

Synthèse d'article

*Sujet 1 : L'intelligence
artificielle au service de
la santé*

*Firmin-Pignot Jeff
Inaya Victor
Bamba William*



Université Claude Bernard



Lyon 1

TABLE DES MATIÈRES :

I .Les limites de la mécanisation de la pensée et comment formaliser les données médicales.....	3
II.L'intelligence artificielle au service des diagnostics.....	6
III.L'intelligence artificielle rentre au bloc.....	10

De nos jours, l'intelligence artificielle est de plus en plus présente autour de nous. Omniprésente dans notre quotidien, la plupart des objets que nous utilisons sont équipés d'une IA. Mais nous ne sommes pas vraiment conscient de quel façon elle transforme la vie qui nous entoure. Aujourd'hui, l'IA peut paraître pour certains comme un gadget ou une utopie mais une IA pourrait bien être votre médecin de demain.

Tout d'abord, nous devons introduire le concept de l'IA. Historiquement, l'idée d'intelligence artificielle semble émerger dans les années 1950 avec Alan Turing et qui en découle en 1980 son fameux Test de Turing qui permet d'évaluer la capacité d'une machine à tenir une conversation humaine. Pendant une longue période l'usage de l'IA est surtout militaire. Mais en 2000 les ordinateurs personnels deviennent de plus en plus accessibles, Internet se déploie, les smartphones voient le jour. Mais c'est seulement à partir de 2010 que l'IA commence à exploser elle est capable de gagner contre des humain à des jeux complexe.

Elle a eu un impact important sur la médecine, et est actuellement utilisée dans plusieurs secteurs médicaux. Elle modifie progressivement la pratique de la chirurgie avec le développement technologique avancé de l'imagerie, de la navigation et de la robotique.

De ce fait, nous avons décidé de nous intéresser sur la manière dont l'Intelligence Artificielle influence la médecine. Nous allons voir dans un premier temps Les limites de la mécanisation de la pensée et comment formaliser les données médicales , puis ensuite comment l'IA peut aider les médecins à émettre un diagnostic et enfin comment l'Intelligence Artificielle s'introduit dans les blocs opératoires.

I . Les limites de la mécanisation de la pensée et comment formaliser les données médicales

Écrit par Jean Charlet diplômé de l'Ecole Centrale de Paris et docteur en informatique, et chercheur en informatique. Et Gunnar Declerck Maître de Conférences en Philosophie Épistémologie, histoire des sciences et des techniques. Cet article théorique "Intelligence Artificielle, ontologies et connaissances en médecine. Les limites de la mécanisation de la pensée" a pour but de faire un bilan sur les dernière avancées en terme d'ingénierie des connaissances médicales dans le domaine spécifique de la conception d'ontologies et systèmes à base de connaissances. Il se base sur les travaux de H.L.Dreyfus, il vise à montrer que la plupart des difficultés que nous rencontrons de nos jours dans le domaine de la santé en ce qui concerne l'ingénierie des connaissances sont liés à la nature même de l'IA. Ainsi l'article expose l'idée qu'une compréhension juste des capacités de ce que les machines peuvent faire et leurs limites est nécessaire. L'enjeux est donc d'équilibrer la balance entre les tâches allouables aux machines et celles laissées à la charge de l'humain.

Dans un premier temps l'article s'intéresse aux ontologies qui en informatique désigne l'ensemble structuré des termes et concepts représentant le sens d'un champ d'informations, que ce soit par les métadonnées d'un espace de noms, ou les éléments d'un domaine de connaissances.

Dans le domaine de la santé, les ontologies sont principalement utilisées pour normaliser des informations, que ce soit lors de la phase de rédaction des documents, ou lors d'un traitement postérieur destiné à les transformer dans un format les rendant exploitables pour des traitements automatiques.

Le principal problème qui se pose en médecine est que les observations sont rapidement périssables, et les délais dont on dispose pour les exploiter sont courts. Cela limite la fouille de données et l'extraction de connaissances lorsque ces opérations sont soumises à d'importantes contraintes de temps, comme dans le cadre de la pharmacovigilance, où la détection de signaux d'effets indésirables liés aux médicaments doit être rapide sous peine de conséquences parfois lourdes.

Selon les auteurs les difficultés actuelles ne sont pas liées au stade encore précoce du développement des expertises dans le domaine de la formalisation des connaissances ou à la conséquence d'une limitation actuelle des performances des machines. Mais elles sont liées au processus de formalisation qui rend les connaissances calculable.

Une compréhension claire de la nature du formel est indispensable pour évaluer ce que l'IA peut apporter à la médecine, et donc également ce qu'elle ne saurait lui apporter. C'est avant tout parce que les machines numériques ne sont capables de manipuler que des données formelles, soit des connaissances réduites à leur seule forme syntaxique.

Ainsi l'IA peut diagnostiquer une maladie en se basant sur des données mais elle ne pourra pas faire preuve d'intuition. Les machines ne pouvant manipuler que des connaissances préalablement exprimées en langage formel, il importe de déterminer ce qui, du savoir médical, est réductible à des compositions syntaxiques.

Dans un deuxième temps les auteurs s'intéressent au philosophe H.L.Dreyfus car des éléments de réponse à cette question peuvent être trouvés dans certaines de ses critiques qu'il a adressé à l'IA. Bien que ses critiques aient une portée plus générale que le seul domaine de l'IA appliquée aux connaissances médicales, ils ont constaté que la plupart des problèmes mis en évidence par Dreyfus se retrouvent sous une forme proche dans l'ingénierie des connaissances pour la santé.

La principal critique que Dreyfus met en évidence sur l'IA porte sur le caractère non formalisable et non propositionnel des connaissances. Plus généralement les compétences sur lesquelles repose le comportement de l'intelligence humaine. Qu'il s'agisse d'un comportement de résolution de problème tel que le jeu d'échecs ou d'un comportement d'adaptation aux situations de la vie quotidienne qui se déroule dans un cadre moins formel. Pour Dreyfus, cette conception fait erreur sur la nature de l'intelligence humaine et les mécanismes qui la compose.

Pour appuyer ce propos, Dreyfus mentionne notamment le rapport inverse entre la quantité de connaissances acquises et la rapidité de réaction à une situation chez l'humain et par les machines. Selon lui on ne peut ainsi développer de systèmes performants que si le domaine de connaissances sur lequel ils opèrent est d'avance circonscrit et normalisé.

La question qui se pose sur la formalisation de la connaissance en ingénierie des connaissances médicales est que la démarche actuellement menée, en particulier dans le domaine de la conception de systèmes à base de connaissances (SBC) exploitant des ontologies sont elles engagée dans une voie que Dreyfus considérait comme sans issue.

Des éléments de réponse peuvent être apportés sur plusieurs fronts. En ce qui concerne la formalisation du langage naturel et de la prise en compte du contexte. La difficulté majeure est de développer des systèmes capables de prendre en charge l'usage du langage fait par l'humain et la dépendance de la signification relative au contexte de l'arrière-plan. Les machines aiment les situations explicites mais la notion d'implicite est beaucoup trop complexe.

L'idéal serait de disposer d'outils capables de gérer les spécificités de documents écrit en langage naturelle comme le rapport d'un acte médical afin d'extraire les données pertinentes et de les exprimer sans assistance humaine dans un langage formel. Malheureusement aujourd'hui cela est impossible. Et l'apprentissage de la rédaction en langage contrôlé par les médecins qui pourrait être normaliser, ainsi compréhensible par les machine demanderait trop de temps d'apprentissage ainsi que de contrainte.

On arrive ensuite au problème de la formalisation du raisonnement. La question précédente de la formalisation des connaissances se trouve directement liée à celle de la formalisation des raisonnements, qui consiste à manipuler des connaissances, qui vont permettre d'en développer de nouvelles. Comme l'ont expliqué Berg & Toussaint et d'autres avant eux, les connaissances médicales sont le fruit d'un travail d'élaboration collectif, où la dimension d'échange est importante, et qui, pour cette raison, ne sont pas réductibles au résultat d'opérations formelles réalisées sur des représentations symboliques ou des propositions. Autrement dit, le travail de génération aussi bien que d'exploitation des connaissances médicales doit avant tout être compris comme un processus de cognition distribuée. Ces considérations posent une limite de principe aux performances que les SBC exploitant des ontologies sont capables d'atteindre dans la production de connaissances médicales. Ainsi il semble difficile de pouvoir déduire de nouveaux faits en se basant sur les anciens juste en appliquant uniquement des règles ou des processus de déduction dessus.

On pourra bien entendu toujours affirmer qu'il est possible de développer des algorithmes capables de simuler la dynamique de la négociation et de l'argumentation humaine, qui permettrait de simuler la connaissance mais cela semble utopique. Mais on s'expose alors aux objections de Dreyfus qu'il est en principe impossible de formaliser les savoir-faire et connaissances humaine qui par l'argumentation, l'échange, la discussion sont capables de parvenir à un consensus. Ce n'est toutefois un problème que si l'on se méprend sur le domaine de compétences des machines, en demandant à la machinique de réaliser ce que, par principe, elle est incapable de faire, étant donné la nature formelle de son fonctionnement.

En bref, seul une juste compréhension de ce que les machines ne peuvent faire peut offrir d'équilibrer convenablement la balance entre les tâches allouables aux machines et celles laissées à la charge de l'Homme. Et permettre de développer des dispositifs susceptibles d'assister efficacement le travail d'élaboration et d'exploitation des connaissances dans le domaine médical . Si on ne cherche pas à créer des machines qui pensent à notre place c'est à dire des machines intelligentes on n'est pas confronté au problème des prérequis de reproduire l'intelligence humaine.

En prenant en compte toutes les mises en gardes précédentes nous allons voir les progrès présents et futurs en termes de développement de l'Intelligence Artificielle au sein de la médecine .

II . L'intelligence artificielle au service des diagnostics

Actuellement, l'IA est en plein développement pour améliorer la manière de faire des diagnostics médicaux. Nous sommes arrivés à un point où elle permet d'émettre des diagnostics et d'aider de façon significative les médecins.

Oleksii Kharkovyna, spécialiste en Machine Learning, Data Science et Intelligence artificielle, dans son article "Artificial Intelligence & Deep Learning For Medical Diagnosis" pour le site [towardsdatascience](https://towardsdatascience.com/artificial-intelligence-and-deep-learning-for-medical-diagnosis/) nous détaille comment l'intelligence artificielle rend service pour les diagnostics. Il nous raconte qu'utiliser des intelligences artificielles pour des diagnostics offre de gros avantages pour assez peu de désavantages. Notamment la diminution du temps requis pour émettre un diagnostic lié à l'automatisation. Mais la pertinence de l'utilisation des intelligences artificielles est aussi due au fait de ses grandes capacités. Elles peuvent traiter plusieurs cas en parallèle, contrairement à un médecin traditionnel qui est limité à un seul patient. L'IA a déjà dépassé l'homme dans la vitesse de traitement, notamment dans la recherche de génomes et le domaine de l'imagerie médicale. En pouvant apprendre et analyser une plus grosse quantité d'informations qu'un humain ainsi que de prendre des décisions plus rapidement.

Tout l'enjeu actuel pour l'intelligence artificiel est de tenter de copier ou reproduire ce qu'on appelle l'intuition du médecin, qui est le fait de rendre un diagnostic en voyant juste quelques symptômes et en posant quelques questions au patient. On peut considérer cette intuition comme un réseau neuronal qui a acquis de l'expérience grâce aux différents cas rencontrés. Mais on en revient à la problématique soulevée précédemment, l'IA est très efficace dans un cadre bien défini mais dès que les variables externes sont floues ou inconnues elle est tout de suite moins performante. Par exemple, l'IA n'est pas capable de déceler le mensonge ou encore le mal-être. Si aujourd'hui l'IA peut fortement aider à émettre un diagnostic médical, elle ne peut pas totalement remplacer le contact humain donné par le médecin qui permet de déceler des informations non prises en compte par l'IA, on peut donc dire que les 2 sont complémentaires.

Dans un deuxième temps, son article nous parle des différentes startups qui ont vu le jour, pour donner différents exemples concrets de la manière dont l'intelligence artificielle aide les diagnostics. Nous pouvons diviser ces startups en 2 groupes. L'IA devant être utile à tout citoyen, nous pouvons parler en premier lieu des applications utilisables par tous les citoyens.

Car l'intelligence artificielle n'est pas forcément utilisée dans un contexte clinique. Cela serait compliqué si elle n'était utilisable qu'en clinique sachant que son rôle est de pouvoir faciliter l'accès à ces soins. Elle se doit aussi de faciliter la tâche des citoyens d'émettre un auto-diagnostic et à avoir un suivi.

Tout d'abord, nous pouvons parler de ADA qui est une application qui émet un diagnostic suite à différentes réponses à des questions posées ainsi que des infos données sur notamment les symptômes et peut rediriger l'utilisateur vers un médecin ou un spécialiste. Ainsi que Sense.ly, dont son rôle est plus destiné à surveiller la condition des personnes souffrantes de maladies chroniques ou de traitement à long terme. Tout en lui rappelant quand prendre ses médicaments et voir un spécialiste en utilisant différentes données sur le patient.

Mais, l'usage de l'IA doit aussi être mis à disposition des personnes plus spécialisées. Notamment dans les hôpitaux et les cliniques ou même encore pour les chercheurs. Elle se doit aussi d'aider les médecins dans la détection des maladies, ainsi que la raison de différentes gênes chez un patient.

Il y a comme exemple Lunit, qui a permis une augmentation de la probabilité de détection du cancer de 20 % à 83-86% en utilisant le Deep Learning ainsi qu'un logiciel de visualisation 3D. Ou encore PathAI qui aide au diagnostic de maladies complexes grâce au machine learning en analysant rapidement et de façon précise des images de cellules . Il est utilisé par des géants de l'industrie pharmaceutique tel que Novartis.

On voit donc que cette technologie est déjà utilisée et est actuellement utile pour nous aider quotidiennement. Sachant que cette technologie est encore en plein développement et sera donc plus tard encore plus performante et précise. On veut aussi utiliser cette technologie pour pouvoir aider le plus facilement les personnes qui ont un accès difficile aux soins pour avoir une plus grosse couverture à faible coût. On peut donc aisément dire que l'IA sera bientôt incontournable dans le domaine de la médecine.

Dans une troisième partie, Oleksii Kharkovyna nous dédie un passage pour parler des langages utilisés pour développer ces systèmes, on apprend qu'on aime utiliser des langages comme Python ou encore R mais dernièrement un nouveau langage nommé Julia commence à devenir l'incontournable pour le Machine Learning. Il y a plusieurs explications à cela. Oleksii nous dit qu'il est nous offre notamment un meilleur support pour des frameworks modernes comme TensorFlow et MXNet, ce qui le rend facile à s'adapter à nos travaux. Mais Dan Kopf, journaliste pour quartz daily brief s'est penché sur ce sujet nous en dit d'avantage. Il nous apprend donc que ce langage est optimisé pour la data analyse et le machine learning. Auparavant, on aimait utilisait Python et R pour leur facilité d'apprentissage mais étaient lent donc on devait ensuite réécrire le programme dans un autre langage comme le c++ ou java. Mais Julia a réussi à réunir les 2 et à être un langage autant facile d'utilisation que rapide, ce qui en fait un réel atout. Car spécifiquement fait pour implémenter rapidement les mathématiques de base qui sont liées à la data science comme les matrices ou l'algèbre linéaire ce qui en fait un réel atout. Les développeurs ont exprimé leur ambition de faire de Julia le langage numéro 1 pour la data science.

Depuis, Julia a été utilisé pour plusieurs projets. L'article de datatowards science nous donne encore une fois plusieurs exemples, notamment un projet d'aide pour le diagnostic de la rétinopathie diabétique qui est une maladie qui atteint plus de 126 millions de diabétiques et qui nécessite un dépistage rapide pour éviter une perte de la vue. Julia permet aux médecins d'avoir une vitesse de diagnostic beaucoup plus rapide en ayant une vitesse de traitement d'images 57x plus élevé qu'auparavant. Ou encore en aide avec contextflow, un projet pour aider les radiologues dans leur travail, en leur aidant dans la recherche d'information. En effet, les radiologues prennent actuellement la majeure partie de leur temps pour la recherche d'information et très peu pour l'interprétation. De ce fait, en réduisant drastiquement le temps nécessaire pour la recherche d'information, cela réduira par la même occasion leur charge de travail. Ce projet serait d'une aide incroyable car il promet la réduction du temps de recherche d'information de 20 minutes à environ 2 secondes.

Mais, en plus de détecter des problèmes actuels, l'IA permet aussi de les détecter avant même qu'ils n'arrivent, notamment avec google DeepMind. En incorporant beaucoup de sets de données à l'IA, celle-ci permet d'étudier toutes sortes de données et ainsi voir les différentes subtilités pour une personne au moment où elle a eu une aggravation et prendre ça comme une expérience. Ce qui permet un traitement beaucoup plus rapide, et une facilité de prise en charge par les médecins.

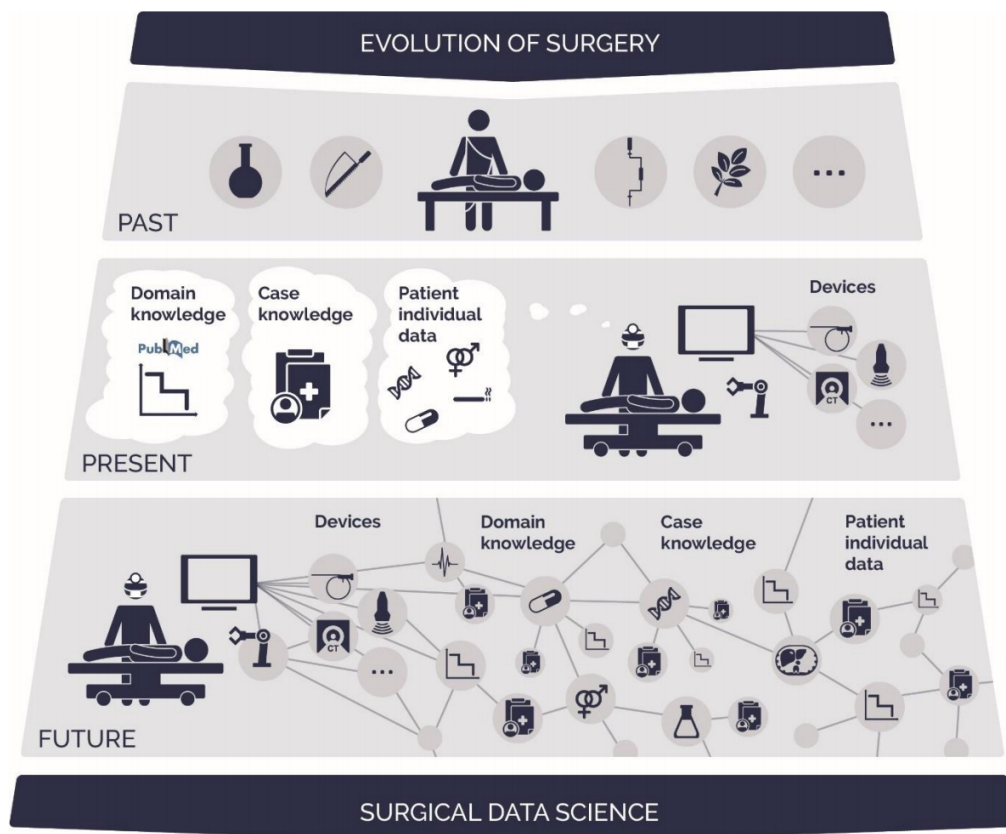
On peut dire que l'intelligence artificielle est très prometteur pour l'émission de diagnostics médicaux, qui malgré l'utilisation actuelle dans certains secteurs, tout en ayant de très bons résultats, est en amélioration constante pour être encore plus performante. Actuellement complémentaire au personnel médical, elle les aide grâce à leur capacité de traitement supérieures, ce qui leur permet de réduire leur temps d'analyse. Elle sera très certainement incontournable dans le futur pour permettre une meilleure accessibilité à la santé, ainsi qu'une plus grande précision des soins et diagnostics. Et peut-être même qu'un jour elle pourra remplacer les médecins complètement.

III . L'intelligence artificielle rentre au bloc

Un autre domaine d'application de l'Intelligence Artificielle en médecine est la chirurgie robotique assistée par IA. En effet, d'après l'article du Harvard Business Review sur les " 10 Promising AI Applications In Health Care" , l'intelligence artificielle se met aujourd'hui au service des interventions chirurgicales pour notamment simplifier la pratique des chirurgiens ou réduire les erreurs chirurgicales. Avec l'apparition de la robotique chirurgicale l'IA a aussi pour but de renforcer la capacité des systèmes robotiques chirurgicaux à percevoir la complexité de l'environnement in vivo afin de prendre des décisions et à exécuter la tâche souhaitée avec une précision , sécurité et efficacité accrues . Tout cela est possible grâce à des techniques tels que l'analyse de data (Data science) , le machine et deep-learning, l'imagerie, la navigation et l'intervention robotique .

Dans l'article " Surgical Data Science: Enabling next-génération surgery" est introduit le concept de chirurgie Data Science* en expliquant qu'une approche Data-scientifique pour l'aide à la décision repose sur un nombre importants de paramètres tels que :

La mise à jour permanente des analyses prédictives tout au long du processus de soins aux patients, mais aussi sur des sources de données plus complètes et non conventionnelles : Elle concerne le patient, les personnes impliqués dans la manipulation du patient, y compris les médecins, l'équipe d'anesthésie, les infirmières et des dispositifs, y compris des robots, des capteurs pour la perception des données relatives aux patients et aux procédures tels que les images, les signes vitaux, les données relatives aux dispositifs médicaux et les données de mouvement ainsi que le domaine des connaissances, y compris les connaissances factuelles, telles que les normes (spécifiques à l'hôpital) relatives au déroulement du travail en clinique, les résultats antérieurs des études ou les directives médicales ainsi que les connaissances acquises lors de procédures antérieures. On peut voir dans le schéma ci-dessus une représentation de l'utilisation de ses données.



L'image ci-dessus représente la potentielle évolutions de la chirurgie dans le future grâce à la data science .

Bernard Marr auteur à succès international, futuriste, conférencier principal et conseiller stratégique auprès des entreprises et des gouvernements nous expliquent comment l'Intelligence Artificielle est utilisé en chirurgie . En effet , selon lui les robots peuvent analyser les données des dossiers médicaux préopératoires pour guider l'instrument du chirurgien pendant l'opération peut conduire à une réduction de 21% du séjour du patient à l'hôpital. La chirurgie assistée par robot est considérée comme "peu invasive", ce qui évite aux patients de devoir guérir de grandes incisions. Grâce à l'intelligence artificielle, les robots peuvent utiliser les données d'opérations passées pour informer des nouvelles techniques chirurgicales. Les résultats positifs sont en effet prometteurs.L'article nous montre qu'une étude portant sur 379 patients orthopédiques dans neuf sites chirurgicaux a révélé qu'une technique de robotique assistée par IA créée par Mazor Robotics permettait de réduire de cinq fois les complications chirurgicales par rapport aux chirurgiens opérant seuls. Lorsqu'elle est correctement appliquée à la chirurgie orthopédique, cette analyse a révélé que la chirurgie robotique assistée par IA pouvait également générer une réduction de 21 % de la durée de séjour

des patients à l'hôpital après l'opération, grâce à une diminution des complications et des erreurs, et générer 40 milliards de dollars d'économies annuelles.

Un robot a été utilisé pour la première fois pour une opération des yeux, et le robot chirurgical le plus avancé, le Da Vinci, permet aux médecins d'effectuer des procédures complexes avec un meilleur contrôle que les approches conventionnelles. Les chirurgiens cardiaques sont assistés par Heartlander, un robot miniature, qui pénètre dans une petite incision sur la poitrine pour effectuer une cartographie et une thérapie sur la surface du cœur.

Dans Sciences&Vie premier magazine européen de l'actualité scientifique.. On nous explique que en 2016, un robot baptisé Star (pour *smart tissue autonomous robot*) est parvenu à recoudre seul des tissus mous de porc avec une précision supérieure à celle de chirurgiens expérimentés . Ce qui exige une capacité d'adaptation en temps réel à la déformation des tissus. On voit donc que de nombreux progrès existent déjà depuis quelques années .

L'article du Huffpost sur le rôle de l'AI dans la chirurgie fait le liens avec nos explications sur la Data science . Kevin R Stone , Chirurgien Orthopédique nous explique que , de façon similaire à l'analyse de données , la version de la base de données Watson d'IBM - et d'autres référentiels de connaissances similaires de Google, Apple et même Amazon - sont maintenant disponibles sur le bout de la langue. Ces outils sont appelés "agents vocaux". Ils écoutent passivement et sont disponibles pour répondre à toute question que je pourrais avoir. Un chirurgien peut donc demander un rappel des antécédents chirurgicaux d'un patient, des données sur un type spécifique de déchirure du ménisque, ou une suggestion sur la manière de retirer une vis cassée qui résiste aux techniques utilisées auparavant.

Enfin l'article du Robotics Business Review nous montre une des façons dont la technologie pourrait évoluer , et comment l'utilisation de l'Intelligence Artificielle pourrait servir à créer le chirurgien de demain .

Dans le futur nous pourrions voir davantage d'échanges d'informations via des "cloud services" entre robots chirurgicaux. Toutes les sociétés informatiques pourraient mettre un robot chirurgical sur un Internet protégé avec des bibliothèques d'informations sur les cas antérieurs ainsi que les conseils des meilleurs chirurgiens du monde. Au niveau le plus simple, les chirurgiens pourraient visualiser des données, des animations, des vidéos, des simulations et des interactions en temps réel applicables à un cas. À un niveau plus avancé, ça pourrait créer l'infrastructure nécessaire pour qu'une IA puisse fournir des avertissements, des conseils et des orientations en temps réel pendant une procédure. Les conseils fournis par l'IA seraient dérivés par des algorithmes de "machine learning" portant sur des milliers de cas antérieurs et stockés dans le nuage pour y accéder en cas de besoin. Par exemple, une superposition visuelle à l'intérieur de l'espace chirurgical pourrait indiquer où se trouvent les vaisseaux sanguins critiques derrière le plan d'opération actuel, l'IA suggérant au chirurgien de se tenir à l'écart de ces zones. Elle pourrait également montrer comment des milliers de chirurgiens qui ont déjà réussi ont traversé l'anatomie et où ils sont intervenus. Le robot serait également conscient des outils spécifiques chargés dans les bras robotiques et pourrait suggérer des alternatives qui ont déjà fait leurs preuves. Malgré le bénéfice qu'apporte toutes ses inventions et progrès, il est important de comprendre les limites d'une telle utilisation de l'intelligence artificielle.

En conclusion aujourd'hui l'IA est omniprésente dans la santé, certes elle est loin de devenir indispensable à la médecine mais elle est de plus en plus utilisée dans de nombreux secteurs du médical. Actuellement l'IA n'est pas capable de remplacer un médecin et de prendre en charge un patient de A à Z mais elle se montre d'une grande aide. En effet l'IA est encore actuellement limitée par son origine même de machine qui l'empêche de penser par elle-même mais elle se montre particulièrement utile dans des tâches bien définies. Ainsi elle se présente comme une aide précieuse pour venir aider le personnel médical que ce soit aussi bien dans la phase de diagnostic que lors d'opération. Elle se montre particulièrement utile dans le diagnostic de maladie connue comme très rare. Ainsi notamment en imagerie médicale elle peut se montrer particulièrement utile pour repérer des tumeurs ou anomalies qui pourraient échapper à l'œil du médecin. Et en chirurgie l'IA peut venir épauler le chirurgien lors d'acte de précision afin de venir gommer des possibles gestes parasites. Actuellement le développement des dispositifs techniques ayant recours à l'intelligence artificielle vont dans le sens de l'aide à la décision médicale. Il semble très peu probable que un jour cela prenne la direction d'une IA qui dicterait au médecin comme au patient une décision rendue par l'algorithme qui s'imposerait à eux sans être susceptible de critique ou de transgression.

Annexe :

_ “Intelligence Artificielle, ontologies et connaissances en médecine. Les limites de la mécanisation de la pensée” Gunnar Declerck, Jean Charlet

<https://www.hal.inserm.fr/inserm-00916651/document>

_ “MÉDECINS ET PATIENTS DANS LE MONDE DES DATA, DES ALGORITHMES ET DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE”

Conseil national de l'Ordre des médecins (CNOM)

<https://www.leslivresblancs.fr/livre/sante-medecine/e-sante/medecins-et-patients-dans-le-monde-des-data-des-algorithmes-et-de>

_ “Artificial Intelligence & Deep Learning for Medical Diagnosis”

Oleksii Kharkovyna

<https://towardsdatascience.com/artificial-intelligence-deep-learning-for-medical-diagnosis-9561f7a4e5f>

Oleksii Kharkovyna journaliste data science et machine learning

_ “AI equal with human experts in medical diagnosis, study finds”

<https://www.theguardian.com/technology/2019/sep/24/ai-equal-with-human-experts-in-medical-diagnosis-study-finds>

_ “How Robots and AI are Creating the 21st-Century Surgeon”

<https://www.roboticsbusinessreview.com/health-medical/how-robots-and-ai-are-creating-the-21st-century-surgeon/>

-“The Role of AI in Surgery”

Kevin R Stone

https://www.huffpost.com/entry/the-role-of-ai-in-surgery_b_58d40b7fe4b002482d6e6f59

_ “Robots : les chirurgiens de demain ?”

<https://www.science-et-vie.com/corps-et-sante/robots-les-chirurgiens-de-demain-46152>

_ “10 Promising AI Applications in Health Care”

[Brian Kalis](#), [Matt Collier](#) and [Richard Fu](#)

<https://hbr.org/2018/05/10-promising-ai-applications-in-health-care>