

Le dossier : L'intelligence artificielle et le cardiologue

Coordination : F. DIÉVART

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?

L'intelligence artificielle va-t-elle modifier
la pratique de la médecine ?

Quoi de neuf en santé connectée ?

La consultation de cardiologie
enrichie par l'intelligence artificielle



COMITÉ D'HONNEUR

Pr J. Acar, Pr M. Bertrand, Pr J.P. Bounhoure, Pr J.P. Bourdarias, Pr M. Brochier, Pr J.P. Broustet, Pr A. Casassoprana, Pr J. Deanfield, Pr J.M. Gilgenkrantz, Pr P. Godeau, Pr R. Gourgon, Pr R. Grolleau, Pr L. Guize, Pr P. Hugenholtz, Pr J. Kachaner, Pr H. Kulbertus, Pr J. Lanfranchi, Pr P. Lesbre, Pr S. Levy, Pr J.M. McKenna, Pr J.M. Mallion, Pr G. Motté, Pr A. Nitenberg, Pr J.Y. Neveux, Dr J.P. Ollivier, Pr J. Puel, Pr M. Safar, Pr K. Schwartz, Pr F.W. Serruys, Pr R. Slama, Pr B. Swynghedauw, Pr P. Touboul, Pr P. E. Valère

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Pr J. Amar, Pr P. Amarencu, Pr M.C. Aumont, Pr J.P. Bassand, Pr J.P. Becquemin, Pr A. Benetos, Pr A. Berdeaux, Pr J. Blacher, Pr J.J. Blanc, Pr O. Blétry, Pr M.G. Bousser, Pr E. Bruckert, Pr B. Chamontin, Pr B. Charbonnel, Pr A. Cohen, Pr S. Consoli, Pr Y. Cottin, Pr J.C. Daubert, Pr J. de Leiris, Pr H. Douard, Pr J.L. Dubois-Randé, Pr H. Eltchaninoff, Pr J.L. Elghozi, Pr J. Ferrières, Pr M. Galinier, Pr J. Garot, Pr P. Gibelin, Pr T. Gillebert, Pr X. Girerd, Pr P. Guéret, Pr P.J. Guillausseau, Pr A. Hagège, Pr T. Hannedouche, Pr O. Hanon, Pr L. Hittinger, Pr B. Jung, Pr Y. Juillière, Pr E. Kieffer, Pr J.M. Lablanche, Pr A. Leenhardt, Pr J.Y. Le Heuzey, Pr D. Loisançe, Pr J. Machecourt, Pr J.L. Mas, Pr G. Meyer, Dr J.P. Monassier, Pr J.J. Mourad, Pr G. Montalescot, Pr A. Pavie, Pr R. Roudaut, Pr D. Sidi, Pr M. Slama, Pr G. Slama, Pr J.L. Schlienger, Pr G. Steg, Pr D. Thomas, Pr C. Tribouilloy, Pr P. Valensi, Pr E. Van Belle

COMITÉ DE LECTURE/RÉDACTION

Dr B. Brembilla-Perrot, Dr J. Chapman, Dr B. Cormier, Dr X. Copie, Pr J.N. Dacher, Dr M. Dahan, Dr T. Denolle, Dr F. Diévert, Dr P. Dupouy, Dr F. Extramiana, Dr L. Fermont, Dr J.M. Foulit, Dr D. Himbert, Pr Ph. Hoang The Dan, Pr P. Jourdain, Dr J.M. Julliard, Dr D. Karila-Cohen, Pr J.P. Laissy, Dr S. Lafitte, Dr D. Logeart, Dr D. Marcadet, Dr P.L. Massouze, Pr J.L. Monin, Dr M.C. Morice, Pr A. Pathak, Dr J.F. Paul, Dr D. Payen, Dr O. Paziand, Dr F. Philippe, Dr G. Pochmalicki, Dr P. Réant, Dr Ph. Ritter, Pr J. Roncalli, Dr C. Scheublé, Dr L. Tafanelli, Dr B. Vaisse, Pr B. Verges

RÉDACTEUR EN CHEF

Dr M. Genest

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Dr F. Diévert

DIRECTEUR DES PUBLICATIONS

T. Klein

DIRECTEUR DES RÉDACTIONS

Dr C. Reitz

DIRECTEUR DES RÉDACTIONS ASSOCIÉ

Dr M.-S. Dilhuydy

RÉALITÉS CARDIOLOGIQUES

est éditée par Performances Médicales
65 rue d'Aguesseau
92100 BOULOGNE-BILLANCOURT
Tél. : 01 47 00 67 14
E-mail : info@performances-medicales.com

SECRÉTARIAT DE RÉDACTION

A.-L. Languille, A. Oudry

PUBLICITÉ

D. Chargy

RÉDACTEUR GRAPHISTE

M. Perazzi

MAQUETTE, PAO

D. Plaisance

IMPRIMERIE

Imprimerie : L'Ormont
88100 Saint-Dié-des-Vosges
Commission paritaire : 0127 T 81117
ISSN : 1145-1955
Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2025

Sommaire

Janvier 2025

n° 396



ÉDITORIAL

- 3 **Écrivons un nouveau chapitre dans l'histoire de *Réalités Cardiologiques***
T. KLEIN, C. REITZ, M.-S. DILHUYDY

LE DOSSIER

- 4 **Éditorial**
L'intelligence artificielle est là ! Et ce n'est pas une mode mais le vecteur d'une évolution de la société et de la pratique médicale
F. DIÉVERT
- 5 **Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ? Glossaire**
F. DIÉVERT
- 9 **L'intelligence artificielle va-t-elle modifier la pratique de la médecine ? Nul doute, mais quand ?**
F. DIÉVERT
- 14 **Quoi de neuf en numérique, santé connectée et intelligence artificielle ?**
B. LEQUEUX

- 20 **La consultation de cardiologie enrichie par l'intelligence artificielle**
F. DIÉVERT

- 27 **De quelques problèmes posés par l'utilisation de l'intelligence artificielle en médecine**
F. DIÉVERT

Un bulletin d'abonnement est en page 19.
Image de couverture :
©AI Generator@shutterstock.com

Éditorial



T. KLEIN
Directeur des publications.

Écrivons un nouveau chapitre dans l'histoire de *Réalités Cardiologiques*

L'histoire de *Réalités Cardiologiques* et de *Performances Médicales*, la société éditrice, est avant tout celle d'une vision, portée par **Richard Niddam**, cardiologue de formation, qui a su conjuguer expertise médicale et excellence éditoriale. Fondée en 1990, *Performances Médicales* s'est rapidement imposée comme un acteur clé dans la presse et la communication médicales.

Avec la création de huit revues spécialisées couvrant un large éventail de disciplines médicales, Richard Niddam et son équipe ont offert aux professionnels de santé des outils précieux pour enrichir leur pratique. Performances Médicales, c'est aussi l'organisation de congrès devenus incontournables dans des domaines comme la dermatologie et la pédiatrie, mais également le développement de contenus innovants, tels que des podcasts et des webinaires.

En 2024, un nouveau chapitre s'est ouvert avec l'intégration de Performances Médicales au sein des éditions Santor, premier éditeur de presse médicale indépendant 100 % digital. **Santor Édition**, sous la direction de **Thierry Klein**, est à l'origine de mediscoop.net, une plateforme de référence qui, depuis 1998, fédère une communauté de plus de 220 000 professionnels de santé francophones. Ce réseau regroupe 13 sites spécialisés, couvrant des domaines aussi variés que la rhumatologie, l'oncologie, l'hématologie, la cardiologie ou encore la neurologie.

Ce rapprochement entre Performances Médicales et Santor n'est pas simplement un passage de témoin, mais bien une évolution naturelle dans un secteur en perpétuelle transformation. Cette dynamique a été illustrée en novembre dernier avec le lancement d'une nouvelle revue, *Réalités Thérapeutiques en Oncologie*, qui témoigne de l'engagement continu à proposer des contenus de qualité.

Notre équipe s'inscrit pleinement dans cette ambition. Sous l'impulsion de Thierry Klein, directeur des publications, Performances Médicales et Santor poursuivent leur mission d'innovation éditoriale. Les Drs **Caroline Reitz**, directeur des rédactions, et **Marie-Sarah Dilhuydy**, directeur des rédactions associé, apportent leurs expertises complémentaires pour insuffler une nouvelle dynamique et garantir la qualité scientifique des contenus. Avec vous, nous allons écrire un nouveau chapitre dans l'histoire de *Réalités Cardiologiques* pour proposer des solutions éditoriales en phase avec l'évolution de la pratique médicale.



C. REITZ
Directeur des rédactions.



M.-S. DILHUYDY
Directeur des rédactions adjoint.

T. KLEIN, C. REITZ, M.-S. DILHUYDY

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

Éditorial



F. DIÉVART
DUNKERQUE.

L'intelligence artificielle est là !
Et ce n'est pas une mode
mais le vecteur d'une évolution
de la société et de la pratique
médicale

Souvent une évolution est une révolution sans en avoir l'R.
Pierre-Henri Cami

Évoluer, c'est céder à la fatalité.
Thomas Mann dans *La Mort à Venise*

Q uoi ? Encore des articles consacrés à l'intelligence artificielle (IA) ! Et on pressent qu'il y en aura pléthore sur tous les supports possibles dans les mois et années à venir. Encore un effet de mode ?

Non, ce n'est pas une mode. Oui, l'IA est l'outil d'une évolution profonde de notre société et de la pratique de la médecine à moyen, voire à court terme. Pourquoi ? Parce que malgré ses limites qu'il faut connaître, l'IA s'infiltré partout dans notre vie et donc dans le domaine médical, et c'est inéluctable. Pour les médecins, il y a nécessité d'une formation, d'une acculturation et surtout, il y a nécessité dès à présent de comprendre les nouvelles organisations de la pratique qu'elle va imposer, et ce, tant dans les établissements de soins que dans les cabinets libéraux. Pour les médecins, l'IA sera aussi l'outil d'une évolution de notre rapport aux patients.

Ce dossier est fait pour amorcer ou compléter les réflexions, l'analyse et la prise de conscience de ce que va apporter l'IA à la pratique médicale. Même s'il est plus dans la prédiction que dans le concret, l'analyse de ce qui existe déjà et des tendances souhaitées par les développeurs et les régulateurs de l'IA en médecine indique que ce qu'il annonce se réalisera : à nous de nous y adapter, de faire des outils utilisant l'IA des orthèses, c'est-à-dire des aides à une fonction, en l'occurrence, le raisonnement médical, et non des prothèses, c'est-à-dire un outil de substitution. A nous de saisir son apport pour un rapport différent et amélioré avec nos patients !

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.

■ 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 : le *machine learning* enseigne aux machines à apprendre et à décider à partir des données, le *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

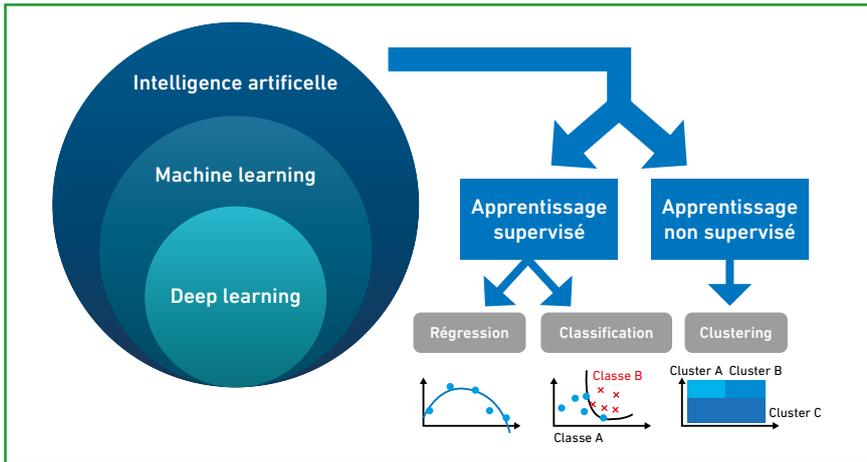


Fig. 1 : L'IA et ses méthodes en bref (d'après : <https://inventiv-it.fr/intelligence-artificielle/>).

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-

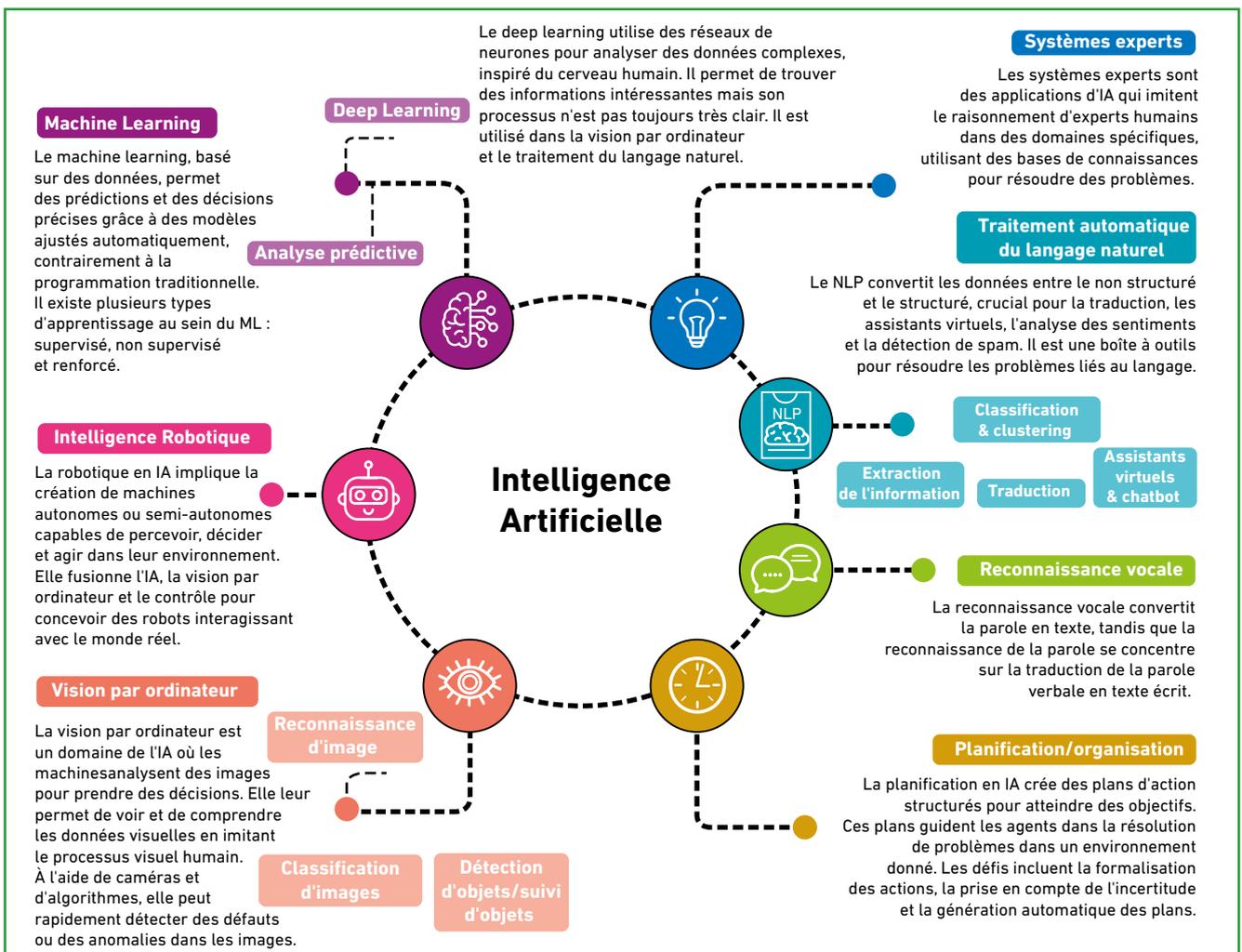


Fig. 2 : Les différents domaines et spécialisations de l'intelligence artificielle (d'après : <https://inventiv-it.fr/intelligence-artificielle/>).

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.

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

L'intelligence artificielle va-t-elle modifier la pratique de la médecine ? Nul doute, mais quand ?

Paroles, paroles, paroles...
Giancarlo Del Re et Leo Chiosso

Nul doute que la pratique de la médecine en général et celle de la cardiologie en particulier, vont être modifiées par l'arrivée d'outils utilisant l'intelligence artificielle (IA) dans les toutes prochaines années. Certains médecins qui ont assisté à des présentations concernant ces outils peuvent penser "oui, toutes ces présentations sont du même acabit : on nous en parle, on nous dit que cela va arriver, et finalement, ça n'est toujours pas là. Alors pourquoi s'en préoccuper ?". "Paroles, paroles, paroles..."

→ F. DIÉVART
DUNKERQUE.

Voici plusieurs éléments complémentaires devant faire reconsidérer cette position et qui peuvent se résumer par **"L'IA est déjà là même si vous ne vous en êtes pas aperçu**. Sa place ne va cesser de grandir et les évolutions vont modifier la pratique de la médecine justifiant d'**anticiper ce que sera cette nouvelle pratique, notamment sur le plan organisationnel**".

L'IA est déjà là et la cardiologie n'en est pas le parent pauvre

Dans une revue parue en janvier 2025 dans le JAMA [1], il est indiqué qu'aux USA, la Food and drug administration (FDA) a déjà agréé plus de 1 000 outils utilisant l'IA en médecine et le taux d'approbation semble suivre une courbe exponentielle (**fig. 1**).

Les premiers domaines, en termes de volume, dans lesquels ont été accordés ces agréments sont la radiologie suivie

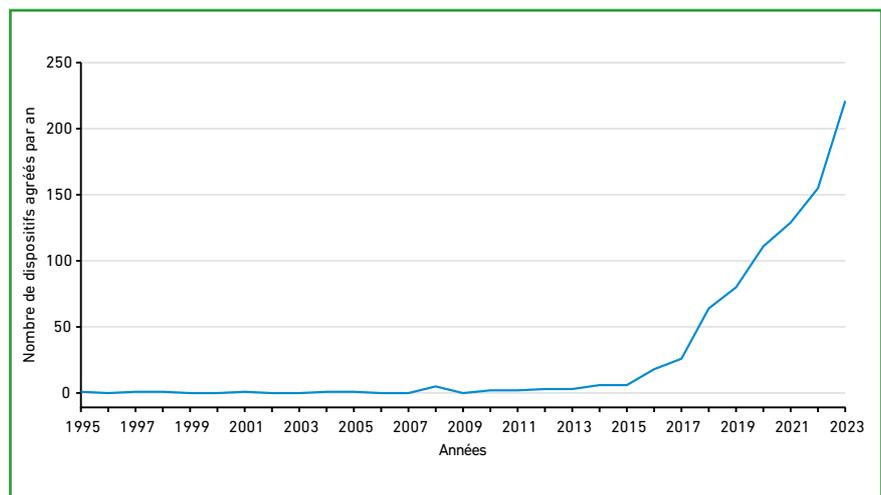


Fig. 1 : Nombre de dispositifs médicaux agréés par la FDA aux USA sur une période de 30 ans (d'après [1]).

par... la cardiologie. Ainsi, alors que l'on pouvait penser que les domaines dans lesquels l'analyse des images comme l'anatomopathologie (avec l'analyse des lames...), la dermatologie (avec l'analyse des tumeurs cutanées...), l'ophtalmologie (avec l'analyse du fond d'œil...) seraient en tête de classement, c'est bien la cardiologie qui est deuxième. On peut donc déjà affirmer que l'IA est présente en cardiologie.

Plus encore, on peut apprendre dans cet article que la première approbation par la FDA aux USA d'un dispositif médical utilisant l'IA a eu lieu en 1995. Il s'agissait d'un logiciel dénommé PAPNET qui utilisait des réseaux neuronaux pour diminuer le taux de faux diagnostics des cancers du col utérin au test de Papanicolaou. Ce dispositif avait été évalué comme plus précis que le jugement humain mais n'a pas été adopté en raison

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

de son coût ou plus exactement, comme il est écrit dans l'article, en raison de son rapport coût-bénéfice, ce qui est différent. Pour résumer: l'IA est déjà présente en médecine et au moins depuis 30 ans, elle est efficace et le nombre de dispositifs médicaux utilisant l'IA ne cesse de grandir. Ne pas le voir c'est soit être hermétique au monde environnant, soit l'utiliser sans le savoir, comme lorsqu'on utilise Siri sur un iPhone par exemple.

On peut aussi envisager que la période actuelle ressemble à celle que l'on vit lorsqu'un essai thérapeutique contrôlé a démontré qu'un traitement modifie le pronostic d'une maladie; ou à celle où une première innovation technologique médicale a été publiée et que l'on attend sa commercialisation notamment en matière d'évaluation réglementaire et de prix d'accès. L'arrivée de très nombreux outils reposant sur l'IA est donc imminente et s'amplifie, tout en sachant que de nombreux appareils d'échocardiographies sont déjà équipés d'IA et sont en phase constante de perfectionnement et d'amélioration.

Plusieurs sociétés avancent ainsi à grand pas pour proposer des outils enrichis en IA. Un exemple simple: en cardiologie, toutes les sociétés commercialisant des échocardiographes dopent leurs machines avec de l'IA afin d'intégrer l'analyse d'un nombre important de données sur des structures en mouvement. C'est par exemple le cas de General Electric (appareil Vivid Ultra Edition) ou de Canon (gamme Aplio) qui veulent survivre à cette révolution de l'IA. Mais même si ce n'était pas le cas, des sociétés tierces sont capables d'analyser par IA les boucles vidéo des échocardiographes, quelle qu'en soit la marque, en puisant simplement dans la boucle DICOM, pour en fournir une analyse dopée à l'IA (comme la société US2.AI) et ce, sans pour autant commercialiser des échocardiographes.

Une des questions est de savoir à partir de quel niveau d'intégration d'une IA

dans un outil il est nécessaire d'avoir une approbation réglementaire pour le proposer à l'usage médical.

Le saut qualitatif sera celui de l'écosystème

Si l'on analyse les données disponibles, force est de constater que tout est prêt pour que se produise à court terme un saut qualitatif comparable à la présentation de l'iPhone par Steve Jobs en 2007. Par cet outil unique intégrant de nombreuses avancées numériques qui existaient déjà, en moins de 20 ans, la vie de tous les jours a été complètement modifiée et de nombreux outils antérieurs sont tombés en désuétude: les téléphones filaires et les abonnements au téléphone fixe, les BlackBerry, les assistants personnels numériques et autres Nokia, les appareils photos argentiques et numériques, la consultation de carte routière en papier, l'écoute de disques vinyles ou des compacts discs, l'accès à l'information *via* la télévision, la radio ou les journaux, l'accès à Internet avec l'ordinateur... tout est aujourd'hui réuni sur le téléphone mobile... et qui pourrait s'en passer?

L'iPhone a marqué un tournant en regroupant, au sein d'un même écosystème, l'ensemble des usages numériques, entraînant la disparition progressive des supports individuels auparavant dédiés à chaque fonction numérisée.

En médecine, il en sera de même, tout ce qui est numérisable sera intégré dans un écosystème: agenda des médecins et des patients, analyse des examens, comptes-rendus d'examen, courriers médicaux, probabilité diagnostique et adaptation du traitement, probabilité d'efficacité du traitement proposable, suivi du patient, analyse des bases de données de la télésurveillance médicale... Pour ceux qui lisent la littérature relative à l'IA, tous les outils basés sur ces concepts sont en phase avancée de développement et d'évaluation et il

reste à les intégrer dans un écosystème de soins interopérable. Le saut qualitatif et quantitatif se produira réellement à ce moment-là. Cette approche ou vision peut expliquer pourquoi certains grands opérateurs du secteur numérique souhaitent que le Dossier médical partagé (DMP) devienne interopérable avec leurs plateformes et pourquoi des start-up proposent des outils d'interopérabilité permettant d'avoir accès sur une seule plateforme à toutes les données que vous possédez sous divers formats concernant vos patients.

Les idées fusent, les projets se montent avec des appels de fonds et si nul ne sait qui sera le vainqueur, l'interopérabilité sera réelle rapidement. Nul doute que les digues céderont rapidement dans le secteur assurantiel nord-américain et dans les grands hôpitaux qui y sont rattachés, puis progressivement dans des systèmes plus administrés qui y verront le moyen de laisser au secteur privé la charge financière de ces dispositifs, l'administration se contentant de réguler.

La puissance manifeste de l'outil et son adaptabilité

Si la première approbation d'un dispositif médical reposant sur l'IA date de 1995 aux USA, la prise de conscience large de l'évolution et de la puissance de l'IA date de la mise à disposition de ChatGPT 3.5 en novembre 2022. En fournissant au grand public un outil avancé basé sur l'IA, OpenAI, la société mère de ChatGPT, une IA générative, a brutalement fait comprendre au grand public en général et aux médecins en particulier, les avancées majeures permises par l'IA.

Et ce, au point que même Google a senti le boulet passer, ce que BlackBerry n'avait pas anticipé lors de l'arrivée de l'iPhone. Ainsi, non seulement ChatGPT révélait la puissance de l'IA mais de plus, il contribuait à modifier une pratique, celle de la recherche rapide d'une réponse à



La prévention cardiovasculaire,

ça peut-être simple !

Retrouvez nos cas cliniques et auto-évaluez-vous
en HTA et lipidologie

sur le site www.realites-cardiologiques.com



Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

une question qui, pendant 20 ans, a reposé largement sur l'interrogation d'un moteur de recherche, Google. L'arrivée de Google, en son temps, avait contribué à ce que de plus en plus de personnes n'ont plus jugé utile d'avoir des livres, des dictionnaires voire des encyclopédies ou des archives en papier chez elles.

A titre indicatif, Google est né en 1998, sa version française est apparue en 2000, et en 2024, il est le moteur de recherche majoritairement utilisé, c'est-à-dire dans 88 % des requêtes en France. Qu'est-ce que l'arrivée de ChatGPT a changé d'un point de vue pratique ? Antérieurement, de très nombreuses personnes, lorsqu'elles se posaient une question, faisaient, *via* leur ordinateur ou plus fréquemment *via* leur *smartphone*, une recherche sur Google. Pour y répondre, hier comme aujourd'hui, Google fournit une liste de liens, principalement vers des textes, des images et des vidéos. Sa particularité, à l'origine de son succès, est d'avoir mis au point un outil censé fournir rapidement la référence la plus pertinente parmi celles disponibles sur le web. Après avoir interrogé Google, il faut alors accéder puis lire le texte sélectionné par ce moteur de recherche et juger s'il répond à la demande faite, sinon passer à un texte suivant jusqu'à obtention des éléments de réponse les mieux adaptés à la question. Plus besoin d'aller consulter ses archives ou d'appeler un ami...

Avec ChatGPT, la démarche est simplifiée : on pose une question et la réponse arrive en quelques secondes sans avoir besoin de faire une analyse de divers textes. Et tout cela parce que la base de données analysée par ChatGPT a été gigantesque, parce que l'outil d'analyse statistique a été renforcé par les réseaux neuronaux pour prédire l'alignement des réponses attendues et donc proposer les plus pertinentes, et parce qu'il est possible de disposer de puces ultrapuissantes (GPU) ce qui permet d'emblée de faire la synthèse des références en rapport avec la question.

Ainsi, si vous demandez à Google "*Quelle est le traitement de l'insuffisance cardiaque à fraction d'éjection réduite ?*", il va sélectionner des articles de revues ou des recommandations, et il faudra les lire et les analyser pour connaître la bonne réponse. Si vous posez la même question à ChatGPT, il répond "*Le traitement de l'insuffisance cardiaque à fraction d'éjection réduite est...*". De même, et plus trivialement, si vous demandez à Google "*Quelle est la recette d'une tarte aux pommes ?*" il vous dirige vers des sites de recettes en ligne, des vidéos YouTube, etc. En posant la même question à ChatGPT, la réponse en quelques secondes est "*Pour faire une tarte aux pommes, il faut...*".

Vous aurez remarqué que, depuis plusieurs mois, Google propose dans ses premières lignes une réponse succincte aux questions posées renvoyant à une référence bibliographique. C'est sa réponse actuelle à l'arrivée de ChatGPT, dans l'objectif de ne pas voir ses clients se diriger massivement vers les IA génératives. Vous aurez aussi remarqué un élément différenciant majeur entre ces deux outils de réponse aux questions : Google vous dirige vers des références dont la pertinence provient de son moteur de recherche faisant remonter dans les premières lignes les références censées être les plus utilisées en réponse à la question posée (tout en sachant qu'il est possible de manipuler l'algorithme ou de payer pour progresser dans l'échelle des références) alors que ChatGPT fournit une réponse sans référence bibliographique, sans que l'on sache si elle est exacte ou pertinente, sans que l'on puisse juger du fait qu'il s'agisse d'une hallucination, voire d'un "mensonge". Quoi qu'il en soit, avec la plupart des IA génératives à disposition, la probabilité d'obtenir une réponse exacte et pertinente est beaucoup plus élevée que l'inverse, et les IA génératives sont de plus en plus utilisées.

Surtout, s'il a fallu à ChatGPT ou aux autres IA génératives disponibles, et il

en a déjà de très nombreuses (CoPilot, Gemini, Perplexity, Gamma, Claude, Mistral, GoatChat, Nova...), disposer de milliards de données pour un usage général, il est tout à fait possible de personnaliser une recherche avec des données moindres mais sélectionnées et fiables dans un domaine donné. Ainsi, par exemple, il est possible d'alimenter une IA générative avec des textes de référence dans l'insuffisance cardiaque (recommandations, essais thérapeutiques majeurs, revues générales vérifiées par les pairs...) afin que les réponses recherchées aux questions spécifiques à ce domaine en soient issues.

Il est même possible de créer un outil dans cette IA afin qu'elle aille rechercher elle-même les données bibliographiques actualisées dans des bases de données de référence comme PubMed et ce, afin qu'elle actualise en permanence ses réponses. On peut donc tout à fait disposer d'un outil performant et personnalisé dans un domaine donné pour répondre rapidement à des questions spécifiques à ce champ, notamment dans la prise en charge d'un patient. Pour résumer, si l'on travaille dans un domaine donné, la cardiologie par exemple, une IA générative peut, pour partie, devenir ce que vous souhaitez qu'elle devienne. Si vous avez l'impression que la réponse n'est pas parfaitement adaptée, vous pouvez lui indiquer, et elle corrigera ses futures réponses en fonction de vos remarques. Ainsi, il est possible de fournir au modèle les éléments sur lesquels il doit s'entraîner pour s'adapter à une tâche spécifique, puis de lui faire ajuster ses réponses pour améliorer ses performances.

Plus encore, si vous savez l'analyser, vous trouverez en haut à droite de la page d'accueil de ChatGPT, un onglet qui permet, en lui fournissant quelques renseignements, de personnaliser à votre style les réponses qu'il va vous donner et qui permet aussi de modifier les données mémorisées afin que celles maintenues vous correspondent le mieux.

■ Les gains certains et potentiels

Enfin, un dernier élément devant faire considérer l'importance d'anticiper ce que l'IA va modifier dans la pratique médicale et qui est corollaire des précédents, est tout simplement le fondement conceptuel de l'utilisation de l'IA. Elle a été conçue entre autres pour permettre un gain de temps, pour aider à la réalisation des tâches complexes, pour être efficace en permanence sans être fatiguée comme peut l'être l'humain, pour agir automatiquement, pour fournir des retours rapides, synthétiques et précis à partir de la base de données qui lui est fournie, fusse-t-elle gigantesque.

Ainsi, par exemple, en matière d'aide au diagnostic, une IA a été conçue pour l'échographie fœtale : en présence d'une anomalie qui pourrait paraître minime, elle incite à rechercher d'autres anomalies qui, toutes réunies, peuvent caractériser un syndrome spécifique auquel il est possible que l'échographiste n'ait pas pensé. Ce dispositif dénommé Sonio a été développé par des médecins de l'hôpital Necker et a reçu un agrément par la FDA. Comme il est écrit sur son site [2] : *“Sonio Detect est homologué [...] par l'autorité américaine de santé, la FDA. Sonio Detect est destiné à analyser les images et clips d'échographie fœtale à l'aide de techniques d'apprentissage automatique pour détecter automatiquement les vues, identifier les structures anatomiques dans les vues et vérifier les critères de qualité des vues. Le dispositif est conçu pour être utilisé comme aide de lecture simultanée lors de l'acquisition et de l'interprétation des images d'échographie fœtale... Sonio Pro est un dispositif médical de classe I aux États-Unis en qualité d'un dispositif de communication d'images médicales. Sonio Pro est conçu pour aider les professionnels de santé à s'assurer que les examens de dépistage par échographie sont bien réalisés.”*

SonioDetect est un logiciel embarqué dans un échographe General Electric qui travaille avec ses ingénieurs pour déve-

lopper des systèmes d'IA afin d'aider les sage-femmes dans la pratique de l'échographie fœtale, réduisant leur durée et améliorant la fiabilité du résultat en fournissant notamment des conseils en temps réel pendant l'examen.

Chez ce fabricant, la technologie est décrite comme suit [3] : *“La technologie SonoLyst des derniers Voluson Signature identifie et annote automatiquement les coupes échographiques essentielles de l'anatomie fœtale. En complément, et pour éviter tout oubli, elle liste les clichés restant à faire dans le cadre de votre examen... L'IA peut aussi vous aider à détecter plus rapidement des anomalies, diminuant le risque de diagnostics manqués. Par exemple, la technologie fetalHS vous guide pour obtenir des vues cardiaques de base pour identifier les anomalies cardiaques... Sur des examens récurrents, l'apport de l'IA permet également un véritable gain de productivité. Lors des suivis de FIV, l'IA permet par exemple de mesurer automatiquement la taille du follicule (grand axe et petit axe). Certaines situations rencontrées peuvent également poser des défis spécifiques. C'est le cas notamment des patientes peu échogènes (en raison d'un surpoids par exemple). Jouer sur les paramètres d'image (gain, profondeur, focus) peut sembler être une solution, mais dans bien des cas, cela dégrade l'image en augmentant le bruit ce qui ne facilite pas l'interprétation de l'image... Les systèmes optimisent automatiquement leurs réglages afin de vous permettre d'obtenir les meilleures images possibles compte tenu des conditions. Ainsi les échographes Voluson Signature 18 et Voluson Signature 20 permettent, grâce à leurs technologies “Augment” et “Shadow Reduction” de traiter l'image pour respectivement augmenter la lisibilité sans ajouter de bruit et réduire les ombres acoustiques. Les deux technologies fonctionnent ensemble et de concert pour améliorer l'image même chez les patientes avec un IMC élevé... Enfin, les derniers systèmes sont également plus communicants, ce qui vous permet de*

partager avec votre patiente vos images plus facilement et rapidement.”

Ainsi, lorsque l'IA sera largement présente dans les outils médicaux, il deviendra difficile de s'en passer, un peu comme le *smartphone* aujourd'hui. Il deviendra possible de déléguer largement la pratique de nombreux examens complémentaires, comme l'échocardiographie notamment, à des personnels dédiés qui seront moins fatigués mentalement et fourniront des résultats d'une grande fiabilité (voir article suivant).

La pratique cardiologique, tant en établissement de soins qu'en cabinet libéral qui deviendra un établissement de soins ayant plusieurs employés, en sera modifiée. Si l'on veut être efficace et ne pas sombrer, comme toutes les marques qui ont disparu lorsque l'iPhone est arrivé, il va falloir comprendre les avantages, les atouts et les limites de l'IA en médecine et s'y adapter notamment en matière de pratique.

BIBLIOGRAPHIE

1. WARRAICH HJ, TAZBAZ T, CALIFF RM. FDA Perspective on the Regulation of Artificial Intelligence in Health Care and Biomedicine. *JAMA*, 2025;333: 241-247.
2. <https://sonio.ai/fr/security-regulatory/>
3. <https://midwives.gehealthcare.com/fr-fr/sequiper-dun-echographe/choisir-son-echographe/lamelioration-de-la-prise-en-charge-des-patientes-grace-a-lintelligence-artificielle/#>

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.

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

Quoi de neuf en numérique, santé connectée et intelligence artificielle ?

Une nouvelle ère médicale s'ouvre avec l'arrivée des technologies numériques et de l'intelligence artificielle. La santé connectée repose sur les applications mobiles, les capteurs portables et les dispositifs médicaux connectés, facilitant la surveillance en temps réel des patients et l'amélioration des soins. L'IA, notamment *via le machine learning* et le *deep learning*, joue un rôle clé dans l'analyse des données médicales, l'automatisation des tâches et le soutien aux décisions cliniques, tout en présentant des défis en matière d'intégration clinique et de transparence. La télésanté, qui inclut la téléconsultation, la télésurveillance et le télésoin, élargit l'accès aux soins, particulièrement pour les patients atteints de maladies chroniques. Toutefois, le développement de ces technologies nécessite qu'une attention particulière soit prêtée à la sécurité des données, à la transparence des algorithmes et à la supervision humaine pour garantir un usage éthique et sécurisé. La transformation numérique des soins de santé est prometteuse mais doit être équilibrée pour maximiser ses bénéfices tout en gérant les risques associés.



B. LEQUEUX

CHU POITIERS.

Président de la Commission numérique du Syndicat national des cardiologues.

La santé connectée, propulsée par le numérique et l'intelligence artificielle (IA), transforme en profondeur notre approche des soins. Elle englobe un vaste éventail de technologies et de services numériques conçus pour améliorer la santé et le bien-être des individus. Cette numérisation croissante des données de santé ouvre de nouvelles perspectives, tout en soulevant des défis importants.

Composante et écosystème de la santé connectée

La santé connectée s'appuie sur divers outils numériques pour le suivi, la gestion et l'amélioration de la santé [1-2].

>>> Applications mobiles. Elles sont un élément central de la santé connectée. Elles permettent aux utilisateurs de surveiller leur activité physique, leur alimentation, leur sommeil et de bénéficier de téléconsultations. Ces applications peuvent servir de plateformes de gestion personnalisée de la santé, intégrant des rappels de prise de médicaments ou des conseils de prévention.

>>> Capteurs portables. Par exemple, les montres connectées et les bracelets d'activité mesurent en continu des données comme la fréquence cardiaque, le nombre de pas et la saturation en oxygène. Leur popularité croissante repose sur leur capacité à fournir des alertes en temps réel, par exemple en cas de rythme cardiaque anormal, permettant une inter-

vention rapide. Ces dispositifs peuvent mesurer et enregistrer divers paramètres, transférant les données vers une interface utilisateur partageable.

>>> Dispositifs médicaux connectés. Comme les tensiomètres ou les glucomètres intelligents, ils transmettent directement les données aux professionnels de santé ou les stockent sur des *clouds* sécurisés. Cela facilite le suivi des patients atteints de pathologies chroniques, comme l'hypertension ou le diabète, et améliore l'ajustement des traitements. Ces dispositifs peuvent également servir à la gestion des maladies chroniques, à l'observance du traitement et à la prise de médicaments à domicile, ainsi qu'aux soins des personnes âgées [3].

>>> Plateformes de télésurveillance. Elles jouent un rôle clé pour les patients atteints de maladies chroniques [1]. En collectant et en analysant des données en continu, elles permettent aux professionnels de santé d'intervenir de

manière préventive, réduisant ainsi le risque de complications et les hospitalisations. La télésurveillance peut utiliser des algorithmes pour détecter des événements cardiaques potentiels plus rapidement qu'un clinicien. Les appareils de thérapie de resynchronisation cardiaque (CRT) peuvent détecter l'impédance intrathoracique, ce qui contribue à prédire les hospitalisations chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque. Les algorithmes basés sur les données des défibrillateurs CRT ont démontré une sensibilité de 70 % dans la prédiction d'hospitalisation.

>>> Écosystème de la santé connectée. L'Internet des objets (IoT) est un réseau de dispositifs qui échangent et stockent des données, ce qui permet aux professionnels de santé de surveiller leurs patients à distance en temps réel [1]. L'IoT peut être utilisé pour collecter des données telles que la pression artérielle, le pouls, la saturation en oxygène et l'ECG simultanément. Un système basé sur l'IoT comprend trois couches : une couche de détection, une couche de transport et une couche d'application. L'intelligence artificielle (IA) peut être utilisée pour analyser des données et améliorer le diagnostic et la détection des maladies cardiovasculaires. Les systèmes d'IA sont classés en quatre

niveaux de risque, allant du risque inacceptable au risque minimal [4]. Un principe de "garantie humaine" est reconnu à l'échelle française, européenne et internationale, assurant le développement éthique des intelligences artificielles dans le domaine de la santé [5]. La transformation numérique des systèmes de santé a permis de développer des outils numériques fiables, sécurisés et interopérables avec les logiciels métiers. La télésanté et la santé connectée sont essentielles pour construire la médecine du XXI^e siècle.

L'intelligence artificielle au cœur de la transformation

L'IA permet d'exploiter d'importants volumes de données de santé pour offrir des solutions plus précises et personnalisées [1]. Sa mise en œuvre, plus ou moins facile, intervient à différents niveaux du parcours médical (fig. 1).

>>> L'automatisation des tâches et la réduction des erreurs humaines. L'IA automatise les tâches répétitives telles que la création de plannings et le codage du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) [5]. Cela libère du temps pour les professionnels de santé, leur permettant de se concen-

trer sur l'interaction humaine avec les patients. En automatisant ces tâches, l'IA contribue également à réduire les erreurs humaines.

>>> Machine learning et deep learning (fig. 2). Le *machine learning* (ML) est une méthode d'apprentissage automatique qui permet de faire des prédictions à partir de flux de données comme la détection précoce de la cardiopathie amyloïde [6], et plus généralement, de tendances pathologiques, comme dans l'analyse des électrocardiogrammes (ECG) [1].

Le *deep learning* (DL) est une forme plus avancée de ML qui utilise des réseaux neuronaux pour traiter des tâches complexes [6]. Le DL est notamment employé dans l'analyse d'images médicales comme les IRM et les échographies cardiaques, permettant l'identification d'anomalies subtiles. Ces modèles de DL apprennent de manière autonome à partir des données historiques, améliorant ainsi leur précision au fil du temps. Les algorithmes de DL peuvent être utilisés pour analyser les données d'échocardiographie, avec une précision comparable à celle des cliniciens, pour quantifier la fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) [7]. L'analyse automatisée par IA peut ainsi être effec-

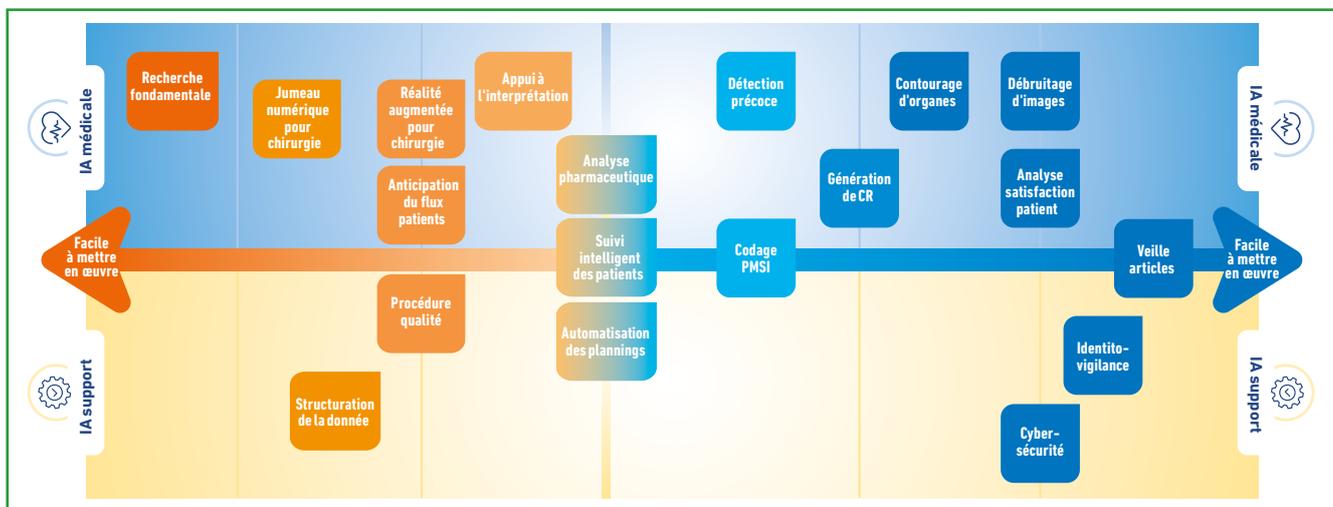


Fig. 1 : Implémentation de l'IA dans le parcours médical (source : ANAP).

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue



Fig. 2 : Les différents types d'IA (source : ANAP).

tuée par du personnel non spécialisé et de manière plus rapide que l'analyse manuelle par des experts.

>>> Gestion des flux et allocation des ressources. L'IA est aussi utilisée dans la gestion des flux hospitaliers, en anticipant les pics d'activité aux urgences [5]. Elle permet également d'optimiser l'allocation des ressources au sein des établissements de santé grâce à l'anticipation des flux de patients en utilisant des données historiques et des prévisions climatiques.

>>> Recherche et systèmes d'aide à la décision clinique. Dans les projets de recherche, l'IA structure et analyse les données cliniques et biologiques à une vitesse inégalée [5]. Cela accélère le développement de nouvelles thérapies. Elle peut être intégrée aux systèmes d'aide à la décision clinique (AI-CDSS) pour fournir des recommandations aux médecins. Ces systèmes s'appuient sur des analyses de données multidimensionnelles afin de guider les choix thérapeutiques de manière personnalisée. Un

système hybride combinant l'expertise humaine et l'apprentissage automatique peut augmenter la précision des diagnostics. Des algorithmes d'IA peuvent analyser des données génomiques pour améliorer la prédiction des risques cardiovasculaires mais aussi contribuer à l'identification de variants génétiques pathogènes [8].

>>> Autres applications de l'IA en cardiologie. Elle est également utilisée pour l'interprétation automatisée des angiographies coronaires et l'estimation des sténoses [9]. Elle peut être appliquée à l'imagerie de perfusion myocardique pour améliorer la qualité des images et la prédiction des événements cardiovasculaires [10]. L'IA peut également aider à prédire la thérapie de resynchronisation cardiaque [11] mais aussi évaluer automatiquement la fonction systolique cardiaque à partir d'angiographies coronaires [12]. L'IA peut être appliquée à la correction d'atténuation virtuelle pour améliorer l'imagerie SPECT de perfusion myocardique [13].

Des techniques d'IA, comme les réseaux neuronaux convolutionnels, sont employés pour l'analyse d'images de résonance magnétique cardiaque (IRM) afin d'automatiser la segmentation d'images et de quantifier des volumes et la masse du ventricule gauche [3].

>>> Limites et défis de l'IA. Malgré ses avantages, il existe un écart important entre la recherche sur l'IA et son intégration clinique. Les raisons de cet écart incluent le décalage entre les caractéristiques des données d'entraînement et les données réelles, ainsi qu'un manque de prise en compte du contexte opérationnel. Les modèles d'IA peuvent produire des réponses incorrectes, voire inventer de fausses informations. Par conséquent, la supervision humaine demeure essentielle. Un contrôle humain effectif de toutes les solutions déployées est nécessaire pour assurer la conformité de l'utilisation de ces systèmes. En résumé, l'IA est un outil puissant qui a le potentiel de révolutionner de nombreux aspects de la médecine, de la prévention au traitement en passant par la recherche. Toutefois, son déploiement doit être encadré afin de maximiser ses bénéfices tout en limitant les risques.

La télésanté : une pratique essentielle

La télésanté transforme la dispensation des soins en permettant une interaction médicale à distance tout en assurant un suivi de qualité. Elle englobe plusieurs pratiques complémentaires : la téléconsultation, la téléexpertise, la télésurveillance et le télésoin [14].

>>> Téléconsultation. Elle permet une consultation à distance *via* des plateformes sécurisées et offre aux patients une prise en charge rapide, par exemple dans l'adaptation des traitements antihypertenseurs, ce qui est particulièrement utile dans les déserts médicaux. Elle est remboursée en France mais encore peu utilisée en cardiologie.

>>> Téléexpertise. Elle facilite le partage de cas complexes entre professionnels [15]. Elle renforce ainsi les diagnostics et les stratégies thérapeutiques. Asynchrone, elle permet un avis d'expertise sans être dérangé pendant ces consultations. Elle est tracée et facturable pour le requérant et le requéré.

>>> Télésurveillance. Elle joue un rôle essentiel dans la gestion des maladies chroniques. Elle combine des dispositifs connectés avec des algorithmes intelligents pour un suivi en temps réel des paramètres physiologiques des patients. En cardiologie, deux types de télésurveillance sont remboursés : la télésurveillance rythmologique (PM/DAI) et la télésurveillance d'insuffisance cardiaque (IC), rentrée dans le droit commun depuis le 1^{er} juillet 2023 avec des critères simples d'inclusion (hospitalisation dans les moins de 12 mois ou NYHA >= 2 et NtPROBNP > 1 000 ou BNP > 100). Les preuves scientifiques sont nombreuses sur l'intérêt de la télésurveillance IC en termes de morbidité [16].

Par ailleurs, un algorithme basé sur les données de défibrillateurs CRT a montré une sensibilité de 70 % dans la prédiction d'hospitalisation. La détection de l'impédance intrathoracique *via* des dispositifs de thérapie de resynchronisation cardiaque (CRT) peut aider à prédire l'hospitalisation chez les patients atteints d'insuffisance cardiaque. Un questionnaire téléphonique de triage peut éliminer les faux positifs dans la prédiction de l'insuffisance cardiaque. On trouve également d'autres dispositifs expérimentaux comme un capteur non invasif placé sur la poitrine du patient qui peut enregistrer l'ECG, l'accélérométrie sur 3 axes, l'impédance cutanée, la température corporelle et la posture, transférant les données *via* Bluetooth vers un téléphone portable et un *cloud* pour analyse. Les variations des signes vitaux sont surveillées grâce à un indice de changement multivarié (de -1 à 1) qui permet de distinguer les changements

physiologiques des variations normales dues à l'activité physique.

>>> Télésoin. Il élargit l'accès à des soins paramédicaux, comme la rééducation ou l'accompagnement psychologique [15]. Il renforce la continuité des soins. Les soins hybrides, qui combinent présentiel et télésoin, gagnent en popularité pour leur capacité à répondre aux besoins spécifiques des patients tout en réduisant les contraintes logistiques. La télésanté améliore l'accès aux soins pour les populations isolées ou vulnérables. Elle s'intègre de manière fluide au parcours de soins global. Les études montrent que ces approches réduisent les taux d'hospitalisation. Elle optimise la qualité de vie des patients et renforce la collaboration interprofessionnelle. Les parcours de soins hybrides alternant soins distanciels et présentiels caractérisent la médecine du XXI^e siècle. Ces parcours permettent une meilleure prise en charge des patients par une équipe de soins grâce à l'alliance de la clinique et des technologies. La télésanté a été utilisée dans différents types de consultation pendant la pandémie de COVID-19, notamment pour la gestion des patients atteints de maladies chroniques et de leurs traitements.

>>> Conditions de succès de la télésanté. Pour atteindre leur plein potentiel, ces pratiques doivent être soutenues par des infrastructures numériques robustes. Des formations adaptées pour les soignants et une sensibilisation des patients à ces nouveaux outils sont nécessaires. L'utilisation de Mon Espace Santé (MES), et en particulier du Dossier Médical Partagé (DMP), est nécessaire pour garantir la qualité et la sécurité des soins distanciels. Ceux-ci doivent être adaptés au parcours de santé hybride du patient. L'évaluation des organisations professionnelles pour les soins à distance doit être faite par des études contrôlées et randomisées qui démontrent leur non-infériorité par rapport aux soins en présentiel. La participation des patients à ces évaluations (PREMs et PROMs) est essentielle pour évaluer la qualité et l'im-

pact des parcours de soins hybrides sur leur état de santé.

>>> Développement et perspectives. La transformation numérique des systèmes de santé a permis de "rénover" les pratiques de télésanté à partir de 2022. La période de la pandémie a permis de conforter et d'étendre la médecine hybride dans de nombreuses spécialités médicales. Les professionnels de santé (libéraux, établissements de santé, structures de prévention, établissements médico-sociaux, etc.) doivent désormais développer des parcours de soins hybrides coordonnés par le médecin traitant qui associent soins distanciels et présentiels. Ils doivent bénéficier en premier lieu aux patients atteints de maladies chroniques.

■ Enjeux et défis majeurs

Cette transformation a un impact majeur sur les professionnels de santé et les patients, redéfinissant leurs rôles respectifs. Les professionnels de santé peuvent désormais automatiser de nombreuses tâches administratives et cliniques grâce à l'intelligence artificielle, comme la planification des consultations ou l'analyse préliminaire de certains résultats médicaux. Cela leur permet de consacrer davantage de temps à l'interaction humaine, essentielle pour l'écoute active, la prise de décisions complexes et les soins centrés sur le patient.

Les patients, quant à eux, deviennent des acteurs centraux de leur propre santé. Grâce aux outils connectés, ils peuvent suivre leurs indicateurs en temps réel, ajuster leur comportement et participer activement à la gestion de leur parcours de soins. Les plateformes numériques leur offrent également une transparence accrue, leur permettant d'accéder à leurs données de santé et de mieux comprendre les recommandations médicales.

Cependant, cette transformation repose sur un échange clair d'informations et

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

le consentement éclairé des patients. Il est impératif que les utilisateurs soient informés de la manière dont leurs données sont collectées, utilisées et protégées, en particulier lorsqu'il s'agit de l'IA [5]. Cette transparence est essentielle pour instaurer une confiance durable entre les patients et les professionnels de santé, garantissant ainsi une adoption généralisée et responsable des innovations technologiques. Le développement de la santé connectée s'accompagne de défis cruciaux et nécessite une approche équilibrée pour garantir un déploiement responsable. La transparence et l'intelligibilité des systèmes d'IA sont des priorités majeures pour instaurer la confiance entre les différents acteurs. Les patients et les professionnels doivent comprendre comment les algorithmes fonctionnent, pourquoi ils recommandent certaines décisions et quels sont leurs éventuels biais. La qualité des données est une pierre angulaire du succès des algorithmes d'IA. Des données représentatives et diversifiées permettent de réduire les biais et d'améliorer la fiabilité des analyses. Cependant, l'interopérabilité des systèmes reste un défi important : les plateformes doivent communiquer efficacement entre elles pour éviter la fragmentation des données et garantir une prise en charge coordonnée des patients.

La sécurité et la confidentialité des données médicales sont primordiales, nécessitant une stricte conformité au RGPD. Le Règlement Européen sur l'IA (RIA) [4] vient compléter cette approche en encadrant les pratiques à haut risque, notamment en matière de transparence et de documentation des algorithmes. L'impact énergétique des systèmes d'IA est une préoccupation croissante [17], car les centres de données et l'entraînement des modèles consomment d'importantes ressources énergétiques. L'optimisation des algorithmes et l'utilisation d'énergies renouvelables sont des pistes à privilégier pour réduire l'empreinte carbone de l'IA.

POINTS FORTS

- **La santé connectée révolutionne la prise en charge médicale** grâce aux applications mobiles, capteurs portables, dispositifs connectés et télésurveillance, les patients bénéficient d'un suivi personnalisé, en temps réel, améliorant leur qualité de vie et réduisant les hospitalisations.
- **L'intelligence artificielle optimise** les diagnostics, les prédictions cliniques et la gestion des ressources, tout en automatisant les tâches répétitives. Elle s'avère particulièrement performante dans l'analyse d'images médicales et les systèmes d'aide à la décision clinique.
- **La télésanté, une pratique essentielle et intégrée** : la téléconsultation, la téléexpertise et le télésoin complètent la télésurveillance pour un parcours de soins hybride, accessible même dans les zones médicalement isolées, tout en renforçant la coordination interprofessionnelle.
- **Des défis majeurs à relever** : la protection des données, la transparence des algorithmes, l'interopérabilité des systèmes et la supervision humaine sont essentiels pour garantir un déploiement responsable et éthique des technologies de santé.
- **Un enjeu clé pour l'avenir de la médecine** : en associant technologies numériques et éthique, la santé connectée et l'IA transforment le système de santé, plaçant les patients et les professionnels au centre d'un écosystème innovant, fiable et durable.

Enfin, l'IA n'est pas infaillible et peut produire des erreurs. Une supervision humaine accrue est essentielle pour valider les décisions critiques [18], et une formation des professionnels de santé à l'utilisation et aux limites des outils numériques est nécessaire. Les patients doivent être accompagnés pour mieux comprendre ces technologies et participer activement à leur parcours de soins hybrides. Le principe de "garantie humaine" assure une supervision humaine continue.

Conclusion

La santé connectée offre des perspectives prometteuses pour améliorer les soins et le bien-être, mais son déploiement doit être responsable, en tenant compte des enjeux éthiques, juridiques, environnementaux et des risques liés à l'IA et à la protection des données. À travers une

approche intégrée et durable, ces innovations peuvent transformer la médecine au bénéfice de tous.

Cet article a fait l'objet d'une aide à la rédaction par NotebookLM.

BIBLIOGRAPHIE

1. YASMIN F, SHAH SMI, NAEEM A *et al.* Artificial intelligence in the diagnosis and detection of heart failure: the past, present, and future. *Rev Cardiovasc Med*, 2021;22:1095-1113.
2. CUNNINGHAM JW, ABRAHAM WT, BHATT AS *et al.* Artificial Intelligence in Cardiovascular Clinical Trials. *J Am Coll Cardiol*, 2024;84:2051-2062.
3. KARATZIA L, AUNG N, AKSENTJEVIC D. Artificial intelligence in cardiology: Hope for the future and power for the present. *Front Cardiovasc Med*, 2022;9:945726.
4. CNIL. Règlement européen sur l'IA : <https://www.cnil.fr/fr/entree-en-vigueur-du-reglement-europeen-sur-lia-les-premieres-questions-reponses-de-la-cnil> [Internet].

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

La consultation de cardiologie enrichie par l'intelligence artificielle

Même l'organisation la plus parfaite a besoin d'évoluer tous les dix ans.
Bernard Calvet

Les outils médicaux reposant sur l'intelligence artificielle (IA) peuvent être utilisés à plusieurs étapes du parcours de soin d'un patient. Parmi les utilisations possibles, il y a l'orientation initiale des patients, c'est-à-dire en amont de la consultation médicale, dans un objectif de gradation des priorités et d'identification des situations selon leur degré d'urgence. Ces outils peuvent libérer le médecin de la prise de notes lors de la consultation. Ils peuvent aussi être utiles lors des étapes diagnostiques, en particulier lorsqu'elles nécessitent un examen d'imagerie, ou lors de la prédiction d'un risque. Ensuite, ils peuvent fournir des synthèses aux différentes étapes du parcours du patient, faciliter le suivi médical et permettre de détecter une modification de l'état du patient afin d'adapter son traitement.

→ F. DIÉVART
DUNKERQUE.

Imaginons donc une consultation de cardiologie comme elle sera prochainement possible, à l'ère de l'IA, dans laquelle les concepts clefs seraient "reconnaissance vocale", "écosystème", "interopérabilité" et "prédiction". Pour le cardiologue, le concept clef sera "nouvelle organisation de la prise en charge". Il est à noter que tous les outils dont il sera question dans cet article existent déjà et que certains sont, sans qu'on le sache parfois, déjà largement utilisés.

Délais adaptés et courrier instantané

Ce jeudi, Monsieur I. se présente pour la première fois à votre cabinet de cardiologie pour une consultation qui a été inscrite à votre agenda il y a moins de 48 heures. Comment a-t-il pu avoir un

rendez-vous aussi rapidement? Ce délai court était-il justifié? Voici la réponse: cet homme de 53 ans a consulté son médecin traitant le mardi en lui indiquant que depuis 2 à 3 mois, il ressent une sorte de gêne thoracique mal définie, parfois à l'effort, parfois après, parfois spontanément. Comme le médecin utilise un logiciel d'assistance à la consultation, il obtient une synthèse numérique écrite à l'issue de celle-ci qui indique "douleur thoracique" et "une consultation cardiologique et un bilan biologique sont nécessaires dans des délais courts mais sans urgence". Cette synthèse générée par une IA est analysée par un autre outil d'IA afin d'être croisée avec les agendas de cardiologues participants au réseau numérique de prise en charge des patients de l'agglomération, réseau dans lequel votre agenda de cardiologie est conçu pour que le rendez-vous puisse s'y insérer.

En parallèle de l'inscription du patient dans votre agenda, vous recevez le courrier de synthèse de la consultation du

médecin traitant dans un dossier numérique généré automatiquement et reprenant les données démographiques du patient. Ce dernier reçoit l'inscription du rendez-vous dans l'agenda de son *smartphone* ainsi qu'un rendez-vous avec le laboratoire de biologie pour avoir dès le lendemain, le bilan sanguin prescrit. L'ordonnance a été générée automatiquement et transmise instantanément au laboratoire d'analyse médicale et au centre de Sécurité sociale. Le courrier de synthèse de la consultation et l'ordonnance prescrite sont instantanément versés dans le Dossier médical partagé (DMP) du patient.

Dès son résultat, le bilan biologique effectué le mercredi est adressé par voie numérique au médecin traitant et inclus dans le dossier créé dans votre logiciel patient. Un système d'IA a au préalable vérifié qu'aucun des résultats ne franchissait des seuils nécessitant d'émettre une alerte pour informer le médecin de la nécessité d'une prise de contact urgente avec le patient.

Quels sont les éléments clefs devant permettre cette évolution ?

>>> La commande vocale : la voix comme prochaine et principale interface entre l'homme et la machine

Une des grandes avancées permises par l'IA est l'analyse de la voix. Les logiciels de reconnaissance vocale, ou ASR (*automatic speech recognition*), sont maintenant capables de convertir la parole humaine en signal numérique exploitable pour analyse et ce, quels que soient la langue, l'accent, le débit, l'émotion... (voir par exemple l'IA Moshi chez Kyutai). Elle permet d'interagir avec des machines de façon plus rapide que l'écrit, sans écran ni clavier, ni... mode d'emploi. Pour cela, un microphone suffit qui peut être inclus dans un *smartphone*, une montre, voire une paire de lunettes comme les Ray-Ban Meta. Et nous verrons peut-être renaître les Google Glass. Cette technologie en constante évolution repose sur des algorithmes sophistiqués et des modèles de langage. Le principe consiste à analyser un signal audio capturé par un microphone et à le transcrire en données numériques analysables ou en mots écrits. Cette transformation révolutionne donc la manière dont les humains interagissent avec les ordinateurs et les appareils électroniques.

Dès lors, elle sert d'outil principal pour interroger une machine, tel le Siri de votre *smartphone*, la borne Alexa d'Amazon, le dictaphone de votre *smartphone* pour saisir courriels et messages et dans ce cas, elle convertit votre parole en texte. Elle peut permettre de poser des questions à une IA générative sans avoir à saisir manuellement du texte. Elle peut traduire dans de très nombreuses langues vos paroles comme celles de votre interlocuteur, à l'oral ou à l'écrit. Elle permet donc de prendre en charge un patient ne parlant pas votre langue sans recours à un traducteur.

Grâce aux avancées constantes de l'IA et de l'apprentissage automatique, la reconnaissance vocale améliore l'accessibilité aux machines et accroît l'efficacité des processus faisant que la voix humaine va devenir une interface omniprésente dans l'utilisation des machines.

>>> Les logiciels d'assistance à la consultation : gestion de l'agenda et synthèse de la consultation

Il existe déjà plusieurs types de logiciels d'assistance à la consultation. Par exemple Simplify No-Show repose sur une IA qui permet de réduire le risque qu'un patient ne se présente pas à sa consultation. Ainsi, l'IA peut être capable d'évaluer la probabilité de non-présentation d'un patient grâce à un système de notation et elle peut appliquer une méthode d'analyse prédictive pour déterminer les déflections en temps réel. De ce fait, il peut devenir possible de relancer les patients concernés pour leur proposer d'autres créneaux disponibles.

Un autre type de service est la gestion de l'agenda et chaque médecin peut, en formatant un outil d'IA, créer un logiciel adapté à son agenda qui, en fonction de mots-clefs (comme douleur thoracique par exemple), placera le patient dans un horaire et un jour de consultation adaptés à son état pressenti.

Surtout, il existe maintenant des outils appelés à remplacer la saisie, qu'elle soit par écrit ou par dictée vocale, des données de la consultation. Le principe est le suivant : la consultation se déroule normalement mais devant un microphone posé sur le bureau, incorporé dans l'ordinateur ou dans un *smartphone*, voire dans des lunettes... À aucun moment le médecin ne prend de notes. Il peut discuter librement avec le patient, l'observer, etc. En fin de consultation, l'assistant rédige un compte-rendu structuré de celle-ci, en langage médical et tenant lieu de courrier de synthèse. Il y a intégré les données du dossier du patient et celles

enregistrées pendant la conversation entre le médecin et le patient.

De nombreuses sociétés proposent déjà de tels outils et notamment Microsoft, dont l'assistant DAX Copilot était utilisé en 2024 par 400 hôpitaux et plus de 600 000 médecins. Son coût aux USA est d'environ 700 \$ par fournisseur et par mois, le prix étant réparti entre 100 \$ par mois pour Dragon Medical One, le logiciel de dictée, et 600 \$ par mois pour le module complémentaire DAX Copilot. Mais il faut aussi citer les sociétés ou logiciels Aldebaran, Doctolib, Druid, Nabla (qui serait déjà utilisée par 85 000 médecins dans le monde et plus de 3 000 médecins en France et dont le coût aux USA est de 119 \$ par mois et par fournisseur et serait de 69 € par mois en France), Praxysanté... Ce dernier propose pour 29 € par mois une utilisation illimitée pendant les consultations, une personnalisation des comptes-rendus et des lettres, un archivage des données, une génération automatique des prescriptions et de la lettre d'adressage à un confrère, une assistance par courriel, *chat* et téléphone. Les qualités du service rendu sont très variables selon l'outil et parfois encore nettement insuffisantes, mais l'amélioration est constante, au fur et à mesure de l'enrichissement de la base de données analysées.

Certains de ces logiciels, comme Aldebaran ou Druid notamment, peuvent, préalablement à l'entrée du patient dans le bureau de consultation, synthétiser sur la base des données disponibles les besoins de santé et l'histoire médicale des patients réalisant déjà une interopérabilité des données de santé.

La promotion de ces outils met en avant le fait qu'ils sont susceptibles de diminuer la charge de travail des médecins, notamment en matière de tâches administratives, et ainsi de gagner du temps avec leurs patients, sans pour autant augmenter la durée des consultations. Plus encore, l'assistant de consultation permet d'organiser les informations de

■ Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

santé de manière structurée en se chargeant de compléter le dossier du patient.

Parmi les limites, il y a le fait que l'introduction d'une IA dans les consultations médicales pose des questions éthiques concernant la confidentialité des données. Le médecin doit donc connaître la politique de gestion des données médicales des divers opérateurs : leurs lieux de stockage (serveurs US comme AWS permettant aux autorités américaines de les consulter en cas de réquisition ou serveurs européens certifiés Hébergeurs de données de santé), leur durée de stockage, l'exploitation qui en sera faite... La transparence sur les protocoles de sécurité et le consentement des patients sont donc des préalables indispensables à l'utilisation de ces outils.

>>> L'interopérabilité

L'interopérabilité est aussi un des grands concepts de l'apport de l'IA dans la pratique médicale. Elle est l'élément majeur de l'efficacité d'un écosystème reposant sur l'IA et elle devra concerner les fichiers des données des patients et les agendas médicaux des médecins.

L'interopérabilité est la capacité qu'ont divers appareils et logiciels à communiquer entre eux de façon dématérialisée et fluide. Dans le domaine de la santé, elle doit permettre à divers acteurs et logiciels de partager instantanément des informations à des fins de coordination des données pour les prises de décisions et le suivi des patients. Elle fait donc interagir des systèmes distincts pour permettre la cohésion du système quelle que soit la source de la donnée.

C'est une étape clef qui doit prendre en compte plusieurs types d'éléments comme les interopérabilités technique, sémantique et organisationnelle, la protection des données et l'accord des patients. Analysé avec ce prisme, le Dossier médical partagé (DMP) n'est rien d'autre qu'un vaste système d'interopérabilité des données de santé ayant pour

objectif de simplifier la prise en charge des patients et entre autres, d'éviter, s'il est exploité correctement, les redondances d'examen.

Comme l'**interopérabilité est le maillon indispensable à l'écosystème de la santé numérique** qui permettra le saut qualitatif, on peut prédire que la pression exercée par divers agents sera très forte pour qu'elle soit concrète et généralisée à court terme. On comprend qu'au sein d'un hôpital de tels processus pourraient être adoptés rapidement si la volonté et les compétences sont là, afin de faciliter le parcours de soins des patients. L'objectif final étant la généralisation du processus aux échelles locales (réseaux de correspondants), régionales (vers les grands centres spécialisés notamment) et nationales.

■ Perspectives

Dès que le système de santé fonctionnera en réseau interopérable, toutes les formules du type "réseaux de correspondants", "réseaux centrés sur une maladie", "CPTS" ou autres vont rapidement ressembler à la préhistoire de la médecine. Des médecins contractualiseront des accords pour fonctionner en réseau numérique interopérable afin d'améliorer le parcours des patients, c'est-à-dire de l'adapter à leurs besoins effectifs.

Dès lors que plusieurs acteurs du soin se seront mis d'accord pour fonctionner selon le mode décrit, que l'ensemble des partenaires aura accepté que l'agenda d'un médecin est au service de la prise en charge adaptée des patients et qu'un opérateur rendra possible l'interopérabilité entre les données des patients et les agendas des médecins, le système deviendra opérationnel.

■ Un parcours différent dans le cabinet du cardiologue

Revenons à Monsieur I. Le jeudi, il se présente donc à votre cabinet de cardio-

logie et passe par un accueil où certaines données administratives sont vérifiées ou complétées et il donne (ou pas) son accord pour certaines procédures comme l'utilisation d'un logiciel d'assistance à la consultation par exemple, ou l'accès à certaines données personnelles concernant ses goûts et son approche de la santé (disponibles en faisant l'analyse de ses traces sur les réseaux sociaux ou de la personnalisation de l'IA générative qu'il utilise le plus souvent par exemple).

Une fois passé l'accueil, il est reçu par un assistant médical qui, en 10 minutes, après l'avoir allongé torse-nu, enregistre sa pression artérielle, lui pose sur le thorax une minivestibule comprenant des capteurs réalisant les diverses incidences utiles d'une échocardiographie et enregistrant un électrocardiogramme. L'analyse et la synthèse des résultats sont faites par une IA. Toutes ces données sont instantanément enregistrées dans son dossier médical.

Puis il se rend dans votre bureau. Avant que le patient n'y entre, vous disposez déjà de très nombreuses données le concernant, alors que vous ne l'avez encore jamais vu : données démographiques, biologiques, cliniques (PA, fréquence cardiaque), ECG et échocardiographie notamment avec leur interprétation. Une IA dédiée en a fait une synthèse et a produit des probabilités diagnostiques comme :

- probabilité prétest de maladie coronaire : 10 à 35 % (intermédiaire);
- degré d'urgence : faible à modéré (douleurs stables, atypiques, depuis au moins 3 mois);
- probabilité de fibrillation atriale paroxystique : 40 à 50 % (deux marqueurs de FA paroxystique à l'ECG);
- probabilité d'insuffisance cardiaque dans les 10 ans : 5 % (faible sur les données démographiques, biologiques ECG et échocardiographiques).

Pour peu que le patient l'ait accepté, le cardiologue peut aussi disposer de

certaines éléments concernant sa psychologie et ses centres d'intérêt et ainsi disposer de leviers psychologiques dans la discussion à venir.

La consultation sert donc à préciser les caractéristiques des symptômes du patient, à connaître mieux ses valeurs concernant une prise en charge médicale (et s'il apparaît qu'il est réticent à prendre des traitements par exemple, surtout au long cours), à l'informer des possibilités diagnostiques et des examens qui paraissent pertinents pour aboutir au bon diagnostic, à l'informer des options thérapeutiques selon le diagnostic, et des modalités du suivi. Le patient reçoit l'information qu'il souhaite de la façon la plus proche dont il le souhaite.

Quels sont les éléments clefs devant permettre cette évolution ?

Dès lors que l'on peut disposer de moyens très fiables de faire certains examens complémentaires et notamment une échocardiographie, pourquoi perdre du temps à faire déshabiller le patient, installer l'appareil... alors que cette tâche, même simplifiée, peut être déléguée et que le résultat qui sera obtenu par l'utilisation d'une IA sera meilleur que celui obtenu par ses propres moyens ?

Le médecin peut se consacrer à la synthèse des données et au dialogue avec le patient. L'organisation du cabinet peut être conçue comme celle de certains centres d'ophtalmologie dans lesquels le patient ne voit le médecin qu'au bout d'une chaîne dans laquelle plusieurs examens complémentaires ont été effectués.

Plus encore, l'indication des examens complémentaires pourra être adaptée aux données recueillies par la transmission du courrier de synthèse du médecin traitant justifiant la pratique d'un ECG et d'une échocardiographie, ce d'autant que l'analyse par IA permettra de fournir

des taux prédictifs d'existence ou de survenue de diverses maladies.

>>> L'analyse de l'ECG par IA : apports et limites

En écrivant "*artificial intelligence and electrocardiogram*" dans PubMed, on constate que 650 articles sont référencés en 2024, soit plus de références que lorsque l'on écrit "*artificial intelligence and echocardiography*" qui ne génère que 317 publications en 2024 : c'est dire si le sujet préoccupe les médecins. Mais, alors que l'analyse de l'ECG par IA paraît être l'élément le plus simple et le plus évident de la pratique cardiologique, elle semble encore aujourd'hui hétérogène dans ses capacités et surtout n'avoir eu qu'une évaluation imparfaite en pratique. Ainsi, plusieurs conclusions sommaires peuvent être faites de cette littérature abondante :

- l'analyse de l'ECG par IA est en phase croissante ;

- l'IA ne permet pas encore d'obtenir des renseignements globaux et fiables, quel que soit l'ECG, notamment en prenant en compte l'ensemble des anomalies observables. Ainsi, en fonction de leurs données d'entraînement, certaines interprétations par IA sont plus sensibles voire uniquement dédiées aux anomalies rythmiques et de conduction, d'autres aux éléments en faveur d'une maladie coronaire, d'autres dans certaines prédictions, etc. Ceci est reflété par les approbations par la FDA qui sont sélectives et différentes selon l'IA : détection des arythmies, classification des anomalies rythmiques, identification de l'amylose cardiaque, de l'HTAP, de la dysfonction ventriculaire gauche... et, à notre connaissance, aucune n'a d'approbation d'interprétation globale et de prédiction, quelle que soit la situation clinique ;

- l'IA permet d'analyser des données que l'on pourrait qualifier d'infracliniques car l'œil humain ne peut les distinguer. C'est-à-dire qu'elle est capable, à partir de certaines caractéristiques de l'ECG, d'affirmer l'existence d'une maladie cardiaque (comme une altération de la frac-

tion d'éjection ventriculaire gauche, ou l'existence d'une cardiomyopathie hypertrophique, voire d'une fibrillation atriale paroxystique...) et parfois non cardiaque (maladie mentale, épilepsie, cirrhose hépatique...), ou d'en prédire la survenue.

Sur le plan conceptuel, l'analyse des données de l'ECG par l'IA en fait donc une modalité indispensable de la prise en charge des maladies cardiovasculaires notamment en en faisant un biomarqueur prédictif. Sur le plan de la pratique quotidienne, son apport reste à valider. En effet, à part quelques très rares grandes études consacrées à un domaine particulier (comme le triage des patients à l'arrivée aux urgences dans des hôpitaux chinois, étude dévolue aux syndromes coronaires aigus), l'utilisation en pratique de ces apports a été peu ou mal évaluée, c'est-à-dire avec des méthodes peu fiables ou sur des cohortes de praticiens assez faibles en nombre et en fait, le plus souvent sur des données partielles (troubles du rythme ou maladie coronaire par exemple).

Enfin, parmi les limites, un autre élément est à prendre en compte : il a été démontré que l'interprétation d'un examen proposée par une machine influence le lecteur, qu'il soit cardiologue ou non. Ceci est utile quand l'interprétation est juste, mais peut être dommageable lorsqu'elle est inexacte.

En synthèse, l'interprétation de l'ECG par IA n'est pas encore en phase de maturité et encore moins en phase opérationnelle. Si elle peut être utile pour prédire ou diagnostiquer certaines maladies, le cardiologue doit maintenir sa compétence dans l'interprétation de l'ECG car *in fine*, il sera le responsable médico-légal des décisions prises.

>>> L'analyse de l'échocardiographie par IA

Comme il est dit dans l'article précédent, il semble en être tout autrement pour l'échocardiographie dont l'analyse des données par l'IA semble poussée par des

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

sociétés d'imagerie gérant aussi diverses modalités d'échographie, des scanners et des IRM, notamment, c'est-à-dire ayant une puissance financière importante.

Ainsi, à titre d'exemple, plusieurs études de qualité portant sur l'outil dans la pratique ont déjà été publiées et, lors des sessions scientifiques de l'American Heart Association (AHA) de novembre 2024, les résultats de deux études majeures ont été présentées dans le domaine.

En 2023, dans une étude nord-américaine publiée dans *Nature Medicine*, il a été montré que des cardiologues ne peuvent pas distinguer un résultat d'échocardiographie interprété par un sonographeur de celui interprété par une IA.

Dans l'étude AI-echo, présentée à l'AHA, pendant un mois, un service d'échocardiographie a fait interpréter les échographies en alternance, un jour sur deux, un jour par le sonographeur et l'autre par l'IA. Au terme du suivi de 40 jours, il a été démontré que lorsque l'analyse est faite par une IA :

- la durée d'examen est plus courte (13 *versus* 14,3 minutes) ;
- il est possible d'effectuer plus d'échocardiographies par jour (16,7 *versus* 14,1) ;
- le résultat est plus souvent qualifié d'excellent (soit dans 41 *versus* 31 % des cas) ;
- le nombre de paramètres pris en compte est plus élevé (85 *versus* 25) ;
- la charge mentale du sonographeur est moins lourde.

Dans une autre étude présentée à l'AHA, l'étude PAN-echo, les auteurs ont fait travailler sur un modèle d'apprentissage profond, une IA sur plus d'1,1 million de boucles d'échocardiographies et sur l'analyse de 91 critères et 39 inférences diagnostiques. Les résultats de l'interprétation ont été analysés par des équipes expertes distinctes et externes à la réalisation de l'examen.

Le résultat montre la grande justesse de l'analyse par IA de tous ces critères : l'aire

sous la courbe est de 0,91 en moyenne pour tous les critères. Celle pour le diagnostic de sténose valvulaire aortique sévère a atteint 0,99. Ici, il n'y a donc pratiquement pas de doute à avoir : la pratique de l'échocardiographie pourra être déléguée à du personnel paramédical formé et les résultats pourront être analysés de façon fiable par une IA. Demain est déjà là.

Perspectives

On aura compris que l'IA peut permettre qu'au cabinet de cardiologie, devenu une petite entreprise avec des acteurs apportant chacun une compétence spécifique, le parcours du patient soit différent de ce qu'il est actuellement. Cela répondra beaucoup mieux aux demandes des patients et des médecins, notamment en matière de charge mentale.

Les examens complémentaires usuels peuvent être faits en quelques minutes par des assistants formés et ils peuvent être interprétés encore plus vite par l'IA. Toutefois, pour l'ECG, le regard du cardiologue restera nécessaire encore pendant quelques années et, par prudence, avant d'en avoir lu le compte-rendu.

La consultation avec le cardiologue sera l'étape finale d'un parcours de soins et dédiée spécifiquement à une discussion avec le patient. Le cabinet de consultation à proprement parler pourra être mieux défini par de nouveaux termes comme espace de discussion, de concertation, d'empathie, d'information, de convivialité... Il doit être aménagé pour répondre symboliquement à cette nouvelle façon de prendre en charge un patient : à la fois chaleureux (éclairages, décoration...), rassurant (confortable, accueillant...) mais reflétant le savoir du médecin (bibliothèque, diplômes...) et son esprit d'organisation (un bureau ne comprenant qu'un ordinateur et un enregistreur, rien d'inutile qui pourrait notamment créer une barrière supplémentaire avec le patient...). Le patient doit symboliquement comprendre qu'il

va pouvoir discuter avec quelqu'un de compétent qui lui consacre du temps. Le médecin peut accomplir sa mission selon ces critères.

Au terme de la consultation

Revenons à la consultation de Monsieur I. Les possibilités diagnostiques lui ont été présentées. Il lui a été indiqué qu'il va être demandé un coroscaner avec analyse de l'inflammation coronaire notamment, et qu'il va devoir porter pendant quelques semaines un petit patch étanche sur la peau, enregistrant et transmettant en permanence au cardiologue diverses données dont l'électrocardiogramme.

Une synthèse de la consultation est faite par le logiciel d'assistance à la consultation. Après vérification rapide par le cardiologue, en deux clics de validation, elle est instantanément adressée par voie numérique au patient, au médecin traitant et au cardiologue spécialiste en coroscaner (ici agréementée d'une demande spécifique pour l'examen) et, de nouveau, grâce au croisement des agendas, le patient reçoit sur son *smartphone* un rendez-vous de coroscaner. Puis, un rendez-vous de téléconsultation avec le cardiologue est fixé à 48 heures après le coroscaner pour discuter des résultats avec le patient et rendre compte des données déjà transmises par le patch connecté.

La cotation et son règlement sont automatiques : consultation, forfait réseau, synthèse et prise en charge en 48 heures, ECG, échocardiographie, patch connecté et infrastructure dédiée de télétransmission des données pour analyse en temps réel par IA.

Quels sont les éléments clés devant permettre cette évolution ?

Plusieurs des éléments de ce chapitre sont abordés plus haut comme l'inter-

connexion des agendas et les trois éléments nouveaux sont l'indication du coroscaner avec analyse de l'inflammation, le patch connecté et la cotation de plusieurs examens en une seule séance.

>>> Le coroscaner avec analyse de l'inflammation

Le coroscaner avec, entre autres, l'analyse par IA de l'inflammation des artères coronaires, sera probablement largement utilisé dans les années à venir dans la situation clinique de ce patient. L'apport de cette technique provient des résultats publiés en 2024 d'une étude dénommée ORFAN ayant comme objectif de faire analyser par une IA les données de plus de 250 000 coroscaners tout en suivant prospectivement les patients ayant eu cet examen.

Son objectif principal est d'évaluer s'il y a une corrélation entre l'index d'atténuation de la graisse (*fat attenuation index* ou FAI qui est un quantificateur validé de l'inflammation des artères coronaires) et la survenue d'un événement cardiovasculaire (CV) majeur. Et ce, tout en enrichissant le modèle prédictif de nombreuses autres données collectées à l'inclusion des patients. Les résultats actuels sur plus de 100 000 coroscaners analysés et un suivi moyen des patients de 7,5 ans, ont montré que le risque d'événements cardiaques majeurs est plus élevé en termes relatifs chez les patients ayant une maladie coronaire obstructive que chez ceux ayant une maladie coronaire non obstructive, qu'il s'agisse de la mortalité cardiaque (HR : 1,41 ; IC95 % : 1,26-1,56 ; $p < 0,001$) ou des événements cardiaques majeurs (décès cardiaque, IDM non fatals et hospitalisations pour insuffisance cardiaque : HR : 1,57 ; IC95 % : 1,47-1,68 ; $p < 0,001$).

En reprenant les mêmes critères, l'étude a montré une corrélation significative entre les risques de survenue de ces événements et l'importance de l'inflammation périvasculaire de l'interventriculaire antérieure (IVA) définie par le FAI. Ainsi,

par rapport au quartile de référence, le risque de mortalité cardiaque est multiplié par 3,87 pour le second quartile, par 8,30 pour le troisième quartile et par 20,20 pour le dernier. La corrélation est maintenue, que les patients analysés aient une maladie coronaire obstructive ou non obstructive, que soit pris en compte le score FAI de l'IVA, de la circonflexe ou de la coronaire droite et elle est indépendante des facteurs de risque usuels et du CAD-RADS 2.0. Surtout, elle est vérifiée chez les patients n'ayant ni athérome, ni calcifications coronaires (soit 32 % de la population incluse) avec un risque de mortalité cardiaque multiplié par 11,6 pour les patients du dernier quartile par rapport à ceux du premier quartile.

Parmi les patients ayant le score d'inflammation le plus élevé, par rapport aux patients du groupe de référence, la survenue des événements évalués est précoce et ample avec une dissociation des courbes Kaplan-Meier dès les 6 premiers mois. L'étude montre, en considérant l'ensemble de la population évaluée, que par rapport à une classification usuelle du risque CV, l'utilisation du score FAI permis par l'IA reclassifie 30 % des patients vers des catégories de plus haut risque et 10 % des patients vers des catégories de plus bas risque, ce qui constitue des taux inhabituellement forts par rapport aux autres outils proposés pour reclassifier le risque, témoignant de l'apport majeur de la technique. L'index de reclassification net (NRI) est ainsi de 0,378 concernant la mortalité cardiaque et il est de 0,275 pour les patients ayant une maladie coronaire non obstructive.

Ainsi, l'utilisation du coroscaner chez ce type de patient, et d'une façon assez large, fournira rapidement de très nombreux renseignements : calcifications coronaires, athérome coronaire, obstructif ou non, inflammation coronaire, structure du cœur, anomalies aortiques, thoraciques... Elle permettra de mieux évaluer le risque cardiovasculaire et d'adapter les décisions thérapeutiques en conséquence.

Il est par ailleurs possible, lorsque la technique sera opérationnelle et disponible, que la prescription initiale en soit faite directement par le médecin traitant, c'est-à-dire avant l'avis du cardiologue.

>>> Le patch connecté

Le recueil de données médicales par des objets de plus en plus petits et la transmission de ces données à des serveurs centraux en faisant l'analyse par IA, va constituer une évolution certaine de la prise en charge des patients. Les présentations et publications faisant état de la miniaturisation des dispositifs, de la fiabilité de l'analyse des données recueillies sont de plus en plus nombreuses. Il est donc tout à fait prévisible que l'enregistreur "Holter" historique soit, à terme, remplacé par un patch miniature enregistrant diverses données au premier rang desquelles l'ECG, voire la pression artérielle, la température, la glycémie... augmentant les possibilités d'obtenir des diagnostics fiables simplement.

Tout indique que la médecine de demain utilisera largement de tels outils miniaturisés et connectés. Le plus extraordinaire étant potentiellement la possibilité de porter une sonde d'échocardiographie miniaturisée comme cela a été publié récemment. Reste à en apprécier l'utilité.

>>> La cotation de plusieurs examens en une seule séance

À la lecture de ces lignes, le cardiologue libéral ou l'administrateur d'hôpital peut envisager qu'il y a une impossibilité : celle de faire une cotation additionnelle de plusieurs actes lors d'une même séance. En sera-t-il toujours ainsi ?

Certains éléments laissent penser que non. Le principal est celui de la prise en compte de l'empreinte carbone du parcours de soins dont une grande partie provient des transports : ceux de la mise à disposition des traitements et des dispositifs médicaux et ceux des patients. Or,

■ Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

comme l'indique la lecture du rapport Charges et produits de la Caisse nationale d'Assurance maladie de 2024, cette dernière est devenue très sensible à l'empreinte carbone du système de santé au point qu'elle envisage plusieurs pistes pour la diminuer. Si l'on y réfléchit, un bon moyen de diminuer l'empreinte carbone liée aux déplacements des patients est de les réduire. Comment ? En favorisant la téléconsultation et la possibilité d'effectuer et de coter plusieurs actes en une même séance, c'est-à-dire en un seul déplacement du patient. Nul doute que les syndicats professionnels n'utilisent cet argument dans les mois ou années à venir pour obtenir une telle mesure.

Pour le patch connecté, plusieurs méthodes pourront éviter un nouveau déplacement du patient vers le cabinet médical comme utiliser des patches jetables et recyclables après chaque usage par exemple.

■ Perspectives

La nouvelle organisation du parcours de soin permise par l'utilisation de l'IA et

l'interopérabilité des outils numériques doit conduire à diminuer la charge mentale du médecin, à faire en sorte qu'il puisse apporter au système de soins la valeur ajoutée que lui confère sa longue formation et non la gaspiller dans des actes qui peuvent être délégués à des assistants et à des machines.

Pour cela, il doit observer, analyser et prendre en compte les modifications à venir de la pratique des soins, s'adapter, c'est-à-dire savoir changer ses habitudes et quitter sa zone de confort pour une plus grande efficacité et une plus grande sérénité.

■ Conclusion

Analyser ce que pourra devenir un parcours de soins enrichi par l'IA doit conduire le médecin à anticiper les modalités des choix organisationnels qu'amèneront les changements obligatoires des pratiques. Il s'agit donc tout à la fois d'adapter la taille et la disposition de ses locaux d'exercice mais aussi leur agencement, d'embaucher des personnels dévolus à la délégation de tâches,

de redistribuer en en faisant disparaître certaines, des fonctions qui faisaient historiquement partie de celles des secrétaires médicaux comme la frappe, le classement du courrier et la gestion des agendas et des dossiers médicaux, pour que ces secrétaires, devenus collaborateurs ou assistants puissent se consacrer à l'accueil des patients dans toute ses dimensions. Il s'agit du choix d'outils numériques adaptés, du développement de la fluidité des relations avec les autres acteurs du parcours et enfin, de la relation améliorée avec le patient.

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.

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

De quelques problèmes posés par l'utilisation de l'intelligence artificielle en médecine

Il faut toujours prendre le maximum de risques avec le maximum de précautions.
Rudyard Kipling

L'arrivée massive de l'intelligence artificielle (IA) dans nos sociétés et dans la pratique médicale pose de nombreuses questions, allant des plus triviales aux plus complexes, des plus philosophiques aux plus réglementaires car, notamment, son objectif principal est de reproduire l'intelligence humaine. Certains y verront une aide, d'autres une substitution et une prise de contrôle. Dans cet article de conclusion de ce dossier sur l'IA seront abordés quelques-uns des problèmes qu'elle pose et ce, au-delà du risque d'erreurs qu'elle peut commettre dans les résultats qu'elle fournit.

→ F. DIÉVART
DUNKERQUE.

Entre mythe et science, entre craintes ancestrales et promesses technologiques

Pour paraphraser un article de Pascal Lardellier et Emmanuel Carré paru le 5 janvier 2025 sur le site TheConversation.fr, la question de l'intelligence artificielle fait écho à des **débats millénaires sur notre rapport aux outils cognitifs**, questionnements de nature anthropologique et philosophique.

Faut-il verser dans un technosolutionnisme béat ou dans une technophobie primitive ? Le premier terme fait référence à un mode de pensée que l'on pourrait résumer comme suit : "Il n'y a pas de problème, il n'y a que des solutions", et ces solutions seront apportées par le développement technologique. Ce technosolutionnisme est conforté par l'augmentation de l'espérance de vie et l'amélioration des

conditions de vie survenues depuis le début de l'ère industrielle : accès à une eau potable, accès aux soins, diminution de la pollution des villes... faisant qu'aujourd'hui les conditions de vie d'un Français sont meilleures que celles de Louis XIV.

Les tenants de la technophobie diront que ces progrès ont des contreparties, tels que le réchauffement climatique, l'épuisement des ressources de la planète, la perte du bon sens et de la vie de famille... Il est vrai que travailler aux champs 10 heures par jour avec les enfants et ne pas savoir si l'on pourra passer l'hiver avait de quoi faciliter la vie de famille avant l'ère industrielle, surtout si l'on était susceptible d'être enrôlé à tout moment dans l'armée de "ce bon Prince qui nous gouverne".

Même s'il peut en avoir l'apparence, l'article de ce dossier consacré à la consultation de cardiologie à l'ère de l'IA ne verse pas dans le technosolutionnisme béat mais a pour objectif de montrer une évolution quasi-inéluctable du parcours

de soins, à quelques variantes près, et donc la nécessité qu'il y a de l'anticiper et de la considérer comme devant libérer du temps médical et de parole avec les patients. Certes, cette nouvelle donne créera des problèmes mais seront-ils supérieurs à ceux qu'elle va résoudre ? Seront-ils insurmontables ? Pour le dire autrement, qui, en France aujourd'hui, au nom des risques de la technique, aurait envie de mourir à 25 ans, des complications d'un rhumatisme articulaire aigu après avoir souffert toute sa vie de douleurs dues à des caries dentaires ou d'une dyspnée majeure ?

Un problème potentiel lié à l'IA est toutefois ce qui est constaté par certains médecins : la numérisation de la vie sociale (réseaux sociaux, courriels, visioconférences, SMS, alertes numériques induites par la télésurveillance, demandes incessantes de télé-expertise...) augmente la charge mentale avec son risque de surmenage professionnel (*burn-out*). En augmentant le flux des données numériques, l'utilisation de l'IA devra conduire à savoir organiser

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

son emploi du temps afin de préserver le temps de parole libre avec les patients.

Au-delà de la notion de technosolutionnisme, le fait que l'IA puisse se substituer à la pensée humaine doit-il être vécu comme une menace pour notre espèce ? Pour continuer dans le fil de l'article de P. Lardellier et E. Carré, il semble judicieux de concevoir que *“loin de remplacer nos capacités cognitives, les outils numériques les modifient et peuvent les enrichir, exactement comme l'écriture a fini par devenir un pilier de notre développement intellectuel plutôt qu'un substitut à la mémoire”* et *“c'est ici qu'intervient la distinction fondamentale entre prothèse et orthèse dans notre approche de l'IA. Une prothèse remplace une fonction défaillante ou manquante, tandis qu'une orthèse soutient et améliore une fonction existante”*.

Il semble que cette conception de l'IA soit celle à retenir, laissant de côté ce qui reste encore un mythe, la notion de la prise de pouvoir des machines sur l'homme... Ceci n'empêche pas de réfléchir sur quelques limites et dangers de l'IA.

L'automatisation des soins et son risque de déshumanisation

Un de ces risques est potentiellement celui d'une déshumanisation de la relation médecin-patient. L'IA, par l'automatisation des tâches médicales qu'elle va permettre, doit conduire à libérer du temps médical et non à remplacer le temps de dialogue en créant de la distance entre le médecin et le patient. Ce sera donc ici une affaire de personnes où certains s'épanouiront dans le soin et l'accompagnement, et d'autres laisseront la machine faire : *“si vous voulez un antipyrétique tapez 1 ; si vous voulez un antibiotique tapez 2 ; si vous voulez une assistance vocale tapez 3...”*

Un autre risque concerne la décision médicale. Ici, il y a encore une grande

incertitude quant à l'évolution de l'environnement médico-légal. Les données du problème sont les suivantes : la prise de décision (diagnostique et thérapeutique) repose sur le médecin qui a été formé pour cela et, dans chaque décision, il engage sa responsabilité médico-légale ; les outils à base d'IA pourraient améliorer et améliorent déjà la précision diagnostique, la qualité du suivi et l'adaptation du traitement dans de nombreuses situations cliniques ; ainsi, le médecin pourrait être tenté (par habitude ou excès de confiance notamment) de se fier aux résultats fournis par l'IA et à ses préconisations, et il serait même possible d'envisager un support légal faisant que si l'IA est plus précise que le médecin, ce dernier devrait alors prendre ses préconisations en compte.

On est ici confronté au problème d'arbitrage entre deux modes décisionnaires dont on ne sait comment il évoluera, ce d'autant plus que si l'on pense que le médecin doit être formé pour superviser les préconisations et résultats fournis par des IA, on peut aussi penser l'inverse, l'IA pourrait rectifier de façon adaptée le raisonnement du médecin.

Dans combien de temps ce débat émergera-t-il ? Nul ne le sait, mais il se posera et devra mettre en avant des principes, dont l'un pourrait être l'efficacité. Au-delà des débats philosophiques, le problème actuel est de comprendre certaines des limites de l'IA qui posent problème pour son utilisation médicale.

L'explicabilité

Un des problèmes majeurs posés par l'IA est l'explicabilité de ses résultats. L'explicabilité est la capacité à mettre en relation et à rendre compréhensibles les éléments pris en compte par le système d'IA pour la production d'un résultat. Dans un système expert, comme peut l'être un texte de recommandations, l'homme construit puis utilise des algorithmes : dans telle situation clinique, les

données de la science justifient de faire tel bilan, de proposer tel traitement en première intention, en cas d'aggravation, de compléter le bilan par certains éléments et de proposer, éviter ou arrêter tel autre traitement.

Dans une IA reposant sur l'apprentissage profond, c'est l'IA elle-même, qui, à partir de modèles statistiques appliqués à la base de données qu'elle analyse, construit le chemin entre les éléments entrants et les éléments sortants avec des critères peu ou pas compréhensibles. Ainsi, par exemple, en analysant une base de données de milliers d'ECG et en ayant comme élément entrant le fait que parmi tous les patients auxquels ont été fait ces ECG, certains ont de la fibrillation atriale (FA) paroxystique, l'IA va pouvoir déceler des caractéristiques non visibles par l'homme dans les ECG des patients ayant une FA paroxystique. Elle peut ensuite conclure face à un nouvel ECG qui lui est soumis que le patient a de la FA paroxystique ou non et ce, sans que l'on sache quels critères elle a retenus pour ce faire. On ne peut expliquer sa démarche, tout au plus peut-on l'évaluer en vérifiant que sa prédiction est exacte et reproductible dans des populations différentes que celles lui ayant servi de base d'entraînement. Et ce, notamment si sa base de données ayant servi à l'analyse n'a pas comporté de biais de sélection, en d'autres termes, si elle a été représentative de l'ensemble de la population.

Il est à noter que c'est au terme d'une telle évaluation en population que cette IA devrait ou non être approuvée et utilisée. Et cela paraît indispensable car lorsqu'on analyse des milliers voire des milliards de données, il est toujours possible, sinon probable de trouver des **corrélations sans fondement ou des corrélations parasites**, c'est-à-dire des corrélations que rien n'explique mais qui sont temporairement validées par de grandes séries statistiques. Ainsi, aux USA, il existe un site (*spurious correlation*) analysant les données statistiques du Web et ayant permis de constater qu'il existe

plusieurs corrélations entre diverses données, dans une période donnée, parfois pendant plusieurs années sans aucune explication logique autre que le hasard. Il en est ainsi, par exemple, de l'évolution des dépenses publiques américaines dans la recherche scientifique astronomique et technologique et du taux de suicide par pendaison, étouffement et étranglement : ces deux variables ont évolué de façon strictement parallèle pendant 20 ans (faut-il alors réduire les dépenses en recherche pour diminuer le taux de suicide par pendaison ?). On trouvera également une corrélation entre les personnes se noyant dans des piscines par rapport au nombre d'apparitions de Nicolas Cage à l'écran (ici, est-on bien certain qu'il s'agisse d'un hasard ?), de la consommation de mozzarella par tête par rapport au nombre de doctorants en ingénierie civile (les Italiens diront certainement que ce n'est pas le hasard), le nombre de morts liés à une chute depuis un bateau de pêche par rapport au nombre de mariages dans le Kentucky (est-ce un effet de la législation sur les rames aux USA ?)...

■ Vers l'IA explicable

Outre le débat concernant la différence entre causalité et corrélation, le problème réellement posé est que l'homme souhaite comprendre le mécanisme conduisant à proposer un résultat plutôt qu'un autre lorsque des données sont analysées. Face à ce problème, il y a deux grandes écoles :

- une première considère que le processus même des réseaux neuronaux ne pourra pas permettre (du moins à court et moyen terme) d'expliquer les modalités de production d'un résultat et qu'il faut donc utiliser l'IA telle qu'elle est actuellement, sans rendre encore plus complexe sa mise à disposition ;
- une deuxième considère qu'il faut, pour des raisons scientifiques et éthiques, évoluer vers une IA explicable (dénommée en anglais XAI) et ce, malgré les difficultés rencontrées.

Les lignes qui suivent sont adaptées de données provenant de la société IBM qui fait partie des sociétés travaillant sur l'IA explicable :

- à mesure que l'IA se perfectionne, un défi est de comprendre comment l'algorithme est parvenu à chaque résultat car l'ensemble du processus de calcul est retranscrit dans ce qu'on appelle une "boîte noire", créée directement à partir des données et qui est impossible à interpréter, même par les ingénieurs ou *data scientists* qui créent l'algorithme ;

- il y a de nombreux avantages à comprendre comment un système basé sur l'IA a abouti à un résultat spécifique. L'explicabilité peut ainsi aider les développeurs à **vérifier que le système fonctionne comme prévu**, permettre de **répondre aux normes réglementaires**, ou encore **permettre aux personnes concernées par une décision de contester ou de modifier ce résultat** ;

- l'IA explicable ou XAI est un ensemble de processus et de méthodes qui permettent aux utilisateurs humains de comprendre et de faire confiance aux résultats créés par les algorithmes de *machine learning* ;

- l'IA explicable est utilisée pour décrire un modèle d'IA, son effet attendu et ses biais potentiels ;

- elle permet de caractériser la précision, l'équité, la transparence et les résultats du modèle dans la prise de décision alimentée par l'IA. L'IA explicable est cruciale pour une organisation, car elle permet d'instaurer un climat de confiance lors de la mise en production de modèles d'IA. Cette explicabilité aide également une organisation à adopter une approche responsable du développement de l'IA ;

- une organisation ne doit pas suivre l'IA sans esprit critique. Il est impératif qu'elle comprenne parfaitement son processus décisionnel, ce que permet un modèle de contrôle et de responsabilité de l'IA.

Au-delà du problème des corrélations parasites, ces éléments soulignent certains des défauts potentiels des résultats

fournis par une IA dans le domaine médical :

- en analysant des corpus de données fournis par des recherches conduites par l'homme et chez l'homme, lesdits résultats en reproduisent les biais, notamment les biais de sélection (populations masculines, jeunes et caucasiennes sur-représentées dans les registres et essais cliniques, patients hospitalisés différents de ceux de la population générale), mais aussi les préjugés fondés sur la race, le sexe, l'âge ou le lieu de résidence) ;
- les performances des modèles peuvent dériver ou se dégrader, car les données de production peuvent différer au fil du temps justifiant de surveiller et de gérer en continu les modèles afin de promouvoir l'explicabilité de l'IA.

■ Comment fonctionne l'IA explicable

Le défi est de franchir le pas séparant interprétation et explication des processus d'IA. L'interprétabilité est la mesure dans laquelle un observateur peut comprendre la cause d'une décision. Il s'agit du taux de réussite que les humains peuvent prédire pour les résultats d'une IA.

L'IA parvient à un résultat à l'aide d'un algorithme de *machine learning* (ML), mais les architectes des systèmes d'IA ne comprennent pas entièrement comment celui-ci est parvenu à ce résultat. Il est donc difficile d'en vérifier l'exactitude, ce qui entraîne une perte de contrôle, de responsabilité et d'auditabilité. La XAI utilise des techniques et des méthodes spécifiques pour garantir que chaque décision prise au cours du processus de ML peut être retracée et expliquée.

Les techniques de XAI reposent sur trois axes principaux. La précision et la traçabilité des prédictions qui répondent aux exigences technologiques, et la compréhension des décisions qui répond aux besoins humains.

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

La précision est un élément clé de la réussite de l'utilisation de l'IA dans les opérations quotidiennes. En effectuant des simulations et en comparant les résultats de la XAI à ceux du jeu de données d'entraînement, il est possible de déterminer la précision de chaque prédiction. La technique la plus utilisée à cet effet est LIME (pour *Local Interpretable Model-Agnostic Explanations*), qui explique la prédiction des classificateurs par l'algorithme de *machine learning*.

La traçabilité est une autre technique clé de la XAI. Cela se fait, par exemple, en limitant la manière dont les décisions peuvent être prises et en établissant un champ d'application plus étroit pour les règles et la fonctionnalité du ML. Parmi les techniques de traçabilité XAI, il y a DeepLIFT (pour *Deep learning Important Features*), qui compare toute activation de neurone à son neurone de référence et trace le lien entre chaque neurone activé, et même les dépendances entre eux.

La compréhension des décisions est le facteur humain. Comme de nombreuses personnes se méfient de l'IA, pour l'utiliser efficacement, elles doivent apprendre à lui faire confiance en comprenant comment et pour quelles raisons elle prend ses décisions.

De quelques avantages de l'IA explicable

L'IA explicable permet de revoir et d'améliorer les performances des modèles tout en aidant les parties prenantes à comprendre les comportements de l'IA. Une étude comportementale des modèles par le suivi des informations sur l'équité, la qualité, la dérive et l'état du déploiement est indispensable pour développer l'IA à grande échelle.

L'évaluation continue des modèles permet de comparer leurs prédictions, de quantifier les risques et d'optimiser leurs performances : un processus qui peut

être accéléré en affichant des valeurs positives et négatives sur les comportements des modèles avec les données qui génèrent l'explication. En rendant les modèles d'IA explicables et transparents, il devient possible de gérer la réglementation, la conformité, les risques et les autres exigences, de minimiser les frais liés aux inspections manuelles et aux erreurs coûteuses, et d'atténuer les risques de biais involontaires.

En conclusion

En médecine, l'explicabilité des résultats d'une IA paraît essentielle au point que certains souhaitent qu'elle fasse partie du cahier des charges avant approbation par une agence réglementaire et donc avant son utilisation. Si les avantages sont évidents, les obstacles sont nombreux. Outre la longueur et la complexité du processus, cela justifierait d'avoir accès aux bases de données ayant permis l'entraînement de l'IA et donc d'analyser si les sources utilisées ont respecté les droits des producteurs et des propriétaires de ces sources.

Les sources, leur protection et le droit

Plus le nombre de données analysées est grand, plus grande sera la précision d'une mesure : c'est un principe de base. Par exemple, si une chaîne de production commet une erreur en moyenne sur 1 % des produits qu'elle assemble, vous améliorez la connaissance de la précision de ce taux en augmentant le nombre de produits que vous allez examiner. Si vous examinez 10 produits, votre marge d'erreur sera telle qu'aucune conclusion ne sera possible, si vous en examinez 100 vous pouvez tout à fait avoir 0 produit défectueux comme vous pouvez en avoir 3 à 4 ; si vous en examinez 10 000, il est probable que vous soyez très proche du taux réel de 1 % de produits défectueux. Il en est de même pour créer une inférence statistique : plus l'IA peut

analyser de données, plus précis sera le résultat qu'elle proposera.

Ainsi, ChatGPT a analysé plusieurs milliards de données et il est dit que cela a été possible par un véritable pillage des bases de données numériques du Web, indépendamment des droits afférents à ces données puisqu'il a analysé, au-delà des bases de données publiques fournies par Common Crawl, des articles de presse ou des livres, voire selon certains auteurs, le contenu de courriels et de fils WhatsApp pour adapter ses réponses à des profils de langage plus familiers. Cela lui a d'ailleurs valu une interdiction transitoire de fonctionnement en Italie (en 2023) au motif qu'OpenAI, sa société mère "a traité les données personnelles d'utilisateurs pour former ChatGPT sans disposer d'une base juridique adéquate", enfreignant "le principe de transparence et les obligations d'information envers les utilisateurs qui en découlent".

En médecine, le problème est le même : pour qu'une IA puisse s'entraîner, il lui faut disposer de données et évidemment de données médicales, donc personnelles et sensibles. Comment obtenir un volume suffisant de données adaptées ? Selon quelle réglementation et avec quelle protection pour les personnes dont les données sont exploitées ? La recherche médicale, de quelque nature qu'elle soit est réglementée et la vente de données par les médecins est interdite en France, la pseudonymisation des données étant fragile.

De plus, les réglementations française et européenne donnent aux personnes fournissant des données à une IA (voire à tout médecin conservant des données relatives à un patient) le droit à l'information qui implique une politique de confidentialité et d'information comprenant :

- ce qui est collecté et par qui ;
- pour combien de temps ;
- en vertu de quel fondement juridique ;
- pour quel objectif et comment ces données sont sécurisées.

Réalités Cardiologiques,
en partenariat avec le **CNCF,**
vous invite à voir ou revoir
EN DIFFÉRÉ la webconférence

Que retenir de l'ESC 2024 ?

Modérateur : Dr François DIÉVART, Dunkerque

- Les grandes actualités de l'ESC
Dr François DIÉVART, Dunkerque
- Les actualités du congrès en HTA
Dr Marilucy LOPEZ-SUBLET, Bobigny
- Les actualités du congrès en lipidologie
Pr François SCHIELE, Besançon



<https://esc.realites-cardiologiques.com>

Inscription obligatoire – Webconférence réservée aux professionnels de santé.

Le dossier – L'intelligence artificielle et le cardiologue

En Europe, et donc en France, le RGPD prévoit plusieurs droits à disposition des personnes :

- le droit d'accéder à leurs données personnelles ;
- le droit de demander une rectification de ces données ;
- le droit de s'opposer à l'utilisation qui en est faite ;
- le droit de demander la suppression de leurs données personnelles ;
- et le droit d'obtenir une copie de ces données.

L'Europe a par ailleurs émis un règlement dénommé IA Act qui encadre les modalités de développement et d'utilisation de l'IA (**encadré I**).

À tout moment donc, le médecin collectant des données de santé doit mettre à disposition les moyens nécessaires pour faciliter l'exercice de ces droits. Plus encore, à toute étape du cycle de vie d'une donnée, celui qui les collecte et les conserve doit être vigilant sur le mode de collecte, sur leur utilisation et la manière dont elles sont sécurisées :

- ainsi, les données personnelles doivent être collectées en vertu d'une autorisation. Le RGPD prévoit 6 hypothèses limitatives autorisant la collecte puis l'utilisation des données. Appelé "base légale", ce principe signifie que **les données personnelles ne peuvent être traitées que sur un fondement juridique**. L'article 6 RGPD en énumère 6 : le consentement de la personne, l'exécution d'un contrat, le respect d'une obligation légale, l'intérêt légitime de l'organisme, l'intérêt public ou l'intérêt vital ;
- l'article 5 du RGPD, qui énumère les principes fondateurs du RGPD prévoit que protéger les données personnelles implique notamment de conserver l'intégrité des informations utilisées et de ne pas altérer leur exactitude ;
- enfin, tout organisme doit, en toute circonstance, être en mesure d'assurer la sécurité des données contre toute violation, fuite, altération ou destruction en prévoyant les mesures de sécurité adéquates (article 32 RGPD).

L'IA Act européen

Les États de l'Union européenne (UE) ont approuvé un règlement européen sur l'IA le 21 mai 2024. Le Conseil de l'Europe a adopté le 17 mai 2024 un traité international visant à garantir une IA respectueuse des droits fondamentaux. Les États membres de l'UE ont validé la proposition de règlement sur l'IA à l'unanimité.

Il s'agit d'une législation inédite au niveau mondial pour réguler l'IA.

Les auteurs de ces textes ont tenté de trouver un équilibre entre la protection contre les dangers de l'IA et la volonté de ne pas prendre de retard dans son développement en Europe. Ainsi, cette approche a voulu prendre en compte les résultats bénéfiques sur les plans sociaux et environnementaux que peut apporter l'IA, mais aussi les nouveaux risques ou les conséquences négatives que peut engendrer cette technologie.

Son objectif a été :

- D'établir des directives claires et précises à l'attention des développeurs et des utilisateurs d'IA.
- De réduire les contraintes administratives et financières imposées aux entreprises, notamment les petites et moyennes entreprises (PME).
- De favoriser le développement d'une IA de confiance, garantissant les droits fondamentaux, la sécurité et les principes éthiques, tout en encourageant et en renforçant l'investissement et l'innovation de l'IA dans l'ensemble de l'UE.
- De veiller à ce que les systèmes d'IA mis sur le marché soient sûrs et respectent la législation en vigueur en matière de droits fondamentaux, les valeurs de l'UE, l'État de droit et la durabilité environnementale.
- De garantir la sécurité juridique afin de faciliter les investissements et l'innovation dans le domaine de l'IA.
- De renforcer la gouvernance et l'application effective de la législation existante en matière d'exigences de sécurité applicables aux systèmes d'IA et de droits fondamentaux.
- De faciliter le développement d'un marché unique pour des applications d'IA légales et sûres, et empêcher la fragmentation du marché.

Ce règlement établit :

- L'interdiction de certaines pratiques.
- Des exigences spécifiques applicables aux systèmes d'IA à haut risque.
- Des règles harmonisées en matière de transparence applicable :
 - aux systèmes d'IA destinés à interagir avec des personnes,
 - aux systèmes de reconnaissance des émotions et de catégorisation biométrique,
 - aux systèmes d'IA générative utilisés pour générer ou manipuler des images ou des contenus audio ou vidéo.

Cette proposition complète le droit existant en matière de non-discrimination en prévoyant des exigences qui visent à réduire au minimum le risque de discrimination algorithmique, assorties d'obligations concernant les essais, la gestion des risques, la documentation et le contrôle humain tout au long du cycle de vie des systèmes d'IA.

Encadré I (1^{re} partie) : L'IA ACT européen.

■ Les produits et droits

Quand on utilise une IA, on utilise un service connecté à un serveur (*cloud*) qui reçoit les données pour les analyser. Quel est le risque qu'elles soient piratées ? Qu'elles puissent être fournies à une autorité qui en fait la demande ? Qui est propriétaire des données ? Qui

est propriétaire des résultats de l'analyse (*encadré II*) ?

Ce qui est certain, c'est que le médecin qui utilise une IA doit être vigilant car il s'expose à de nombreuses fautes ou erreurs. Le patient doit être informé du traitement de ses données par une IA, les outils à base d'IA utilisés dans

le domaine médical doivent répondre à un cahier des charges de protection des données, de confidentialité et de sécurité qu'il est prudent de vérifier avant l'utilisation.

Plus encore, toute utilisation de données personnelles d'un patient dans une IA non médicale ne répondant pas à un cahier des charges précis en matière de sécurité des données expose à des poursuites : ainsi, si l'on veut demander à ChatGPT des précisions sur la prise en charge médicale d'une personne, la question ne doit pas permettre d'identifier cette personne. Plus encore, les politiques de confidentialité de ChatGPT, mais aussi de l'ensemble des IA génératives ne garantissent pas les droits des personnes conformément au RGPD. Notamment, il n'existe aucune information concernant le fait que les conversations qu'ils entretiennent avec ChatGPT servent à alimenter et perfectionner l'algorithme et qu'elles sont ainsi toutes enregistrées. ChatGPT n'informe pas ses utilisateurs sur le fondement légal qui l'autoriserait à collecter et conserver toutes les informations qui lui sont transmises dans le cadre de son utilisation et il n'existe aucun fondement juridique tel que le consentement, le contrat ou l'intérêt légitime autorisant la collecte de ces données en toute sécurité.

Ses utilisateurs ne sont pas informés des droits qu'ils peuvent exercer (accès, suppression et opposition au traitement qui sont les plus importants) et n'ont aucun moyen de les exercer. Et ce n'est pas tout, car comme l'écrit une avocate en droit public (<https://www.letto.legal/guides/intelligence-artificielle-chatgpt-et-rgpd>) : *“ChatGPT enregistre l'intégralité des informations qui sont transmises à l'IA. Une attaque cybercriminelle engendrerait un risque incalculable pour le respect de la vie privée de ses utilisateurs. Or, aucun élément ne permet de s'assurer des mesures de sécurité mises en place par OpenAI pour réduire ce risque... OpenAI est une entreprise américaine dont le droit auto-*

L'IA Act européen

Les pratiques suivantes en matière d'IA sont interdites :

- Les systèmes d'IA ayant recours à des techniques subliminales au-dessous du seuil de conscience d'une personne pour altérer substantiellement son comportement de manière à causer un préjudice physique ou psychologique (manipulation du comportement humain pour contourner le libre arbitre).
- Les systèmes d'IA exploitant les éventuelles vulnérabilités dues à l'âge ou au handicap d'un individu pour altérer substantiellement son comportement et de manière à causer un préjudice physique ou psychologique.
- Les systèmes d'IA destinés à évaluer ou à établir un classement de la fiabilité de personnes en fonction de leur comportement social ou de caractéristiques personnelles et pouvant entraîner un traitement préjudiciable de personnes, dans certains contextes, injustifié ou disproportionné. L'accord trouvé entre le Parlement et les États membres précise l'interdiction des systèmes de catégorisation biométrique utilisant des caractéristiques sensibles (opinions politiques, religieuses, philosophiques, orientation sexuelle...) et la notation sociale basée sur le comportement social ou les caractéristiques personnelles.
- Les systèmes d'IA pour mener des évaluations des risques des personnes physiques visant à évaluer ou à prédire le risque qu'une personne physique commette une infraction pénale, uniquement sur la base du profilage d'une personne physique ou de l'évaluation de ses traits de personnalité ou caractéristiques. Cette interdiction ne s'applique pas aux systèmes d'IA utilisés pour étayer l'évaluation humaine de l'implication d'une personne dans une activité criminelle.
- Les systèmes d'IA créant ou développant des bases de données de reconnaissance faciale par le moissonnage non ciblé d'images faciales provenant d'internet ou de la vidéosurveillance.
- La reconnaissance des émotions sur le lieu de travail et les établissements d'enseignement, sauf pour des raisons médicales ou de sécurité.
- Les systèmes d'identification biométrique à distance en temps réel dans des espaces accessibles au public à des fins répressives, sauf dans les cas suivants : recherche ciblée de victimes potentielles spécifiques de la criminalité (enfants disparus, traite, exploitation sexuelle), prévention d'une menace spécifique, substantielle et imminente pour la vie ou la sécurité des personnes ou la prévention d'une attaque terroriste, identification, localisation ou poursuite à l'encontre des auteurs ou des suspects de certaines infractions pénales punissables d'une peine d'une durée maximale d'au moins quatre ans.

L'utilisation de systèmes d'identification biométriques à distance en temps réel doit :

- tenir compte de la situation donnant lieu au recours au système et de la gravité ou de l'ampleur du préjudice en l'absence de son utilisation ;
- tenir compte des conséquences sur les droits et libertés de toutes les personnes concernées (gravité, probabilité, ampleur) ;
- être subordonnée à une autorisation préalable octroyée par une autorité judiciaire ou administrative compétente.

Encadré I (2^e partie) : L'IA ACT européen.

■ Le dossier – L’intelligence artificielle et le cardiologue

IA générative et protection des données

La plupart des modèles d’IA générative sont hébergés sur des serveurs américains et, en vertu du *Patriot Act* et du *Cloud Act*, les données envoyées peuvent être récupérées par les autorités américaines.

Les données fournies aux IA génératives sont réutilisées pour améliorer les modèles, donnant la possibilité de retrouver ces données lors de futures interrogations. Cela peut représenter un risque en matière de sécurité et de confidentialité des données.

Il existe quelques solutions d’hébergement avec des espaces dédiés et fermés, ou encore des alternatives d’IA génératives *open source* pouvant être installées sur des serveurs locaux.

Encadré II: IA générative et protection des données.

rise les renseignements à avoir accès à n’importe quelle information détenue par une entreprise immatriculée aux États-Unis ce qui contrevient très largement au RGPD”.

■ En conclusion

Si l’utilisation de l’IA est promue comme devant faire profondément évoluer la pratique de la médecine, elle pose encore

de nombreux problèmes de divers ordres et notamment philosophiques car elle a pour objectif de simuler les fonctions cognitives de l’homme ; juridiques car elle nécessite l’exploitation de données personnelles et scientifiques, et nécessite d’être précise, reproductible et donc évaluée afin de connaître son apport réel à la pratique médicale.

Plus encore, malgré sa croissance qui paraît exponentielle, elle pose le pro-

blème de son évolution réelle lorsque l’on sait que son coût d’exploitation en termes d’énergie, de refroidissement et de puissance de calcul la rend non viable, tant sur le plan commercial que dans le contexte de la crise climatique.

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.

À —
VENIR

réalités

CARDIOLOGIQUES

Cœur et rein, un duo indissociable !

En février, *Réalités Cardiologiques* explore les liens étroits entre ces deux organes.

Au travers d'analyses expertes et de mises au point pratiques, découvrez pourquoi une approche cardio-rénale intégrée est essentielle en 2025.



Abonnez-vous



LE DOSSIER

Pourquoi le cardiologue doit-il s'intéresser au rein ?

- 3 **Éditorial**
B. MOULIN
- 5 **Quelle cible de pression artérielle en fonction du DFG ?**
S. RUBIN
- 9 **Comment gérer une hyperkaliémie ?**
J. CAUTELA, B. MOULIN
- 15 **Traiter le rein pour prévenir les événements cardiovasculaires et vice-versa**
F. DIÉVART, B. MOULIN
- 20 **Données pratiques : bilan rénal de base et interprétation**
S. RUBIN
- 32 **Quand impliquer le néphrologue dans la démarche ?**
B. MOULIN

réalités

CARDIOLOGIQUES

Plus riche. Plus interactif. Plus proche de vous.



ABONNEZ-VOUS
et recevez la revue
chez vous

FOURLETER LA REVUE



L'ANNÉE CARDIOLOGIQUE 2024

Quels sont les paramètres à surveiller ?

Quels sont les paramètres à surveiller ?

Les recommandations de prise en charge de l'hypertension pulmonaire de la conception à l'accouchement.

BILLET DU MOIS

10 OCTOBRE 2024

À propos des recommandations de la Haute Autorité de santé sur le diabète de type 2 : ça y est, la voilà !

C'est devenu une arrièr-pensée. Chaque fois que l'on demandait quand allaient paraître les recommandations de la Haute Autorité de santé (HAS) sur le diabète de type 2 (DT2), la réponse était invariablement "prochainement". Et cela depuis des années, exactement depuis 2019, date de saisine de la HAS pour proposer de nouvelles recommandations sur le DT2, les précédentes datant de 2015. Dans l'entre-temps, la façon d'aborder le diabète et son traitement a été profondément modifiée.

- 02 JUIN 2024: Diabète de type 2: une autre analyse des données ou une autre façon de voir les choses
- 1 MAI 2024: Avec l'intelligence artificielle, quelle sera la place du médecin dans la médecine de demain?
- 10 JANVIER 2024: Se servir de son cerveau face à l'intelligence artificielle - Blinder le moteur
- 5 DÉCEMBRE 2023: À quoi servira le cerveau demain? Face à une intelligence artificielle pourtant si humaine! (2e partie)

La prévention cardiovasculaire, ça peut-être simple!

Accédez aux cas cliniques

Que retenir de l'ESC 2024 ?

Accédez au dossier

COURS | IMAGERIE ET CARDIOMYOPATHIE DE TAKO-TSUBO

16 MAI 2024

- 16 MAI 2024: Cas Clinique 2 – Imagerie et cardiomyopathie de Tako-Tsubo
- 10 AVRIL 2024: Cas clinique 1 – Imagerie et cardiomyopathie de Tako-Tsubo
- 29 AVRIL 2024: Cours 1: Imagerie et cardiomyopathie de Tako-Tsubo

