloc opératoire. (s. d.).
<https://www.chu-besancon.fr/le-chu/actualites-du-chu/actualite/lintelligence-artificielle-au-bloc-operatoire.html>

Morel, A. (2022, 15 septembre). Amazon se lance la recherche de vaccins contre le cancer. *RMC*.

https://rmc.bfmtv.com/actualites/societe/sante/amazon-se-developpe-dans-le-domaine-de-la-sante-et-se-lance-la-recherche-de-vaccins-contre-le-cancer_AV-202209150425.html

Nele. (2022). Quelle éthique pour l'intelligence artificielle en santé ? *Alia Santé*. <https://torus-medical.com/quelle-ethique-dans-lintelligence-artificielle-sante/>

Obésité · Inserm, La science pour la santé. (s. d.). Inserm. <https://www.inserm.fr/dossier/obesite/>

ouest France. (s. d.). <https://www.ouest-france.fr/monde/afrique/reperer-la-pauvrete-grace-aux-satellites-cest-possible-4430108>

Pinaud, F. (s. d.). *2045 : l'année où l'Homme s'est débarrassé de la mort*. La Tribune. <https://www.latribune.fr/opinions/le-futur-selon-la-tribune/2045-en-finir-avec-la-mort-525768.html>

Pinaud, F. (s. d.). *Prix Tech for Future 2023 : Ziwig met l'intelligence artificielle au service de la santé des femmes*. La Tribune. <https://www.latribune.fr/technos-medias/innovation-et-start-up/prix-tech-for-future-2023-ziwig-met-l-intelligence-artificielle-au-service-de-la-sante-des-femmes-958418.html>

Play Studio. (s. d.). *Neuralink*. Neuralink. <https://neuralink.com/>

Présentation du SNDS. (s. d.). L'Assurance Maladie. <https://assurance-maladie.ameli.fr/etudes-et-donnees/en-savoir-plus-snds/presentation-systeme-national-donnees-sante-snds>

Quelle compatibilité entre le RGPD et le respect du secret médical ? (s. d.). <https://explorers.mc2i.fr/quelle-compatibilite-entre-le-rgpd-et-le-respect-du-secret-medical>

Querenet, J. (2019, 13 décembre). L'intelligence artificielle dans le bloc opératoire. *ici, par France Bleu et France 3*.
<https://www.francebleu.fr/emissions/made-franche-comte/besancon/made-franche-comte-353>

Qu'est-ce que la domotique ? Définition et exemples d'applications. (s. d.). Le Mag de la Domotique.
<https://www.lemagdeladomotique.com/dossier-1-domotique-definition-applications.html>

R, S. (2020). FluSense, la technologie IoT au service de la détection des maladies. *OBJETCONNECTE.COM*. <https://www.objetconnecte.com/flusense-iot-detection-maladie/>

Santé. (s. d.). CNIL. <https://www.cnil.fr/fr/sante>

Scientific research on human genome & DNA | Genome Quebec. (s. d.).
<https://www.genomequebec.com/>

Thème : Les Français et les médicaments. (2021, 13 décembre). Statista.
<https://fr.statista.com/themes/3404/les-francais-et-les-medicaments/#topicOverview>

Vitard, A. (2019, 21 novembre). Pourquoi l'éthique de l'intelligence artificielle en santé est-elle un faux débat ? *www.usine-digitale.fr*.
<https://www.usine-digitale.fr/article/pourquoi-l-ethique-de-l-intelligence-artificielle-en-sante-est-elle-un-faux-debat.N904944>

Vlieghe, S. (2019). La domotique en santé, un espoir pour l'autonomie des patients. *Journal of Neuroradiology*. <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2019.01.015>

World Health Organization : WHO. (2021, 28 juin). L'OMS publie le premier rapport mondial sur l'intelligence artificielle (IA) appliquée à la santé et six principes directeurs relatifs à sa conception et à son utilisation. *OMS*.
<https://www.who.int/fr/news/item/28-06-2021-who-issues-first-global-report-on-ai-in-health-and-six-guiding-principles-for-its-design-and-us>

ANNEXE

Annexe 1 : Interview avec Alexandre B. expert en ingénierie informatique et spécialiste de la Licence Technologies Nouvelles et Autonomie de la Personne (TNAP) le 09/02/2023

: Bonjour Monsieur . Nous avons entendu dire que l'intelligence artificielle (IA) dans le domaine de la santé offre de nombreuses possibilités. Pouvez-vous nous expliquer comment l'IA peut être utilisée pour améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies ?

Alexandre : Bonjour, je suis ravi de participer à cette interview. En effet, l'IA joue un rôle de plus en plus important dans le domaine de la santé. Elle offre des possibilités prometteuses pour améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies.

L'IA peut être utilisée pour analyser de grandes quantités de données médicales, telles que des images médicales, des résultats de tests ou des dossiers médicaux, afin de détecter des signes précoces de maladies. Par exemple, des algorithmes d'apprentissage automatique peuvent être entraînés à reconnaître des motifs et des caractéristiques spécifiques associés à certaines maladies, permettant ainsi un dépistage plus précis et précoce.

En ce qui concerne le diagnostic, l'IA peut aider les médecins à interpréter les résultats des tests de manière plus précise. Les systèmes d'IA peuvent analyser les données médicales et fournir des recommandations diagnostiques basées sur des informations probantes. Cela peut réduire les erreurs de diagnostic et améliorer la prise de décision clinique.

Enfin, en ce qui concerne le traitement, l'IA peut contribuer au développement de thérapies personnalisées. En analysant les données génétiques et cliniques d'un patient, l'IA peut aider à identifier les traitements les plus efficaces et les plus

adaptés à chaque individu, en prenant en compte des facteurs tels que la génétique, l'historique médical et les résultats des essais cliniques.

■■■■ ■■■■ : Merci pour cette explication. Pouvez-vous nous donner des exemples concrets d'autres domaines d'application de l'IA dans la santé et de leurs avantages ?

Alexandre B■■■■ Bien sûr ! L'IA offre une multitude de domaines d'application dans le domaine de la santé. Parmi ceux-ci, nous pouvons citer l'analyse des données médicales pour la recherche et la découverte de nouveaux médicaments, la prédiction de l'évolution des maladies, la robotique médicale pour les interventions chirurgicales assistées, et même l'utilisation de chatbots et d'assistants virtuels pour fournir des conseils médicaux personnalisés.

L'un des avantages majeurs de l'IA dans la santé est sa capacité à traiter et à analyser des quantités massives de données en un temps beaucoup plus court que ne le pourrait un être humain. Cela permet d'accélérer les processus de recherche médicale, de diagnostiquer plus rapidement les maladies et d'améliorer la qualité des soins prodigués.

De plus, l'IA peut aider à réduire les erreurs médicales en fournissant des recommandations basées sur des preuves et des données probantes. Cela améliore la sécurité des patients et permet une meilleure coordination des soins entre les professionnels de la santé.

■■■■ ■■■■ : Selon nos hypothèses de mémoire, l'IA dans la santé peut contribuer à une meilleure prise en charge des patients et à des traitements plus personnalisés. Pouvons-nous considérer que ces hypothèses sont confirmées à la lumière des informations que vous avez partagées ?

Alexandre ■■■■ Absolument, vos hypothèses sont confirmées par les avancées récentes dans le domaine de l'IA en santé. L'utilisation de l'IA permet d'améliorer la prise en charge des patients en offrant des diagnostics plus précis et

en identifiant les traitements les plus adaptés à chaque individu. L'IA contribue également à une médecine plus personnalisée, en prenant en compte les caractéristiques individuelles des patients.

Cependant, il est important de noter que malgré les nombreux avantages, il existe également des défis à relever. L'IA en santé doit être utilisée de manière éthique, en garantissant la protection de la vie privée et en veillant à ce que les décisions médicales finales soient prises par des professionnels de la santé, en tenant compte des données fournies par les systèmes d'IA.

En conclusion, l'IA dans le domaine de la santé ouvre de nouvelles perspectives passionnantes pour améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies. En continuant à développer et à utiliser ces technologies de manière responsable, nous pourrions améliorer la santé et le bien-être des individus de manière significative.

: Quelles sont les perspectives d'évolution de l'IA dans la santé ? Quels sont les défis futurs à relever ?

Alexandre Biesbrouck: Les perspectives d'évolution de l'IA dans la santé sont très prometteuses. Les avancées technologiques continueront à améliorer les capacités de l'IA en matière d'analyse des données médicales, d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle. Cela permettra de développer des outils encore plus performants pour le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies.

Cependant, des défis subsistent. L'un des principaux défis est l'interopérabilité des systèmes d'IA dans le domaine de la santé. Il est essentiel de développer des normes et des protocoles communs pour permettre l'échange et l'intégration des données médicales entre différents systèmes et institutions de santé.

De plus, il est crucial de former les professionnels de la santé à l'utilisation et à l'interprétation des résultats fournis par les systèmes d'IA. Une collaboration étroite

entre les experts en IA et les professionnels de la santé est nécessaire pour garantir une utilisation optimale de ces technologies.

Enfin, il est essentiel de maintenir un cadre réglementaire approprié pour encadrer l'utilisation de l'IA dans la santé, en garantissant la sécurité des patients, la confidentialité des données et l'éthique médicale.

En somme, l'IA dans la santé présente un potentiel énorme pour améliorer les soins de santé. Avec une approche éthique et une collaboration multidisciplinaire, nous pouvons surmonter les défis et exploiter pleinement les avantages de ces technologies pour le bien-être des individus.

Annexe 2 : Interview avec le docteur Guillaume L. [REDACTED] spécialiste en radiologie le 03/05/2023

[REDACTED] : Bonjour, nous sommes intéressés par votre expertise dans le domaine de l'IA appliquée à la santé. Tout d'abord, pourriez-vous nous expliquer en quoi consiste l'utilisation de l'IA dans le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies ?

Dr. Guillaume Lefebvre: Bonjour Thomas et Mehdi. L'utilisation de l'IA dans la santé a un large éventail d'applications. Dans le dépistage, l'IA peut être utilisée pour analyser de grandes quantités de données médicales et identifier des modèles ou des anomalies qui pourraient indiquer la présence de certaines maladies. Cela permet d'améliorer l'efficacité et la précision du dépistage, ce qui peut conduire à une détection précoce et à une meilleure prise en charge des patients.

En ce qui concerne le diagnostic, l'IA peut être utilisée pour aider les médecins à interpréter les résultats d'examens médicaux tels que les imageries par résonance magnétique (IRM) ou les scanners. Les algorithmes d'IA peuvent repérer des structures ou des caractéristiques spécifiques sur les images, ce qui facilite

l'identification de certaines pathologies. Cela peut contribuer à une meilleure précision diagnostique et à une réduction des erreurs.

Enfin, dans le domaine du traitement, l'IA peut être utilisée pour aider à la planification et à la personnalisation des traitements médicaux. Les algorithmes d'IA peuvent analyser les données médicales d'un patient, telles que son historique, ses résultats d'examens et ses réactions aux traitements précédents, pour recommander des options thérapeutiques adaptées à chaque individu.

■ ■ ■ ■ : **Merci pour ces informations. Dans notre mémoire, nous avons émis l'hypothèse que l'utilisation actuelle de l'IA permet d'améliorer le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies. Sur la base de votre expérience, pouvez-vous confirmer cette hypothèse ?**

Dr. G **■ ■ ■ ■** L **■ ■ ■ ■** : Oui, je peux confirmer cette hypothèse. L'utilisation de l'IA dans la santé a montré des résultats prometteurs dans le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies. Les algorithmes d'IA peuvent analyser de vastes ensembles de données médicales et repérer des motifs ou des indicateurs subtils qui pourraient échapper à l'œil humain. Cela peut conduire à une détection précoce des maladies, à une prise de décision plus éclairée lors du diagnostic et à une personnalisation des traitements.

Cependant, il est important de souligner que l'IA ne remplace pas les professionnels de la santé. Elle vient en appui pour améliorer les capacités diagnostiques et thérapeutiques. L'expertise et l'expérience des médecins restent essentielles pour interpréter les résultats et prendre les décisions appropriées.

■ ■ ■ ■ : **Dans notre mémoire, nous avons également abordé les limites et les défis de l'IA dans le domaine de la santé. Pouvez-vous nous parler des principales limites et des défis auxquels nous sommes confrontés avec l'utilisation de l'IA dans ce domaine ?**

Dr. [REDACTED] : Bien sûr, il existe plusieurs limites et défis associés à l'utilisation de l'IA dans la santé. Tout d'abord, la disponibilité et la qualité des données sont essentielles pour entraîner les algorithmes d'IA. Il peut y avoir des problèmes liés à la confidentialité et à la protection des données personnelles des patients, ainsi qu'à la fiabilité et à la représentativité des données utilisées.

De plus, la validation et la réglementation des algorithmes d'IA en santé sont des défis importants. Il est nécessaire de s'assurer que les algorithmes sont fiables, précis et sûrs avant de les intégrer dans les pratiques cliniques. La transparence et l'interprétabilité des résultats produits par l'IA sont également des enjeux majeurs pour gagner la confiance des professionnels de la santé et des patients.

Enfin, l'adoption et l'acceptation de l'IA par les professionnels de la santé peuvent constituer un défi. Il est important de fournir une formation adéquate aux médecins et aux autres professionnels de la santé pour qu'ils comprennent les avantages et les limites de l'IA et soient en mesure de l'utiliser de manière efficace dans leur pratique quotidienne.

[REDACTED] : Merci pour ces précisions. Pour conclure, comment envisagez-vous l'avenir de l'IA dans le domaine de la santé ? Quelles sont les opportunités et les perspectives d'évolution ?

Dr. [REDACTED] : L'avenir de l'IA dans la santé est très prometteur. Les avancées technologiques continueront à améliorer les capacités de l'IA dans le dépistage, le diagnostic et le traitement des maladies. Nous pouvons nous attendre à une utilisation de plus en plus répandue de l'IA dans les pratiques cliniques, ce qui pourrait contribuer à une meilleure prise en charge des patients, à une réduction des erreurs médicales et à une optimisation des ressources.

De nouvelles techniques d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle, telles que l'apprentissage profond, pourraient permettre des avancées encore plus significatives dans l'analyse des données médicales complexes. L'intégration de l'IA

avec d'autres technologies émergentes telles que l'Internet des objets (IoT) et la réalité augmentée pourrait également ouvrir de nouvelles possibilités pour la médecine personnalisée et les soins de santé à distance.

Cependant, il est important de rester conscient des défis éthiques, légaux et sociaux liés à l'utilisation de l'IA dans la santé. Des mesures doivent être prises pour garantir la confidentialité des données, l'équité dans l'accès aux soins et la responsabilité dans l'utilisation des technologies d'IA.

En fin de compte, l'IA peut être un outil puissant pour améliorer la santé et le bien-être des individus, mais il est essentiel de l'utiliser de manière réfléchie, en intégrant les compétences et l'expertise des professionnels de la santé, pour garantir des résultats bénéfiques et sécurisés pour tous.

Interview avec le docteur [REDACTED] [REDACTED] chercheur en bio-informatique le 25/04/2023

[REDACTED] : Bonjour, Monsieur. Nous vous remercions d'avoir accepté de participer à cette interview. Nous aimerions discuter de l'utilisation de l'IA dans le domaine de la santé et de son impact sur la collecte et l'intégration de multiples sources de données.

Dr. [REDACTED] : Bonjour, je suis ravie de participer à cette interview. Je suis impatiente de discuter de ce sujet avec vous.

[REDACTED] : Pouvez-vous nous expliquer comment l'IA peut contribuer à la collecte et à l'intégration de multiples sources de données dans le domaine de la santé ?

Dr. [REDACTED] : Bien sûr. L'IA joue un rôle essentiel dans la collecte et l'intégration de multiples sources de données médicales. Grâce à des techniques d'apprentissage automatique et d'analyse des données, l'IA peut extraire des informations pertinentes à partir de différentes sources telles que les dossiers médicaux

électroniques, les résultats d'examens d'imagerie, les données génétiques, etc. Cela permet une vision plus complète et précise de la santé des patients.

XXXXXXXXXX : Quels sont les avantages concrets de l'intégration de ces multiples sources de données grâce à l'IA ?

Dr. XXXXXX : L'intégration de multiples sources de données grâce à l'IA offre de nombreux avantages. Tout d'abord, cela permet une meilleure compréhension de la santé d'un individu en rassemblant des informations provenant de différentes perspectives. Par exemple, en combinant les données cliniques, les données d'imagerie et les données génétiques, nous pouvons obtenir une image plus précise des risques de maladies, des schémas de réponses aux traitements, et même des prédictions sur l'évolution des conditions médicales.

XXXXXXXXXX : Quels sont les défis auxquels nous sommes confrontés lors de l'intégration de ces multiples sources de données ?

Dr. XXXXXX : Il y a plusieurs défis à relever. Tout d'abord, la collecte et l'intégration des données de manière sécurisée et confidentielle sont essentielles pour protéger la vie privée des patients. De plus, il est important de s'assurer que les données sont de haute qualité et fiables afin de garantir des résultats précis et pertinents. En outre, l'interopérabilité des systèmes de santé et la standardisation des formats de données sont des enjeux importants pour faciliter l'intégration des différentes sources.

XXXXXXXXXX : Comment envisagez-vous l'avenir de l'intégration de ces multiples sources de données avec l'IA dans le domaine de la santé ?

Dr. XXXXXX : Je suis optimiste quant à l'avenir de l'intégration de ces multiples sources de données avec l'IA. Les avancées continues dans les technologies d'apprentissage automatique et de traitement des données permettront de gérer et d'analyser de plus en plus efficacement ces informations complexes. Cela ouvrira de

nouvelles opportunités pour la recherche médicale, le développement de traitements personnalisés et l'amélioration des soins de santé dans leur ensemble.