

■ Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ? Glossaire

Pour voir loin, il faut y regarder de près.
Pierre Dac

Afin d'aborder ce dossier relatif à l'apport de l'intelligence artificielle (IA) à la pratique médicale, il peut paraître utile de disposer de quelques définitions des termes qui pourront y être employés ou qui pourront permettre de comprendre de quels outils, de quels concepts ou méthodes nous parlons (même si certaines ne font pas l'unanimité).

→ F. DIÉVART
DUNKERQUE.

■ Les intelligences artificielles

L'IA est l'aboutissement de décennies de recherches et d'innovations en sciences informatiques. Elle repose sur des formules mathématiques et des algorithmes utilisant les probabilités et les statistiques pour imiter des fonctions cognitives telles que l'apprentissage et la prise de décision.

C'est donc l'histoire de chercheurs développant des outils pouvant permettre à des machines de raisonner. Deux grands concepts ont été mis en opposition :

- Celui de l'**IA symbolique** ou des **systèmes experts** : dans ce modèle, l'ordinateur est conçu pour raisonner et reproduire un raisonnement humain à partir d'algorithmes fournis par l'homme à la machine.

- Celui de l'**IA connexionniste** : il repose sur le fait qu'il peut être possible de rendre intelligente une machine qui ne l'est pas au départ en lui faisant analyser de grandes bases de données (*Big*

Data) par un système de couches désignées comme neuronales. Celles-ci établissent des liens statistiques et donc des relations qui permettent audit système de produire toute une série de perceptions. Le connexionnisme est un champ d'études qui s'intéresse à la création de systèmes, comme les réseaux de neurones artificiels, dans lesquels, en s'inspirant du fonctionnement du cerveau, des mécanismes potentiellement complexes sont modélisés en faisant interagir de nombreuses unités simples de traitement interconnectées (des couches de neurones).

■ L'IA et ses méthodes

L'IA dont il sera fait état dans ce dossier et qui concerne l'immense majorité des 50 000 articles publiés sur ce sujet dans le domaine médical en 2024, est l'**IA connexionniste**. Elle repose sur des techniques particulières permettant l'analyse automatique d'immenses quantités de données. L'IA se subdivise en spécialisations clés : la *machine learning* enseigne aux machines à apprendre et à décider à partir des données, la *deep learning* améliore la reconnaissance d'images et de la parole *via* des réseaux de neurones, l'IA symbolique simule le raisonnement

humain pour résoudre des problèmes, tandis que le traitement automatique du langage naturel (NLP) et la vision par ordinateur permettent aux machines de comprendre le langage humain et le monde visuel (*fig. 1* et *fig. 2*).

- **Intelligence artificielle** : champ d'études interdisciplinaires regroupant un ensemble de théories et de techniques mises en œuvre pour réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine. D'une façon globale, ce champ de recherche a pour objet la compréhension des mécanismes de la cognition et de la réflexion, et leur imitation possible par un dispositif matériel et logiciel, afin d'assister (modèle de l'orthèse) ou de se substituer (modèle de la prothèse) à des activités humaines.

- **Machine learning ou apprentissage automatique** : c'est un mode d'apprentissage par lequel un agent évalue et améliore ses performances et son efficacité sans que son programme soit modifié et donc en acquérant de nouvelles connaissances et aptitudes à partir de données et/ou en réorganisant celles qu'il possède déjà. C'est donc une sous-catégorie de l'IA, qui permet à un système d'apprendre à partir des données et non à l'aide d'une programmation explicite. Il

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

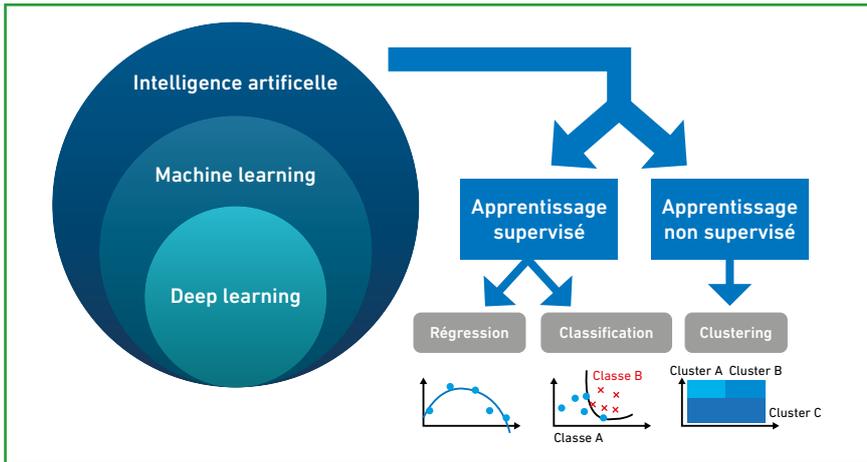


Fig. 1 : L'IA et ses méthodes en bref (d'après : <https://inventiv-it.fr/intelligence-artificielle/>).

consiste à laisser des algorithmes découvrir des motifs récurrents (dénommés “patterns”) dans des ensembles de données. Celles-ci pouvant être des chiffres, des mots, des images, des statistiques dès lors qu’elles sont numériques.

● **Deep learning ou apprentissage profond** : c’est un type d’IA dérivée du *machine learning* où la machine est capable d’apprendre par elle-même, contrairement à la programmation où elle se contente d’exécuter des règles prédéterminées.

● **Large langage mode (LLM) ou grand modèle de langage** : est un modèle de lan-

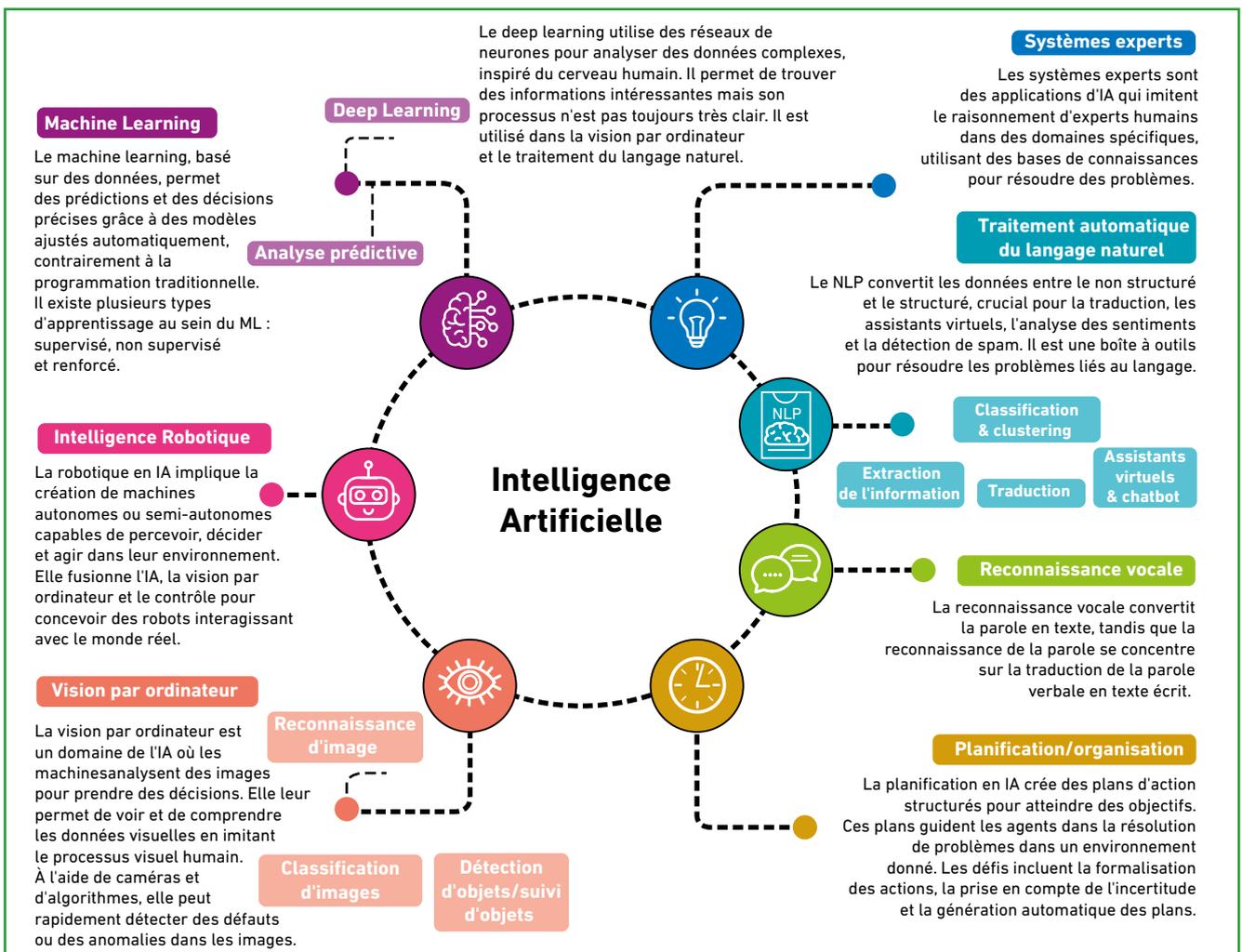


Fig. 2 : Les différents domaines et spécialisations de l'intelligence artificielle (d'après : <https://inventiv-it.fr/intelligence-artificielle/>).

gage possédant un grand nombre de paramètres (généralement de l'ordre d'un milliard ou plus). Ce sont des réseaux de neurones profonds entraînés sur de grandes quantités de texte non étiqueté utilisant l'apprentissage auto-supervisé ou l'apprentissage semi-supervisé. Les LLM sont apparus vers 2018 et ont été utilisés pour la mise en œuvre d'agents conversationnels. Leur particularité est qu'au lieu d'être entraînés pour une tâche spécifique, ils sont "éduqués" à **prédire une suite probable pour une entrée donnée**. La qualité du contenu généré augmente régulièrement avec le nombre de paramètres, la taille et la qualité des données d'entraînement, ainsi qu'avec la quantité de calculs utilisée pour perfectionner le modèle. Ils ont permis la mise à disposition d'agents conversationnels.

● **Apprentissage par renforcement** : il consiste, pour un agent autonome, à apprendre les actions à prendre, à partir d'expériences, de façon à optimiser une récompense quantitative au cours du temps.

● **Apprentissage supervisé** : c'est une tâche d'apprentissage automatique consistant à apprendre une fonction de prédiction à partir d'exemples annotés. On distingue les problèmes de régression des problèmes de classement : les problèmes de prédiction d'une variable quantitative sont des problèmes de régression tandis que les problèmes de prédiction d'une variable qualitative sont des problèmes de classification.

● **Apprentissage auto-supervisé** : c'est une méthode d'apprentissage automatique où le modèle apprend à partir d'échantillons de données non annotées.

● **Apprentissage semi-supervisé** : c'est une technique d'apprentissage automatique qui utilise un ensemble de données étiquetées et non étiquetées. Il a été démontré que l'utilisation de données non étiquetées, en combinaison avec des données étiquetées, permet d'améliorer significativement la qualité de l'apprentissage.

● **Données structurées et données non-structurées** : les données structurées sont très précises et stockées dans un format prédéfini, alors que les données non structurées sont une conglomération de nombreuses données de différents types qui sont stockées dans leurs formats en mode natif.

● **Reconnaissance d'images** : technique qui fait appel aux méthodes appliquées en reconnaissance des formes et qui permet à un système informatique de reconnaître automatiquement le contenu d'une image qui lui est soumise.

● **Reconnaissance de l'écriture manuscrite** : technique reposant sur les méthodes appliquées en reconnaissance des formes, qui permet à un système informatique ou à un système d'IA, de lire, de stocker et de traiter de façon automatique du texte écrit à la main.

● **Reconnaissance de la parole** : technique qui permet à une machine de reconnaître les sons, les mots ou les phrases d'un locuteur, dans le but de les transformer en données numériques exploitables.

● **Vision par ordinateur** : développement des techniques permettant à un système informatique ou à un système d'IA artificielle d'analyser et de comprendre les données visuelles obtenues à l'aide de caméras ou d'autres dispositifs électroniques.

● **Reconnaissance des formes** : technique qui permet à l'ordinateur de détecter, à partir de données brutes, la présence de formes ou de régularités.

● **Reconnaissance optique de caractères** : technique reposant sur les méthodes appliquées en reconnaissance des formes, qui permet de convertir des caractères dactylographiés, imprimés, manuscrits ou sous forme d'image, en caractères exploitables par un système informatique.

■ L'IA et les données de santé

Les données de santé sont sensibles et font l'objet d'un encadrement réglementaire, européen et national. Le format numérique rend leur utilisation et dispersion plus ample et plus rapide, renforçant la nécessité de cette réglementation. Même si la catégorie "hébergeurs de données de santé" est relative à une certification, le médecin, dès lors qu'il stocke des dossiers sur support papier et plus encore sur support numérique, dans son propre ordinateur ou sur un serveur, doit être considéré au sens large comme un hébergeur de données de santé, et donc responsable de celles-ci. Il ne peut pas les divulguer ni les revendre, et leur exploitation à des fins scientifiques doit faire l'objet à la fois d'un consentement du patient et d'une pseudonymisation (ou anonymisation).

● **Pseudonymisation** : traitement de données à caractère personnel de telle façon que celles-ci ne puissent plus être attribuées à une personne précise sans avoir recours à des informations supplémentaires. Celles-ci doivent être conservées séparément et soumises à des mesures techniques et organisationnelles afin de garantir que les données à caractère personnel ne sont pas attribuées à une personne physique identifiée ou identifiable.

● **CNIL** : La Commission nationale de l'informatique et des libertés est une autorité administrative indépendante française chargée de veiller à ce que l'informatique soit au service du citoyen et qu'elle ne porte atteinte ni à l'identité humaine, ni aux droits de l'homme, ni à la vie privée et informatique, ni aux libertés individuelles ou publiques.

● **RGPD** : le règlement général sur la protection des données (RGPD) est un règlement de l'Union européenne qui constitue le texte de référence en matière de protection des données à caractère personnel. Il renforce et unifie la protection des données pour les individus au sein de l'Union européenne.

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

● **Donnée personnelle**: pour la CNIL, c'est une notion à comprendre de façon très large. Une donnée personnelle est "toute information se rapportant à une personne physique identifiée ou identifiable". Une personne peut être identifiée directement (exemple: nom, prénom) ou indirectement (exemple: par un identifiant comme le numéro client ou de téléphone, par une donnée biométrique, plusieurs éléments spécifiques propres à son identité physique, physiologique, génétique, psychique, économique, culturelle ou sociale, mais aussi la voix ou l'image). L'identification d'une personne physique peut être réalisée à partir d'une seule donnée (exemple: numéro de sécurité sociale, ADN), à partir du croisement d'un ensemble de données (exemple: une femme vivant à telle adresse, née tel jour, abonnée à tel magazine et militant dans telle association).

● **Hébergeurs de données de santé ou HDS**: il s'agit d'une certification ayant pour objectif de renforcer la protection des données de santé à caractère personnel et de construire un environnement de confiance autour de l'e-santé et du suivi des patients. Elle s'appuie sur des référentiels incluant le respect de normes ISO et est délivrée par un organisme indépendant, accrédité à toute structure ou organisme hébergeant des données de santé. L'hébergement des données de santé doit être réalisé dans des conditions de sécurité adaptées à leur criticité. La réglementation définit les modalités et les conditions attendues.

Cognition

Le champ de recherche de l'IA étant de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine, la cognition est un de ses domaines principaux d'études et en particulier les modes de raisonnement sur lesquels seront construits les réponses des algorithmes. Quelques rappels des modes de raisonnement paraissent donc utiles.

● **Raisonnement**: procédé par lequel un système informatique effectue un enchaînement logique, à partir de propositions de départ et d'une base de connaissances, afin d'arriver à une conclusion.

● **Raisonnement abductif**: raisonnement qui permet d'augmenter la vraisemblance d'une hypothèse par l'ajout de nouveaux faits.

● **Raisonnement déductif**: raisonnement qui consiste à mettre en rapport plusieurs propositions initiales pour aboutir à une conclusion logique.

● **Raisonnement inductif**: raisonnement par lequel on tire des règles générales à partir de faits particuliers.

Outils utilisant l'IA

L'IA est déjà présente dans la vie quotidienne de la plupart des citoyens, qu'ils en aient conscience ou pas. Voici

quelques outils utilisés plus ou moins régulièrement, dont la mise à disposition a été rendue possible uniquement grâce à l'IA.

● **IA générative**: c'est un type de système d'IA capable de générer du texte, des images, des vidéos ou d'autres médias en réponse à des requêtes, aussi appelées "invites", ou en anglais *prompts*.

● **Agent conversationnel ou chatbot**: programme informatique capable de simuler une conversation avec un ou plusieurs humains par échange vocal ou textuel.

● **Assistant virtuel**: logiciel conçu pour répondre aux questions qui lui sont transmises ou pour exécuter des tâches au moyen du langage naturel.

● **Assistant vocal personnel**: assistant virtuel doté d'un moteur de reconnaissance vocale et d'un module de synthèse de la parole qui lui permettent de reconnaître des commandes vocales et d'y répondre au moyen d'une voix de synthèse.

L'auteur a déclaré les liens d'intérêts suivants: honoraires pour conférences ou conseils ou défraiements pour congrès pour et par les laboratoires Alliance BMS-Pfizer, Amgen, Astra-Zeneca, Bayer, BMS, Boehringer-Ingelheim, Menarini, Novartis, Novo-Nordisk, Pfizer, Sanofi France, Servier.