

MÉDECINE DU FUTUR ET DE LA TECHNOLOGIE

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, NOUVEAU SCALPEL DE LA MÉDECINE

1^{ÈRE} PARTIE : DÉFINITIONS, CONCEPTS CLÉ ET APERÇU HISTORIQUE

KOLH PH (1, 2), BELLAVIA S (2)

RÉSUMÉ : L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans les soins de santé n'est pas simplement une évolution, mais une révolution en marche qui redéfinit fondamentalement la pratique médicale. Il est évident que l'IA médicale représente bien plus qu'un simple outil, c'est une nouvelle frontière de la médecine contemporaine. L'IA est devenue incontournable dans les hôpitaux et les cabinets médicaux du monde entier en analysant et intégrant des masses de données, ce qui permet des diagnostics personnalisés et des avancées dans les recommandations thérapeutiques. Dans ce premier article, nous rappelons quelques définitions et concepts clé relatifs à l'IA puis nous décrivons les différentes étapes du développement de l'IA en les replaçant dans un contexte historique. Dans un second article, nous nous concentrerons plus spécifiquement sur les diverses applications de l'IA en médecine, pointerons quelques défis et limites et ouvrirons quelques perspectives pour un futur relativement proche.

MOTS-CLÉS : *Intelligence artificielle - Définition des concepts - Historique - Innovation - Progrès technologiques*

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, THE NEW SCALPEL OF MEDICINE. PART I : DEFINITIONS, KEY CONCEPTS, AND HISTORICAL OVERVIEW

SUMMARY : The integration of artificial intelligence (AI) into healthcare is not simply an evolution but an ongoing revolution that is fundamentally redefining medical practice. Medical AI is much more than a tool, it is a new frontier in contemporary medicine. As staple in hospitals and doctors' offices worldwide, AI systems now assist healthcare providers by analyzing massive amounts of medical data and offering personalized diagnoses and treatment recommendations. In this first article, we will review some key definitions and concepts related to AI and then describe the different stages of AI development by placing them in a historical context. In a second article, we will focus more specifically on the various applications of AI in medicine, highlight some challenges and limitations, and open up some perspectives for the relatively near future.

KEYWORDS : *Artificial Intelligence - Definition - Historical development - Innovation - Technological progress*

INTRODUCTION

L'intelligence artificielle (IA) s'est imposée comme une force transformatrice dans le domaine des soins de santé, avec le potentiel de révolutionner de nombreux aspects de la pratique médicale (1). Alors que les systèmes d'IA sont de plus en plus capables d'analyser de vastes volumes de données médicales, d'identifier des tendances et d'émettre des prédictions précises, ils sont amenés à jouer un rôle essentiel pour aider les professionnels de santé dans les domaines du diagnostic, du traitement et des soins aux patients.

Ce premier article vise à rappeler quelques définitions et concepts de base puis à présenter les principales étapes de développement de l'IA en les plaçant dans un contexte historique.

DÉFINITIONS ET CONCEPTS CLÉ

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'IA est un terme général, englobant une gamme de technologies et d'algorithmes informatiques conçus pour imiter les fonctions cognitives de l'esprit humain, telles que l'apprentissage, le raisonnement, la perception et la résolution de problèmes (2).

APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE («MACHINE LEARNING»)

L'apprentissage automatique est un sous-domaine de l'IA qui se concentre sur le développement d'algorithmes et de modèles statistiques permettant aux systèmes d'effectuer efficacement des tâches spécifiques, sans s'appuyer sur des instructions explicites, mais plutôt en apprenant à partir des données (3).

Par exemple, les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent être utilisés pour analyser des images médicales et détecter des anomalies ou des motifs qui peuvent indiquer la présence d'une maladie. De même, ces algorithmes peuvent être entraînés sur des données historiques de patients pour prédire la

(1) Département des Sciences Biomédicales et précliniques & GIGA Cardio-Vascular Sciences, ULiège, Belgique.

(2) Département de la Gestion du Système d'Information, CHU de Liège, Belgique.

probabilité de certains résultats et recommander des plans de traitement appropriés.

Un autre exemple est l'utilisation de l'apprentissage automatique dans la découverte de médicaments, où des algorithmes peuvent analyser de vastes bases de données de composés chimiques pour identifier des candidats médicaments prometteurs, susceptibles de traiter une pathologie particulière.

APPRENTISSAGE PROFOND («DEEP LEARNING») (FIGURE 1)

Il constitue un sous-ensemble de l'apprentissage automatique qui utilise des réseaux de neurones artificiels, inspirés de la structure et du fonctionnement du cerveau humain, pour traiter et analyser des données ou des motifs complexes (4).

Les modèles d'apprentissage profond sont particulièrement appropriés pour relever des tâches difficiles, comme le traitement du langage naturel, la vision par ordinateur et la reconnaissance vocale, lesquelles sont essentielles pour diverses applications médicales, telles que l'interprétation d'images, l'extraction d'informations à partir de notes cliniques et le développement d'interfaces conversationnelles pour les interactions entre les patients et les cliniciens.

TRAITEMENT DU LANGAGE NATUREL («NATURAL LANGUAGE PROCESSING» - NLP)

Le traitement du langage naturel est un sous-domaine de l'IA qui se concentre sur l'interac-

tion entre les ordinateurs et le langage humain. Il englobe l'analyse, la compréhension et la génération du langage naturel, permettant aux machines de comprendre, d'interpréter et de produire du texte et de la parole, semblables à ceux des humains. Cela inclut des tâches telles que la traduction de langues, l'analyse des sentiments, la synthèse de texte et la réponse à des questions.

VISION PAR ORDINATEUR

La vision par ordinateur est un domaine de l'IA qui se concentre sur le développement d'algorithmes et de systèmes capables d'interpréter et de comprendre les images et les vidéos numériques, avec des applications dans des domaines tels que l'imagerie médicale et le diagnostic des maladies.

Ce domaine est particulièrement pertinent dans le secteur des soins de santé, où les algorithmes de vision par ordinateur peuvent être exploités pour analyser les résultats des examens d'imagerie médicale, tels que les radiographies, les scanners et les résonances magnétiques nucléaires, afin de détecter et de classer les anomalies, d'aider au diagnostic des maladies et de surveiller l'évolution des affections médicales dans le temps.

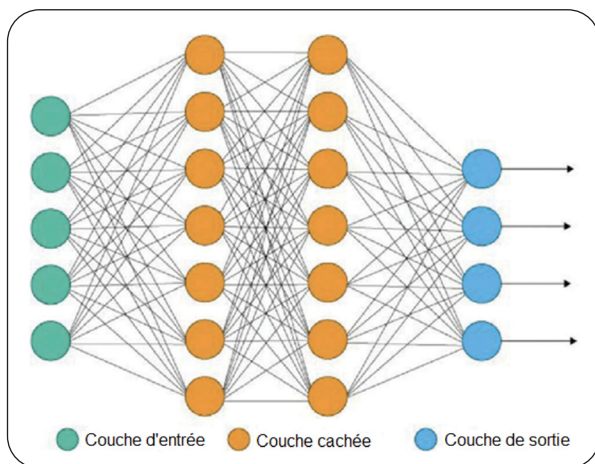
En automatisant l'analyse de ces sources de données, la vision par ordinateur peut améliorer la précision, la cohérence et l'efficacité de la prise de décision clinique, avec, *in fine*, de meilleurs résultats pour les patients.

UN APERÇU HISTORIQUE DE L'IA (FIGURE 2)

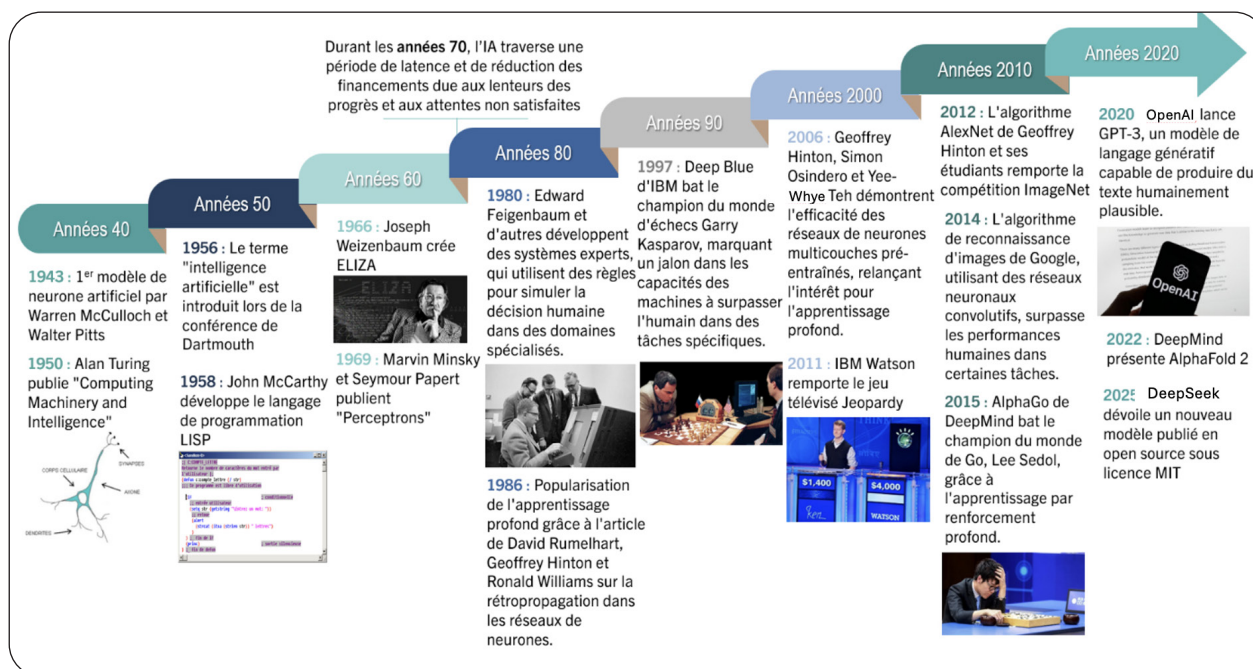
Cette section fournit un aperçu de l'histoire de l'IA, englobant tant son évolution générale que ses applications spécifiques dans le domaine médical. Elle retrace les jalons et les développements clé qui ont façonné le domaine de l'IA, depuis ses fondements conceptuels précoces jusqu'à sa résurgence actuelle et à son adoption généralisée dans diverses industries, avec un accent particulier sur le secteur des soins de santé.

En examinant la trajectoire historique de l'IA, cette section vise à fournir aux lecteurs une compréhension plus approfondie de la manière dont cette technologie transformatrice est apparue et a progressé au fil du temps, ouvrant la voie à son impact révolutionnaire sur les pratiques médicales et les soins aux patients.

Figure 1. Modèle de réseau neuronal multicouche. D'après (4)



Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/10095020.2020.1718003>.

Figure 2. Évolution de l'intelligence artificielle : repères historiques clés

LES PRÉMICES (AVANT 1950)

Des concepts fondamentaux comme la logique mathématique et l'idée de machines pensantes émergent dès avant 1950.

Alan Turing, un pionnier de l'informatique et de l'IA, a proposé le test de Turing comme une méthode pour évaluer l'intelligence d'une machine (5). Ce test consiste à déterminer si une machine peut imiter le comportement d'un être humain de manière indiscernable. Dans ce test, un humain interagit avec une machine (par exemple, via un ordinateur) et doit décider si son interlocuteur est un être humain ou une machine. Si la machine réussit à tromper l'humain et à être considérée comme un être humain, alors on peut considérer qu'elle possède une forme d'intelligence comparable à l'intelligence humaine.

Cette proposition innovante de Turing a marqué un jalon important dans le développement de l'IA et a conduit à de nombreux débats sur la nature de l'intelligence et sur les moyens de l'évaluer (6).

LA NAISSANCE DE L'IA (1956)

La Conférence de Dartmouth (New Hampshire, USA), en 1956, est largement considérée comme l'événement qui a officiellement marqué la naissance de l'IA en tant que

discipline scientifique. Lors de cette conférence historique, des chercheurs pionniers tels que John McCarthy, Marvin Minsky et Claude Shannon ont jeté les bases de la recherche en IA. Ils ont proposé une série d'idées et d'approches innovantes qui allaient façonner la trajectoire du développement de l'IA dans les décennies qui suivirent. La conférence a rassemblé des chercheurs reconnus dans des domaines tels que les mathématiques, l'informatique et les neurosciences, et a posé les fondements conceptuels pour l'exploration de l'IA comme moyen de reproduire et d'améliorer les capacités cognitives humaines.

Cet événement fondateur a marqué le début d'une nouvelle ère de recherche et de développement en IA, qui continuera à évoluer et à transformer diverses industries, y compris les soins de santé, dans les années à venir.

L'ÂGE D'OR (ANNÉES 1960-1970)

Cette période voit apparaître les premiers systèmes experts : des programmes informatiques conçus pour résoudre des problèmes complexes dans des domaines spécifiques. Ces systèmes étaient basés sur des règles et des connaissances codifiées par des experts humains, avec pour objectif de simuler le raisonnement et la prise de décision des spécialistes

dans des tâches telles que le diagnostic médical ou la planification thérapeutique.

Deux exemples notables de ces premiers systèmes experts sont ELIZA, un programme de psychothérapie par ordinateur, et DENDRAL, un système expert développé pour aider à l'analyse de structures de molécules organiques. Ces systèmes, bien que limités en comparaison aux capacités de l'IA moderne, ont ouvert la voie à l'utilisation de l'IA pour résoudre des problèmes complexes dans des domaines spécialisés.

En médecine, les premiers systèmes d'IA étaient basés sur des règles et des connaissances médicales codifiées par des experts. Ces «systèmes experts» visaient à simuler le raisonnement clinique pour aider au diagnostic et à la prise de décision médicale. Citons les exemples de MYCIN (pour les infections bactériennes) et INTERNIST-I (pour les maladies internes) (7).

LE PREMIER HIVER DE L'IA (ANNÉES 1970-1980)

Malgré les progrès initiaux de l'IA, les réalisations n'ont pas atteint les attentes importantes qui avaient été suscitées, entraînant une diminution des financements alloués à la recherche dans ce domaine, ainsi qu'un ralentissement des efforts de développement.

En médecine, les systèmes experts se sont heurtés à des limitations en termes de capacité à gérer l'incertitude, la complexité et l'évolution constante des connaissances médicales. Le manque de données et de puissance de calcul a également freiné le développement de l'IA en médecine (8, 9).

LES SYSTÈMES EXPERTS ET LES RÉSEAUX DE NEURONES (ANNÉES 1980)

Les systèmes experts continuent de se développer dans des domaines spécifiques, tels que le diagnostic médical, la planification thérapeutique et le suivi des patients.

Parallèlement, les réseaux de neurones artificiels, inspirés du fonctionnement du cerveau humain, connaissent un regain d'intérêt croissant dans divers domaines de l'IA appliqués à la médecine. Ces modèles de «*deep learning*» sont de plus en plus utilisés pour des tâches telles que la reconnaissance d'images médicales, la prédiction des résultats et l'aide à la décision clinique. L'intégration des systèmes experts et des réseaux de neurones permet de combiner les forces de ces deux approches, offrant ainsi des solutions d'IA plus robustes et

performantes pour relever les défis complexes du secteur des soins de santé.

LE SECOND HIVER DE L'IA (DÉBUT DES ANNÉES 1990)

Cette période a été marquée par des limitations technologiques importantes, notamment en termes de puissance de calcul insuffisante et de manque de données adaptées pour entraîner efficacement les algorithmes d'IA.

De plus, les attentes irréalistes suscitées par les premiers succès de l'IA n'ont pas été atteintes, entraînant une certaine désillusion et, à nouveau, un recul des investissements dans la recherche et le développement de cette technologie. Ce second hiver a forcé la communauté de l'IA à revoir ses approches et a conduit à une période de réflexion et de repositionnement, qui a, finalement, pavé la voie à l'essor de l'IA moderne et à son adoption généralisée dans de nombreux secteurs.

L'IA MODERNE – «BIG DATA» ET «DEEP LEARNING» (DÈS LES ANNÉES 2000)

EXPLOSION DES DONNÉES MÉDICALES

L'avènement du «*Big Data*» et la disponibilité croissante des données médicales ont fourni le carburant nécessaire au développement d'algorithmes d'IA plus puissants. La croissance exponentielle du volume et de la variété des données médicales, stimulée par la numérisation des dossiers de santé, les progrès de l'imagerie médicale et la prolifération des appareils connectés, ont créé des opportunités sans précédent pour l'application de l'IA en médecine.

Cette abondance de données a permis l'entraînement de modèles d'apprentissage automatique plus complexes et précis, capables de découvrir des tendances cachées, de prédire les résultats et d'aider les fournisseurs de soins de santé à prendre des décisions plus éclairées. L'intégration de l'analyse des «*Big Data*» et de l'IA est devenue un élément clé pour transformer la prestation des soins de santé, conduisant à des interventions médicales plus personnalisées, précises et efficaces (10).

APPRENTISSAGE PROFOND («DEEP LEARNING»)

L'émergence de l'apprentissage profond, avec ses architectures de réseaux de neurones artificiels complexes, a révolutionné l'analyse des images médicales, la reconnaissance vocale et le traitement du langage naturel, ouvrant la voie à des applications innovantes. Les modèles d'apprentissage profond, inspirés de la

structure et du fonctionnement du cerveau humain, ont démontré des capacités remarquables pour extraire des motifs et des caractéristiques complexes à partir de jeux de données vastes et diversifiés (9).

Cela a permis des progrès significatifs dans des domaines tels que la détection et la classification automatisées des maladies à partir d'examens médicaux, la génération de données synthétiques de patients et le développement d'interfaces conversationnelles pour les interactions entre les patients et les cliniciens. La combinaison des puissantes capacités d'apprentissage, de représentation de l'apprentissage profond et de la disponibilité croissante des données médicales a ouvert de nouvelles opportunités pour l'application de l'IA dans les soins de santé, conduisant à des diagnostics encore plus précis, des recommandations de traitement plus personnalisées et une prise de décision clinique améliorée.

APPLICATIONS CLINIQUES CROISSANTES

De nos jours, l'IA est utilisée dans un large éventail d'applications cliniques, allant du diagnostic assisté par ordinateur à la chirurgie robotique en passant par la médecine de précision, la planification des traitements, la surveillance des patients et l'optimisation des «workflows» hospitaliers.

Les algorithmes d'IA sont capables d'analyser de grandes quantités de données médicales, telles que les dossiers de santé électroniques, les résultats d'examens de laboratoire et les images médicales, pour aider les professionnels de santé à prendre des décisions plus éclairées et à fournir des soins plus personnalisés. De plus, l'utilisation de l'IA dans la chirurgie robotique a permis d'améliorer la précision des interventions et de réduire les risques pour les patients. Dans l'ensemble, l'IA transforme de nombreux aspects des soins de santé, contribuant à des diagnostics plus précoces, des traitements plus efficaces et une prestation des soins plus efficiente.

CONCLUSION

L'IA a envahi notre quotidien avec de nombreux concepts clé que nous avons rappelés par souci de clarification car ils ne sont pas toujours bien intégrés par le corps médical. Au cours des dernières années, l'IA a connu des progrès remarquables dont nous avons rappelé les principales étapes. À l'évidence, l'IA ouvre des perspectives majeures pour le secteur des soins de

santé. Elle a, par exemple, démontré un potentiel impressionnant pour aider les professionnels de santé dans le diagnostic et le traitement de diverses affections médicales. En analysant les données des patients, les images médicales et les résultats de laboratoire, ces systèmes identifient les tendances et fournissent des informations essentielles pour la détection précoce de pathologies, la prise de décision thérapeutique et les soins personnalisés. Ces différentes applications seront analysées et illustrées dans un prochain article.

BIBLIOGRAPHIE

1. Davenport TH, Glaser J. Factors governing the adoption of artificial intelligence in healthcare providers. *Discover Health Systems* 2022;**1**:4.
2. Lebcir R, Hill T, Atun R, Čubrić M. Stakeholders' views on the organisational factors affecting application of artificial intelligence in healthcare: a scoping review protocol. *BMJ Open* 2021;**11**:e044074.
3. Varnosfaderani SM, Forouzanfar M. The role of AI in hospitals and clinics: transforming healthcare in the 21st century. *Bioengineering (Basel)* 2024;**11**:337.
4. Heipke C, Rottensteiner F. Deep learning for geometric and semantic tasks in photogrammetry and remote sensing. *Geospatial Information Science* 2020;**10**:9.
5. Turing AM. Computing machinery and intelligence. In: Epstein R, Roberts G, Beber G, editors. *Parsing the Turing Test*. Dordrecht: Springer; 2009. p. 23-65..
6. Zador AM., Escola GS, Richards BA, et al. Toward next-generation artificial intelligence: catalyzing the NeuroAI revolution. *arXiv* 2022;**14**:1597.
7. Kulikowski CA. An opening chapter of the first generation of artificial intelligence in medicine: the first Rutgers AIM workshop, June 1975. *Yearb Med Inform* 2015;**24**:227-33.
8. Toosi A, Bottino AG, Saboury B, et al. A brief history of AI: how to prevent another winter (a critical review). *PET Clin* 2021;**16**:449-69.
9. Varghese J. Artificial intelligence in medicine: chances and challenges for wide clinical adoption. *Visc Med* 2020;**36**:443-9.
10. Scheen AJ. Omics» et «Big data», avancées majeures vers une médecine personnalisée du futur ? *Rev Med Liege* 2015;**70**:262-8..

À noter que cet article a été rédigé avec l'assistance de Jenni.ai, une plateforme d'IA conçue pour améliorer la productivité en matière de recherche et de rédaction. Jenni.ai offre des fonctionnalités telles que la génération de texte, la recherche sémantique et la gestion de références, facilitant ainsi la création de contenu académique de haute qualité.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au
Pr Kolh Ph, Département des Sciences Biomédicales et précliniques, ULiège, Belgique.
Email : philippe.kolh@uliege.be