



Zoé BOUDRY

L'utilisation de l'intelligence artificielle à l'hôpital de Valenciennes dans le secteur de l'imagerie

Sous la direction de Hervé HUBERT, maître de conférences associé

Mémoire de fin d'études de la 2ème année de Master Management Sectoriel – Parcours
Management des Risques et de la Qualité, et gestion des Flux en apprentissage

Année universitaire 2018-2019

Date de soutenance : 26 août 2019 à 15h30

Composition du jury :

- M. CASTRA, Président de Jury, ILIS
- M. HUBERT, Directeur de mémoire, ILIS
- M. CATOIRE, Ingénieur chef et responsable de la Cellule Méthode et Projets, CH de Valenciennes

REMERCIEMENTS

Je souhaite avant tout remercier mon directeur de mémoire, Monsieur Hervé HUBERT pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche.

Je remercie en particulier Monsieur Fabrice CATOIRE, ingénieur chef et responsable de la Cellule Méthode et Projets dans laquelle j'ai réalisé mon apprentissage, qui m'a donnée de précieux conseils concernant la rédaction de ce mémoire. Je remercie également Monsieur Bernard CASTELLS, chef de pôle du service d'imagerie de l'hôpital de Valenciennes, qui m'a donnée l'occasion de réaliser mes recherches sur le terrain et de qui m'a accordée du temps durant un entretien semi-directif.

Je remercie chaleureusement les différents professionnels avec qui j'ai pu discuter de mon mémoire et qui m'ont guidée dans mes recherches. Je les remercie également pour leurs conseils avisés ainsi que le temps qu'ils ont pris pour répondre à l'ensemble de mes questionnements.

Un grand merci aux professionnels du service d'imagerie de Valenciennes, pour m'avoir reçu et avoir pris de leur temps de répondre à mes questions à l'occasion d'entretiens semi-directifs et, sans qui, ce mémoire n'aurait pas pris forme.

Merci à tous.

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	5
II.	LES CONCEPTS, LA DEFINITION ET LA REGLEMENTATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE.....	9
1.	De l'intelligence à l'intelligence artificielle	9
a)	Qu'est-ce que l'intelligence ?.....	9
b)	Quels sont les processus cognitifs de l'intelligence ?	10
c)	Qu'est-ce que l'intelligence artificielle et comment a-t-elle évoluée au fil des années ?	11
d)	Quelles formes prend l'intelligence artificielle ?	14
e)	L'intelligence artificielle : un objet juridique singulier	17
f)	Les expérimentations de l'intelligence artificielle dans le monde	23
g)	Les expérimentations de l'intelligence artificielle en France.....	27
2.	L'application de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé en France	29
a)	Pourquoi et comment intégrer l'intelligence artificielle au sein des l'hôpitaux ?.....	32
b)	Quels impacts et perspectives sur les qualifications et les pratiques des praticiens en imagerie?	36
III.	LA MISE EN PLACE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LE SECTEUR DE L'IMAGERIE AU CENTRE HOSPITALIER DE VALENCIENNES	39
1.	Centre Hospitalier de Valenciennes	39
a)	Envie ou obligation ?	39
b)	Avis des professionnels impactés par le déploiement de l'intelligence artificielle dans le secteur de l'imagerie	41
2.	Mise en place de l'intelligence artificielle dans le secteur de l'imagerie	44
3.	Mise en perspective personnelle	50
IV.	CONCLUSION	52
	BIBLIOGRAPHIE.....	54
	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	61
	TABLE DES ANNEXES	61

TABLE DES ABREVIATIONS

IA : Intelligence Artificielle

DARPA : Defense Advanced Research Projects Agency

LAWS : Lethal Autonomous Weapons Systems

IBM : International Business Machines Corporation

SRI : Syndicat des Régies Internet

PACTE : Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CCNE : Comité Consultatif National de l'Ethique

MIT : Massachussetts Institute of Technology

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

ANSM : l'Agence Nationale de la Sécurité des Médicaments

PNJs : Personnage Non-Joueurs

SNJV : Syndicat National du Jeu-Vidéo

SQUAD : Stanford Question Answering Dataset

INRIA : Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique

INDS : l'Institut National Des Données de Santé

ECG : Electrocardiogramme

ATIH : l'Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation

CHV : Centre hospitalier de Valenciennes

PACS : Picture Archiving Communication System

Le RIS : Radiologic Information System

DPI : Dossier Patient Informatisé

MOA : Maitrise d'Ouvrage

AMOA : Assistance à Maitrise d'Ouvrage

MOE : Maitrise d'Œuvre

I.Introduction

Ces dernières années nous faisons face à des évolutions technologiques majeures. Ces évolutions touchent de larges domaines tels que les transports, le commerce, l'industrie, l'armée, l'environnement ou encore la santé. [1] L'une des évolutions technologiques les plus médiatisées est l'intelligence artificielle (**IA**). Les Etats-Unis, l'Asie et les pays européens investissent massivement dans les recherches liées à ce domaine. [2] Comprendre ce qu'est l'IA et ses mécanismes permettrait de pouvoir évaluer les possibles impacts sur ces secteurs d'activités dans les années à venir.

C'est dans le domaine du traitement des données informatisées que l'IA s'est développée dans un premier temps. Il semblerait que celle-ci n'ait pas été créée dans un besoin d'évolution, mais dans un besoin d'automatiser les tâches considérées comme peu valorisantes et redondantes afin de se concentrer sur l'essentiel de la tâche à réaliser. Par exemple, lorsque nous faisons une recherche sur Google, le moteur de recherche nous redirige automatiquement vers les sites les plus pertinents concernant notre recherche. Lorsque nous demandons à la commande vocale Siri "*Quel temps fera-t-il demain ?*", Elle nous répond rapidement de sorte à ce que l'on puisse organiser notre journée en fonction de sa réponse. Nous assistons à une course effrénée des pays cités plus tôt dans le but de devenir le leader dans le domaine de l'intelligence artificielle. Microsoft a produit des casques de réalité virtuelle appelés Hololens à destination des professionnels ; de nombreuses entreprises industrielles utilisent ce produit afin de superposer des informations et des éléments virtuels à leur environnement réel. Par exemple, l'appareil peut être utilisé pour la maintenance d'équipements industriels en délivrant des indications visuelles aux techniciens. L'armée américaine a souhaité investir dans ce nouveau casque de réalité virtuelle, à raison de 480 millions de dollars afin d'équiper leurs soldats de sorte à ce qu'ils aient accès en permanence à des informations telles qu'une carte du terrain ou à des fonctionnalités comme la vision infrarouge. Ils seront ainsi en mesure de prendre des décisions plus rapidement, et d'être les premiers à détecter l'ennemi et à engager le combat. [3]

Nous avons également appris récemment que l'armée américaine a investi 2 milliards d'euros dans l'intelligence artificielle. En effet, la DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) agence de recherche de l'armée américaine, a contribué au développement de l'une des entreprises de robotique les plus avancées de notre monde : Boston Dynamics.

Nous savons que l'armée est le plus gros investisseur dans le domaine de la recherche et du développement ; il est notamment le premier à investir dans les innovations technologiques dans le but d'être plus puissant opérationnellement et stratégiquement que les armées des autres pays du monde. [4]

Nous pouvons donner pour exemple l'apparition des drones. Ils sont de plusieurs type : drone de combat, drone démineur ou encore drone de surveillance qui sont apparus il y a quelques années conçus pour permettre aux militaires des armées, notamment américaine, par exemple, de réaliser des patrouilles de drones démineurs en Afghanistan et en Irak en 2011. Ces drones sont des soldats mécaniques télécommandés. Ils ont été déployés dans le but de limiter les pertes humaines durant les interventions. Cependant, l'armée chercherait aujourd'hui à développer ce que les spécialistes appellent "les LAWS" (Lethal Autonomous Weapons Systems) qui sont des systèmes d'armes latérales autonomes pilotés par l'intelligence artificielle. [5]

Le domaine de la santé a également souhaité réduire les pertes humaines des risques qui lui sont propres. Implanter de nouvelles technologies permettrait également d'aider les praticiens hospitaliers à diagnostiquer plus rapidement et efficacement des maladies chez leurs patients.

Par exemple, dans le domaine de la santé, l'entreprise IBM (*International Business Machines Corporation*) qui est une société multinationale américaine présente dans le domaine du matériel informatique, du logiciel et des services informatiques, a, en 2011, développé *Watson*. *Watson* est un programme informatique d'IA qui a détecté lors de son utilisation au Japon, en 2016, le type de leucémie chez une patiente. Grâce à ce diagnostic, les médecins ont pu se rendre compte de leur erreur initiale sur le type de leucémie détecté et ont pu prescrire le traitement adéquat à cette patiente. *Watson* fonctionne grâce à du machine Learning, branche de l'intelligence artificielle. Elle traite une gigantesque base de données (BIG DATA) à partir d'algorithmes. Ces données dont dispose *Watson* sont le fruit de l'analyse de millions de dossiers patients. Ces données lui permettent de réaliser un diagnostic qu'il soumet aux praticiens. [6]

L'IA est également utilisée pour permettre aux individus ayant perdu un membre, de retrouver leurs facultés d'antan par le biais de prothèse. Les plus courantes sont les prothèses myoélectriques. Cela signifie que des électrodes au contact de la peau, placées à l'intérieur de la prothèse vont capter les contractions musculaires permettant ainsi au patient de commander la prothèse comme si elle était leur propre membre. En développant

cette prothèse myoélectrique, une main bionique a été inventée par des bio-ingénieurs de l'université de Newcastle. Ils ont modifié une main myoélectrique standard avec une caméra pour fournir aux amputés des membres supérieurs une prothèse plus fonctionnelle. Grâce à l'IA incorporée dans cette prothèse de la main, celle-ci peut voir les objets et choisir la meilleure façon automatique de les saisir. Ceci est rendu possible grâce aux différentes poignées, aidées par des capteurs sur la surface de la peau. Et bien évidemment, comme pour la prothèse standard myoélectrique, en détectant l'activité électrique des muscles du porteur. [7]

En Europe et plus particulièrement en France, selon le rapport santé 2020 : La digitalisation est porteuse de changements majeurs dans l'organisation et le fonctionnement de notre système de santé. Nous pensons bien évidemment à l'IA qui permettrait non seulement de moderniser les organisations actuelles, mais aussi d'imaginer des pratiques radicalement nouvelles. L'informatique traditionnelle est maintenant largement présente dans les établissements de santé, les cabinets médicaux, les laboratoires de biologie. Partout en France, des médecins, des infirmières, du personnel administratif, des patients, proposent et mettent en œuvre de nouvelles manières de travailler grâce aux évolutions technologiques, dont l'IA fait partie. [8] Beaucoup de startup font le pari de déployer l'IA dans les hôpitaux. *Owkin*, entreprise de biotechnologie située à Paris, a mis au point des algorithmes pour l'analyse automatisée des lames d'échantillons tumoraux prélevés chez des patients. A partir des données récoltées, une classification des cancers utile au diagnostic et à la thérapeutique pourra être réalisée. *Sancare* est une startup spécialisée en machine Learning appliqué aux données hospitalières. Cette startup propose aux hôpitaux d'automatiser et d'optimiser leur processus de facturation auprès de l'Assurance Maladie, en prédisant les codes nécessaires par du machine Learning à partir des dossiers patients. [9]

A Nancy, ce sont près de 4 000 patients qui ont été opérés par chirurgie robotique. La chirurgie robotique est réalisée par un chirurgien aux commandes d'une machine. Le robot permet de réaliser des opérations complexes qu'il serait difficile voire impossible de réaliser sans lui. En 2018, c'est dans des domaines aussi variés que l'urologie, la chirurgie digestive et générale, la chirurgie cardiaque, la chirurgie vasculaire et endoluminale, l'ORL et la chirurgie cervico-faciale, la gynécologie et la chirurgie pédiatrique que celui-ci est utilisé. [10]. La pénétration de la chirurgie robotique est extrêmement rapide, même en ambulatoire. Ainsi, en août 2017, la clinique Saint-Jean de Toulouse a réalisé une colectomie par chirurgie robotique sur une patiente âgée de 82 ans, rentrée chez elle en fin de journée [11]

La question qui se pose pour demain n'est néanmoins pas celle de la robotisation des opérations chirurgicales, mais celles de leur automatisation partielle ou totale et du maintien, ou non, d'une présence humaine auprès de la machine. Les conditions dans lesquelles une machine autonome pourra opérer un patient constituent l'enjeu de demain.

Mais ces professionnels de la santé sont-ils tous d'accord pour s'entendre sur le fait que ces nouvelles manières de travailler seront plus pertinentes pour les aider à réaliser les tâches quotidiennes au travail ou à faire évoluer leurs pratiques ?

Il n'est, dès lors, plus question d'automatiser des tâches qui auraient pu se trouver à un instant T redondantes et/ou peu valorisantes mais bien d'aider des professionnels dans l'exercice de leur fonction. Certains établissements déploient l'IA dans des pôles d'activités particuliers. Se pourrait-il qu'il y ait un blocage de la part des professionnels du terrain ? L'IA pourrait-elle disqualifier les compétences des praticiens hospitaliers dans le secteur de l'imagerie ? Ou alors conduirait-elle à une plus grande productivité des praticiens et une meilleure qualité de diagnostic et thérapeutique ?

Nous verrons dans un premier temps qu'il est nécessaire de comprendre ce domaine de recherche et de traitement de données qu'est l'intelligence artificielle. Nous devons également définir ses concepts ainsi que son évolution mais aussi décrire les domaines dans lequel elle se déploie notamment en santé. Nous finirons sur la méthodologie appliquée et sur les avis des personnes impactées par ce projet de déploiement de l'IA à l'hôpital de Valenciennes.

II. Les concepts, la définition et la réglementation de l'intelligence artificielle

1. De l'intelligence à l'intelligence artificielle

a) Qu'est-ce que l'intelligence ?

Il est difficile de s'entendre sur la définition de l'intelligence. Il s'avère que l'intelligence n'a pas une seule et même définition. Cependant, lorsque l'on s'intéresse à l'étymologie de ce mot, en latin : « intelligentia », il signifie « la faculté de comprendre » notamment la capacité à lier des éléments entre eux. L'intelligence constitue donc l'ensemble des capacités mentales qui nous permettent de comprendre ce qui nous entoure, de découvrir des relations nous permettant d'aboutir à une connaissance conceptuelle et rationnelle celle-ci étant en opposition avec les sensations et les émotions.

La compréhension est l'aboutissement d'un système de codification diversifié qui, par la maîtrise du langage permet un raisonnement complexe nous permettant d'établir des relations entre des éléments. C'est également la définition de notre faculté d'adaptation, qui nous permet de gérer de nouvelles situations et notre capacité à traiter les informations pour atteindre un objectif.

Afin d'atteindre ces objectifs, l'intelligence fait intervenir plusieurs facultés cognitives de notre cerveau. Un processus cognitif est typiquement « un cheminement par lequel un système traite une information en y répondant par une action » [12]

Pour comprendre plus dans le détail les facultés cognitives du cerveau humain, nous allons nous intéresser aux travaux de Jean Piaget sur les processus cognitifs de l'intelligence.

b) Quels sont les processus cognitifs de l'intelligence ?

D'après les travaux en épistémologie génétique de Jean PIAGET, biologiste, logicien, psychologue et épistémologue suisse, les processus cognitifs, qu'il appelle schèmes de pensée, sont maîtrisés par périodes.

En effet, de la naissance à l'âge adulte, selon monsieur PIAGET, des périodes d'acquisition de structures cognitives se manifestent :

- De la naissance à l'âge de deux ans, Jean PIAGET parle de la période « sensorimoteur ». Cette période se caractérise par un contact qu'entretient le nouveau-né avec le monde qui l'entoure. Ce contact dépend essentiellement des mouvements que le nouveau-né réalise mais aussi des sensations que celui-ci éprouve lors de ces mouvements.
- De deux ans à six, sept ans, c'est une période dite préopératoire qui se manifeste par l'avènement du langage. Néanmoins, l'enfant a une pensée symbolique. C'est-à-dire qu'il est capable de se représenter des choses à partir de mots et de symboles.
- De six, sept ans à onze à douze ans, une période dite opération concrète émerge. L'enfant est désormais capable d'envisager des événements qui surviennent en dehors de sa propre vie. C'est-à-dire qu'il est en capacité de conceptualiser et créer des raisonnements logiques.
- Enfin, à partir de douze ans, c'est l'apparition de la période d'opération formelle. L'enfant établit des relations abstraites qui sont généralement maîtrisées à l'âge de quinze ans. Ainsi, à la fin de ce stade, l'adolescent peut, comme l'adulte, utiliser une logique formelle et abstraite.

Durant l'acquisition des connaissances, plus communément appelée "apprentissage", qui se développe pendant les périodes citées en amont, les processus cognitifs consistent en une adaptation de nos schèmes de pensées à de nouvelles données, situations du réel. Pour PIAGET, cette adaptation peut se faire de deux façons : par assimilation ou par accommodation. L'assimilation est le fait d'intégrer une nouvelle situation à un ensemble auquel une règle existe déjà, ici on ne change pas d'action mais on étend notre champ de connaissances. Pour ce qui est de l'accommodation, on modifie justement une conduite préexistante pour s'adapter à une situation connue mais dont les méthodes habituelles de résolution ne suffisent plus, c'est le processus d'adaptation. **[13]**

C'est par le biais de ces processus cognitifs que notre cerveau a pu faire émerger l'idée de créer une intelligence dite artificielle et c'est entre 1940 et 1950 que des scientifiques du domaine des mathématiques, de la psychologie, de l'ingénierie, de l'économie et des sciences politiques ont commencé à discuter de la possibilité de créer une intelligence dite artificielle notamment grâce à l'apparition des premiers ordinateurs. [14]

Après avoir défini les différents processus cognitifs, nous pouvons désormais développer les mécanismes de compréhension que nous nous sommes appropriés et qui ont débouché sur un nouveau domaine de recherche : l'intelligence artificielle.

c) Qu'est-ce que l'intelligence artificielle et comment a-t-elle évolué au fil des années ?

L'IA a pour fondateur John MCCARTHY. Souvent abrégée par le biais du sigle IA, elle est définie par son cofondateur Marvin LEE MINSKY comme : "la construction de programmes informatiques qui s'adonnent à des tâches qui sont pour l'instant, accomplies de façon plus satisfaisante par des êtres humains car elles demandent des processus mentaux de haut niveau tels que : l'apprentissage perceptuel, l'organisation de la mémoire et le raisonnement critique." L'objectif est de parvenir à transmettre à une machine des fonctions propres au vivant : rationalité, raisonnement, mémoire et perception. [15]

L'expression d'IA est apparue lors d'une conférence au Dartmouth College en 1956 dont le président de conférence était monsieur MCARTHY. Il existe néanmoins différentes définitions de l'intelligence artificielle. Si nous partons de la définition du mot "artificiel", l'IA est une forme d'intelligence qui est le résultat d'un processus créé par l'homme. C'est lors de cet événement en 1956 que l'expression "Artificial Intelligence" fut utilisée pour la première fois par John MCARTHY.

Les rencontres de Dartmouth ont été le résultat d'un émoi qui a débuté un peu avant 1950 autour de questions liées à la possibilité de construire des "machines à penser" mais aussi, rappelons-le, de l'apparition des premiers ordinateurs. La naissance de l'IA a donc été ainsi plus ou moins directement influencée par différents travaux notamment ceux de Warren MCCULLOCH et Walter PITTS qui, inspirés par la neurophysiologie, proposaient les tout premiers modèles de réseaux de neurones artificiels, ceux de Norbert WIENER sur la cybernétique (science centrée sur l'étude des mécanismes de communication et de contrôle des machines et des êtres vivants), ceux de Claude SHANNON en théorie de

l'information, ceux de John VON NEUMANN sur l'architecture des calculateurs, et ceux d'Alan TURING sur les fonctions calculables par la machine. [14]

C'est dans les années quarante, que le cheminement de deux courants de pensées ont permis de faire émerger l'IA que nous connaissons aujourd'hui. Il s'agit du symbolisme et du connexionnisme.

Le symbolisme consiste à fournir à un système d'IA des mécanismes de raisonnement capables de manier les données symboliques qui constituent les connaissances d'un domaine. Ce courant de pensées fait appel à des modèles et méthodes de la logique. Elle a donné lieu aux systèmes à bases de connaissances. Le connexionnisme consiste à s'inspirer du fonctionnement du cortex cérébral et de l'appliquer à une IA. L'entité de base est un modèle formel du neurone, un système étant formé par l'interconnexion d'un grand nombre de tels « neurones ». Cette approche a donné lieu aux traitements de lourds calculs. [16]

Cependant, même si les progrès de l'IA sont récents, l'idée des machines "intelligentes" remonte à un temps lointain. Cela commence par des statues articulées de l'Égypte antique (800 avant Jésus-Christ), en passant par les automates de la Renaissance, jusqu'à la création des robots. Les Hommes ont toujours voulu animer la matière. Les automates, dont l'invention remonte à l'Antiquité, sont les plus anciens témoignages de l'intérêt des Hommes pour une IA. Au XVI siècle, grâce aux progrès de la médecine et du perfectionnement des automates, on pense pouvoir élaborer des mécanismes intelligents. Au XVII siècle, DESCARTES introduit l'idée de "l'animal machine", qui aurait certaines activités humaines mais pas son intelligence. En 1642, Blaise PASCAL inventa la Pascaline qui est la première machine à calculer. Capable d'additionner et de soustraire, la Pascaline fût la première réalisation qui se s'approche de l'IA. En effet, cette machine était capable de réaliser, ce que seul un homme était capable de faire.

Au XVI siècle, Léonard DE VINCI a construit le premier androïde capable de coordonner les mouvements de ses bras, de ses jambes et de sa mâchoire. Le XVII siècle est considéré comme l'âge d'or des automates, notamment grâce à l'invention de Jacques DE VAUCANSON en 1738. Son invention était un canard autonome, capable de boire, se nourrir, caqueter, s'ébrouer dans l'eau, digérer sa nourriture et même déféquer.

Ce n'est qu'au tout début du XX siècle que les robots firent leur apparition, suite aux travaux d'ingénieurs qui voulaient tester des hypothèses émises par des biologistes et des psychologues. Le chien électrique conçu par HAMMOND et MIESNER en 1915 était attiré

par une lumière, selon le phototropisme animal mis en évidence par Loeb en 1918. Les tortues cybernétiques de Grey WALTER (1950), le renard électronique de DUCROQ (1953) étaient dotées de capacités d'apprentissage directement issues des travaux des psychologues THORNDIKE (1911), HULL (1943) et du physiologiste PAVLOV (1903) sur l'Homme et l'animal. [17] [18]

En 1943 est né le premier ordinateur. Et les premières traces de l'IA à proprement parler remontent à **1950** dans un article d'Alan TURING, scientifique et inventeur, intitulé *"Computing Machinery and Intelligence"* et publié dans le Magazine Mind, dans lequel, le mathématicien, explore le problème de définir si une machine est consciente ou non. De cet article découle ce que l'on appelle aujourd'hui le Test de Turing qui permet d'évaluer la capacité d'une machine à tenir une conversation humaine. Alan TURING serait donc la première personnalité à parler d'intelligence artificielle. [19]

Plus tard, l'IA s'intéresse au développement de programmes capables de jouer aux échecs. Les premiers programmes, notamment ceux d'Arthur SAMUEL et Alex BERNSTEIN, naissent au début des années soixante et au fil des décennies, arrivent à battre des joueurs de niveaux de plus en plus élevés. C'est grâce à la puissance calculatoire de l'ordinateur capable d'explorer un certain espace combinatoire que l'IA battra le champion du monde dans cette discipline (cf. Deep Blue contre Gary KASPAROV en 1997)

Les débuts de l'IA sont également marqués par le programme de Thomas G. EVANS en 1963, qui est capable de trouver par analogie la quatrième figure géométrique complétant une série de trois. Nous pouvons également citer le système ELIZA de Joseph WEIZENBAUM qui repère des expressions clés dans des phrases et qui, en 1965, sera capable de dialogue en langage naturel à l'écrit. Ce système a réussi à tromper par moment des interlocuteurs humains qui pensaient avoir affaire à un autre interlocuteur humain.

C'est durant les années soixante-dix et le début des années quatre-vingt que des systèmes experts se sont développés. Un système expert est un système qui gère des règles que lui dicte un expert dans un domaine précis pour en déduire des conclusions. Les plus connus sont DENDRAL en chimie, MYCIN en médecin, HEARSAY-II en compréhension de la parole, PROSPECTOR en géologie, pour lesquels une connaissance experte sous forme de règles "si...alors..." est appliquée à un ensemble de faits décrivant la situation sur laquelle le système doit produire des conclusions. C'est également durant ces années que des expérimentations avec des robots mobiles furent lancées, nous pouvons citer le robot Shakey du SRI (Stanford Research Institute) à Menlo Park en Californie. Et plus tard,

Rodney BROOKS, au MIT (Massachusetts Institute of technology), s'est intéressé à des sociétés de robots réactifs à leur environnement immédiat, mais agissant sans représentation construite du monde dans lequel ils évoluent. [17]

Nous considérons que le domaine de recherche qu'est l'IA s'est dans un premier temps développé aux Etats-Unis. En France, à la même époque, nous avons le polytechnicien Jacques PITRAT, pionnier de l'IA symbolique, qui est l'IA d'un automate, d'un script informatique et qui est donc considéré comme étant fortement dépendante de l'expertise humaine et donc mieux contrôlée. [20]

d) Quelles formes prend l'intelligence artificielle ?

Après quelques évolutions, l'IA se définit actuellement de la manière suivante : « ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence ». [21]

Mais avant tout, elle est une discipline relative aux traitements des connaissances et au raisonnement dans le but de permettre à une machine d'exécuter des fonctions normalement associées à l'intelligence humaine. Elle tente de reproduire les processus cognitifs du cerveau humain dans le but de réaliser des actions dites intelligentes.

L'IA a donc été imaginée selon deux formes différentes que voici :

- **IA forte** : l'IA forte, ou ascendante, est l'approche la plus similaire du comportement humain, puisqu'elle fait commencer le programme avec des choses simples pour arriver au final à des choses compliquées. L'automate ou la machine serait alors doté d'une réelle conscience de lui-même et pourrait éprouver des sentiments ; il serait capable de penser et son raisonnement serait donc le même que celui d'un être humain. L'avantage de l'IA ascendante est qu'elle est dotée qu'une capacité à apprendre et/ou s'adapter très facilement. En effet une machine dotée de l'intelligence dite forte est capable d'analyser une situation, d'évaluer les différentes solutions qui s'offrent à elle en fonction de différents facteurs pour finir par agir afin de répondre au mieux aux besoins pour lesquels elle a été conçue. L'exemple que nous pouvons citer est celui du film "Her" de Spike JONZE dans lequel le personnage principal tombe amoureux de la voix de son ordinateur. Ou encore la voiture autonome qui est d'ores et déjà en phase de test grâce au projet de loi PACTE (Plan d'Action pour la Croissance et la Transformation des Entreprises) permettant aux

entreprises et notamment les startups porteuses de projets innovants d'avoir des aides de l'Etat. [22]

- **IA faible** : l'IA faible, ou descendante, vise principalement à reproduire le plus fidèlement possible, à l'aide d'un programme informatique, le résultat d'un comportement spécifique observé à l'avance et ne donnant pas d'application non prévue. Les programmes de type descendants ne visent pas à évoluer, ils effectuent leurs tâches et uniquement celles pour lesquelles ils ont été programmés. Ils sont donc très performants dans leur domaine mais restent confinés dans celui-ci, sans possibilité d'évoluer. Pour exemple d'intelligence faible, nous pouvons citer : Siri d'Apple ou les calculatrices. Aujourd'hui, il n'existe que de l'IA dite « faible ». [23]

Voici toutes les composantes principales de l'IA :

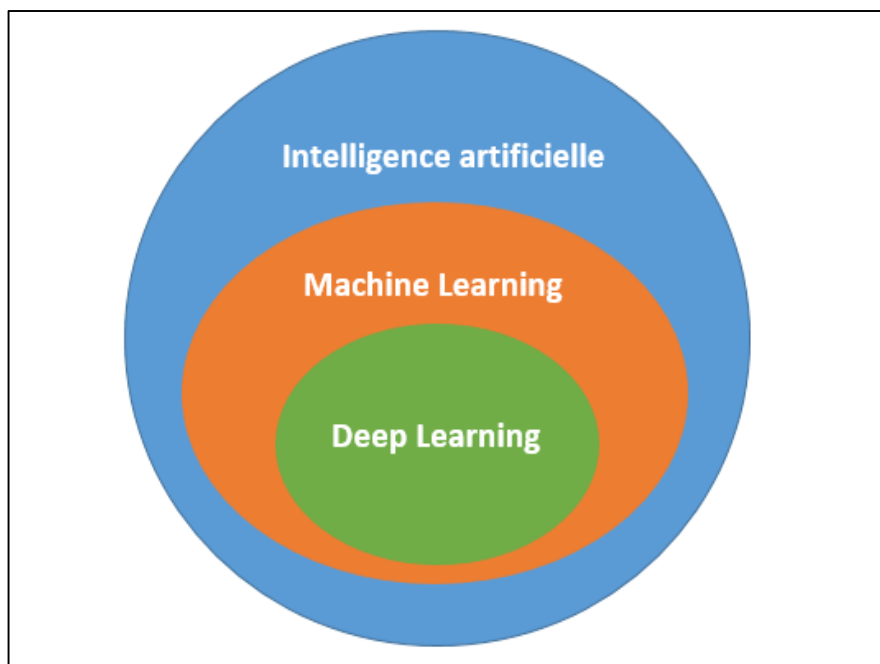


Figure 1 : Représentation de l'IA – Deep et Machine Learning

C'est au cours des années 2000 que l'IA s'est développée de manière exponentielle. La loi MOORE apparue entre 2000 et 2010 qui concerne l'évolution de la puissance des ordinateurs, a fait vivre à la société un boom informatique. Nous sommes entrés dans l'ère de l'Homo Numericus. [24]

La loi MOORE a continué de guider les progrès de l'IA à partir de 2010. Mais le traitement de la donnée vient renforcer ces progrès. En effet, pour exécuter une tâche, un système n'a besoin que de règles. Lorsqu'il s'agit d'avoir une réflexion ou de livrer la réponse la plus juste possible, il faut que ce système apprenne. C'est à partir de ces réflexions que

les chercheurs développent de nouveaux procédés pour le Machine Learning puis le Deep Learning.

Le Machine Learning signifie "l'apprentissage automatique". Ce procédé permet aux ordinateurs, grâce à un développement et une implémentation d'un ensemble abondant de données, de réaliser des opérations complexes. Le machine learning utilise différents types d'algorithmes automatisés qui apprennent à modéliser des fonctions et à prévoir les actions futures à partir de données.[25]

Quant au Deep Learning, qui signifie "apprentissage profond". Ce procédé s'apparente à un réseau de neurones artificiels tels que les réseaux neuronaux d'un cerveau humain. Plus le nombre de neurones est élevé, plus le réseau est "profond". Il est une dérivée du machine Learning et utilise des réseaux de neurones qui transmettent des données à travers de nombreuses couches de traitement pour interpréter les caractéristiques et les relations entre les données.

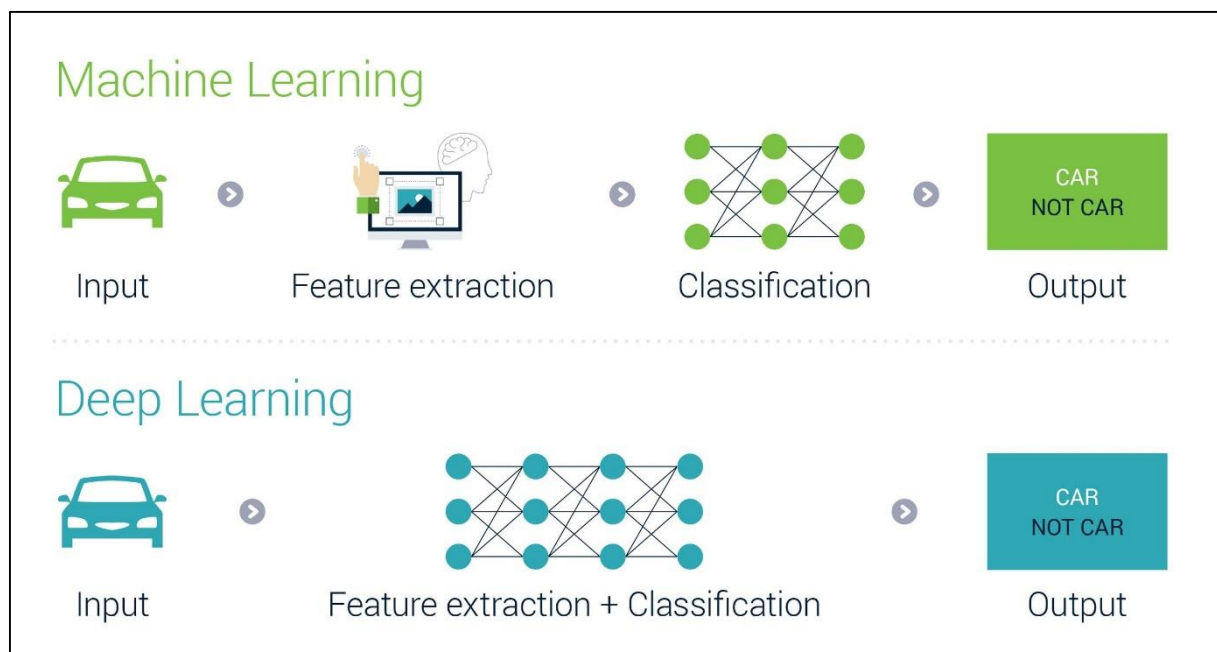


Figure 2 : Machine VS Deep Learning [26]

Au fur et à mesure, le développement des technologies pour l'IA permet de lancer des projets ambitieux et novateurs et de ne plus se focaliser que sur des calculs, mais d'intégrer également, par exemple, le traitement des images. [27]

Maintenant que nous avons défini ce qu'est l'IA et les formes que celle-ci peut prendre, nous allons pouvoir nous intéresser aux aspects juridiques et à la réglementation qui l'encadre.

e) L'intelligence artificielle : un objet juridique singulier

L'IA inquiète et interroge la place de l'homme dans la société. Cette innovation doit être cadrée par le biais de règles établies et claires.

En effet, l'IA peut inquiéter certains professionnels, entreprises ou n'importe quels citoyens car pour la plupart, son fonctionnement est méconnu.

Depuis les développements récents de l'IA et les perspectives de celle-ci, il est nécessaire de s'interroger sur la responsabilité des acteurs et élaborer des règles de responsabilité afin de réguler ses usages pour satisfaire au respect de principes fondamentaux.

Nous savons que de par les décisions qu'elle prend et les actions qu'elle entreprend, l'IA peut être source de dommages de toute sorte :

- Moral, en publiant une information mensongère par le biais du Deep fake. Le Deep fake vient du mot Deep Learning expliqué plus tôt. Le Deep fake consisterait à superposer tout type d'informations de sorte à reconstituer une information plausible sans pour autant l'être.[28]

-

- Corporel, par exemple en guidant un véhicule autonome qui peut percuter une personne. Ou encore en laissant les données d'un patient à l'hôpital dans les mains d'assurances ou de mutuelles. Ces dommages pourraient être d'envergure et appelleront une réparation pour ne pas laisser la victime impuissante endurer les conséquences du fait de cette IA.

-

Comme l'énonce la commission d'accès à l'information du Québec, il y a certains enjeux quant à la protection des renseignements personnels et de l'impact des applications d'IA sur ceux-ci :

- La nécessité : Ce principe assure que toute collecte et utilisation de renseignements personnels se limite à ce qui est nécessaire pour atteindre la finalité recherchée. Etant donné que l'IA repose sur la collecte et l'analyse de données massives, incluant des renseignements personnels, qu'en est-il du respect du principe de nécessité dans ce

contexte ? Devrait-on interdire la collecte de certains renseignements dans certains contextes, par exemple pour respecter le droit à la vie privée ou éviter la discrimination ?

- La finalité : Il faudrait que l'ensemble des entreprises, institutions utilisant l'IA, déterminent au préalable à quelles fins les renseignements personnels sont collectés, utilisés et à qui ils seront communiqués et en informe par la suite les personnes concernées. Mais l'IA a besoin de beaucoup de données et celles-ci ont des provenances diverses.

- Le consentement : est-il encore possible de consentir de façon libre et éclairée ? Ce concept est-il toujours adéquat dans le contexte numérique ?

- La confidentialité : comment mesurer l'efficacité des techniques d'anonymisation et s'assurer qu'il n'y a pas de risques de ré identification, surtout quand il s'agit de renseignements "sensibles" ?

- La conservation et la destruction : Les renseignements personnels doivent être détruits lorsque la finalité ayant mené à leur collecte est atteinte. Comment s'en assurer dans un contexte d'IA ?

- Le droit à l'information et la transparence : L'individu pour lequel une IA utilise ses données personnelles doit être mis au courant de son utilisation.

- Le droit d'accès des personnes concernées : Les personnes doivent pouvoir avoir accès aux données personnelles qui les concernent et utilisées par un algorithme.

- La responsabilité : Dans un contexte où l'IA peut faire intervenir une multitude d'acteurs au niveau de la collecte, de l'utilisation et de la communication des renseignements personnels, qui porte la responsabilité en cas d'atteinte à la vie privée ? Vers qui le citoyen peut-il se tourner pour exercer ses droits ? La responsabilité doit-elle être partagée ? Si oui, sur la base de quels critères ? **[29]**

L'IA nécessite dans bien des domaines l'utilisation de données en masse (BIG DATA) issue de multiples bases de données. La donnée personnelle, et plus particulièrement l'utilisation de la donnée de santé, constitue aujourd'hui un terrain complexe strictement encadré. En France, la base légale déjà constituée de la loi Informatique et Liberté, a été renforcée le 25

mai 2018 par la Commission Européenne par la création du RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données). Le RGPD est venu s'imposer à l'ensemble des pays de l'Union Européenne. Sa mise en place est intervenue avec trois objectifs :

- Harmoniser les pratiques européennes : la donnée est aujourd'hui au cœur de tous les échanges (commerciaux, médicaux, d'information, politiques etc.)
- Renforcer les droits des citoyens, l'augmentation des transferts de données implique également une multiplication des risques et donc une nécessité d'encadrement des droits.
- Responsabiliser les entreprises : les échanges doivent être strictement encadrés.

Les entreprises ayant des pratiques non conformes à la réglementation actuelle encourent une amende considérable, la maîtrise de celles-ci est donc indispensable.

Bien que le RGPD ait imposé des obligations supplémentaires, il est également venu poser le principe de protection des données au cœur des débats et des pratiques.

Le monde de la santé, le BIG DATA ou encore les traitements automatisés des données, sont particulièrement impactés par le RGPD. Ces derniers entrent en effet aujourd'hui au centre des préoccupations de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés), référent national en matière de protection des données. En Juin 2019 une amende de 460 000 euros a été prononcée aux Pays-Bas à l'encontre d'un hôpital pour non-respect des pratiques relatives à la protection des données [30] Ainsi, il est indispensable de s'accorder à respecter le principe de « Privacy by Design – Protection des données dès la conception » lors de la mise en place de l'intelligence artificielle. Les structures se servant de l'IA doivent mettre en place toutes les mesures techniques et organisationnelles indispensables au respect du cadre en matière de protection des données personnelles.

Nous savons donc que l'IA fonctionne grâce à de massives collectes de données. Dans n'importe quel domaine dans lequel l'IA s'implante, les données qu'elle collecte peuvent porter atteinte à la vie privée de certains individus si ces données ne sont pas protégées de la bonne façon. Ainsi, concernant les développements connus aujourd'hui de l'IA, avant de poser des règles strictes, il faut dans un premier temps s'intéresser au règlement général sur la protection des données entré en vigueur le 25 mars 2018. Cette loi implique des changements pour les entreprises notamment par le biais d'une embauche d'un délégué à

la protection des données, de création de registre de traitement des données qui détaille la manière dont l'entreprise traite les données personnelles, comment l'entreprise les sécurise, les anonymise etc. Le RGPD doit être appliqué dans toutes les entreprises et implique les changements cités ci-dessus, mais le RGPD se confronte également aux nouvelles technologies telles que le BIG DATA ou l'IA et pose de nombreuses questions notamment sur le consentement.

La réglementation autour de l'IA est difficile à constituer et pose beaucoup de questionnements. Mais selon certains experts, il ne faudrait pas mettre de freins à un domaine de l'innovation car il se pourrait que les entreprises souhaitant investir, n'innovent plus du fait de la réglementation. [31] David GRUSON, ex-délégué général de la Fédération hospitalière de France (FHF) et membre du comité de direction de la chaire santé de Sciences Po Paris a présenté en janvier 2018 une initiative académique et citoyenne appelée Ethik-IA. Ethik-IA a été lancée en 2017 et est composée d'une équipe d'enseignants, de chercheurs en droit numérique, en technologie de l'information et de la communication (TIC) et en sciences humaines et sociales. Le but de cette initiative est de réguler de manière positive l'IA et la robotique en l'intégrant dans la révision de la loi bioéthique. Cette initiative présentée par M. GRUSON permettrait de poser des règles sur l'IA dans le domaine médico-social et sanitaire. [32]

Pour ce faire, l'Assemblée nationale a déposé un rapport d'information le 15 janvier 2019 concernant la révision de la loi relative à la bioéthique. Dans ce rapport, un chapitre totalement dédié à l'IA y figure. [33]

Dans le domaine de la santé également, des questions éthiques se posent concernant l'IA. Mais qu'est-ce que l'éthique médicale ? L'éthique médicale est une science de la morale et celle-ci répond à un certain nombre de règles de « bonne conduite ». Elle désigne les règles auxquelles les professionnels de la santé sont soumis dans leur pratique quotidienne. Elle permet l'accès aux soins pour tous, dans des conditions optimales de prise en charge médicale, sans discrimination. La liberté du patient et le secret médical font partie des règles fondamentales d'éthique médicale. La plus récente branche de l'éthique médicale est la bioéthique. La bioéthique rassemble des préconisations et règles permettant de faire face aux problèmes moraux posés par des techniques récentes comme les greffes, l'aide à la procréation médicalement assistée, la génétique. L'IA apparaît aujourd'hui dans la révision de la loi bioéthique notamment sur le versant de la responsabilité des professionnels de la santé vis-à-vis de leur utilisation. [34]

Les algorithmes sont à ce jour réglementairement reconnus comme étant des dispositifs médicaux. Il est imposé aux « fabricants » d'algorithmes de se faire certifier par le marquage CE et de rédiger une déclaration de conformité UE. Au vu de ce marquage, c'est à la l'Agence Nationale de la Sécurité des Médicaments (ANSM) de contrôler la conformité des dispositifs.

Afin de consolider le peu de règles présentes aujourd'hui concernant l'IA notamment dans le domaine de la santé, voici quelques propositions de l'assemblée nationale dans la révision de la loi bioéthique :

- Proposition n° 41 : Maintenir le principe d'une responsabilité du médecin qui, en l'absence de défaut établi de l'algorithme, ne peut être engagée qu'en cas de faute de sa part.
- Proposition n° 42 : Préciser qu'une faute ne peut être établie du seul fait que le praticien n'aurait pas suivi les recommandations d'un algorithme, quand bien même celles-ci se révéleraient exactes.
- Proposition n° 43 : Introduire un principe législatif de garantie humaine du numérique en santé.
- Proposition n° 44 : Charger la Haute Autorité de Santé de rédiger des recommandations de bonnes pratiques pour la mise en œuvre concrète de ce principe de garantie humaine.
- Proposition n° 45 : Mettre en place un Collège de garantie humaine à l'échelle d'un établissement ou d'un territoire plus large.
- Proposition n° 46 : Définir un nouvel acte de télémedecine dit « de garantie humaine » permettant d'obtenir un deuxième avis médical en cas de doute sur les recommandations thérapeutiques de l'algorithme.
- Proposition n° 47 : Introduire dans la loi une exigence d'explicabilité des algorithmes, différenciée selon le public visé, qui porterait sur leur logique de fonctionnement et sur les critères retenus pour apprécier la pertinence des informations finales tirées des données utilisées.
- Proposition n° 48 : Développer la formation des professionnels de santé sur les apports de l'IA en santé et l'utilisation des données de santé générées au cours du parcours de soins.

- Proposition n° 49 : Instaurer des outils pratiques nouveaux ou réactualisés pour garantir l'effectivité du recueil du consentement d'un individu à l'utilisation de ses données de santé.
- Proposition n° 50 : Introduire une exigence d'information préalable du recours à un algorithme par le médecin au patient ou à son représentant légal.
- Proposition n° 51 : Établir des recommandations de bonnes pratiques pour adapter le recueil de consentement du patient aux actes et traitements proposés après intervention d'un algorithme.
- Proposition n° 52 : Créer à titre transitoire un comité d'éthique spécialisé sur le numérique en santé au sein du Comité Consultatif National d'Éthique (CCNE) puis, à terme, un nouvel organe de réflexion éthique sur l'intelligence artificielle.
- Proposition n° 53 : Promouvoir la création d'un observatoire européen de l'intelligence artificielle. **[35]**

Même si aujourd'hui, comme nous avons pu le voir, le cadre juridique et réglementaire de l'IA est encore quelque peu nébuleux. Celui-ci pose encore un certain nombre de questionnements notamment sur la responsabilité. Aujourd'hui, il n'existe que des propositions pour l'encadrer. Néanmoins, bon nombre d'inventions intégrant de l'IA ont été déployés aux quatre coins du monde et principalement aux Etats-Unis et en Chine.

f) Les expérimentations de l'intelligence artificielle dans le monde

L'IA s'est développée depuis 1980 jusqu'à nos jours dans le monde entier. Celle-ci se développe dans beaucoup de domaines et est déjà omniprésente dans notre quotidien. L'IA a déjà également dépassé les compétences de l'homme dans des secteurs précis. Ce sont les GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft) aux Etats-Unis et les BATX (Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi) en Chine qui se disputent le leadership de l'IA.



Figure 3 : Vers une Alliance EU de l'IA, Le lab RH, HubFranceIA, 2017 [36]

L'intérêt et les enjeux pour l'IA ont pour conséquence son développement de manière exponentielle. L'intérêt pour l'IA conduit une multiplication des levées de fonds entre 2010 et 2016. L'IA promet une rentabilité accrue des entreprises, avec une prévision globale de 38% en plus en 2035 et des impacts sur l'ensemble des secteurs qui se l'approprient. Entre 2010 et 2016, les financements pour l'IA sont passés de 0,6 à 1,8 milliards de dollars. Ces levées de fonds se répartissent de cette manière : 62% aux USA, 7% en Grande-Bretagne, 3% en Allemagne comme en France, 4% en Israël, 3% en Inde, 3 % au Canada. Les autres 15% se répartissent dans le reste du monde. [36]

Etant donné qu'historiquement, les recherches sur l'IA se sont d'abord développées aux Etats-Unis et plus précisément au milieu des années cinquante, il n'est pas surprenant que les Etats-Unis restent le pays leader de l'IA. C'est notamment grâce à Google qui est l'une des entreprises les plus influentes en matière d'IA. En effet, en 2011, l'entreprise lance Google Brain un projet sur le Deep Learning qui est aujourd'hui utilisé pour le système de reconnaissance vocale d'Android. En 2014, Google rachète la start-up DeepMind qui est spécialisée dans l'IA et qui est à l'origine du développement d'AlphaGo, ce programme reconnu pour avoir battu en 2017, le champion du monde de Go. [37]

Pour rester dans le thème des jeux, le monde des jeux vidéo a toujours utilisé de l'IA pour développer ces jeux vidéo, l'IA est présente notamment pour modéliser un certain nombre de personnages Non-Joueurs (PNJs). Comme le dit justement Julien VILLEDIEU, président du Syndicat national du Jeu-vidéo (SNJV) : *“l'IA fait partie de l'ADN des jeux vidéo et dont la conception est très gourmande en ressources humaines et graphiques”*. Cependant, ces dernières années, avec les évolutions de l'IA, les concepteurs de jeux vidéo ont eu recours à l'intelligence artificielle, qui s'est accrue, afin de s'adapter à la manière de jouer de chaque joueur, façonner des environnements toujours plus beaux mais également créer des “open-world”. Nous pouvons citer pour exemple la boîte *Rockstar* avec son jeu *Red Dead Redemption II* sorti en 2018.

Comme le dit d'ailleurs également le directeur du studio Ubisoft, Julien MAYEUX : *“Il serait tout simplement impossible de créer des open world aussi vastes et proposant autant de contenu avec des outils classiques. Nous travaillons beaucoup sur l'art procédural pour la création de nos mondes. On fixe des règles (telles que le budget, l'environnement, le type de route) pour proposer une trame et l'IA crée elle-même la route, les ponts, les tunnels, etc. L'humain n'intervient qu'ensuite pour peaufiner.”* [38]

C'est aussi le domaine de l'accessibilité et de l'ergonomie qui, lui aussi, a été « touché » par l'IA avec les assistants personnels virtuels qui permettent aux Hommes de dialoguer et de poser des questions à la machine, qui va répondre à leurs questions. Les assistants personnels virtuels les plus connus sont “Siri” d'*Apple*, Cortana de *Microsoft*, SVoice de *Samsung*, Google Now de *Google*. Ces inventions se basent sur des bases de données et des algorithmes de Deep Learning afin de répondre à des requêtes de tout ordre. Pour pouvoir répondre aux requêtes, l'assistant virtuel réceptionne les données brutes (textes, image, son) et les analyse grâce à un serveur à distance. En 2014, *Google* a également créé Inbox Gmail, qui permet de classer et trier les mails, de mettre en évidence ceux importants et masquer ceux l'étant moins ou tout simplement détecter les spam. En 2015, toujours avec Inbox Gmail, des réponses automatiques nous permettent de répondre aux mails reçus grâce à des propositions de réponse que la boîte mail nous fait.

Dans le domaine bancaire aussi, l'IA s'est développée. Les sociétés *IBM* et *Yseop* ont développé des outils d'IA expert en banque. Ces outils d'analyse de crédit permettent aux conseillers bancaires, après analyse du dossier client, de proposer l'offre la plus appropriée pour le client. Cela explique même aux conseillers, comment présenter l'offre, pourquoi l'offre est la plus adaptée pour le client et les risques que celui-ci peut encourir. Dans les

banques, il y a aussi les chat-bot qui permettent aux conseillers de passer l'étape de pré-qualification du client et le recueil de ses données. Le chat-bot peut répondre aux multiples questions des clients et permet donc aux conseillers de se focaliser sur des dossiers plus compliqués. [36]

Le marché des transports a également adopté l'IA. Notamment avec la voiture autonome, mais nous pouvons également citer les minibus autonomes *Navya* qui étaient en phase de test à Paris en 2017. Tous les progrès concernant la voiture autonome ces dernières années, résultent d'efforts ayant débutés en 2004 lors de défis lancés à la DARPA. En effet, au début des recherches, les véhicules ne roulaient qu'une dizaine de secondes de manière totalement autonome. C'est en 2016 que *Tesla* a démontré que ses voitures autonomes pouvaient faire un trajet complet de manière automatique. Cependant, les rues empruntées lors de l'expérimentation avaient un trafic moindre et aucun piéton n'était présent.

Entre 2015 et 2016 plusieurs expériences de conduites autonomes ont été réalisées en Europe notamment avec des camions. En effet, *Volvo* a fait parcourir à une série de camion des milliers de kilomètres sur des voies rapides traversant plusieurs pays. Néanmoins, des progrès restent à faire afin de pouvoir qualifier une voiture de véhicule totalement autonome mais il y a déjà de nombreuses fonctions qui utilisent l'IA et qui sont intégrées dans certaines voitures existant à ce jour. Nous pouvons citer ces quelques exemples : Le parking automatique qui aide à réaliser des créneaux difficiles à réaliser, le maintien dans sa file qui permet au conducteur sur l'autoroute de ne pas dévier de la voie sur laquelle il se trouve.

La médecine, est l'un des marchés vertical le plus attirant pour les startups de l'intelligence artificielle. Dans le monde de la santé, l'IA est utilisée dans la génomique et dans l'aide au diagnostic principalement. Mais il existe également la médecine prédictive pouvant aider les divers médecins à prédire une maladie et son évolution, la médecine de précision qui recommande aux professionnels un traitement personnalisé selon le patient, les robots compagnons notamment pour les personnes âgées ou fragiles mais aussi la chirurgie assistée par ordinateur. [39]

Par exemple, la société *IBM* avec l'IA *Watson*, travaille sur l'amélioration des diagnostics en médecine depuis maintenant plusieurs années. *Watson* analyse la totalité des informations d'un patient puis travaille en collaboration avec un médecin pour déterminer au mieux le traitement à prescrire au patient.

Pour illustrer les innovations de l'IA dans le domaine de la santé, nous pouvons également évoquer les prothèses intelligentes. Par exemple, celle développée par la DARPA. Cette

prothèse est une main transmettant différentes sensations de pression par des voies neuronales dans la moelle épinière. Cette main aurait été testée sur un homme qui a été paralysé pendant plus de dix ans suite à une lésion de la moelle épinière. Après avoir connecté la prothèse au cerveau de cet homme, les scientifiques du laboratoire de physique appliquée de l'université Johns HOSPKINS (Etats-Unis - Baltimore) ont réalisé différents tests qui ont démontré que le sujet avait bel et bien retrouvé le sens du toucher. [40]

Les entreprises et start-ups qui travaillent sur des solutions d'IA sont pour la majorité basées en Silicon Valley. En effet on y trouve plus de 7000 entreprises et start-ups travaillant dans le domaine des hautes technologies.

La Chine demeure le premier concurrent des Etats-Unis en matière d'IA et elle souhaite devenir le leader mondial dans ce domaine d'ici 2030. Celle-ci travaille néanmoins davantage sur l'éducation et la formation de sa population en tentant de limiter le départ des chercheurs et ingénieurs chinois vers les Etats-Unis.

Cependant, la Chine est devenue en 2017 le premier investisseur mondial dans les start-ups travaillant sur l'IA et se développe localement avec l'entreprise *Baidu* qui est considéré comme étant le "Google chinois". Cette entreprise a inventé le DuerOS, un assistant vocal tel qu'Alexa de Amazon. Le Bbike, un vélo intelligent doté d'un GPS intégré et d'un antivol qui permet de le retrouver via un système de géolocalisation. Le Bbike évalue également les calories brûlées, la fréquence de pédalage ainsi que la distance parcourue. Mieux encore, avec les récurrents scandales d'intoxications alimentaires en Chine sont apparus les Baidu Kuaisou. Ce sont des baguettes chinoises intelligentes permettant grâce à une application sur le smartphone de pouvoir connaître la température, la fraîcheur, le pH ainsi que la valeur calorifique de chaque aliment entre ces baguettes. [41]

Nous pouvons également citer l'entreprise *Alibaba* qui est le géant chinois du e-commerce. *Alibaba* a, en 2018, développé une IA capable de battre le meilleur score jamais obtenu par un humain lors d'un test de lecture appelé le Stanford Question Answering Dataset (SQuAD) . Ce test consiste, à partir d'une lecture de 500 articles Wikipédia, de poser 100 000 questions.

Dans le reste du monde, nous pouvons citer Montréal qui se développe dans le domaine de l'IA grâce à des initiatives privées, des investissements publics ainsi qu'un enseignement universitaire accompli. Nous pouvons également citer l'Israël avec l'entreprise *Orcam*, qui a conçu des lunettes pour malvoyants, capable de reconnaître des visages et des objets au quotidien grâce à une caméra et de également pouvoir lire. Enfin,

le Japon, expert dans le domaine de la robotique avec des machines qui sont présentes dans leur quotidien.

g) Les expérimentations de l'intelligence artificielle en France

En Europe l'émergence de l'IA se fait lentement. Très peu d'entreprises ont pour vocation de se spécialiser dans ce domaine. De plus, beaucoup d'ingénieurs et de chercheurs du domaine partent aux Etats-Unis, comme a pu le faire *Yann LECUN*, l'un des pères fondateurs français du Deep Learning qui a commencé à travailler chez Facebook en 2013. Il y a quelque part, une fuite des cerveaux Européens et français vers les Etats-Unis.

Nonobstant, l'Europe souhaite reprendre la course à l'intelligence artificielle : le 10 avril 2018, vingt-quatre états membres de l'Union Européenne ainsi que la Norvège ont signé une déclaration dans laquelle ils s'engagent à s'entraider et coopérer dans le domaine de l'IA. [37]

En France, Emmanuel MACRON a présenté ce jeudi 29 mars 2018 au Collège de France les détails de la stratégie du gouvernement en matière d'IA. Le président Français parle de conforter, en France et en Europe l'écosystème de l'IA. Il souhaite également engager une politique d'ouverture des données afin de faire émerger les champions de l'IA, articuler une réflexion et des règles et une compréhension commune par rapport à l'IA, insuffler une stratégie publique française et européenne, à la fois de financement et de projet afin d'entrer dans la compétition internationale.

Pour ce faire, il souhaite qu'un programme national pour l'IA coordonné par l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), en lien avec les autres organismes de recherche partenaires et les universités liées se mettent en place. Le but étant de créer un hub de recherche d'excellence et au niveau mondial en IA pour attirer, tout comme la Silicon Valley, des talents mondiaux en matière d'IA.

Le président de la république française cherche aussi ouvrir les données publiques et celle financées sur fonds publics, c'est-à-dire les données de santé, les données concernant le transports, les recherches financées par l'Etat mais également les données agricoles, bancaires, des cartographies dans le but de nourrir une Machine Learning à des fins d'intérêt général tout en respectant un cadre européen de protection des données personnelles, avec une réglementation très précise et préservant l'anonymat.

La santé et les transports avec l'invention de la voiture autonome sont les deux marchés prioritaires du président français. L'Etat français souhaite créer un hub de données de santé qui serait géré par l'Institut Des Données de Santé (INDS). Le but de ce hub serait de mieux prédire les maladies et sensibiliser la population aux maladies. Pour y parvenir, un plan d'1.5 milliard d'euros a été dédié à l'IA. Le gouvernement souhaite créer un laboratoire pour anticiper les mutations dans le monde du travail. En effet, avec l'intelligence artificielle, des métiers ne disparaîtront peut-être pas mais ils se transformeront pour la plupart. Pour conclure sur la stratégie de Monsieur MACRON, l'IA se doit d'être éthique et démocratique. C'est-à-dire que les algorithmes utilisés par l'Etat doivent être publiés et consultables. [42]

Même si en France, les entreprises travaillant sur des solutions d'IA sont peu nombreuses, quelques entreprises s'y sont tout de même intéressées. Par exemple, *Cardiologs* a créé une solution web de lecture d'électrocardiogramme (ECG) : en récupérant un signal ECG et en le poussant sur la plateforme *Cardiologs*, d'obtenir un rapport personnalisé en temps réel. Cette start-up travaille notamment avec *Bioserenity*, qui conçoit des vêtements connectés permettant notamment de surveiller des personnes épileptiques avec plus d'efficacité. Ou encore l'entreprise *Therapixels* qui développe un programme généraliste, il s'agit d'un outil de lecture automatique d'image de radiologie basée sur une IA. Cette dernière est associée à un cloud permettant l'accès à des millions d'images qui contribuent à renforcer les connaissances de l'IA.

ICAD, entreprise française et leader mondial de la technologie médicale, a créé le logiciel ProFound AI pour la mammographie 2D et le logiciel ProFound AI pour la tomosynthèse (mammographie 3D). Ces logiciels ont été conçus pour analyser chaque image et fournir aux radiologues des informations clés. L'algorithme attribue un score à chaque détection de lésion et à chaque cas dans sa totalité ; ces scores représentent la certitude de l'algorithme qu'une lésion ou un cas est malin. Ces informations servent de guide aux radiologues dans la prise de décision clinique. [43]

L'IA est vouée à aider les équipes médicales à prendre en charge les cancers du sein. En effet, un projet nommé "Desiree" porté par des équipes du laboratoire d'informatique médicale et d'ingénierie des connaissances en e-santé et de l'assistance publique ainsi que des hôpitaux de Paris travaillent sur l'approche symbolique de l'IA afin d'aider les cliniciens dans le traitement et le suivi des patientes atteintes du cancer du sein. [33]

En radiologie également il est possible de détecter un cancer du sein grâce à l'aide de l'IA. En effet, les systèmes sont capables d'analyser et de comparer un grand nombre

d'informations (comptes rendus passés, images) très rapidement pouvant ainsi proposer des solutions et des diagnostics que les médecins n'auraient pas pu traiter par manque de temps, de mémoire ou de fatigue.

Nous avons vu les différentes expérimentations de l'IA dans le monde et en France. Nous pouvons voir que selon le pays sur lequel nous résidons, les solutions d'intelligence artificielle n'ont pas nécessairement les mêmes finalités car chaque pays n'a pas les mêmes priorités.

2. L'application de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé en France

L'application de l'IA dans le domaine de la santé offre une perspective essentielle d'amélioration continue des pratiques et de la productivité dans ce domaine. Cette innovation tend tout de même à un seul et unique objectif qui est de prendre en charge les malades et donc combattre la maladie. Les applications de l'IA en médecine sont nombreuses : du suivi à la recherche, en passant par le traitement, le diagnostic et la prévention, aide au diagnostic, le suivi connecté des patients etc. Objectivement, nous savons que l'IA modifiera les pratiques des professionnels travaillant à l'hôpital et plus particulièrement le secteur de l'imagerie mais nous le verrons plus loin. Pour visualiser le panel d'applications qui sont, pour certaines, intégrées dans le domaine de la santé, voici un panorama conçu par l'institut Montaigne :

PANORAMA DES DOMAINES D'APPLICATION DE L'IA EN SANTÉ

Reconnaissance automatique de la parole : la parole humaine est directement retranscrite et transformée pour être utilisée sur les applications informatiques.	L'IA peut prendre en note ce que dit un patient ou un médecin et remplir automatiquement une fiche médicale pour une prise en charge particulière (profil du patient, antécédents familiaux, traitements, etc.).
Génération automatique de texte : un texte est produit à partir de l'analyse de données informatiques, ce qui permet d'écrire des mises à jour en temps réel.	L'IA peut mettre à jour de façon autonome le dossier médical du patient, à partir d'analyses biologiques par exemple. Mis à jour automatiquement, le dossier permet un suivi du patient en temps réel, lors de sa prise en charge à l'hôpital.
Agents virtuels ou « Chatbots » : ce sont des logiciels informatiques capables de communiquer avec les humains.	L'IA peut mener seule un interrogatoire avec un patient, dans le cadre d'une consultation chez le généraliste, par exemple. Cet outil a été mis en place à Londres par le <i>National Health Services</i> .
Aide à la décision : c'est un ensemble de techniques informatiques ou d'IA destinées à faciliter la prise de décision.	L'IA, grâce aux logiciels de type « LAP », Logiciels d'Aide à la Prescription, permet non seulement de rassembler et de partager, sur un mode passif, les prescriptions, mais également d'aider le médecin à les formuler. Ceci permet de croiser les paramètres spécifiques au patient et les caractéristiques des traitements suivis pour détecter les erreurs de posologie, les interactions médicamenteuses néfastes, etc.
Apprentissage profond : cette technologie d'apprentissage automatique se nourrit d'une base de données considérable et est composée de tissus neuronaux artificiels.	L'IA est capable d'intervenir directement dans l'interprétation et la lecture d'images. Elle détecte des pathologies à partir de radios de patients. Par exemple, dans le cadre du dépistage du cancer du sein, elle peut reconnaître seule des cellules cancéreuses.
Reconnaissance biométrique : cette technologie facilite les interactions entre l'homme et la machine grâce à l'intégration de l'image, de la parole ou du langage corporel.	La technologie biométrique permet de faciliter l'accès aux dossiers de santé électroniques tout en garantissant une plus grande protection des données, sur la base notamment d'une empreinte digitale. La biométrie peut ainsi aider à identifier correctement les patients et protéger les données sensibles.

www.institutmontaigne.org

Figure 4 : Panorama des domaines d'application de l'IA en santé [44]

Les systèmes d'IA sont destinés à soutenir et assister les professionnels de la santé dans l'exercice de leurs fonctions et notamment dans la réalisation des tâches qui dépendent de la manipulation de données et de connaissances. Typiquement, la reconnaissance automatique de la parole plus communément appelée « la reconnaissance vocale », a fait ses preuves auprès des médecins. La plupart des médecins utilisent la reconnaissance vocale quotidiennement afin de réaliser leurs comptes rendus d'examens plus rapidement de manière à ce que le patient puisse sortir de son examen avec son compte-rendu.

Cependant, les réactions des différents professionnels du monde de la santé sont mitigés face à cette innovation dû au tam-tam médiatique qui annonce par le biais de divers articles que l'IA pourrait à terme les remplacer. Les compétences humaines pourraient être disqualifiées si celles-ci sont jugées inutiles. Selon une étude de PWC Analysis publiée dans Challenges, le domaine de la santé ne figure pas dans le top trois des emplois en risque dû à l'IA :

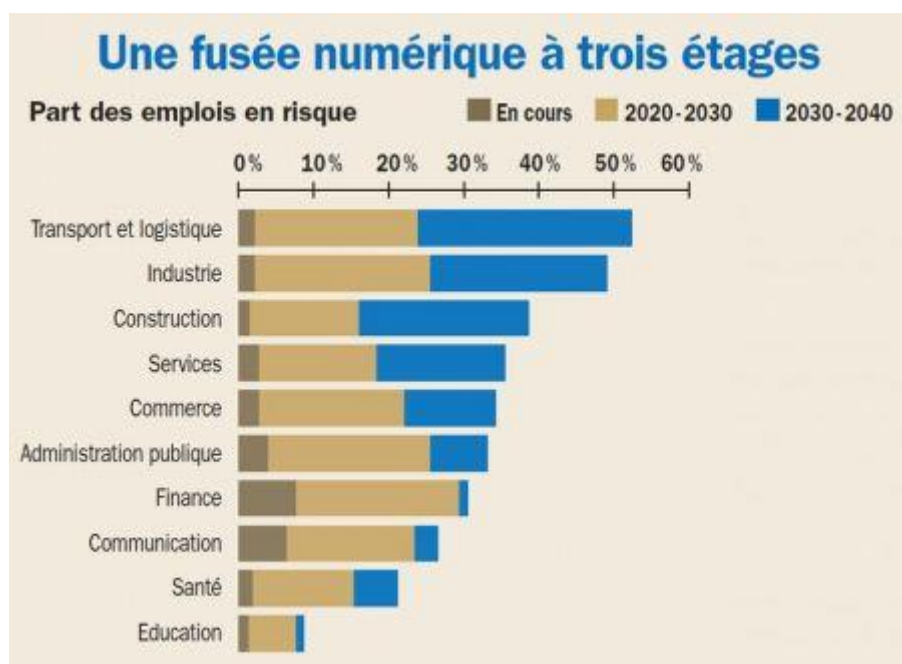


Figure 5 : Représentation de la part des emplois en risque [45]

Nous avons donc vu qu'en fonction de la zone géographique dans laquelle l'IA est utilisée, il y a diverses solutions d'IA développées. La France souhaite implanter des solutions d'IA dans le domaine de la santé et plus particulièrement dans les hôpitaux notamment car elle dispose d'une précieuse masse d'informations centralisée par les données de santé.

a) Pourquoi et comment intégrer l'intelligence artificielle au sein des hôpitaux ?

L'intégration de l'IA au sein de l'hôpital en France est très présente ces dernières années même si la France reste en retard dans le domaine de l'intelligence artificielle selon Cédric VILLANI, mathématicien et homme politique missionné par le gouvernement français pour rédiger un rapport nommé « Donner un sens à l'intelligence artificielle ». Monsieur Villani préconise de concentrer ses efforts dans des secteurs variés dont celui de la santé : pourquoi et comment l'IA se développe dans les hôpitaux ?

Comme dit précédemment, tous les moyens mis en œuvre à l'hôpital ont pour objectif de combattre la mort et les maladies des patients pris en charge dans ces établissements. Que ce soit la détection précoce du risque cardiovasculaire, la détection de cancers en imagerie ou encore une aide pour les prescriptions pharmaceutique, l'intégration de l'IA reste complexe et incertaine. En effet, l'utilisation d'applications d'IA, de machines et d'ordinateurs dans le but de sauver des vies peut être dangereuse si celle-ci est mal maîtrisée. Comme le rapport Villani fait le constat que la France est en retard au niveau de l'intelligence artificielle, bons nombres de moyens sont cités afin de faire évoluer la France dans la course à l'intelligence artificielle. La médecine n'est pas là pour gagner cette course à la technologie mais elle ouvre la voie vers de nouveaux débats éthiques et juridiques essentiels.

Pourquoi intégrer l'IA à l'hôpital ? Le gouvernement français a pris conscience de l'urgence de s'appuyer sur l'IA pour réformer le système de santé. Comme l'a rappelé récemment le ministère de la Santé dans son programme "Ma santé 2022", le numérique est l'un des cinq chantiers prioritaires pour engager une transformation profonde du système de santé français. De plus, le domaine de la santé figure dans les 5 secteurs clés du rapport de C. Villani pour faire rentrer l'Hexagone dans la révolution de l'IA. Pour information, les 4 autres secteurs sont : l'éducation, l'agriculture, les transports ainsi que la sécurité.

L'IA viendrait donc en appui au travail du corps médical et à ce que l'on pourrait appeler "l'expérience patient", dans une optique de suivi amélioré, à l'intérieur comme à l'extérieur de ces centres de soins. L'IA permettrait aux citoyens de disposer d'outils leur permettant de mieux gérer leur santé et suivre leur traitement. Au-delà d'aider les patients, certaines applications de l'IA aideraient également les professionnels du domaine en leur offrant la possibilité d'être mieux informés sur la situation de l'ensemble de leurs patients. [46]

L'IA pourrait également être utilisée pour lutter contre les déserts médicaux ainsi que la fermeture de plateaux techniques (blocs opératoires, réanimation, imagerie, endoscopie). En effet, la France compte, en 2018, plus de 11 000 villes classées comme des territoires

marqués par une pénurie médicale. [44]. Les applications de l'IA tels que le chatbot d'assistance que le CHU de Nantes et l'AP-HP souhaitent mettre en place, permettrait de converser avant et après une hospitalisation en ambulatoire avec le patient hospitalisé. En cas de réponse incohérente, les équipes soignantes recevront une alerte pour leur indiquer qu'il faut appeler le patient. Ceci a été expérimenté à l'hôpital Saint-Antoine de Paris et le retour est plutôt probant. En effet, en correspondant avec les patients en amont et en aval de l'opération, les patients respectent davantage les consignes préopératoires. [47]. Nous pouvons imaginer que ce chatbot permettrait de prendre en charge plus rapidement et avoir un meilleur suivi à domicile des patients vivant dans ces déserts médicaux.

Les hôpitaux disposent de gigantesques bases de données. En effet, pour l'année 2018 l'Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation (ATIH) recense 3295 établissements de santé accueillant 12,8 millions de patients toutes hospitalisations confondues (Médecine Chirurgie Obstétrique, Soins de Suite et de Réadaptation, Hospitalisation à Domicile, Psychiatrie) [48]. Ces millions de données patients pourraient servir à alimenter le Health Data Hub créé le premier trimestre 2019. Le Health Data Hub a pour objectif de favoriser l'utilisation et de multiplier les possibilités d'exploitation des données de santé, notamment pour la recherche, l'appui au personnel de santé, le pilotage du système de santé ainsi que le suivi des informations à fournir aux patients. Il permettra donc le développement de nouvelles techniques, notamment celles liées à l'IA. La création de ce Hub est prévue dans le projet de loi relatif à l'organisation et à la transformation du système de santé sous forme d'un groupement d'intérêt public qui reprendra les missions actuelles de l'Institut national des données de santé, tout en les élargissant. [49]

Mais comment intégrer l'IA dans les hôpitaux ? Le développement de l'IA à l'hôpital commence par l'acceptation des professionnels de santé. Il est donc nécessaire de les sensibiliser et de faire en sorte qu'ils s'approprient les nouveaux outils qui arriveront sur leur lieu de travail par le biais de formation destinées à l'utilisation des solutions de l'IA, des objets connectés et du BIG DATA en santé. [50]

L'IA doit être mise en place et intégrée dans les hôpitaux de manière pluridisciplinaire. Il est évident que la direction du système d'information est un acteur incontournable pour ce genre de projet. Il est également nécessaire de désigner un porteur de projet qui fait partie de l'équipe médicale et qui pourra initier la conduite du changement auprès de ses collègues en parlant davantage d'usages et de bénéfices plutôt que de technologies pures et dures qui pourraient effrayer l'équipe médicale. [51]

Autre acteur incontournable : la start-up ou l'entreprise développant les algorithmes d'IA avec laquelle l'hôpital effectuera un travail de longue haleine. Il se trouve que beaucoup d'entreprises et start-ups travaillant sur des solutions d'intelligence artificielle existent. L'intégration de l'IA dans les hôpitaux se fait petit à petit. Elle se développe en fonction de leurs besoins et comme vu précédemment, les applications de L'IA en santé sont diverses et sont capables d'apporter des solutions aux problèmes que peuvent rencontrer les praticiens des hôpitaux. *CB Insights*, entreprise américaine dans le domaine de la recherche a identifié plus de 106 start-ups utilisant l'IA et le Deep Learning pour réduire les temps de découverte de médicaments, fournir une assistance virtuelle aux patients ou diagnostiquer des maladies en traitant des images médicales etc.

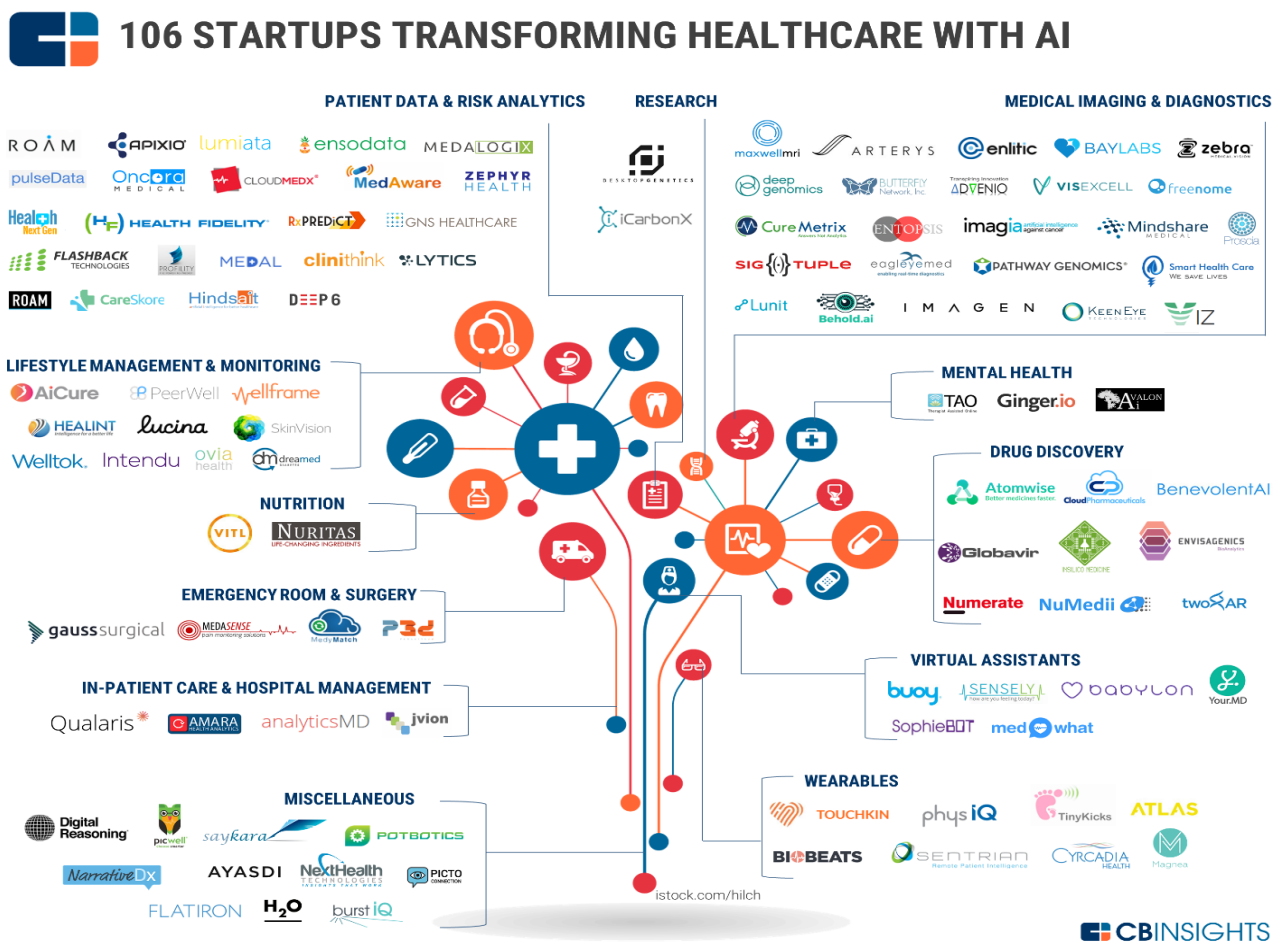


Figure 6 : 106 start-ups transforming healthcare with AI [52]

Le premier hôpital de France à avoir fait le pas dans cette boîte noire qu'est l'IA, est l'hôpital de Valenciennes. D'une capacité de 2000 lits/places et employant 5200 professionnels toute professions confondues, il a commencé à développer l'IA dans le

service d'imagerie fonctionnelle à partir de septembre 2018. Dr. CASTELLS, chef de pôle d'imagerie qui inclut également la médecine nucléaire et la neurophysiologie, et qui est également le porteur de ce projet d'IA, fait ce constat : Dans le territoire du Valenciennois, malgré une surconsommation de soins et du fait d'un fort taux de précarité, le taux de surmortalité est supérieur à 30% comparé à la moyenne nationale. Grâce à l'IA et aux nouvelles technologies, la société entre dans une nouvelle ère et ces technologies représentent une solution potentielle pour améliorer l'accès à des prises en charge médicale de qualité pour l'ensemble de la population, à condition que ces technologies soient utilisées avec créativité, méthode et humanité. Ainsi, le centre hospitalier de Valenciennes dispose aujourd'hui d'une plateforme d'IA se développant et qui est unique en France. Celle-ci propose un modèle à la fois innovant et réaliste pour repenser les parcours de soins des patients où qu'ils se trouvent sur le territoire. L'hôpital de Valenciennes dispose aujourd'hui de solution d'aide au diagnostic sur un large panel de spécialités en imagerie. Que ce soit, la cardiologie, la pneumologie, la prostate, le foie, les troubles musculo-squelettique, le sein, les solutions d'IA permettent aux praticiens de disposer d'une aide au diagnostic de cancer, de repérage de zones à risque pouvant présenter des anomalies sur une image.

L'imagerie médicale numérique s'est développée de façon progressive. Beaucoup de nouvelles techniques d'imagerie se sont développées (IRM, scanner, tomographie à rayon X etc) et ont révolutionné l'imagerie médicale.

L'imagerie est donc l'un des éléments-clés d'une démarche médicale dans laquelle le médecin cherche à réunir sous une forme virtuelle toutes les données pertinentes pour comprendre la pathologie dont souffre le patient, et choisir la ou les approche(s) thérapeutique les/la plus adaptée(s) (médicaments, chirurgie, radiothérapie) C'est dans le service d'imagerie que l'IA se développe le plus dans les hôpitaux car le pôle d'imagerie joue un rôle primordial dans ces établissements. En effet, chaque patient entrant à l'hôpital passe généralement par le service d'imagerie. [53]

Même si à première vue l'IA a vocation à aider les professionnels du terrain à être plus performants et plus attentifs aux patients dans le domaine de l'imagerie, des impacts sur les qualifications des professionnels sont à prévoir. Pour parler plus largement, l'IA ayant un coût, il se pourrait que certaines structures ne puissent pas se permettre de s'offrir cette assistance. Si seuls les grands hôpitaux détenaient cet outil d'IA, cela pourrait creuser les inégalités d'accès aux soins.

Il y a bien évidemment des questions de responsabilités juridiques qui se posent et qui deviennent un risque pour les futurs utilisateurs de l'IA car la machine n'est juridiquement

pas responsable de ses actes. L'IA pourrait porter atteinte à la vie privée ou violer le secret professionnel lors de l'exploitation des données d'un patient. L'automatisation des tâches risque de poser un problème organisationnel dans les équipes soignantes car les praticiens perdront sans doute leurs repères au début de l'implantation de l'IA sur leur machine, ils prendront sans doute plus de temps pour réaliser leurs tâches habituelles même s'ils ont reçu une formation.

Mais quels sont les incidences de l'IA sur les pratiques des professionnels dans le secteur de l'imagerie ?

b) Quels impacts et perspectives sur les qualifications et les pratiques des praticiens en imagerie?

Les praticiens de l'imagerie sont les radiologues, ils sont assistés par des manipulateurs radio et toutes les fonctions environnant l'imagerie tels que les cadres, les agents d'accueil administratifs, les aides-soignantes, les infirmières, les agents de service hospitalier.

En matière d'intelligence artificielle, il y a deux types de radiologues : le premier type de radiologue tend à dire qu'il est devenu primordial de trouver une nouvelle solution pour soulager la charge de travail qui leur incombe car ils n'arrivent plus à répondre à l'ensemble des patients et des cliniciens. L'autre type pense tout simplement que cela va les remplacer. Et c'est ce dont, médiatiquement, on entend le plus parler. Cependant, le conseil national de l'ordre des médecins a publié un livre blanc et 33 recommandations afin de favoriser une société numérique au service des soignants et des patients. Dans ce livre, les médecins explorent les impacts actuels et futurs des nouvelles technologies dans l'exercice de leur métier, pour la formation initiale et continue des médecins, pour la recherche médicale mais aussi pour la place des patients dans le système de santé. Ce livre rappelle que " la médecine comportera toujours une part essentielle de relations humaines, quelle que soit la spécialité, et ne pourra jamais s'en remettre aveuglément à des "décisions" prises par des algorithmes dénués de nuances, de compassion et d'empathie. Néanmoins, algorithme et IA seront nos alliés, comme un apport essentiel pour l'aide à la décision et à la stratégie thérapeutique".[54]

Il faut s'interroger sur les pratiques professionnelles et probablement sur la mutation des métiers en imagerie voire sur l'intégration de nouveaux métiers car l'IA a et aura un impact

sur les professionnels du terrain. C'est bel et bien du fait des capacités dans le secteur de l'imagerie et de la sémantique que c'est avant tout dans celui-ci que l'IA se développe dans un premier temps. Dans ce contexte, les enjeux majeurs de l'IA en imagerie et notamment en radiologie portent sur l'amélioration de la sécurité et de la qualité des soins (radiologie personnalisée et radiologie participative), l'optimisation du workflow (et donc de l'offre de soin en imagerie) et le développement de l'imagerie dans le domaine du dépistage et de la santé publique (radiologie prédictive et radiologie préventive).

Nous parlons bien d'une aide et d'une assistance aux radiologues car ceux-ci seront toujours bien garants du choix de l'examen, de sa pertinence et des conditions de réalisation. Le radiologue corrigera toujours les erreurs de diagnostic et il sera toujours responsable de ses actes. *«La reconnaissance automatique d'images aide l'œil du praticien à détecter les problèmes, comme l'a fait le microscope à son époque. C'est l'ère du médecin augmenté»*, explique Julien MALDONATO, spécialiste en innovation au cabinet Deloitte.

[55]

Néanmoins, même si des études claires sur les impacts que peuvent avoir l'IA sur les compétences et les pratiques quotidiennes des radiologues ne sont pas encore réalisées, nous savons que la principale conséquence de l'IA sur eux sera surtout un gain de temps. Pour donner un exemple : sur 400 coupes, seules 10 présentent des images suspectes. Les radiologues passent un temps considérable à faire le tri dans toutes ces images. Avec l'IA, ce tri pourrait se faire automatiquement dès les salles d'examen ce qui libérerait le temps nécessaire aux radiologues pour se pencher sur les images suspectes qui demandent plus de temps d'analyse. De plus, grâce à ce temps dégagé, les radiologues pourraient davantage dialoguer avec les patients. En effet, si l'IA parvenait à affiner et délimiter les bords d'une tumeur, le radiologue pourrait orienter plus facilement le patient vers un traitement adapté et vers le service adéquat en un temps record.

Toutefois, tout ceci demandera aux radiologues déjà en poste de réaliser des formations afin de comprendre tous les nouveaux outils de l'IA et comment les utiliser, ces formations représentent une première étape dans les perspectives du métier du radiologue.

Pour les futurs radiologues, les études en cours pourront les aider sur leur lieu de formation, par exemple : *DXplain* est un système d'aide à la décision clinique. Il est utilisé pour aider dans le processus de diagnostic, en prenant un ensemble de résultats cliniques, y compris les signes, les symptômes, les données de laboratoire et ensuite produit une liste

de diagnostics classés. Il fournit une justification pour chacun des diagnostics différentiels et suggère d'autres investigations. Le système contient une base de données de probabilités grossières pour plus de 4 500 manifestations cliniques associées à plus de 2 000 maladies différentes tout en donnant les signes et les symptômes de chaque maladie. Ce logiciel pourrait être couramment utilisé dans quelques hôpitaux et écoles de médecine. Il est utilisé pour l'enseignement clinique et consultable lors de consultations cliniques. [56]

Dès la formation, les futurs manipulateurs radio et radiologues n'apprendront sans doute plus les mêmes choses que les manipulateurs radio et radiologues d'il y a quelques années. Si l'IA permet d'automatiser la lecture des images notamment en imagerie conventionnelle (radiologie : examens osseux, du thorax et de l'abdomen), les examens pourraient à terme, être effectués par les manipulateurs radio. Dans ce cas, pour cette typologie de métier, l'acquisition de compétences supplémentaires et de responsabilités seraient initiées grâce à l'IA. Le manipulateur radio n'est pas impacté à ce jour par l'intelligence artificielle. Mais celui-ci pourrait avoir une mission transversale en partenariat avec les éditeurs de solution d'IA. Les manipulateurs pourraient apporter leur expériences, expertises de terrain permettant d'améliorer les outils et les pratiques de l'IA.

Pour les radiologues, l'IA fera gagner du temps sur leurs tâches redondantes quotidiennes pour lesquelles ils sont surqualifiés. L'automatisation de ces tâches leur permettra de se concentrer sur la recherche ou d'autres tâches annexes qu'ils n'ont plus le temps de faire aujourd'hui et donc d'optimiser leurs compétences en tant que praticiens. D'autant plus qu'ils se formeront à l'utilisation d'une machine fonctionnant avec de l'IA.

Toutefois, certains risques en utilisant l'IA sont redoutés. Tout d'abord, le véritable risque, selon le Dr. Paul CHANG, radiologue renommé de Chicago qui a initié le séminaire « IA, rêve ou cauchemar du radiologue ? », c'est que les radiologues ne puissent plus fournir notamment aux cliniciens et aux patients, des prestations dignes de ce nom car ils n'ont plus le temps. Toujours selon lui, il faut oublier l'IA, il faut penser simplement qu'en elle réside une solution pouvant aider les radiologues au quotidien. En effet, l'IA a une connotation inquiétante. Finalement, elle n'est que « *une science des données s'apparentant aux statistiques selon laquelle l'informatique est exploitée pour traiter et extraire des information et des connaissances utiles à partir de données* ». Il faut voir en cette innovation numérique, une aubaine plutôt qu'une menace pour les radiologues. Nonobstant, celle-ci doit-être

utilisée correctement. Car l'IA ne constitue pas une réelle menace tant que les constructeurs des algorithmes ne la développent pas à mauvaise escient. [57]

Le risque pour la patientèle pourrait être de ne plus avoir confiance en son médecin si celui-ci utilisait de l'IA aveuglément. De plus, les patients sont aujourd'hui acteur de leur santé notamment via des sites d'informations médicales de qualité très variables. Ces sites ou objets connectés de la santé pourraient faire penser aux patients qu'ils ont un accès au savoir médical automatisé et que l'intervention du praticien n'a plus lieu d'être.

L'IA n'est à ce jour pas encore utilisée au quotidien dans les services d'imagerie à l'hôpital, nous ne pouvons donc que supputer en projetant des idées, scénarios de ce que l'IA aura comme effet sur les métiers d'un service d'imagerie à l'hôpital. Tant sur les impacts que sur la gestion des risques, l'utilisation de l'IA dans le secteur de l'imagerie reste à évaluer.

III. La mise en place de l'intelligence artificielle dans le secteur de l'imagerie au Centre Hospitalier de Valenciennes

1. Centre Hospitalier de Valenciennes

Comme vu précédemment, le Centre hospitalier de Valenciennes (CHV) est le premier établissement de santé à déployer l'IA en son sein. En effet, le secteur de l'imagerie de l'hôpital met en place depuis une petite année l'IA. Cet établissement est novateur et l'innovation est une des priorités du projet d'établissement. C'est pourquoi, l'IA s'y développe mais est-ce une envie des professionnels ou une obligation de la part de la direction ?

a) Envie ou obligation ?

L'ordonnance de mai 2005 prévoyant la simplification du régime juridique des établissements de santé, a mis un certain nombre de réformes en place comme la nouvelle gouvernance via les « pôles d'activités ». A Valenciennes, la gouvernance est dite polaire. C'est-à-dire que les pôles gèrent comme ils entendent leur activités et que les décisions sont prises par les trinômes de pôles et surtout le chef de pôle.

Concernant les projets tel que le déploiement de l'IA à Valenciennes et plus particulièrement dans le secteur de l'imagerie, les pôles sont libres de mettre en place des projets pour

optimiser leurs activités. Cependant, la direction générale est en droit de refuser la réalisation des projets s'ils estiment que les pôles doivent avoir d'autres préoccupations ou qui ne sont pas assez mûrs sur la réalisation de ceux-ci. Pour ce faire, il existe une première instance qui s'appelle la cellule stratégique. C'est une première étape durant laquelle les membres de celle-ci donnent des conseils au porteur de projet en vue de passer à une deuxième instance : la commission supérieure de pôle. Cette commission se regroupe à certaines périodes de l'année pour recevoir les équipes des pôles souhaitant présenter un projet dans le but d'avoir le feu vert de la direction pour sa mise en œuvre.

Chef de pôle du secteur d'imagerie de Valenciennes, Monsieur Bernard CASTELLS a décidé d'implanter l'IA sur les consoles d'imagerie de son pôle afin d'atteindre les objectifs suivants : dans un premier temps, il pense que l'IA pourrait augmenter la qualité des soins, c'est-à-dire ici, de réduire la non qualité du diagnostic du radiologue à certain moment de la journée par exemple. En effet, l'IA aiderait le radiologue à réaliser un diagnostic par rapport à une image prise par une machine d'imagerie. Dans un second temps, l'IA, conçue pour réaliser des pré-diagnosics avec une marge d'erreur inférieure à 0.001%, permettrait aux radiologues de faire moins d'erreur de diagnostic. Pour finir, cette innovation consentirait aux radiologues de consacrer davantage de temps sur les diagnostics complexes car l'IA dispenserait une aide à la prise de décision pour l'interprétation d'images ainsi que la réalisation de comptes rendus de fin d'examen. En somme, les radiologues pourraient prendre en charge davantage de patients. Ceci aiderait le pôle à être plus efficient et plus productif.

L'IA à Valenciennes se développe donc dans le pôle d'imagerie, celui-ci comporte plusieurs services notamment celui de neuroradiologie et radiologie ostéo-articulaire, de pédiatrie gynéco et thorax, d'urologie-digestive et vasculaire, de médecine nucléaire, de coronarographie, de neurophysiologie clinique, d'unités médicotechnique de radiologie ainsi que l'unité de sommeil. La solution d'IA dans ce pôle se développe pour l'imagerie sur différentes spécialités tels que : le cardiaque , le foie, les poumons, la mammographie, le thorax, la prostate, les ganglions lymphatiques et les troubles musculo-squelettiques.

Un recueil des avis des praticiens hospitaliers s'est donc fait auprès des praticiens du service de l'imagerie de l'hôpital de Valenciennes.

b) Avis des professionnels impactés par le déploiement de l'intelligence artificielle dans le secteur de l'imagerie

Les praticiens hospitaliers du service dans lequel l'IA se déploie sont au nombre de 28, sans compter les assistants spécialistes associés ne venant que ponctuellement réaliser des vacations en fonction de leur spécialité dans le service. Les avis recueillis ne sont pas exhaustifs étant donné que le nombre de réponses reçues pour la réalisation d'un entretien semi-directif n'a pas été abondant. Néanmoins, le chef de pôle a pris un temps pour le réaliser, un ancien manipulateur radio, une manipulatrice radio, un radiologue et un chef de service radiologue également.

Dans un premier temps, j'ai décidé de m'entretenir avec le chef de pôle de l'imagerie de l'hôpital de Valenciennes afin de connaître et comprendre les motivations du déploiement de ce projet d'IA dans son pôle mais également savoir si, selon lui, ce projet pourrait avoir un impact sur la motivation et les compétences de ses équipes. Ce qui ressort de cet entretien (**annexe II**) c'est que le Dr. CASTELLS est passionné de l'IA depuis ses prémises. La gouvernance de Valenciennes étant polaire, le déploiement de l'IA dans son pôle a donc été une envie. D'après lui l'ensemble des professionnels de son pôle n'ont pas été réticents à ce projet étant donné que la majorité des manipulateurs radio sont assez jeunes et ouverts à l'innovation. Cependant, concernant les radiologues, il a fallu leur démontrer que ce projet n'aurait pour eux que des avantages. Globalement, selon lui, l'IA permettrait aux professionnels de l'imagerie de se concentrer sur des cas plus complexes, d'avoir une vraie relation patient-docteur et leur éviterait de *"courir après des images toute la journée"*. L'IA ne serait donc qu'une aide et ne remplacerait en aucun cas l'intelligence naturelle des professionnels de l'imagerie. Leurs compétences ne seraient aucunement disqualifiées étant donné que les radiologues sont d'ores et déjà surqualifiés pour les tâches dans lesquelles l'IA aurait un rôle à jouer prochainement.

Puis je me suis bien évidemment intéressée aux professionnels qui travailleront avec de l'IA. Les professionnels de l'imagerie sont les médecins radiologues et les manipulateurs radio. Les radiologues sont des médecins et les manipulateurs radio, des paramédicaux.

Je me suis entretenue avec un ancien manipulateur radio qui est devenu référent informatique du pôle d'imagerie fonctionnelle. L'imagerie fonctionnelle est l'ensemble des images radiographiques, magnétiques ou radioactives permettant d'étudier la fonction des organes et des systèmes du corps humain. Cet ancien manipulateur radio coordonne toutes les interfaces du système d'information que les médecins radiologues utilisent en imagerie notamment pour interpréter leurs images et communiquer leurs résultats. Celui-ci m'a

affirmé que les manipulateurs radio n'allaient pas, dans un premier temps, utiliser l'IA étant donné que ce ne sont pas eux qui interprètent les images. Cependant, ils sont d'une aide précieuse et réalisent souvent les examens des patients sans que le radiologue soit forcément présent dans la salle d'examen. Ceci m'a confortée dans l'idée de ne pas m'adresser à l'ensemble des manipulateurs mais qu'à un plus petit échantillon afin d'au moins connaître leur avis sur la question.

Comme le Dr. CASTELLS, l'ex manipulateur radio et référent *“vois ça d'un bon œil car je pense qu'effectivement cela peut apporter beaucoup de choses”* Il dit qu'effectivement, le premier module que la startup avec laquelle ils travaillent leur fourniront un module de triage ce qui permettra de dégager un temps considérable aux radiologues. Ce module indiquera dans un premier temps aux radiologues s'il y a quelque chose de pathologique ou non sur telle ou telle image. Ceci permettra aux radiologues de se pencher sur les images avec suspicions de pathologie. Selon lui *“le cerveau humain n'est pas capable d'avoir autant de références que ce qu'un ordinateur peut avoir. On peut avoir des diagnostics beaucoup plus fiables à terme.”* Il dit néanmoins que l'œil du radiologue est encore meilleur que celui de l'IA aujourd'hui mais que *“il y a eu quelques radiologues qui pensaient que le jour où on mettrait en place l'intelligence artificielle, eux ne serviraient plus à rien donc la machine allait faire leur boulot et qu'on allait leur dire qu'on aurait plus besoin d'eux.”* Mais il continue en disant qu'il y aura toujours une validation humaine car on ne peut pas rendre pénalement responsable un ordinateur. Egalement, selon lui, les radiologues ne vont pas baisser en compétence du fait de l'IA car cela leur permettra de réfléchir à de nouvelles pratiques via la recherche clinique par exemple.

Le radiologue interrogé est ravi de l'utilisation future de l'IA dans le service dans lequel il exerce car il est conscient que cela restera une aide au diagnostic lui permettant de réaliser d'autres tâches que celles qu'ils réalisent aujourd'hui. Ses compétences de radiologues ne seront selon lui pas du tout remise en cause et ne régresseront pas car comme il le dit justement *“Il y a 20 ans, l'imagerie c'était simplement des échographies et de la radiologie, les pratiques des radiologues ont donc déjà changé car aujourd'hui nous utilisons des scanners, des IRM etc. Nous nous adapterons encore pour l'IA mais ce n'est que le début”*. Ce projet d'IA en imagerie est novateur et modifiera les pratiques des praticiens en imagerie mais ne les disqualifiera pas et ne les remplacera pas. Cela fluidifiera les pratiques au quotidien car l'IA est vraiment une aide, comme une seconde assistance derrière les manipulateurs radio, du radiologue. Cette assistance permettra de traiter beaucoup plus d'examens

qu'actuellement et donc de prendre en charge plus de patients. L'idéal serait également que le patient puisse sortir de son examen de radiologie avec son compte-rendu généré ou non avec l'aide de l'intelligence artificielle. Ce radiologue n'est pas du tout effrayé mais a plutôt hâte que les solutions puissent être utilisées au quotidien mais il est conscient que cela prendra encore quelque temps car ce que le CHV de Valenciennes demande en terme de solution par module et par spécialité en imagerie n'a pas encore été déployé dans un autre établissement. C'est pourquoi les data scientist travaillent sur des algorithmes capables de détecter les zones anormales d'une image prise lors d'un examen.

Le chef de service et médecin nucléaire confirme qu'il est bien au courant du projet de l'IA dans le service d'imagerie mais que cela n'impactera pas son service tout de suite car ce secteur est vaste et que la médecine nucléaire n'en est qu'une infime partie. Selon lui, la démographie de la médecine nucléaire ne reste qu'un dixième du secteur de l'imagerie donc l'IA n'est encore leur priorité même s'ils s'y intéresse. Néanmoins, il qualifie sa réaction à l'annonce de ce projet assez « primaire » car *« On se pose quand même la question du retentissement par rapport aux besoins vraiment en effectif médical »*. Il qualifie ce projet de très intéressant mais le définit tout de même comme une boîte noire, un brouillard. Il dit que l'on est incapable d'expliquer en quoi la technique de l'IA consiste et qu'il ne faut donc pas chercher la compréhension de la méthode. Il émet tout de même des craintes étant donné que les impacts de l'IA n'ont pas encore été mesurés et qui, comme il le dit en souriant *« je n'ai pas forcément envie de me retrouver à la paille dans 20 ans mais je ne pense pas que cela se passera »* sans avoir un retour d'expérience de ceux qui ont utilisé et expérimenté l'IA, on ne peut pas vraiment savoir de quoi l'avenir est fait même si on entend beaucoup davantage a déployé l'IA en imagerie et que ce chef de service croit en ses avantages *« Donc on y va mais la technique est mystérieuse. De toute façon, cela fera partie de notre quotidien et il faut l'accepter »*

Afin d'avoir le panel complet des professionnels travaillant dans le secteur de l'imagerie, interroger un manipulateur radio semblait donc tout de même intéressant car même si leur métier n'est pas impacté sur le moyen-terme, les manipulateurs font tout de même partie du service et ont leur avis à donner sur le sujet. Une manipulatrice radio a donc été vue en entretien. Celle-ci pense que l'IA est une invention extraordinaire mais qu'il faut analyser la balance bénéfices/risques tout en étant attentif aux dérives qui peuvent découler de cette invention. *« Il faut que ce soit cadré »* rapporte-t-elle. L'arrivée de l'IA est selon elle *« une aide non négligeable pour améliorer la capacité humaine mais l'humain se doit d'être*

conscient qu'il doit toujours garder la main et le regard critique sur ses futures utilisations. » Elle pense que son métier changera tout de même à minima. Qu'elle aura sans doute bientôt de nouvelles responsabilités notamment dans la recherche clinique. En effet, les manipulateurs assistent les radiologues durant les examens radiologiques de toute sorte, ils suivent des protocoles particuliers en fonction des machines et de la pathologie du patient. De futurs protocoles pourront être travaillés en partenariat avec les start-ups/entreprise développant l'IA et les manipulateurs de manière à faire évoluer l'IA.

Les praticiens ayant réalisé un entretien ont en moyenne la trentaine, cela reste relativement jeune. Ils sont dans le service depuis environ trois ans et voient, globalement, tous l'IA d'un très bon œil, en sachant pertinemment que leurs pratiques vont changer mais cela ne les effraie pas car ils sont conscients que l'IA les aidera dans leur travail.

Maintenant que nous connaissons l'avis des professionnels de l'imagerie de l'hôpital de Valenciennes sur l'intelligence artificielle, nous allons nous intéresser à sa mise en place.

2. Mise en place de l'intelligence artificielle dans le secteur de l'imagerie

Le pôle d'imagerie de l'hôpital de Valenciennes est le premier hôpital à disposer d'une plateforme dédiée à 100% pour l'IA. Le pôle a conclu un marché avec Arterys, une start-up qui développe l'IA pour le secteur de l'imagerie.

Cette start-up franco-américaine, comme il a été souhaité par le pôle, propose une solution d'IA de post-traitement clinique et d'aide au diagnostic reposant sur une infrastructure Cloud et accessible depuis une interface web dédiée qui est référencée en imagerie médicale. Cette interface répond aux exigences RGPD et dispose également du marquage CE.

La solution de post-traitement clinique et d'aide au diagnostic est adaptée par spécialités et modalités, autrement dit par machines utilisées pour réaliser les images (IRM, scanner, radiographie) et par organes dont on souhaite prendre les images. (cœur, poumon, mammographie etc.)

A travers cette interface web dédiée de visualisation des images, disponible en ligne depuis un PC quelconque, Arterys permettrait aux radiologues de Valenciennes d'avoir accès à une analyse automatique du type Machine Learning qui reposera donc sur des modules experts équipés d'IA.

L'enjeu initial pour la start-up était de recueillir les données nécessaires à partir d'une infrastructure informatique robuste. En effet, le CHV a conçu depuis plusieurs années le système nécessaire au développement de l'IA avec une base de données structurées et dix années d'informations médicales en ligne, un niveau élevé applicatif (HIMSS6), un archivage neutre de données de santé (VNA), un haut niveau d'automatisation et de trois robotisations (pharmacie automatisée, robot chirurgical, etc.) Ces éléments sont nécessaires pour réaliser les missions prioritaires que le CHV s'est donné.

En ce qui concerne l'utilisation de l'IA sur le long terme au CHV. Il s'agirait de collecter et d'organiser les données et métadonnées (BIG DATA), puis les agréger de manière cohérente pour traiter les données, médicales, médico-sociales ou sociales pour chaque type de population auquel chaque patient appartient. Utiliser un système expert pour la détection de prescriptions médicamenteuses inappropriées. De pouvoir réaliser des détections précoces de risques (par exemple, les infections nosocomiales). D'analyser des parcours patients et de les optimiser en les orientant de la meilleure manière et utiliser un système expert et d'apprentissage pour la détection d'inclusions potentielles dans les essais cliniques.

Mais pour revenir au service d'imagerie du CHV, il faut savoir que les machines n'ont pas toute la même finalité d'examen. En effet, le secteur de l'imagerie dispose de différentes machines : des IRM, des échographes, des machines à rayons X, des scanners, des scanners tomodensitomètres (TDM), des tomographes par émission de positons (TEP), des gamma caméras etc. Pour chaque machine, la solution d'IA fonctionne à peu de choses près, de la même manière pour la communication du résultat. Cependant, les algorithmes sont différents en fonction de la spécialité (cœur, poumon etc.) et de la modalité (IRM, scanner, TEP, TDM). La solution d'IA selon les machines et les modalités permettra d'interpréter, après avoir réalisé l'examen, les images avec de l'IA qui trie, diagnostique, segmente l'image en fonction de ce qu'elle détecte. Les radiologues interpréteront toujours par le biais de leur système d'archivage et de transmission d'images (PACS) et leur système d'information radiologique (RIS) qui sont d'ores et déjà aujourd'hui interfacés avec la plateforme dédiée de la start-up. De plus, la solution permettra de générer un compte-rendu réalisé par l'IA en fonction de l'image qu'aura prise le manipulateur radio/radiologue.

Afin de réaliser des algorithmes précis ayant une finalité de détection, de triage ou de segmentation, les data scientist de la start-up ont collecté les données des patients suivis et ayant été suivis dans le service d'imagerie sur plusieurs années car comme vu dans une

précédente partie, l'IA a besoin de données massives pour apprendre à reconnaître quoi que ce soit. En l'occurrence, ici, nous parlons de pathologies. Ainsi, des dossiers patients sur cinq années d'activité en imagerie, par spécialité ont été mis à disposition de la start-up.

Afin de poser ces propos pouvant être quelque peu alambiqués pour un radiologue qui n'a pas le temps, ou tout simplement pour que les acteurs du projet se mettent tous bien d'accord sur le fonctionnement de la solution, la formalisation d'un processus retranscrivant ces étapes a été réalisée.

Processus d'interprétation d'un examen d'imagerie avec IA

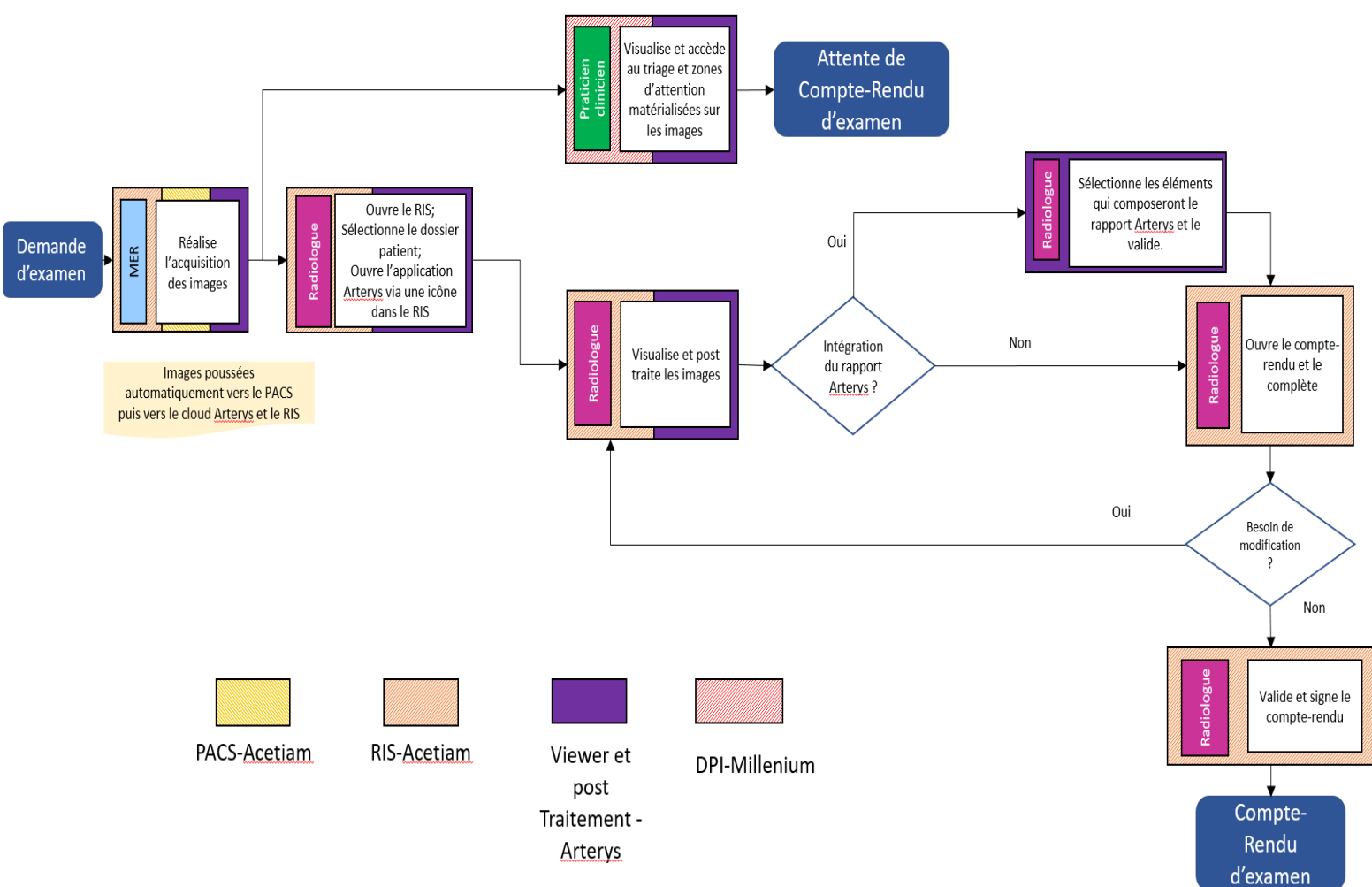


Figure 7 : Workflow de l'imagerie médicale à l'hôpital de Valenciennes et intégration de la solution IA

Sur ce processus, nous voyons un point d'entrée (demande d'examen) et deux points de sortie (attente de compte-rendu d'examen et compte-rendu d'examen). Nous pouvons voir dans un premier temps, que le manipulateur radio (MER sur le processus), réalise l'examen d'imagerie en fonction de la pathologie pour laquelle le patient vient réaliser

l'examen. C'est durant cette acquisition d'images que la solution de diagnostic IA se manifeste. Puis, nous avons à la suite de l'action du manipulateur radio, toutes les étapes par lesquelles les radiologues vont visualiser et traiter leurs images avec la solution de post-traitement d'Arterys. A la suite de cela, le radiologue pourra utiliser ou non un compte-rendu généré par l'IA selon l'image traitée sur la plateforme dédiée à l'IA.

Le radiologue n'est pas obligé d'utiliser des éléments du compte-rendu réalisé par la solution. Sur ce processus, de petites boîtes de couleur sont représentées. Il s'agit de logiciels informatiques dont les professionnels se servent (PACS, RIS, DPI) habituellement. Le Viewer et post-traitement Arterys est un module permettant de visualiser les images prises en examen dans le service d'imagerie afin de les traiter avec l'IA et de générer un compte-rendu rédigé par l'IA. Il permet également de revenir sur des images antérieures concernant un patient en particulier par exemple. Ce Viewer est rattaché au RIS et au PACS, ainsi qu'au DPI.

Le PACS (Picture Archiving Communication System) est un serveur d'images médicales archivées mais aussi un moyen de communiquer avec les autres médecins des services qu'on appelle « cliniciens ». Le RIS (Radiologic Information System) est le cœur du système d'information d'un service de radiologie, il permet d'identifier l'ensemble des patients en imagerie. Cette dernière fonction fait appel à des systèmes de "worklists" (patient en attente, examen en cours, examen à interpréter, examen à rédiger, compte-rendu à valider, etc.). Le DPI Millenium est le dossier patient informatisé.

Ce projet d'IA dans le service d'imagerie nécessite l'intervention de beaucoup d'acteurs et de tâches différentes à réaliser. Ainsi, en plus de la start-up qui développe les algorithmes nécessaires à cette solution d'IA, une aide organisationnelle s'est ajoutée au CHV dans le déploiement de celle-ci : la Cellule Méthode et Projets structure les étapes de ce projet tout au long du déploiement, réalise des revues de projet pour avancer sur celui-ci toutes les deux semaines, réalise des plans produits et élabore une stratégie avec l'équipe de l'imagerie.

Le déploiement de l'IA en imagerie s'est suivi et se suit aujourd'hui encore à travers différents chantiers : système d'information, unité fonctionnelle d'imagerie, étude médico-économique, affaires économiques et suivi. Dans chacun de ces chantiers qui regroupe un plan de déploiement (**cf. Annexe IV**), nous retrouvons des tâches classées hiérarchiquement. Ce plan de déploiement est un moyen simple pour les diverses équipes y ayant accès, de notifier les tâches réalisées ou non. Il permet donc de mieux cadrer le

projet et d'avancer plus rapidement ; si toutes les équipes réalisaient des tâches de leur côté sans en informer les autres acteurs, le projet avancerait moins rapidement.

Un Gantt de la livraison des modules par spécialité et modalités qui seront utilisés en imagerie a permis également de donner des Dead line à Arterys et de permettre au CHV d'organiser avec la start-up des sessions de formations aux radiologues.

	2018				2019				2020			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Déploiement du module Viewer					Viewer multi-modalité				Viewer universel			
Module Cardiaque - IRM		Aide au diagnostic (segmentation)			Caractérisation tissulaire							
Module Foie - IRM				Segmentation								
Module Poumons - TDM					Segmentation et détection							
Module Mammographie - RX								Triage	Détection			
Module MSK - RX								Triage				
Module Thorax - RX								Détection				
Module AVC - TDM									Triage			
Module Sein - IRM									Détection et segmentation			
Module Foie - TDM									Segmentation			
Module Prostate - IRM									Détection et Segmentation			
Module AVC-IRM									Triage			
Module Neuro / modalité ?									Diagnostic			
Module Mammo - 3D (Tomo)									Détection et segmentation			
Module Thorax - TDM									Triage			
Module Cardiaque - TDM									Détection et Segmentation			
Module MSK - IRM & TDM									Triage			
Module IRM Diffusion et Perfusion-									Diagnostic			
Module Ganglions Lymphatiques /									Diagnostic			

Figure 8 : Gantt du déploiement des modules attendus au CHV

Nous nous sommes rendu compte que l'IA était réellement encore à ses débuts et qu'il était compliqué de l'implanter à l'hôpital car les Dead line ont été revus à la hausse depuis le début du projet. Le Gantt ci-dessus sont les dernières dates communiquées par Arterys. Il faut savoir qu'en fonction du module, la machine dans laquelle celui-ci est intégré : réalise les images, les envoie directement au serveur dit « pie chart » qui est un serveur d'anonymisation des données des patients. Ceci est un prérequis pour envoyer ces données sur le Cloud d'Arterys basé en Europe mais hébergé chez Amazon web service. C'est dans ce Cloud que le post-traitement IA est réalisé et est ensuite renvoyé automatiquement sur la plateforme dédiée, sur les PC des radiologues dans le RIS. Via la plateforme ceux-ci peuvent utiliser les données des images post-traitées.

A terme, le CHV souhaiterait étendre ce réseau d'expertise radiologique à des radiologues partenaires partout en France en commençant dans un premier l'étendre au Groupement Hospitalier de Territoire (GHT) du Hainaut-Cambrésis afin d'améliorer les pratiques de chacun.

Aujourd'hui, il n'est pas encore possible de mesurer les bienfaits et/ou méfaits de l'IA. Des résultats pourront probablement être analysés à moyen et long terme : cinq à dix ans et dix à quinze ans.

L'objectif à moyen terme, pour chaque patient, est d'améliorer la fiabilité des prises en charge associant fiabilité du diagnostic (sécurité du soin) et de bénéficier d'un traitement adapté en continu, mais également d'intensifier les démarches de prévention et développement de l'éducation thérapeutique auprès du patient.

A plus long terme, l'IA pourrait permettre, en santé publique, la gestion des populations de patients pour accompagner le soin et, à l'aide de données de prédictions, développer la médecine 4P : prédictive, préventive, personnalisée et participative. Cette démarche conduira à anticiper et identifier les patients et les populations susceptibles de présenter certaines pathologies (cancer, maladies cardiaques, diabète, etc.) et de leur proposer une prévention et une prise en charge « santé » adaptée tout au long de leur vie.

A ce jour, les modules cardiaque, foie et poumons sont livrés mais pas encore utilisés au quotidien car des problèmes techniques persistent. Néanmoins ils sont en cours de résolution et les radiologues ont été formés pour ces modules.

Ce nouvel élan doit tenir compte des évolutions sociétales et de ses répercussions sur la santé : le vieillissement de la population, la chronicisation importante des pathologies, le coût de plus en plus élevé des médicaments, mais aussi l'organisation en Groupements

Hospitaliers de Territoire. Ce projet d'IA va s'accompagner de la mise en place de nouvelles organisations et générer l'apparition de problèmes éthiques.

Après avoir étudié l'IA et les différentes facettes de cette innovation, nous avons pu voir comment celle-ci se met en place dans le secteur de l'imagerie à Valenciennes. Nous avons également vu comment les métiers des radiologues pourraient être impactés. Après avoir également analysé les entretiens semi-directifs réalisés avec les professionnels qui utiliseront l'IA au quotidien prochainement dans le secteur de l'imagerie au CHV, voici mon avis sur la question que pose ce mémoire.

3. Mise en perspective personnelle

Suite à l'analyse des entretiens semis-directifs et des recherches effectuées, deux constats sont mis en évidence. Le premier est que l'IA ne semble pas inquiéter à outrance les professionnels de l'imagerie du centre hospitalier de Valenciennes et celle-ci ne disqualifiera pas leurs compétences ni leurs pratiques bien que celles-ci devront être adaptées à l'émergence de la solution d'IA mise en place dans leur service. Le deuxième est que l'IA rendra les praticiens plus efficaces et productifs.

Les progrès en IA apportent avant toutes choses des bénéfices pour l'Homme mais ils comportent également des risques. Mais ces risques peuvent et doivent être identifiés, anticipés et maîtrisés. Typiquement, si l'IA est mal comprise par ceux l'utilisant, une perte de contrôle sur la machine peut se manifester. De cette perte de contrôle peut découler une dépendance qui pourrait éroder la capacité à penser par soi-même. Le risque suprême est que l'IA pourrait être utilisée à des fins malveillantes si l'éthique et les valeurs ne sont pas au cœur de celle-ci. Imaginons qu'une assurance récupère des données analysées par une IA dans le domaine de la santé et qu'elle les utilise afin de personnaliser des contrats en fonction des risques pathologiques auxquels les individus peuvent être soumis.

L'avènement d'une super-intelligence qui dépasserait l'homme dans tous les domaines ne fait pas partie de ces risques à court et moyen terme. À long terme, la réalité de cette menace n'est pas certaine.

Comme beaucoup de nouvelles technologies, l'IA au premier abord peut sembler effrayante aux yeux de beaucoup d'individus car la société dans laquelle nous vivons est bercée par des films surréalistes et des livres de sciences fiction dans lesquels la machine se rebelle contre l'humanité, des fake news qui ont semblé inquiéter beaucoup de professionnels à qui

on a plus ou moins imposé des outils d'IA mais nous sommes entourés d'objets connectés et d'applications connectées et dotées d'IA. Il est flagrant de constater qu'aucun argument sérieux étaye le fait que l'IA pourrait à terme remplacer l'humain ou le disqualifier dans ses pratiques. Mais l'IA n'est qu'une machine reconnaissant un certains nombres de choses que lui ont inculqué les algorithmes. Ce sont les humains qui ont appris aux machines par le biais des algorithmes. Ces algorithmes permettent à la machine de reconnaître un cancer, une parole, un calcul mais la machine ne fait que reconnaître. L'humain, quant à lui, a des connaissances qu'il a souhaité intégrer dans des machines lui permettant d'être plus performant et plus efficient au quotidien. De cette manière, l'IA ne disqualifiera et ne remplacera pas les compétences des professionnels du domaine de la santé notamment ceux de l'imagerie. Les seuls problèmes que l'IA pourrait engendrer à ce jour sont ceux que les humains se créent eux-mêmes. Notamment avec les bugs informatiques et à terme probablement, de plus amples problèmes écologiques car l'IA utilise tout de même des ressources en masse.

Néanmoins, nous en sommes à l'émergence de l'IA dans le domaine de l'imagerie à l'hôpital et aujourd'hui, l'ensemble des avis recueillis dans le service dans lequel l'IA est déployée à Valenciennes et grâce à l'ensemble aux recherches réalisées, il semblerait que les professionnels y voient une certaine plus-value et s'adapte assez facilement du fait notamment que la plupart soient assez jeunes, ouverts d'esprit et conscient de l'évolution de notre société.

Il semblerait que n'importe quelle nouvelle technologie pourrait être bien accueillie dans tout type de domaines du moment que celle-ci ajoute une plus-value et une qualité de vie au travail sans pour autant remplacer des postes. Il faut néanmoins que ces nouvelles technologies soient juridiquement contrôlées et bien cadrées en intégrant la notion d'éthique et qu'elles ne compliquent pas davantage le travail des professionnels que ce qu'il est aujourd'hui dans le secteur de l'imagerie à l'hôpital.

Afin de faire accepter l'IA aux praticiens de l'imagerie à l'hôpital, il semble bon de les sensibiliser et les former à ce domaine de recherche, tant sur le versant des avantages que sur le versant des risques pour gagner leur confiance et de faire disparaître cette idée de boîte noire qu'ont beaucoup à ce sujet. Alors, même si les praticiens de l'imagerie ne supporteront pas de suppression de postes, ce sont les fonctions supports à ce secteur qui vont être touchés : en administratif, secrétariat médical, logistique, transport sanitaire et le

calcul a été réalisé par l'institut Montaigne : 40 000 à 80 000 postes pourraient disparaître sous l'effet de la robotisation.[44]

A chaque révolution technologique, le processus de « destruction créatrice » théorie de l'économiste Joseph Schumpeter s'est avérée. L'Etat doit mener une puissante politique notamment sur les versants de l'éducation et de la formation afin de permettre aux travailleurs d'accéder aux nouveaux postes qui vont apparaître lors de cette révolution numérique.

IV.Conclusion

L'IA n'a donc cessé de progresser depuis une cinquantaine d'années, mais c'est véritablement après les années 1990, grâce à plusieurs innovations majeures, qu'elle est devenue le phénomène de notre siècle. Cette innovation touche aujourd'hui presque tous les domaines, que ce soit dans le quotidien de chacun ou dans des branches plus scientifiques. Elle reste quand même un domaine de recherche qui s'implante petit à petit dans les mœurs et qui n'est pas tout à fait maîtrisée notamment juridiquement. La question était de savoir si l'IA pouvait à terme disqualifier les compétences des praticiens à l'hôpital dans le service de l'imagerie de Valenciennes. Il s'avère que l'IA facilite le quotidien des individus et facilitera celui des professionnels lorsque celle-ci sera vraiment opérationnelle et maîtrisée. Son utilisation pourra « remplacer » l'humain dans des tâches qui peuvent paraître pénibles et redondantes mais l'Homme aura toujours la main sur ce que la machine dotée d'IA analyse. Celle-ci ne disqualifiera néanmoins pas les compétences des praticiens de l'imagerie.

L'IA a clairement dépassé l'homme sur des actions de calculs, ou d'analyses de données massives car un ordinateur dispose d'une vitesse de calcul incomparable. Mais l'intelligence humaine est inégalable dans le sens où il est le seul à pouvoir se créer des problèmes auxquels il est capable de répondre lui-même. Ce qu'elle ne détient pas à ce jour : de l'intuition, de l'empathie ni de créativité ; toutes ces compétences humaines que les radiologues de l'hôpital ne perdront pas. Ils les développeront sans doute davantage justement par le biais de l'IA qui leur apportera davantage de temps pour orienter le patient, développer une expérience patient de meilleure qualité et s'intéresser d'autant plus à la recherche clinique. De plus, les praticiens de l'imagerie n'ont plus forcément le temps de faire de la recherche. L'IA leur permettra de s'intéresser à des solutions d'imagerie jamais

encore explorées et donc leur servira à développer des connaissances et des compétences tout autres que celles dont ils disposent déjà.

Il sera possible d'analyser et de rendre compte de réels impacts, avantages et risques dans le secteur de l'imagerie à l'hôpital dans cinq à quinze ans grâce à des indicateurs, des retours d'expériences patients-praticiens ainsi que l'évolution des métiers. Ce mémoire a mis en exergue le fait qu'il est trop tôt pour dire que l'IA remplacera/disqualifiera les compétences des radiologues. L'IA n'est pas simple à mettre en place dans une structure telle que l'hôpital où la priorité est de prendre en charge les patients de la meilleure des manières. L'ensemble des acteurs de l'hôpital doit s'adapter aux nouveaux logiciels, aux nouvelles façons de travailler qu'ils devront établir. La direction du système d'informations doit disposer d'un réseau d'une qualité irréprochable afin que les données puissent communiquer d'un serveur à un autre.

Nous le savons, le numérique est indispensable au développement de l'IA et l'empreinte carbone de celui-ci n'est pas des plus respectables. Selon des chercheurs de l'Université du Massachussetts Arhmes, la puissance des serveurs tournant toute la journée du fait des algorithmes de l'IA pourrait consommer autant que cinq voitures réunies. L'un des plus polluants s'appelle Transformer, un algorithme développé par Google. Entraîné sur un certain type de matériel, il peut rejeter jusqu'à 284 tonnes de CO₂. [58] Nous sommes tout de même dans une ère où l'environnement suscite l'intérêt et préoccupe l'ensemble des individus. L'IA s'est développée de manière à aider les humains à être plus performants et, dans le domaine de la santé et plus particulièrement la radiologie, à aider les praticiens à prendre en charge des patients au jour le jour. Elle est donc utilisée à bon escient car elle émerge dans des domaines dans le but de résoudre des problèmes que l'Homme rencontre. Elle est donc une solution mais pourrait-elle, un jour, devenir la cause de nouveaux problèmes ? Il faut trouver un moyen de gérer son développement pour qu'elle ne devienne pas une source de problèmes.

Le gouvernement fait de l'IA un de ces axes prioritaires pour tenter d'entrer dans la course contre les Etats-Unis et la Chine notamment en aidant les entreprises innovantes à se développer mais nous ne sommes pas sans savoir que la planète arrive à épuisement de ses ressources naturelles et qu'il faut la préserver en réduisant son empreinte carbone. Mais alors quels seraient donc les impacts de l'IA sur l'environnement ?

BIBLIOGRAPHIE

[1] Dans ces 8 domaines, l'intelligence artificielle va changer nos vies [En ligne]. L'Obs. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.nouvelobs.com/societe/20180228.OBS2855/dans-ces-8-domaines-l-intelligence-artificielle-va-changer-nos-vies.html>

[2] La stratégie IA, pour faire de la France un acteur majeur de l'intelligence artificielle [En ligne]. Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid128618/la-strategie-ia-pour-faire-de-la-france-un-acteur-majeur-de-l-intelligence-artificielle.html>

[3] Microsoft Hololens : l'US Army achète 100 000 casques pour ses soldats [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.realite-virtuelle.com/microsoft-hololens-us-army>

[4] L'armée américaine investit 2 milliards de dollars dans l'intelligence artificielle [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: https://www.lemonde.fr/pixels/article/2018/09/10/l-armee-americaine-investit-2-milliards-de-dollars-dans-l-intelligence-artificielle_5353008_4408996.html

[5] Féraud J-C. L'armée américaine à l'avant-garde. 24082017 [En ligne]. Libération. [cité 10 févr 2019]; Disponible sur: https://www.liberation.fr/futurs/2017/08/24/l-armee-americaine-a-l-avant-garde_1591777

[6] Mallard S. Disruption. DUNOD; 2018. 256 p.

[7] Bureau N du. Innovation : une main bionique intelligente | © Alvexo Actualités 2017 [En ligne]. © Alvexo Actualités 2018. 2017 [cité 8 août 2019]. Disponible sur: <https://www.alvexo.fr/blog/technologie/creation-de-la-premiere-main-bionique-dotee-dintelligence-artificielle/>

[8] Ministère des affaires sociales et de la santé. Stratégie nationale e-santé 2020 - Le numérique au service de la modernisation et de l'efficacité du système de santé [En ligne]. [cité 10 févr 2019] p. 17. Disponible sur: https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/strategie_e-sante_2020.pdf

[9] Intelligence Artificielle et pratique médicale à l'Hôpital [En ligne]. Club Digital Santé. 2018 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://club-digital-sante.info/2018/04/intelligence-artificielle-et-pratique-medicale-a-lhopital/>

[10] Admin. Plus de 4 000 patients ont bénéficié de la chirurgie robotique au CHRU de Nancy [En ligne]. Hospitalia, le magazine de l'hôpital pour toute l'actualité et l'information hospitalière. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: https://www.hospitalia.fr/Plus-de-4-000-patients-ont-beneficie-de-la-chirurgie-robotique-au-CHRU-de-Nancy_a1626.html

[11] Quint-Fonsegrives. À la Croix du sud, une première pour réduire le temps d'hospitalisation - ladepeche.fr [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.ladepeche.fr/article/2018/11/12/2904834-croix-sud-premiere-reduire-temps-hospitalisation.html>

[12] Intelligence [En ligne]. Histophilo. [cité 10 févr 2019]. Disponible sur: <http://www.histophilo.com/intelligence.php>

[13] Jean Piaget : Les stades du développement infantile [En ligne]. Cabinet Psy-enfant. 2018 [cité 8 août 2019]. Disponible sur: <http://psy-enfant.fr/stade-developpement-jean-piaget/>

[14] Aux origines de l'intelligence artificielle [En ligne]. France Culture. 2018 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.franceculture.fr/numerique/aux-origines-de-lintelligence-artificielle>

[15] Futura. Qui sont les pionniers de l'intelligence artificielle ? [En ligne]. Futura. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/tech/questions-reponses/intelligence-artificielle-sont-pionniers-intelligence-artificielle-4907/>

[16] L'intelligence artificielle, 19-sept-2000. [En ligne]. Disponible sur: <https://streaming-canal-u.fmsh.fr/vod/media/canalu/documents/utls/190900.pdf>.

[17] Pastre D. L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DEFINITION - GENERALITES - HISTORIQUE - DOMAINES [En ligne]. 2000 févr p. 10. Disponible sur: <https://www.normalesup.org/~pastre/IA.pdf>

[18] Marcinkowski A, Wilgaux J. Automates et créatures artificielles d'Héphaïstos : entre science et fiction. Techniques & Culture Revue semestrielle d'anthropologie des techniques [En ligne]. 1 déc 2004 [cité 8 août 2019];(43-44). Disponible sur: <http://journals.openedition.org/tc/1164>

[19] Brève histoire de l'intelligence artificielle [En ligne]. Siècle Digital. 2018 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://siecledigital.fr/2018/08/20/histoire-intelligence-artificielle/>

[20] Diaz J. Petite histoire de l'Intelligence Artificielle, Partie 1 [En ligne]. Actu IA. 2017 [cité 8 août 2019]. Disponible sur: <https://www.actuia.com/dossiers/quelques-elements-concernant-lhistoire-de-lintelligence-artificielle-12/>

[21] Larousse É. Encyclopédie Larousse en ligne - intelligence artificielle [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: http://www.larousse.fr/encyclopedia/divers/intelligence_artificielle/187257

[22] Voiture autonome : vers des tests sans chauffeur sur les routes françaises [En ligne]. Les Echos. 2018 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.lesechos.fr/tech-medias/intelligence-artificielle/voiture-autonome-vers-des-tests-sans-chauffeur-sur-les-routes-francaises-141511>

[23] Le b.a.-ba de l'intelligence artificielle en 5 questions [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.eff.fr/actualites/affaires/themes-divers/details.html?ref=ui-40fd680f-09c1-42f9-9982-8f7a608db364>

[24] L'avènement de l'Homo numericus [En ligne]. [cité 8 août 2019]. Disponible sur: https://www.scienceshumaines.com/l-avenement-de-l-homo-numericus_fr_31345.html

[25] L Bastien. Machine Learning et Big Data : définition et explications [En ligne]. LeBigData.fr. 2018 [cité 8 août 2019]. Disponible sur: <https://www.lebigdata.fr/machine-learning-et-big-data>

[26] Verhaert - Welcome to the sweet spot of innovation [En ligne]. Verhaert New Products and Services NV. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://verhaert.com/>

[27] Deep Learning ou apprentissage profond : définition, concept [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.lebigdata.fr/deep-learning-definition>

[28] Arthur.dhausen. Fake news, Intelligence artificielle et vérification de l'information [En ligne]. Club de Mediapart. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://blogs.mediapart.fr/arthurhausen/blog/220519/fake-news-intelligence-artificielle-et-verification-de-l-information>

[29] La stratégie IA, pour faire de la France un acteur majeur de l'intelligence artificielle [En ligne]. Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid128618/la-strategie-ia-pour-faire-de-la-france-un-acteur-majeur-de-l-intelligence-artificielle.html>

[30] GDPR Enforcement Tracker - list of GDPR fines [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <http://www.enforcementtracker.com>

[31] Intelligence artificielle : des experts se mobilisent contre la création d'une personnalité juridique pour les robots [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.eff.fr/actualites/affaires/themes-divers/details.html?ref=r-1216c84f-c958-480d-b969-90f16e194df3>

[32] David Gruson présente l'initiative Ethik-IA pour une « régulation positive » de l'intelligence artificielle en santé [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.ticsante.com/story/3895/david-gruson-presente-l-initiative-ethik-ia-pour-une-regulation-positive-de-l-intelligence-artificielle-en-sante.html>

[33] Intelligence artificielle et santé [En ligne]. Inserm - La science pour la santé. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/intelligence-artificielle-et-sante>

[34] La révision des lois de bioéthique . FAQ - Actualités - Vie-publique.fr [En ligne]. 2018 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.vie-publique.fr/actualite/faq-citoyens/bioethique/>

[35] N°1572 - Rapport d'information de M. Jean-Louis Touraine fait au nom de la mission d'information sur la révision de la loi relative à la bioéthique [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: http://www.assemblee-nationale.fr/15/rap-info/i1572.asp#P2463_782159

[36] UP Magazine - L'IA, au service de l'entreprise augmentée [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <http://www.up-magazine.info/index.php/intelligence-artificielle/intelligence-artificielle/7864-l-ia-au-service-de-l-entreprise-augmentee>

[37] Quels sont les pays à la pointe de l'innovation en intelligence artificielle ? [En ligne]. Les Jeudis - Blog d'actualité IT. 2018 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://blog.lesjeudis.com/quels-sont-les-pays-a-la-pointe-de-l-innovation-en-intelligence-artificielle>

[38] Jeux vidéo : quand l'intelligence artificielle ouvre le champ des possibles (8/9) [En ligne]. La Tribune. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://objectifaquitaine.la Tribune.fr/business/2019-01-15/jeux-video-quand-l-intelligence-artificielle-ouvre-le-champ-des-possibles-8-9-802777.html>

[39] Ezratty O. Les usages de l'intelligence artificielle [En ligne]. [cité 23 avr 2019]. 522 p. Disponiblesur:file:///C:/Users/boudryz/Downloads/Usages%20intelligence%20artificielle%202018%20Olivier%20Ezratty%20Compressed.pdf

[40] Des prothèses intelligentes [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.techno-science.net/actualite/protheses-intelligentes-N14370.html>

[41] Baidu poursuit sa course aux innovations! [En ligne]. Marketing Chine. 2015 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <http://www.marketing-chine.com/entreprises-chinoises/baidu-poursuit-sa-course-aux-innovations>

[42] Intelligence artificielle : les 6 chantiers majeurs de la stratégie d'Emmanuel Macron [En ligne]. usine-digitale.fr. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.usine-digitale.fr/editorial/plan-ia-les-6-chantiers-majeurs-d-emmanuel-macron.N673939>

[43] ActulA. iCAD lance la solution ProFound AI™ 2D pour la mammographie en Europe [En ligne]. ActulA. 2019 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.actuia.com/actualite/icad-lance-la-solution-profound-ai-2d-pour-la-mammographie-en-europe/>

[44] IA et emploi en santé : quoi de neuf docteur ? [En ligne]. Institut Montaigne. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.institutmontaigne.org/publications/ia-et-emploi-en-sante-quoi-de-neuf-docteur>

[45] ANIENIT. Intelligence artificielle : quand le numérique menace les emplois [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.anienit.org/news/intelligence-artificielle-quand-le-numerique-menace-les-emplois-272>

[46] En médecine, les impacts réels de l'intelligence artificielle [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.ouest-france.fr/sante/en-medecine-les-impacts-reels-de-l-intelligence-artificielle-5449707>

[47] L'intelligence artificielle (IA) en plein essor à l'AP-HP et au CHU de Nantes [En ligne]. Paris Healthcare Week. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.parishealthcareweek.com/blog/intelligence-artificielle/>

[48] Chiffres clés de l'hospitalisation | Publication ATIH [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.atih.sante.fr/chiffres-cles-de-l-hospitalisation>

[49] Health Data Hub - Ministère des Solidarités et de la Santé [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/etudes-et-statistiques/acces-aux-donnees-de-sante/article/health-data-hub>

[50] Intelligence artificielle, les hôpitaux seront des acteurs incontournables [En ligne]. Décision Santé. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: https://www.decision-sante.com/actualites/article/2018/04/12/intelligence-artificielle-les-hopitaux-seront-des-acteurs-incontournables_27410

[51] Comment mettre en place un projet d'IA dans un établissement de santé ? | Microsoft experiences [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://experiences.microsoft.fr/business/intelligence-artificielle-ia-business/projet-ia-sante/>

[52] 106 Artificial Intelligence Startups In Healthcare [En ligne]. CB Insights Research. 2017 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-startups-healthcare/>

[53] Les réseaux d'imagerie médicale | Cairn.info [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.cairn.info/revue-les-cahiers-du-numerique-2001-2-page-75.htm#>

[54] MÉDECINS ET PATIENTS DANS LE MONDE DES DATA, DES ALGORITHMES ET DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, Janvier 2018. [En ligne]. [cité le 7 août 2019] Disponible sur : https://www.conseilnational.medecin.fr/sites/default/files/cnomdata_algorithmes_ia_0.pdf.

[55] L'intelligence artificielle peu à peu incontournable dans la santé [En ligne]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2018/10/09/32001-20181009ARTFIG00079-l-intelligence-artificielle-peu-a-peu-incontournable-dans-la-sante.php>

[56] L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN MÉDECINE [En ligne]. SIH Solutions. 2018 [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <http://www.sih-solutions.fr/une/lintelligence-artificielle-en-medecine/>

[57] «L'intelligence artificielle : rêve ou cauchemar du radiologue ?», Juin 2018. [En ligne]. [cité le 7 août 2018] Disponible sur : https://www.fnmr.org/publication/autres/pdf/201810_fnmr_livre_ia.pdf.

[58] Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes - MIT Technology Review [Internet]. [cité 7 août 2019]. Disponible sur: <https://www.technologyreview.com/s/613630/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : REPRESENTATION DE L'IA – DEEP ET MACHINE LEARNING.....	15
FIGURE 2 : MACHINE VS DEEP LEARNING [26].....	16
FIGURE 3 : VERS UNE ALLIANCE EU DE L'IA, LE LAB RH, HUBFRANCEIA, 2017 [36].....	23
FIGURE 4 : PANORAMA DES DOMAINES D'APPLICATION DE L'IA EN SANTE [44].....	30
FIGURE 5 : REPRESENTATION DE LA PART DES EMPLOIS EN RISQUE [45].....	31
FIGURE 6 : 106 STARTUPS TRANSFORMING HEALTHCARE WITH AI [52].....	34
FIGURE 7 : WORKFLOW DE L'IMAGERIE MEDICALE A L'HOPITAL DE VALENCIENNES ET INTEGRATION DE LA SOLUTION IA.....	46
FIGURE 8 : GANTT DU DEPLOIEMENT DES MODULES ATTENDUS AU CHV	48

TABLE DES ANNEXES

Annexe I : Grille d'entretien à destination du chef de pôle d'imagerie de l'hôpital de Valenciennes.....	62
Annexe II : Retranscription entretien avec M. CASTELLS, chef de pôle de l'imagerie à l'hôpital de Valenciennes.....	64
Annexe III : Grille d'entretien à destination des praticiens hospitaliers de l'hôpital de Valenciennes	71
Annexe IV : Plan de déploiement pour le projet de l'intelligence artificielle à l'hôpital de Valenciennes	73

ANNEXE I :

Grille d'entretien à destination du chef de pôle imagerie de l'hôpital de Valenciennes

Discours d'introduction :

Bonjour et merci d'avoir accepté cet entretien. Je m'appelle Zoé BOUDRY et je suis apprentie à la Cellule Méthode et Projets depuis octobre dernier. Je réalise mon mémoire sur l'IA et plus particulièrement sur la problématique suivante "l'IA disqualifierait-elle les compétences des praticiens hospitaliers dans le secteur de l'imagerie?"

Cet entretien, si vous me le permettez, est enregistré et sera retranscrit dans le mémoire. L'objectif est de connaître le déroulé du déploiement de l'IA et de savoir s'il y a eu des réticences du côté des radiologues et manipulateurs radio concernant ce projet.

Questions	Réponses
Nom, Prénom, âge	
Fonction au sein de l'établissement	
Depuis combien de temps travaillez-vous dans l'établissement ?	
Mettre en place l'IA dans votre service était une envie ou une obligation ?	
Selon vous, et pourquoi et comment devrait-on déployer l'IA à l'hôpital ? Surtout, pourquoi ?	
A partir de quand avez-vous décidé de mettre en place l'IA en place dans votre service ?	
Comment avez-vous fait pour faire adhérer les radiologues et les manipulateurs radio à l'IA ? N'y-a-t-il pas eu des confrontations, étaient-ils tous d'accord quand vous leur avez fait part de votre envie de mettre en place l'IA au quotidien ?	
Avec ce qu'Arterys a mis en place aujourd'hui, vous avez ou les médecins ont-ils déjà remarqué un changement ? Y-a-t-il déjà des bénéfices ?	
Est-ce que l'IA mise en place aujourd'hui est un projet polaire ou institutionnel ?	

ANNEXE II :

Retranscription entretien avec M. CASTELLS, chef de pôle d'imagerie à l'hôpital de Valenciennes

- **Bonjour Monsieur Castells, merci de prendre le temps de me recevoir pour cet entretien. Je vous rappelle le contexte, je réalise une mémoire sur l'IA et plus particulièrement sur l'utilisation de l'IA dans votre service. Ma problématique est la suivante : L'IA disqualifierait-elle les compétences des praticiens hospitaliers ? Avant de commencer l'entretien, acceptez-vous que celui-ci soit enregistré et retranscrit dans mon mémoire ?**

"Aucun souci"

- **Merci beaucoup. Alors je vais commencer par vous demander de vous présenter s'il vous plaît.**

"Bonjour, je m'appelle Bernard Castells, je suis radiologue depuis avril 1985, j'ai passé ma thèse de radiologie donc j'ai 34 ans d'ancienneté dans ce métier. Je dirige le pôle d'imagerie du CH de Valenciennes. Donc le pôle d'imagerie c'est d'abord la radiologie ensuite l'imagerie nucléaire et enfin les explorations fonctionnelles de neurologie et la photologie qui est un petit service qui permet de faire tout ce qui est la préparation photo, postée lors de congrès donc cela représente 250 personnes et en ce qui concerne les médecins, il y a 35 médecins radiologues à des temps de présence différents et il y a 90 manipulateurs radio."

- **Depuis combien de temps êtes-vous chef de pôle de l'imagerie à Valenciennes ?**

"Je suis chef de pôle depuis le 5 septembre 2017 à Valenciennes."

- **Mettre en place l'IA dans votre service était une envie ou une obligation ?**

"C'était une envie car des obligations, nous n'en avons pas évidemment. L'IA est une innovation qui est importante et pour tout dire, nous sommes les premiers en France à avoir mis en place l'IA au quotidien. Voilà, c'est-à-dire que tout ce qui est fait en IA aujourd'hui en France mais aussi dans beaucoup d'endroits voire partout dans le monde, ce ne sont que des tests ou des recherches. Il n'y a pas d'utilisation au quotidien de l'IA sauf pour certains algorithmes depuis 2012 environ. Qui sont des algorithmes très spécialisés notamment en cardiologie pour faire du cadflow, ceci permet de voir comment fonctionnent les cavités cardiaques, comment elles se comportent et à quoi elles ressemblent quand il y a des problèmes cardiaques, d'insuffisance cardiaque ou autre maladie."

- **Selon vous, et pourquoi et comment devrait-on déployer l'IA à l'hôpital ? Surtout, pourquoi ?**

“L’IA c’est un processus qu’il faut comprendre de façon globale. L’intelligence artificielle, ce dont on parle aujourd’hui, c’est pas forcément de l’intelligence d’ailleurs car c’est artificielle donc c’est du numérique et est-ce que c’est intelligent ? En fait, cela ne fait que reproduire des raisonnements que l’on tient de façon automatique quand on fait un métier. De la même manière que l’on monte dans une voiture, on met en marche le moteur, on passe la première, on enlève le frein à main après avoir mis la ceinture de sécurité, on regarde dans le rétroviseur etc. Les premières fois où l’on fait ça, on le fait de façon consciente. C’est-à-dire qu’on apprend à le faire et puis un jour on le fait de façon inconsciente. Eh bien, quand un radiologue lit une radio, il fait beaucoup de chose de façon inconsciente mais il a appris étape par étape à le faire de façon consciente l’une après l’autre de façon à ce que cela soit régulier. L’algorithme, c’est-à-dire ce qu’on appelle aujourd’hui l’intelligence artificielle, c’est un logiciel informatique qui reproduit étape par étape ce que fait un radiologue quand il lit une image, par ex : un nodule dans le poumon.”

- **Si c’est automatisé, c’est donc du Deep Learning ?**

“Non, le Deep Learning cela n’a rien à voir. Il ne faut pas confondre l’informatique et la pratique. L’informatique c’est toute la partie qui décrit comment ça marche techniquement donc là on entend Machine Learning, on entend Deep Learning. D’accord ? Moi ce dont je parle c’est de l’algorithme, c’est-à-dire ce que veut dire intelligence. En fait, le logiciel informatique ne fait que représente des actions mentales que mènent le radiologue quand il regarde une image, il fait un certain nombre de choses de façon très automatisé, comme le fait la machine avec le logiciel sauf que du coup, la machine le faisant pour lui, ça va lui faire gagner du temps pour pouvoir faire autre chose.”

- **D’accord. Et à partir de quand avez-vous décidé de mettre en place l’IA en place dans votre service ?**

“Alors, moi j’ai voulu la mettre en place dès septembre 2018. Pourquoi ? Parce que je m’intéresse à l’IA depuis maintenant 35 ans. Et donc, il y a eu plusieurs phases dans l’IA mais ce qui est très important ces dernières années. C’est que depuis 2012, sont apparus des progrès technologiques qu’on appelle les réseaux de neurones. Ces progrès technologiques permettent d’une part grâce aux nouveaux ordinateurs d’aller beaucoup plus vite et de traiter une grande quantité d’informations. Voilà. La grande quantité d’informations, ça s’appelle le Deep Learning. Deep, veut dire profond, ce qui signifie que l’on peut traiter énormément de données de même nature ou de nature différente. La vitesse pour traiter ça, c’est ça le vrai progrès. C’est le calcul mais très très très rapide c’est de l’ordre de la milliseconde, ce qui est vraiment très court.”

- **Comment avez-vous fait pour faire adhérer les radiologues et les manipulateurs radio à l'IA ? N'y-a-t-il pas eu des confrontations, étaient-ils tous d'accord quand vous leur avez fait part de votre envie de mettre en place l'IA au quotidien ?**

"Quand j'ai commencé à parler de l'IA et aujourd'hui encore j'en parle souvent dans des conférences etc. La première crainte c'est de dire "ah oui, mais du coup ça va remplacer les radiologues. Ah mais du coup, ça va remplacer les manipulateurs radio." Et en fait, on voit bien qu'après la description que j'en ai faite, ça ne remplace pas. Cela permet de faire un certain nombre de travaux et des travaux qui sont des tâches répétitives et systématiques pour les radiologues ou les manipulateurs radio et ça va leur permettre d'utiliser du temps de leur travail pour faire des choses qu'aujourd'hui, ils n'ont plus le temps de faire."

- **Quel genre de choses n'ont-ils plus le temps de faire ?**

"Eh bien par exemple, s'occuper des patients. Ça c'est une bonne chose, c'est-à-dire que si j'économise 40% de mon temps quand je suis radiologue parce que j'ai de l'IA qui vient me faire gagner du temps. J'en fais quoi ? Bah peut-être que je peux travailler sur des cas plus complexes ou y passer plus de temps. Je vais sûrement aller voir les cliniciens, c'est-à-dire les chirurgiens et les médecins et pouvoir discuter avec eux des images. Alors qu'aujourd'hui ils n'ont pas le temps, ils ne font que courir derrière des images. Par ailleurs, ils pourraient aussi passer du temps avec les patients pendant, avant ou après que qu'ils fassent l'examen. C'est-à-dire qu'ils peuvent les interroger, ils peuvent revenir sur une image parce qu'elle leur paraît discutable. Essayer de comprendre davantage les maladies. Donc 40% du temps c'est énorme et ça permet probablement de revenir vers les patients sous une forme directe ou une forme indirecte en passant par les cliniciens."

- **Mais quand vous dites 40% du temps, c'est quelque chose que vous avez calculé ?**

"Le chiffre fantasmagorique que l'on entend partout, c'est que ce serait 40% du temps mais ça ce sont les hyper techniciens de l'informatique qui disent qu'une machine peut, pour les mêmes tâches, faire travailler le logiciel en gagnant 40% du temps. Donc ça on a mesuré qu'un logiciel cadflow fait gagner 45% du temps. Mais, c'est un logiciel qui fait gagner du temps donc la question, c'est "est-ce que cela va remplacer 40% des radiologues?" la réponse aujourd'hui, c'est d'abord : on en sait rien et personne ne peut y répondre."

- **Donc aucun radiologue ni manipulateur radio n'étaient réfractaires à l'idée de l'IA ?**

"Alors, des radiologues réfractaires il y en avait. Ils me disaient "mais vous allez nous remplacer par des machines." et puis des manipulateurs radio réfractaires il n'y en a pas eu car ils sont plutôt jeunes et plutôt preneurs mais en expliquant bien ce que c'est. En mettant en place l'intelligence artificielle, tout le monde se rend compte que ce n'est pas du tout ce que nous annonce le journal du dimanche. Non, d'abord, il faut prouver qu'il y a du temps gagné. Il faut prouver que ce temps gagné il est utilisé pour s'organiser différemment. Pour faire de la médecine. Et puis probablement, ces analyses qui sont faites par la machine de manière systématique sont mieux réalisées par la machine pendant les 12h où la machine fait les analyses. C'est-à-dire que le médecin à 8h du matin, il n'est pas dans la même position que 8h du soir. Et donc, s'il a travaillé 12h il est probablement un peu fatigué. Ce que la machine ne sera jamais. Donc l'intérêt aussi, c'est que pour le patient, il y a une sécurité de l'analyse. Et à mon avis, c'est un intérêt important pour le patient. Il pourra dire que cela ne dépend pas du radiologue, c'est-à-dire de la qualité du radiologue, de la manière dont il est formé. Tout ceci va simplement dépendre de l'algorithme mais l'algorithme on va lui demander de faire quelque chose dont on est sûr que le résultat sera à la hauteur de ce qu'on a demandé puisque c'est nous qui l'aurons fabriqué."

- **Donc cela n'a pas pris beaucoup de temps d'expliquer cela aux radiologues ?**

"Non, cela n'a pas pris beaucoup de temps et finalement, en voyant les choses se mettre en place dans le concret, ils s'aperçoivent que c'est beaucoup moins important que ce que tout le monde raconte. En fait, les choses vont arriver et elles vont arriver plus lentement. Cela se fera néanmoins rapidement dans le temps. Je pense que d'ici 3 à 5 ans, l'IA aura pris sa place complète dans l'imagerie. Mais c'est dans 3 à 5 ans qu'on verra quels sont les impacts sur la façon dont les organisations ont bougé. 3 à 5 ans, ce n'est pas demain matin. Donc cela veut dire que ça laisse le temps de s'organiser et surtout de s'adapter."

- **N'y-a-t-il pas tout de même un impact budgétaire de mettre en place l'IA ? Si dans 3 à 5 ans comme vous le dites, on se rend compte qu'on a besoin de moins de radiologues ou manipulateurs radio, la machine remplacera donc bien les médecins/ paramédicaux.**

"Déjà aujourd'hui vous avez 45% des postes de radiologues dans les hôpitaux qui ne sont pas occupés. Donc déjà on est à moins 45% de radiologues. Donc, les postes qui sont occupés, sont occupés par des gens qui ne font que courir toute la journée et lisent du noir et du blanc au kilomètre toute la journée. Ils ne font que ça et ils sont asservis aux machines. C'est-à-dire d'ailleurs

que les machines produisent des images et eux regardent les images qui sont produites par les machines. Je ne suis pas sûr que ce soit ça le vrai métier d'un médecin qui est radiologue car le radiologue c'est d'abord un médecin. A mon avis, ça peut apporter un support aux radiologues, ça peut faire gagner du temps à ceux qui sont là. Ce support est relativement intéressant car c'est quelque chose qui donne de l'expertise donc ce n'est pas juste un truc pour réduire le nombre de radiologues. Parce que déjà, des radiologues, il nous en manque beaucoup. Donc avant de réduire le nombre, il faudrait déjà avoir le nombre. Et pour les manipulateurs radio c'est pareil. On va leur demander probablement, grâce à l'intelligence artificielle, de faire leur métier avec un peu plus de rigueur. Ils pourront travailler sur les protocoles, ils pourront probablement s'occuper des patients différemment, car les machines libéreront du temps et ces logiciels vont leur libérer du temps pour qu'ils puissent parler aux gens. Aujourd'hui, ils n'ont pas le temps, ils sont à la tâche. Et il faut sortir les métiers du travail à la tâche car cela n'a aucun sens."

- **Avec ce qu'Arterys a mis en place aujourd'hui, vous avez ou les médecins ont-ils déjà remarqué un changement ? Y-a-t-il déjà des bénéfices ?**

"Pas encore. Mais on est en train de le faire. Aujourd'hui on observe, on fait des travaux et on prend un certain nombre d'indicateur et on regarde comment se passent les choses, c'est-à-dire déjà : est-ce que c'est facile de travailler avec ? est-ce que c'est gênant ? est-ce que cela apporte quelque chose au diagnostic ? quand je compare mon propre diagnostic avec la machine, où est-ce que j'en suis etc."

- **Est-ce donc un projet polaire ou institutionnel ?**

"C'est un projet institutionnel car c'est un processus général. Ce que je disais au départ avec l'imagerie vaut pour toutes les pratiques. Aujourd'hui, grâce à ce projet sur l'IA en imagerie, on est train de développer de l'IA en pharmacie, en infectiologie, sur les parcours patient avant les urgents pour savoir pourquoi les patients arrivent-ils plus à un certain moment de l'année, quels sont les types de patients qui arrivent à telle ou telle période de l'année etc. Donc on travaille dans des projets IA dans l'institution. On est en train de travailler sur un projet d'IA en soin de support en cancérologie, une fois qu'on a soigné des patients pour leur apporter des traitements de support ou des traitements palliatifs par exemple. L'IA va donc se répandre dans tout le système des activités hospitalières et au-delà de l'hôpital, dans tout le système des activités de santé. Car on va pouvoir suivre des malades à partir de l'hôpital vers le territoire et peut-être même chez eux. Voir comment ils évoluent de chez eux. Donc ce n'est pas un investissement pour l'imagerie car elle doit avoir probablement plusieurs années d'avance vis-à-vis des autres spécialités donc elle est un peu

un pionnier de ce que l'on peut faire. Donc la solution Arterys que nous avons pris, c'est une solution qui est une solution plateforme. C'est-à-dire qu'on a un outil qui est sur le cloud et qui peut traiter de grandes quantités d'information à des vitesses très importantes et sans aucune limite. Ce qui veut dire que dessus, quel que soit le logiciel, l'algorithme que l'on veut brancher, on peut brancher n'importe quel type d'algorithme sur la plateforme que nous avons. Moi j'appelle cela une plateforme systémique, c'est-à-dire que cela traite dans le système. Et cela peut traiter des soins vers la santé en général, y compris le citoyen qui n'est pas encore malade et à qui on pourrait apporter de la prévention en connaissant mieux les maladies."

- **Ceci m'effraie rien que par rapport au fait que si les banques ou les assurances s'appropriaient les données des patients, on pourrait se dire qu'ils feraient payer plus les personnes souffrant de maladie simplement parce que celles-ci vont leur coûter plus cher à assurer. Mais on en est probablement loin.**

« Eh bien, on en est loin et près à la fois. C'est-à-dire que c'est un risque mais c'est très intéressant de regarder comment les choses évoluent aux Etats-Unis ou on s'aperçoit que effectivement. Euh.. aux Etats-Unis on a des assurances qui sont privées, des banques évidemment qui sont privées et on a une santé qui est euh...privée aussi. Et qu'est-ce que l'on voit ? C'est qu'ils ne partagent pas du tout les données. Parce qu'en fait les gens qui produisent les données de santé, c'est-à-dire, disons les hôpitaux, n'ont aucun intérêt aujourd'hui. Mais aucun. A vendre leurs données à des assurances. Pourquoi ? Parce que si leur patient sont mal assurés, ils gagneront moins d'argent donc ils n'ont pas d'intérêt. Donc on peut imaginer que ici en France, on ait exactement le même souci. Et donc probablement qu'on ira non pas vers une captation des informations par je ne sais qui, qui serait un grand méchant loup. On pourrait penser à l'industrie pharmaceutique par exemple sur le médicament donc bien sûr qu'il y a des risques de captation. Les risques existent mais on voit bien que dans les systèmes qui sont ouverts, ces risques sont verrouillés par tous les acteurs donc on échange encore moins dans les systèmes ouverts comme aux Etats-Unis. Donc il y a des risques mais ils sont compensés par de la rigueur et de la sécurité. »

- D'accord, bon de toute manière, nous verrons cela dans 10ans.

« C'est ça »

- **Eh bien Monsieur CASTELLS, je vous remercie pour le temps que vous avez pris pour répondre à toutes mes questions. Ceci m'aidera beaucoup. Et bien évidemment, je vous transmettrai mon mémoire lorsqu'il sera terminé. Merci encore et une bonne journée à vous.**

ANNEXE III :

Grille d'entretien à destination des praticiens hospitaliers de l'imagerie de l'hôpital de Valenciennes

Discours d'introduction :

Bonjour et merci d'avoir accepté cet entretien. Je m'appelle Zoé BOUDRY et je suis apprentie à la Cellule Méthode et Projets depuis octobre dernier. Je réalise mon mémoire de fin d'étude sur l'IA et plus particulièrement sur la problématique suivante "l'IA disqualifierait-elle les compétences des praticiens hospitaliers dans le secteur de l'imagerie ?"

Cet entretien, si vous me le permettez, est enregistré et sera partiellement retranscrit dans mon mémoire. L'objectif est de connaître votre avis sur l'IA qui se déploie dans le service dans lequel vous travaillez.

Questions	Réponses
Nom, prénom, âge	
Fonction dans le service	
Depuis combien de temps travaillez-vous dans l'établissement et le service d'imagerie ?	
Que pensez-vous de l'IA ?	
Comment avez-vous appris que l'IA se déploie dans votre service ?	
Avez-vous des craintes ? Pensez-vous que l'IA va vous permettre d'être plus productif dans votre travail ?	
Qu'attendez-vous de ce projet d'IA ?	

ANNEXE IV :

Plan de déploiement pour le projet de l'intelligence artificielle au CHV

Chantier 1 : SYSTÈME D'INFORMATION

1.1	Intégration technique	1.1.1	Identifier les modalités d'utilisation par les praticiens (CR)
		1.1.2	Installer les 2 serveurs PHI et DATA COLLECTION
		1.1.3	Installer le service dit "PHI" (Protected Healthcare Information) Service" (hors hardware)
		1.1.4	Tester l'URL Launching sur toutes les modalités
		1.1.5	Procéder à l'intégration de la solution Arterys dans le RIS via un appel contextuel
		1.1.6	Envoyer les examens cardiaques de l'IRM Siemens vers Arterys pour tester la configuration des protocoles
		1.1.7	Effectuer la mise en place du flux DICOM pour envoi d'image vers le serveur PHI via passerelle VEPRO dédiée au PUSH
		1.1.8	Envoyer les examens d'IRM cardiaques en préparation de la formation (cf. chantier 2)
		1.1.9	Recenser les lieux géographiques d'utilisation, ainsi que les PC utilisateurs avec le système d'exploitation afférent : secteur programmé, secteur RI, secteur Urg
		1.1.10	Vérifier les accès au niveau des différentes consoles d'interprétation (constructeur, PC d'interprétation, consoles PACS) + Chrome
		1.1.11	Installer et réceptionner l'application et les interfaces logiciels sur PC (tests AW serveur à faire avant : cf. projet Equipements)
		1.1.12	Valider les devis Acetiam
		1.1.13	Optimiser le débit du réseau Internet CHV
		1.1.14	Développement multi-séries pour l'IRM Siemens
		1.1.15	Effectuer la mise en place du flux DICOM pour la récupération des données depuis le serveur de data collection via passerelle VEPRO dédiée au Query/Retrieve
		1.1.16	Faire l'intégration du CR IA dans le CR RIS du radiologue
		1.1.17	Développer le connecteur d'authentification SSO pour l'application Arterys
		1.1.18	Procéder à l'intégration dans le RIS par le CHV suite à la release du URL launching (PHI Team)
		1.1.19	Tester et valider l'application Arterys : finaliser une check-list d'admission
1.2	Déploiement du module Viewer	1.2.1	Installer Le viewer multi-modalités (CT, IRM)
		1.2.2	Lister les utilisateurs "Viewer" et définir leurs droits respectifs (radiologue, manipulateur, clinicien) au fur et à mesure du déploiement du projet (licences)
		1.2.3	Installer le Viewer Universel (MSK, Xray, Ultrasons, partage)
1.3	Module Cardiaque - IRM	1.3.1	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.3.2	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle et d'aide au diagnostic en IRM Cardiaque (segmentation)
		1.3.3	Déployer le logiciel IA de Caractérisation tissulaire en IRM cardiaque
1.4	Module Foie - IRM	1.4.1	Recenser un inventaire des données pour le module Foie IRM
		1.4.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.4.3	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle en segmentation et suivi automatique des lésions hépatiques en IRM (segmentation)
1.5	Module Poumons - TDM	1.5.1	Recenser un inventaire des données pour le module Poumons TDM
		1.5.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.5.3	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle de détection de nodules pulmonaires en scanner (segmentation et détection)
1.6	Module Mammographie - RX	1.6.1	Recenser un inventaire des données pour le module Mammographie - RX
		1.6.2	Envoyer les rapports et biopsies de mammographies
		1.6.3	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.6.4	Déployer le module de triage des images de mammographie entre cas normaux et pathologiques
		1.6.5	Déploiement de nouvelles fonctions pour le module de mammographie : détection et localisation des lésions, génération du rapport avec Bi-RADS
		1.6.6	Commander et mettre en place 2 consoles avec 2 écrans 5 million de pixel en salle d'interprétation// console PACS à paramétrer pour IA ?
1.7	Module MSK - RX	1.7.1	Recenser un inventaire des données pour le module MSK - RX
		1.7.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.7.3	Faire valier le module par l'urgentiste référent
		1.7.4	Déployer le module de triage des images en MSK-RX entre cas normaux et pathologiques
1.8	Module Thorax - RX	1.8.1	Recenser un inventaire des données pour le module Thorax - RX
		1.8.2	Faire valier le module par l'urgentiste référent
		1.8.3	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.8.4	Déployer une solution de détection de pathologies pulmonaires à partir de RX (Normal/anormal, fractures, pneumothorax, lésions)

1.9	Module AVC - TDM	1.9.1	Recenser un inventaire des données pour le module AVC- TDM
		1.9.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.9.3	Déployer le module de triage des images de Scanner entre cas normaux et pathologiques
1.10	Module Sein - IRM	1.10.1	Recenser un inventaire des données pour le module IRM Sein
		1.10.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.10.3	Déployer le module d'aide à la détection du cancer du sein à partir d'IRM (Détection et segmentation)
1.11	Module Foie - TDM	1.11.1	Recenser un inventaire des données pour le module Foie TDM
		1.11.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.11.3	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle en segmentation et suivi automatique des lésions hépatiques en TDM (segmentation et détection)
1.12	Module Prostate - IRM	1.12.1	Recenser un inventaire des données pour le module IRM prostate
		1.12.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.12.3	Déployer une solution de détection de cancer de la prostate à partir d'IRM (Détection et segmentation)
1.13	Module AVC- IRM	1.13.1	Recenser un inventaire des données pour le module Neuro - IRM
		1.13.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.13.3	Déployer le module de triage des images d'IRM entre cas normaux et pathologiques
1.14	Module Neuro / modalité ?	1.14.1	Recenser un inventaire des données pour le module Neuro
		1.14.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.14.3	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle d'aide au diagnostic
1.15	Module Mammo - 3D (Tomo)	1.15.1	Recenser un inventaire des données pour le module Mammo 3D (tomo)
		1.15.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.15.3	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle d'aide à la détection et segmentation à partir de Mammo 3D (tomo)
1.16	Module Thorax - TDM	1.16.1	Recenser un inventaire des données pour le module Thorax - TDM
		1.16.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.16.3	Déployer une solution de détection et triage à partir de TDM
1.17	Module Cardiaque - TDM	1.17.1	Recenser un inventaire des données pour le module Cardiaque - TDM
		1.17.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.17.3	Déployer une solution d'intelligence artificielle pour le module cardiaque de détection et segmentation à partir de TDM
1.18	Module MSK - IRM & TDM	1.18.1	Recenser un inventaire des données pour le module MSK - IRM & TDM
		1.18.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.18.3	Déployer le module de triage en MSK IRM & TDM
1.19	Module IRM Diffusion et Perfusion- NEURO	1.19.1	Recenser un inventaire des données pour le module - IRM Diffusion et Perfusion
		1.19.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.19.3	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle d'aide au diagnostic
1.20	Module Ganglions Lymphatiques / modalité ?	1.20.1	Recenser un inventaire des données pour le module
		1.20.2	Faire valider le module par le radiologue référent (clinique)
		1.20.3	Déployer le logiciel d'intelligence artificielle d'aide au diagnostic

Chantier 2 : Unité fonctionnelle IMAGERIE

2.1	impact organisationnel : impact métier radiologue/ manipulateur	2.1.1	Nommer les référents : radiologues informatiques imagerie et DSI
		2.1.2	Ecrire et présenter aux radiologues le processus d'interprétation d'un examen d'imagerie avec IA; Préciser également les accès des cliniciens sur une partie de ce processus; Le diffuser sur le tutoriel du RIS et lors des formations;
		2.1.3	Valider le processus d'interprétation d'un examen d'imagerie avec IA et le publier dans la GED du RIS
		2.1.4	Communiquer au CHV la plaquette de formation pour le viewer
		2.1.5	Quantifier la charge de travail du radiologue par module déployé
		2.1.6	Réaffecter les tâches radiologues vers d'autres tâches
		2.1.7	Quantifier la charge de travail du manipulateur
2.2	Déploiement du module Viewer	2.2.1	Former les utilisateurs médicaux : cliniciens
2.3	Module Cardiaque - IRM	2.3.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.3.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.3.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.4	Module Foie - IRM	2.4.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.4.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.4.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.5	Module Poumons - TDM	2.5.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.5.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.5.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer

2.6	Module Mammographie - RX	2.6.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.6.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.6.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer = le module de triage des images de mammographie entre cas normaux et pathologiques
		2.6.4	Etude SIFEM (étude cohorte de 150kx2 cas de mammo Rx) : lecture 1
		2.6.5	Etude SIFEM (étude cohorte de 150kx2 cas de mammo Rx) : lecture 2
		2.6.5	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer = détection et localisation des lésions, génération du rapport avec BI-RADS
2.7	Module MSK - RX	2.7.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.7.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.7.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.8	Module Thorax - RX	2.8.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.8.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.8.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.9	Module AVC - TDM	2.9.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.9.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.9.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.10	Module Sein - IRM	2.10.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.10.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.10.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.11	Module Foie - TDM	2.11.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.11.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.11.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.12	Module Prostate - IRM	2.12.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.12.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.12.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.13	Module AVC- IRM	2.13.1	Organiser le dépannage niveaux 1 et 2 après la formation des radiologues (accompagnement post-formation)
		2.13.2	Valider la procédure de dépannage
		2.13.3	Organiser les opérations de maintenance et d'upgrade logiciel IA (impact sur la continuité de service au CHV)
		2.13.4	Valider la procédure de maintenance et d'upgrade
2.14	Module Neuro / modalité ?	2.14.1	Mettre en place une évaluation (indicateurs de production, indicateurs de processus à définir)
		2.14.2	Mettre en place une évaluation du support technique en termes de délai de résolution de problèmes, et volumétrie des appels pour dépannage
2.15	Module Mammo - 3D (Tomo)	2.15.1	Mettre en place une évaluation (indicateurs de production, indicateurs de processus à définir)
		2.15.2	Mettre en place une évaluation du support technique en termes de délai de résolution de problèmes, et volumétrie des appels pour dépannage
2.16	Module Thorax - TDM	2.16.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.16.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.16.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.17	Module Cardiaque - TDM	2.17.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.17.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.17.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.18	Module MSK - IRM & TDM	2.18.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.18.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.18.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.19	Module IRM Diffusion et Perfusion- NEURO	2.19.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.19.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.19.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer
2.20	Module Ganglions Lymphatiques / modalité ?	2.20.1	Former les référents médecins, informatiques et manipulateurs
		2.20.2	Informar l'ensemble des équipes paramédicales
		2.20.3	Former les utilisateurs médicaux (radiologues et cliniciens) à la réception du module + Viewer

Chantier 3 : ETUDES MEDICO-ECONOMIQUES

3.1	Etudes proposées dans le marché	3.1.1	Faire une étude relative à la réduction des erreurs de diagnostics et à la variabilité de diagnostic. L'étude devra mettre en exergue une amélioration des bonnes pratiques médicales et la réduction des examens inutiles grâce à la solution apportée par le Titulaire
		3.1.2	Faire une étude relative à l'optimisation de l'allocation des ressources au sein du GHT
		3.1.3	Faire une étude relative à l'amélioration de la prise en charge des cas complexes et du parcours patient grâce à la solution d'intelligence artificielle et du gain de temps d'interprétation permettant aux radiologues de diminuer les tâches routinières sans valeur ajoutée
		3.1.4	Faire une étude relative à l'accroissement de l'accès à une médecine plus préventive et une diminution de la durée moyenne de séjour grâce à un diagnostic plus précoce grâce à la solution d'intelligence artificielle (exemple : mammographie, cancer du poumon et de la prostate).
		3.1.5	Organiser une rencontre avec les cardiologues et sénologues pour appréhender leur workflow et manière de travailler
3.2	Etude d'impact sur la DMS	3.2.1	Faire une étude médico-économique sur les impacts des modules d'IA Cardio/nodules pulmonaires/Foie en IRM sur la DMS
		3.2.2	Auditer la durée moyenne de séjour au CHV sur les pathologies relatives aux modules IA
		3.2.3	Proposer un sujet de l'étude sur l'apport de l'IA sur l'imagerie en cardiologie, CT poumons, Foie IRM
		3.2.4	Identifier les patients (IPP) à inclure dans l'étude
		3.2.5	Sélectionner le top en terme d'impact sur la DMS des 5 séjours GHS
		3.2.6	Analyser la définition de ces tops 5 séjours
		3.2.7	Analyser le nombre de soins au CHV et de la patientèle (+ de soins aux mêmes patients)
		3.2.8	Analyse territoriale des patients n'ayant pas accès aux soins sur le territoire
		3.2.9	Concentrer l'analyse sur la neurologie et cardiovasculaire
		3.2.10	Faire une analyse de la DMS de ces 5 séjours
		3.2.11	Définir les données à demander au département PMSI pour conduire l'étude
		3.2.12	Scinder l'analyse de l'impact côté chirurgie (actes classants) et côté médecine (pas d'actes classants)
		3.2.13	Analyser les taux de re-hospitalisations (aucune recette si re-hospitalisation pour le même motif entre 48 et 72 heures)
		3.2.14	Analyser l'impact de l'IA sur ces re-hospitalisations
		3.2.15	Rédiger et valider un article pour publication externe
		3.2.16	Publier l'article dans le cadre d'un contrat avec un éditeur
3.3	Etude productivité sur le module triage mammo	3.3.1	Faire une étude clinique ou productivité relative à la mammographie
		3.3.2	Auditer le temps d'interprétation en mammographie au CHV
		3.3.3	Proposer un sujet de l'étude sur l'apport de l'IA sur l'imagerie en sénologie
		3.3.4	Identifier les patients (IPP) à inclure dans l'étude
		3.3.5	Traiter et analyser les données
		3.3.6	Rédiger et valider un article pour publication externe
		3.3.7	Publier l'article dans le cadre d'un contrat avec un éditeur
		3.3.8	Intervenir sur le congrès SIFEM LILLE (étude cohorte de 150kx2 cas de mammo Rx)

3.4	Etude sur le changement des métiers, pratiques et organisations	3.4.1	Auditer les organisations de travail et les maquettes RH (PM et PNM) du pôle imagerie sur les 3 secteurs Programmé/Urgences/RI
		3.4.2	Recueillir le nombre de radiologues/activité hospitalière et externe (besoin d'avoir accès au compte d'exploitation du pôle Imagerie)
		3.4.3	Analyser le temps d'interprétation moyen par acte d'imagerie par modalité/spécialité
		3.4.4	Tester sur plusieurs sites des temps d'interprétation par module clinique IA à des intervalles de temps régulières
		3.4.5	Mesurer le temps gagné par module spécialité/modalité pour les radiologues et manipulateurs
		3.4.6	
		3.4.7	organiser puis animer un groupe de travail sur le changement des métiers et l'impact sur les organisations
		3.4.8	Rédiger et valider un article pour publication externe
		3.4.9	Publier l'article dans le cadre d'un contrat avec un éditeur
Chantier 4 : AFFAIRES ECONOMIQUES ET SUIVI			
4.1	Contractualisation, suivi des commandes et attribution des licences d'utilisation maintenance	4.1.1	Prédéfinir un nouveau modèle de facturation sur la base du marché existant
		4.1.2	Formaliser le plan de financement de la prestation Arterys
		4.1.3	Formaliser le plan Produit
		4.1.4	Liquider la facture correspondant au bon de commande du premier trimestre de l'année 1, après réception par le pôle 1 (lancement de la prestation Arterys selon l'AE signé le 25/06/18)
		4.1.5	Emettre le bon de commande du 2nd trimestre de l'année 1
		4.1.6	Signer et diffuser le bon de commande du 2nd trimestre de l'année 1
		4.1.7	Actualiser le plan produit pour préparer la réception des produits avant liquidation de la facture correspondant au bon de commande du 2nd trimestre de l'année 1
		4.1.8	Liquider le bon de commande du 2nd trimestre de l'année 1

L'UTILISATION DE L'IA A L'HOPITAL DE VALENCEINNES DANS LE SECTEUR DE L'IMAGERIE : L'IA DISQUALIFIERAIT-ELLE LES COMPETENCES DES PRATICIENS HOSPITALIERS DANS LE SECTEUR DE L'IMAGERIE ?

Depuis le début de l'**IA** dans les années 50, ce domaine de recherche et de développement s'est développé de manière très rapide. Aujourd'hui, les ordinateurs ont une puissance de calcul leur permettant de résoudre des équations et des problèmes très rapidement. Grâce à cette puissance de calcul, l'IA a la possibilité de récolter une masse considérable de **données** permettant à l'homme de faire apprendre la **machine**.

En **France**, c'est dans le domaine de la **santé** que l'IA se développe de façon exponentielle : détecter des cancers en imagerie, orienter parfaitement le patient en fonction de sa pathologie, désengorger des salles d'attente grâce à un robot doté d'IA et qui est capable de faire un pré-diagnostic. Voici les promesses de l'intelligence artificielle.

De nombreuses recherches et des entretiens semis-directifs ont été réalisés et ont démontré que même si cette **innovation** a et aura des **impacts** sur les **emplois** dans le domaine de la santé et plus particulièrement dans le secteur de l'**imagerie**, elle ne disqualifiera pas les compétences des professionnels l'utilisant.

Mots clés : **Intelligence artificielle, données, machine, France, santé, innovation, impacts, emplois, imagerie**

THE USE OF AI AT THE HOSPITAL OF VALENCEINNES IN THE IMAGING INDUSTRY : DOES AI DISQUALIFY THE SKILLS OF DOCTORS IN THE IMAGING INDUSTRY ?

Since the birth of **AI** in the 50's, this field of research and development has grown fastly. Today, computers have got a computing power who enable to resolve equations and problems very quickly. Thank's to this computing power, AI can collect a lot of **data** allowing humans to teach the **machine**.

In **France**, it's in the **health** field that the development of AI is the most important : detect cancers in imagery, guide patient according to his/her pathology, reduce the numbers of patient in the waiting room thank's to a robot equipped with AI and who is capable to make a pre-diagnosis. That are the promises of AI.

A lot of research and semi-structured interview has been realized et show that even if this **innovation** has and will have some **impact** on the **jobs** in the health field and more particularly in the **imaging industry**, this will not disqualify the skills of doctors who's work with it.

Key-words : **AI, data, machine, France, health, innovation, impact, jobs, imaging industry**