

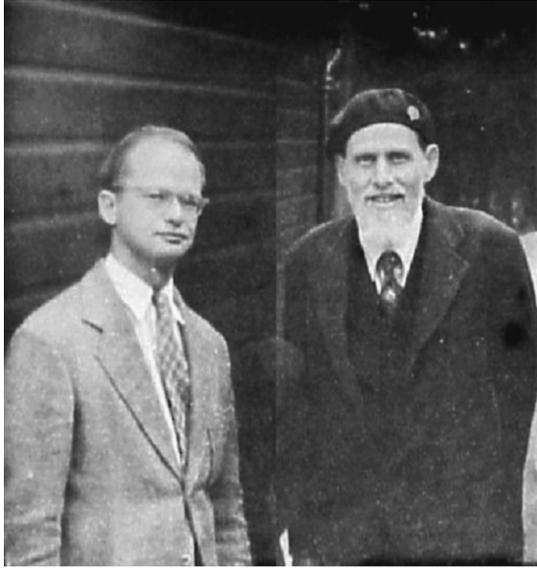
IA &

santé

Imaginez un chirurgien en salle d'opération : alors qu'il s'apprête à intervenir, un écran lui indique soudain « Attention, un peu à gauche ! » grâce à une analyse en temps réel des images d'un endoscope. Ou encore, un clinicien en consultation qui, en quelques secondes, reçoit une suggestion de prescription parfaitement adaptée au dossier patient, tenant compte des allergies, de l'historique médical et des dernières lignes directrices cliniques.

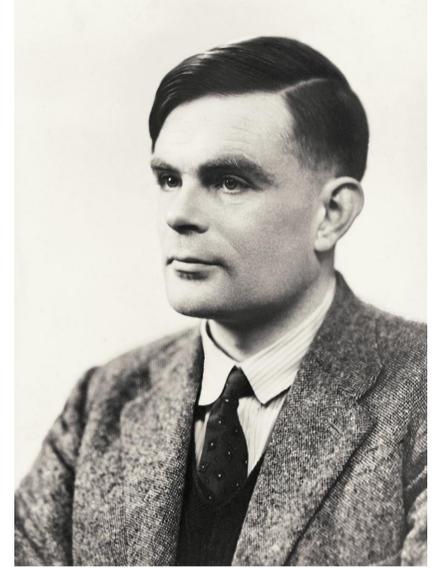
Ces scénarios, autrefois dignes de la science-fiction, sont aujourd'hui rendus possibles par l'intelligence artificielle (IA). Déjà omniprésente dans les hôpitaux, les dossiers patients et les outils numériques, l'IA promet de transformer la pratique médicale en offrant des capacités d'analyse, de prédiction et d'aide à la décision inégalées. Mais qu'est-ce que l'IA, exactement ? Comment fonctionne-t-elle, quelle est son histoire et pourquoi connaît-elle un essor si spectaculaire aujourd'hui ?

1940s



Les débuts de l'intelligence artificielle remontent aux années 1940, lorsque deux mathématiciens et neuroscientifiques, **Warren McCulloch** et **Walter Pitts**, posèrent les premières pierres du domaine. En 1943, dans leur article révolutionnaire *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*, ils proposent un modèle mathématique pour représenter le fonctionnement des neurones biologiques, jetant ainsi les bases des réseaux de neurones artificiels.

1950



En 1950 **Alan Turing** inaugure une étape cruciale avec son fameux **test de Turing**. Ce test visait à déterminer si une machine pouvait imiter l'intelligence humaine au point de rendre indiscernable sa réponse de celle d'un interlocuteur humain. Ce concept, toujours débattu et revisité, symbolise l'ambition initiale de doter les machines d'une forme de pensée autonome.

1956



La conférence de **Dartmouth** en 1956 marque le point d'orgue de l'émergence de ce nouveau domaine en officialisant le terme « **intelligence artificielle** ». Rassemblant des chercheurs visionnaires, cette rencontre inaugure la recherche formelle en IA et ouvre la voie à de nombreuses expérimentations.

1957

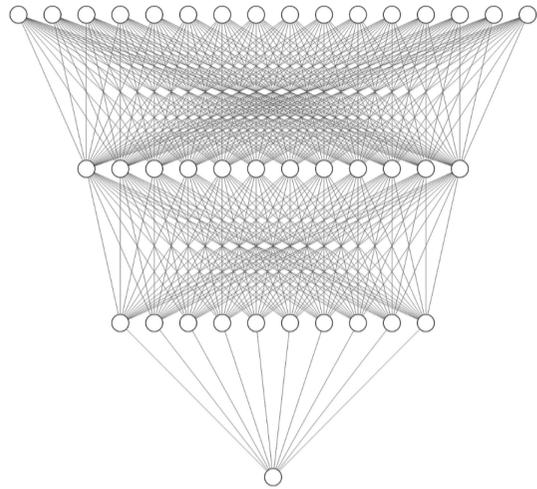


L'année suivante, en 1957, le psychologue américain **Frank Rosenblatt** améliore les travaux de McCulloch et Pitts en inventant le **perceptron**. Considéré comme le premier algorithme d'apprentissage dans l'histoire du **deep learning**, le perceptron démontre la capacité d'un système à apprendre et à s'adapter, illustrant concrètement l'idée que les machines peuvent évoluer grâce à l'expérience.

1974-80

Les espoirs et les ambitions initiales se heurtent cependant aux limites technologiques de l'époque, conduisant à des périodes de désillusion. Entre 1974 et 1980, l'IA traverse ce que l'on appelle les « **hivers de l'IA** », durant lesquels les financements et l'enthousiasme se refroidissent face aux résultats souvent décevants.

1980s



Pourtant, les années 80 apportent une lueur d'optimisme avec l'émergence du **perceptron multicouches**. Cette avancée permet de contourner certaines des limitations des modèles précédents et constitue l'un des précurseurs des **réseaux de neurones** modernes, ouvrant la voie à des approches plus sophistiquées de l'apprentissage automatique.

1990s



Les années 90 représentent une période charnière grâce à l'avènement d'**Internet**. L'accès facilité à d'immenses quantités de données, combiné à l'essor des **GPU** et à l'amélioration des capacités de **stockage**, fournit aux chercheurs des ressources sans précédent pour entraîner des modèles toujours plus complexes et performants.

1997



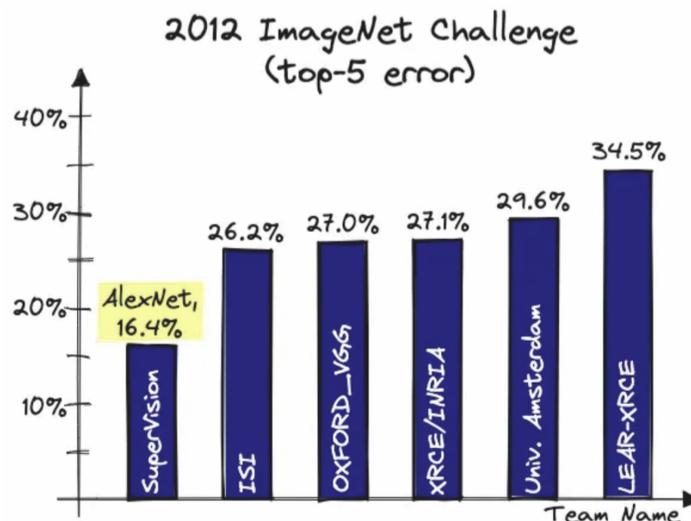
En 1997, l'un des événements les plus marquants survient avec **Deep Blue**, le supercalculateur d'**IBM**, qui bat le champion du monde d'échecs **Garry Kasparov**. Ce succès symbolise la capacité des machines à maîtriser des domaines jusqu'alors considérés comme réservés à l'intellect humain.

2011

L'intégration de l'IA dans le quotidien s'accélère avec l'arrivée de **Siri** en 2011, illustrant l'application concrète des techniques de compréhension du langage naturel dans un contexte grand public.



2012



Un tournant décisif pour le deep learning survient en 2012 lors de la compétition **ImageNet**. Une équipe de chercheurs parvient, grâce à un réseau de neurones innovant (**AlexNet**), à classer des images avec une précision inédite, révolutionnant ainsi le domaine de la vision par ordinateur et confirmant le potentiel du deep learning.

2020



GPT-3

En 2020, **OpenAI** a lancé **GPT-3**, une avancée majeure dans l'intelligence artificielle. Doté de **175 milliards de paramètres**, ce modèle exceptionnel génère des textes fluides et cohérents, répond à des questions complexes, traduit des contenus et rédige des articles. Son apprentissage sur d'immenses corpus a favorisé de nouvelles applications, de la rédaction automatisée au service client, tout en relançant le débat sur les enjeux éthiques d'une IA si puissante.

2022



En 2022, l'apparition de **ChatGPT** popularise les assistants conversationnels, rendant l'IA accessible à un public toujours plus large. Ce sera le début d'une grande série de modèles et d'une grande compétitivité entre tous les gros acteurs du domaine qui voudront tous se démarquer.

2023



L'année 2023 marque l'émergence d'une pluralité de modèles de langage avancés – tels que **GPT-4**, **Claude**, **Bard**, **LLaMa**, **Mistral**, **Grok**, etc. témoignant d'une compétitivité et d'une innovation constantes dans le domaine. Ces développements illustrent la vitesse à laquelle l'IA évolue et ses perspectives d'applications toujours plus étendues.

2024



Enfin, en 2024, l'intelligence artificielle franchit un nouveau cap avec l'émergence de modèles capables de générer du contenu **vidéo** de manière autonome. Parmi ces innovations, **Sora** se distingue par sa capacité à transformer des descriptions textuelles en séquences vidéo réalistes, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour la création de contenus multimédias.

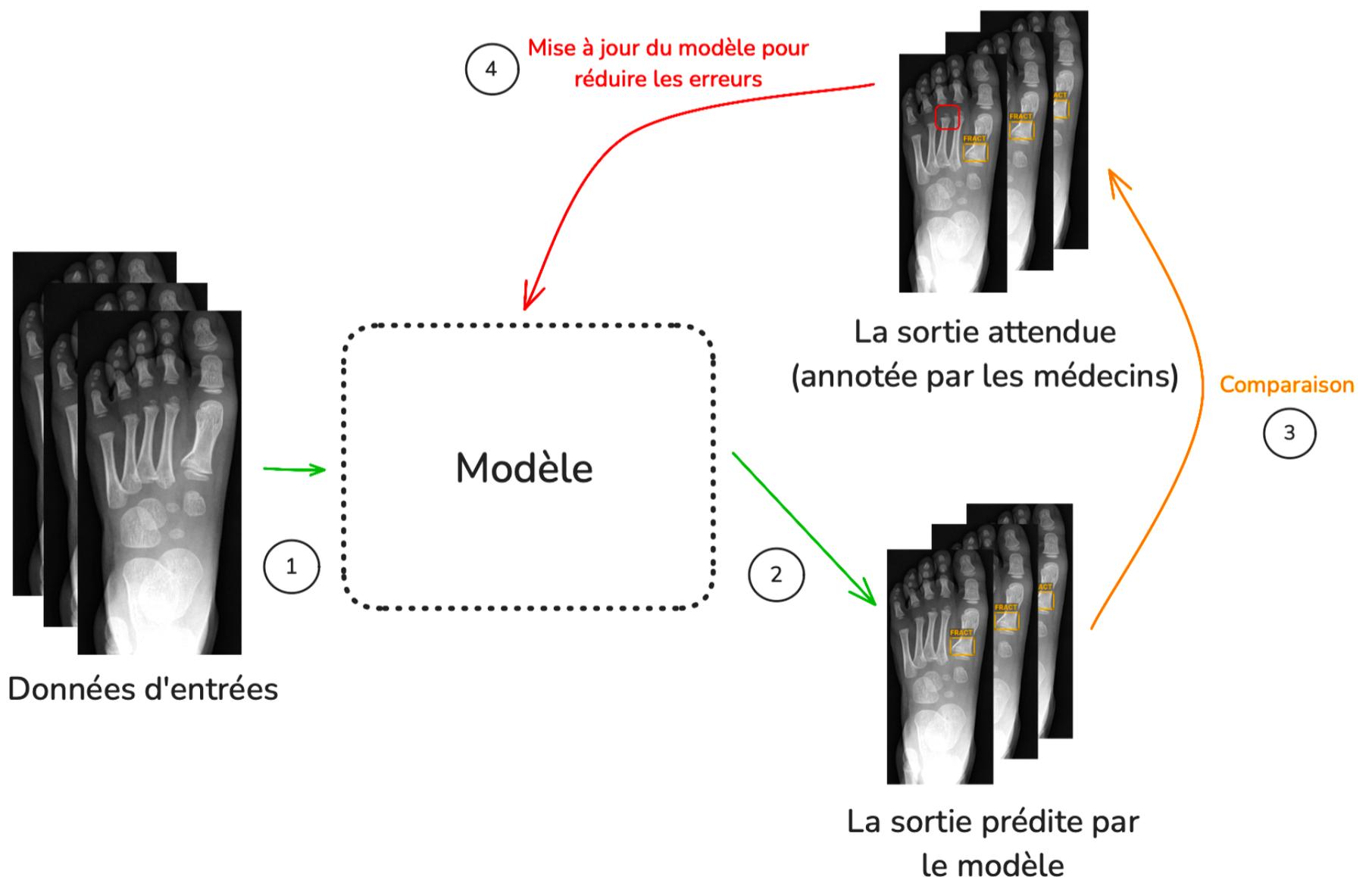
Cette avancée révolutionnaire ne se limite pas à la production artistique ou publicitaire : elle promet également d'enrichir les supports de formation et de communication, notamment dans le secteur de la santé, en facilitant la diffusion d'informations complexes sous forme visuelle et dynamique.

Qu'est que l'IA ?

L'intelligence artificielle (IA) donne aux machines la capacité d'apprendre à partir de données, et de résoudre des problèmes sans le programmer de manière explicite, comme détecter des objets sur des images ou prédire les prix d'un bien immobilier. Il existe deux catégories principales d'IA : l'IA faible, spécialisée dans une tâche précise (comme l'analyse d'images), et l'IA forte, qui viserait une intelligence comparable à celle de l'humain, capable de s'adapter à toute situation. À ce jour, seule l'IA faible existe réellement, l'IA forte restant un concept théorique soulevant des questions éthiques et philosophiques importantes.

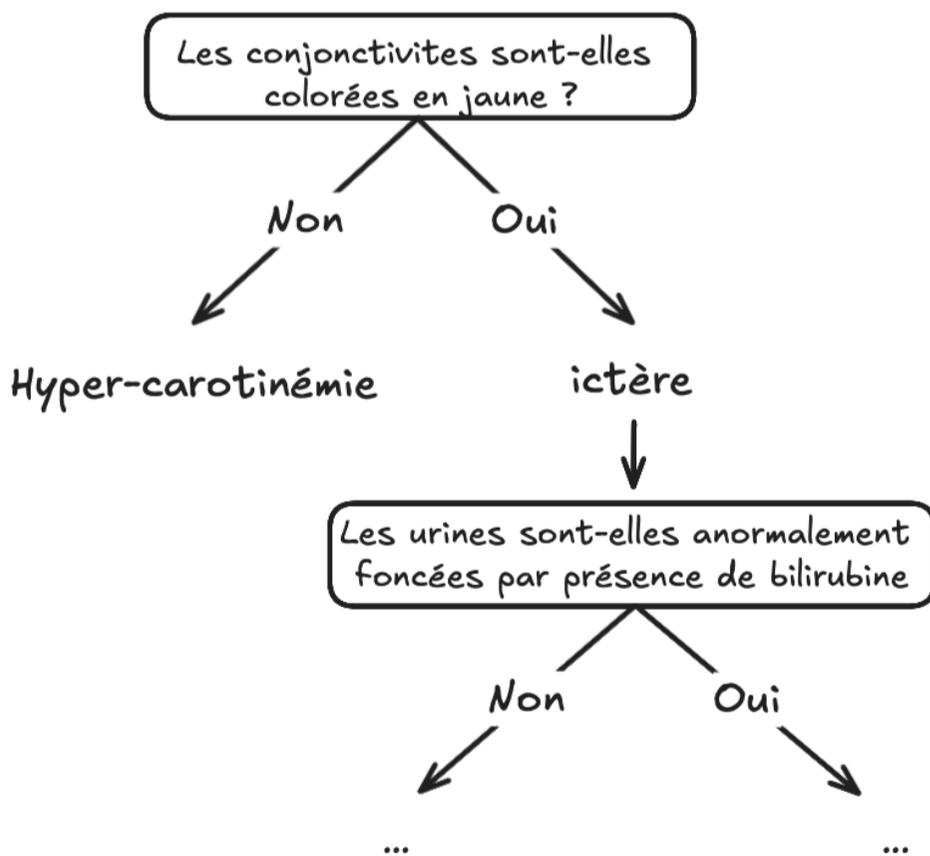
Techniquement, l'IA utilise des modèles mathématiques traitant de grandes quantités de données. L'**apprentissage supervisé** est une méthode courante d'apprentissage, qui consiste à entraîner les modèles avec des exemples déjà classifiés.

Par exemple, un système apprend à identifier des fractures sur des scanners en étudiant des milliers d'images annotées par des radiologues. Le modèle ajuste ses paramètres pour réduire l'erreur entre sa prédiction, et le vrai diagnostic. Dans le contexte médical, cette approche est particulièrement efficace pour l'aide au diagnostic, la classification d'images médicales et la prédiction de risques cliniques.



L'**apprentissage non supervisé** représente une autre approche importante où le modèle travaille avec des données non étiquetées, cherchant à identifier des structures ou regroupements naturels. En médecine, cette méthode est précieuse pour la découverte de sous-types de maladies (comme dans l'asthme ou le diabète), la détection d'anomalies dans les paramètres physiologiques, ou l'identification de profils patients similaires pour une médecine personnalisée.

Ces modèles peuvent s'appuyer sur des statistiques simples, qui forment le domaine du **Machine Learning**. Ce domaine utilise des algorithmes comme les arbres de décision ou les modèles de régression, particulièrement adaptés aux données structurées et offrant une bonne interprétabilité, essentielle en médecine. Par exemple, un arbre de décision pourrait aider à orienter le diagnostic d'un patient présentant une conjonctivite en posant une série de questions séquentielles :

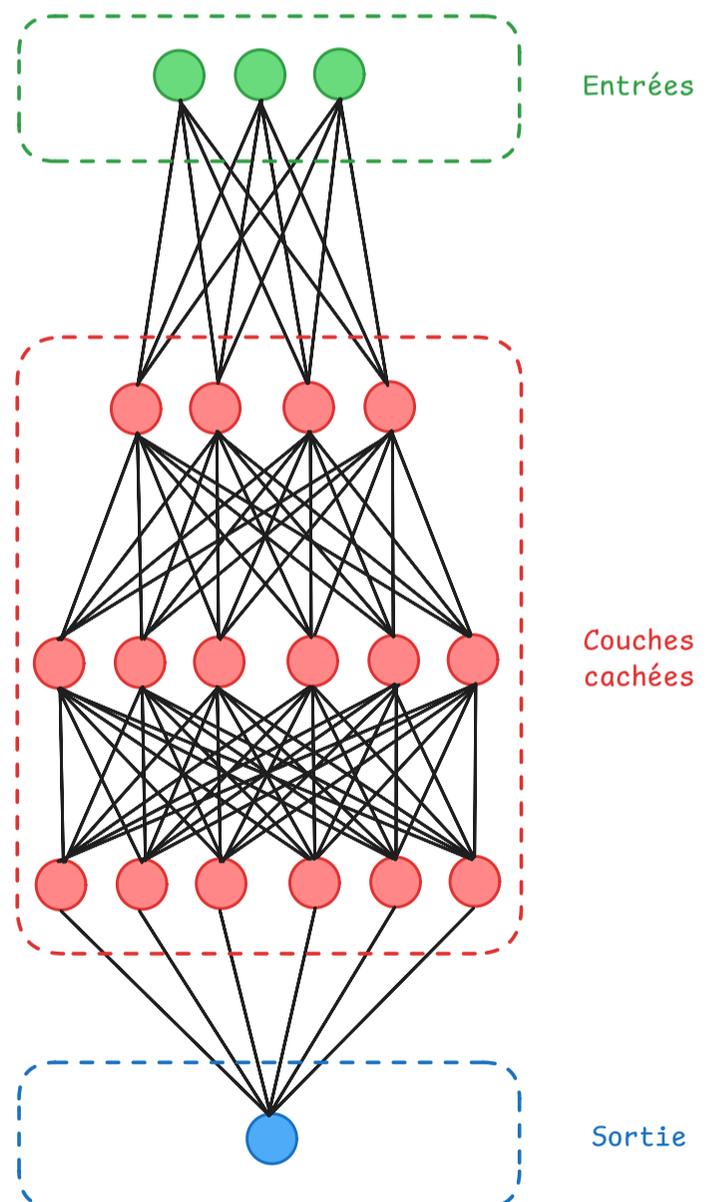


Exemple d'arbre de décision

Cette approche permet aux médecins de comprendre clairement le raisonnement derrière chaque décision algorithmique.

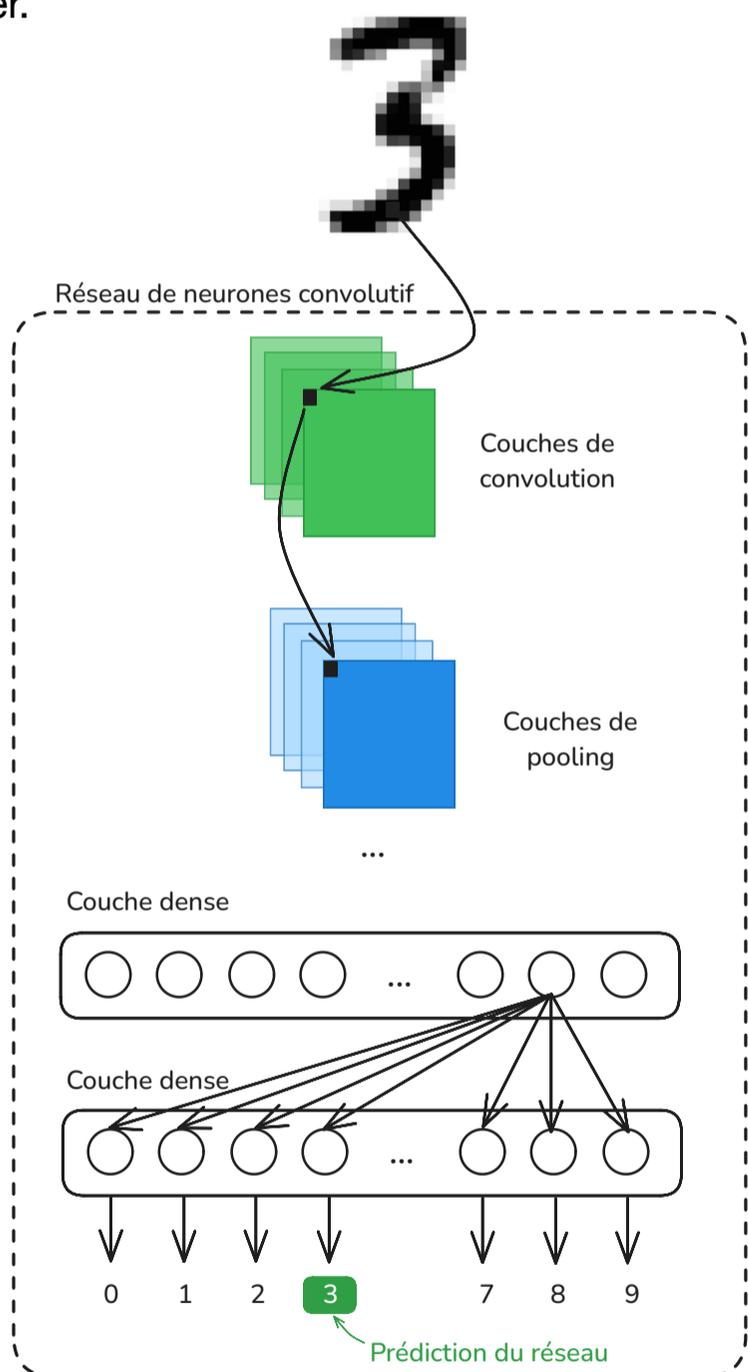
À l'intérieur du domaine du Machine Learning, se trouve le **Deep Learning** qui repose sur des réseaux de neurones artificiels, inspirés du cerveau humain, et qui se base sur les mêmes fondamentaux mathématiques que le Machine Learning. Le Deep Learning, lui, excelle dans l'analyse de données complexes et non structurées comme les images, les signaux ou les textes, sans nécessiter d'extraction manuelle des caractéristiques pertinentes.

Un **réseau de neurones** classique comporte une couche d'entrée qui reçoit les données brutes, plusieurs couches cachées qui transforment progressivement ces données, et une couche de sortie qui produit le résultat final. L'architecture la plus simple comporte des neurones tous interconnectés aux neurones de la couche précédente et de la couche suivante.



Architecture d'un réseau de neurones

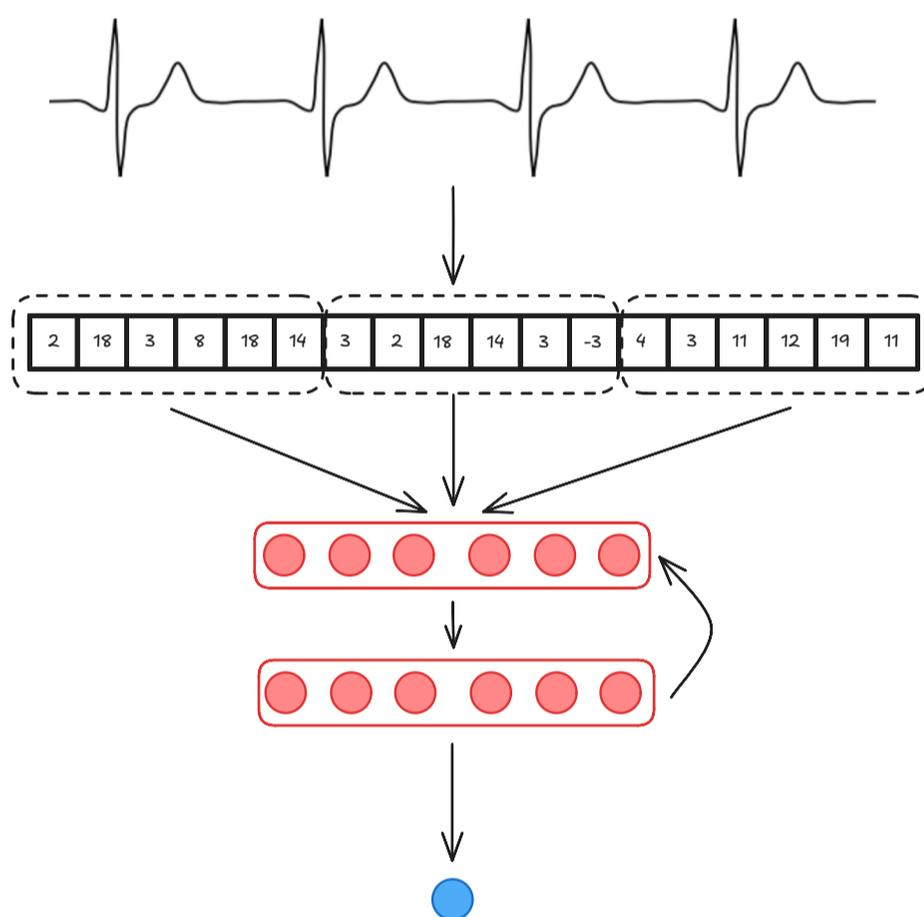
Plusieurs architectures spécialisées ont été développées pour répondre à des besoins spécifiques. Les **réseaux convolutifs** (CNN) excellent dans l'analyse d'images en détectant progressivement des caractéristiques de plus en plus complexes. Par exemple, pour reconnaître un chiffre manuscrit, les premières couches détectent les lignes et courbes, tandis que les couches suivantes identifient des formes plus élaborées jusqu'à reconnaître le chiffre entier.



Architecture d'un réseau de neurones convolutif

En médecine, les CNN révolutionnent l'analyse d'imagerie, permettant la détection automatisée de pathologies sur radiographies, scanners ou IRM avec une précision parfois comparable à celle des spécialistes.

Les **réseaux récurrents** (RNN) sont quant à eux adaptés aux données séquentielles comme par exemple l'évolution temporelle de paramètres biologiques. Dans la pratique médicale, ils permettent d'analyser les signaux d'ECG, de monitorer en continu les patients en soins intensifs et de prédire les détériorations cliniques avant même l'apparition de symptômes manifestes.



Réseau de neurones récurrent sur des ECG

Enfin, les **transformers** (au cœur des modèles comme ChatGPT) ont révolutionné le traitement du langage, permettant l'analyse de dossiers médicaux électroniques, l'extraction d'informations cliniques pertinentes et la génération de comptes-rendus avec une fluidité proche de celle d'un humain. Ces modèles facilitent également la recherche clinique en analysant efficacement de grandes quantités de littérature médicale.

Les piliers fondamentaux



Volume de données

L'efficacité des modèles d'IA repose sur la **disponibilité d'un large corpus de données**. Pour identifier des patterns complexes comme de petites lésions pulmonaires, un modèle doit être exposé à de nombreuses variations du phénomène. En médecine, où chaque patient présente des particularités, un volume important de données permet de reconnaître les manifestations typiques et atypiques d'une pathologie. Avec trop peu d'exemples, l'IA risque de "mémoriser" les cas plutôt que d'apprendre à **généraliser**. Dans l'imagerie médicale, cela peut signifier des milliers d'images annotées, tandis que les systèmes d'aide au diagnostic nécessitent des millions d'entrées pour capturer la diversité des parcours cliniques.

Qualité des données

La **qualité** des données est souvent plus déterminante que leur quantité. Des annotations imprécises ou des diagnostics erronés compromettent directement la fiabilité du modèle. Les données doivent refléter la **diversité** de la population en termes d'âge, de sexe et d'origine ethnique pour éviter les biais systématiques. La variabilité des équipements médicaux doit également être prise en compte pour garantir la robustesse du modèle dans différents contextes cliniques. Pour les applications prédictives, il est crucial de disposer de données longitudinales permettant d'établir des relations causales plutôt que de simples corrélations.

Modèle adapté

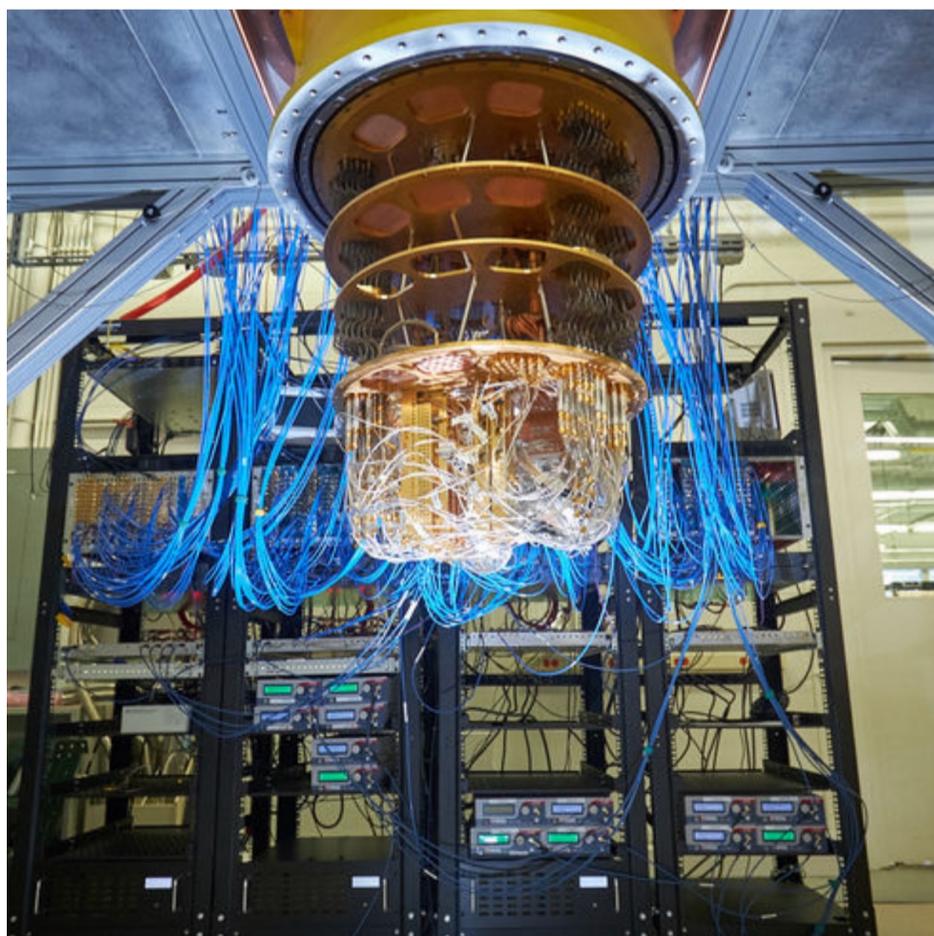
Le choix architectural du modèle doit correspondre aux spécificités de la tâche clinique visée. Au-delà des réseaux convolutifs pour l'imagerie et des réseaux récurrents pour les séries temporelles, des architectures hybrides permettent d'analyser des séquences d'images complexes. Dans les contextes de données limitées, l'adaptation de modèles **pré-entraînés** permet d'obtenir des performances élevées malgré un nombre restreint d'exemples. En médecine, la compréhension du raisonnement du modèle est cruciale, et des architectures offrant une meilleure traçabilité des décisions sont essentielles pour l'adoption clinique.

Puissance de calcul

L'aspect computationnel détermine la faisabilité des solutions d'IA médicale. L'entraînement des modèles complexes nécessite des infrastructures puissantes, particulièrement pour les architectures traitant des images 3D ou des séquences vidéo. Des techniques d'optimisation permettent ensuite de déployer des versions allégées sur du matériel clinique standard. Pour les applications critiques, des solutions adaptées aux contraintes locales évitent les délais qui pourraient compromettre les interventions médicales. Ces ressources doivent s'accompagner d'infrastructures sécurisées respectant les normes strictes de confidentialité des données de santé.

Une accélération spectaculaire

Un exemple frappant de cette accélération technologique est la victoire d'**AlphaGo** sur le champion mondial de **Go** en **2016**. Ce jeu, bien plus complexe que les échecs, était considéré comme un défi insurmontable pour l'IA. Pourtant, grâce à l'**apprentissage par renforcement** et aux **réseaux de neurones profonds**, la machine a surpassé l'expertise humaine bien plus tôt que prévu par les spécialistes.



Pour l'avenir, les ordinateurs **quantiques**, encore au stade expérimental, promettent des avancées considérables. Des projets comme **Majorana1** explorent l'utilisation de **qubits topologiques** pour résoudre des problèmes d'optimisation complexes. Contrairement aux ordinateurs classiques utilisant des bits (0 ou 1), les ordinateurs quantiques exploitent des qubits pouvant exister dans plusieurs états simultanément. Ces technologies pourraient révolutionner la découverte de médicaments et la modélisation de processus complexes dans les années à venir.

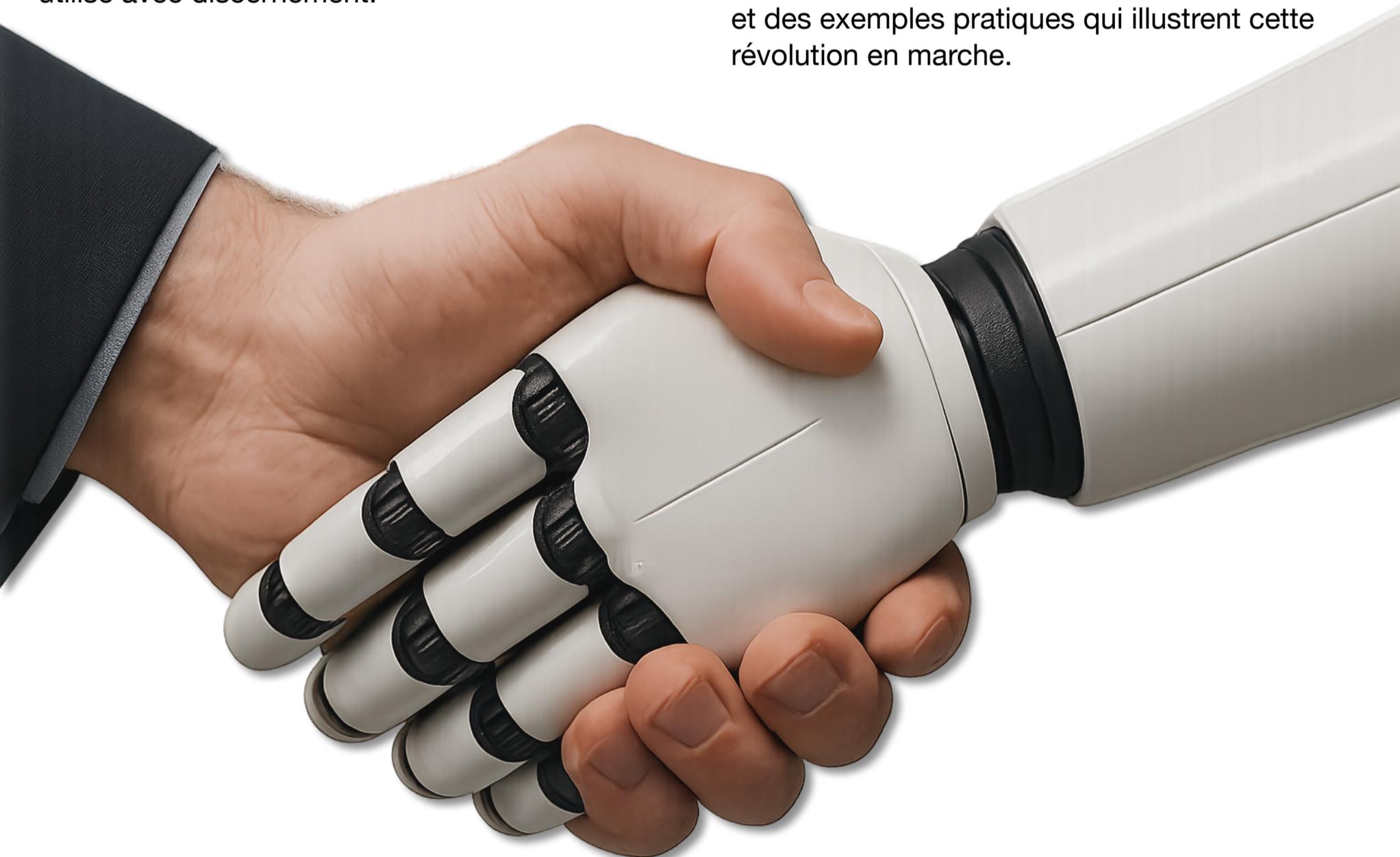
L'IA et l'intelligence humaine, une complémentarité essentielle

L'IA n'est pas (**encore**) là pour remplacer l'intelligence humaine, mais pour la **compléter**, en offrant des capacités d'analyse, de prédiction et d'automatisation inégalées. Son essor récent est le fruit d'une convergence unique entre **abondance** de données, **avancées technologiques** et **accessibilité** des outils.

Malgré ces progrès spectaculaires, plusieurs défis techniques persistent. La qualité des données, les biais algorithmiques et les coûts d'entraînement rappellent que l'IA n'est pas une solution miracle, mais un outil qui doit être utilisé avec discernement.

À l'avenir, les progrès dans les technologies quantiques, les modèles d'IA toujours plus sophistiqués, et l'intégration croissante des données multimodales (textes, images, vidéos, sons) pourraient ouvrir de nouvelles perspectives, transformant de nombreux domaines professionnels et industriels.

Ces considérations sont particulièrement pertinentes dans le domaine de la santé, où l'IA devient progressivement une alliée précieuse pour les professionnels. Dans la section suivante, nous explorerons comment ces technologies s'appliquent concrètement à la médecine, en examinant des outils, des articles et des exemples pratiques qui illustrent cette révolution en marche.



Applications de l'IA dans la santé

Dans cette partie, nous allons explorer les avancées prometteuses de l'intelligence artificielle en médecine, qui occupe une place grandissante dans le parcours de soins. En chirurgie par exemple, des assistants opératoires intelligents et des robots spécialisés réalisent des gestes précis comme les points de suture ou encore augmente la précision des chirurgiens pendant des opérations délicates, augmentant la sécurité et l'efficacité des interventions. En cardiologie, l'IA analyse rapidement les données issues de la prise des constantes pour un diagnostic plus rapide et fiable.

L'IA joue aussi un rôle clé dans la médecine personnalisée en optimisant la gestion des ordonnances et en prédisant les structures biomoléculaires complexes nécessaires au développement de nouveaux traitements. Ces exemples montrent clairement que l'IA peut alléger la charge mentale et administrative des professionnels de santé, leur permettant ainsi de se concentrer sur l'essentiel : la relation avec les patients.



Image générée avec FLUX.1.1 PRO ULTRA

La consultation médicale doit rester avant tout un temps privilégié d'échange humain. L'intelligence artificielle apparaît comme une alliée discrète mais efficace, capable d'accompagner chaque étape : préparation des rendez-vous, synthèse des données, examen clinique et prise de décision thérapeutique. Cette complémentarité Homme/IA améliore déjà significativement le parcours patient, les performances des professionnels de santé et la rapidité des soins, tout en préservant leur qualité et leur sécurité.

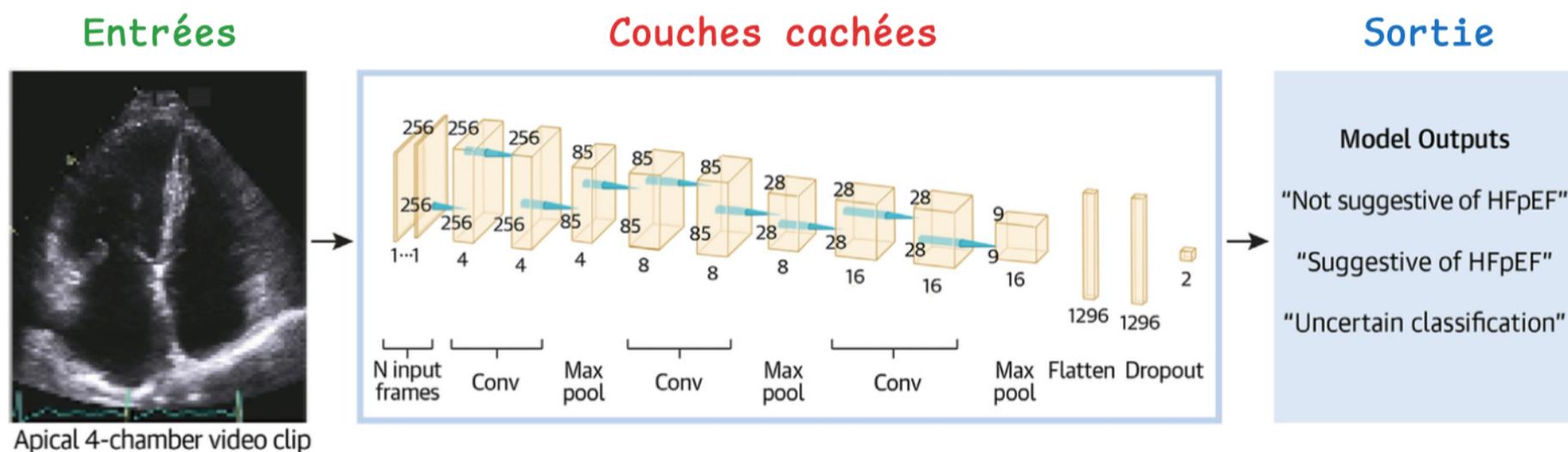
Cardiologie

Diagnostic de l'insuffisance cardiaque

[EchoGo Heart Failure](#) est une solution développée par l'entreprise anglaise **Ultromics**, acteur de référence dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée à l'imagerie médicale. Ce dispositif s'appuie sur un réseau de neurones convolutif tridimensionnel pour détecter l'**insuffisance cardiaque à fraction d'éjection préservée (HFpEF)** à partir d'une simple acquisition échocardiographique en vue apicale quatre cavités (A4C), fournissant un résultat en moins de 30 minutes. Cette pathologie, représentant près de la moitié

des cas d'insuffisance cardiaque, se révèle particulièrement complexe à diagnostiquer, notamment car la fraction d'éjection reste supérieure ou égale à 50 % et l'atteinte se manifeste essentiellement par une dysfonction diastolique, alors que la fonction systolique demeure préservée. Les méthodes classiques, conservent une certaine subjectivité et requièrent une expertise avancée; elles peuvent en outre être limitées par l'hétérogénéité ou l'incomplétude des données, aboutissant fréquemment à des diagnostics indéterminés.

Le modèle développé reçoit en entrée une vidéo **échocardiographique A4C**, qui permet une analyse simultanée des quatre cavités cardiaques, des épaisseurs pariétales et de la cinétique valvulaire. L'architecture du modèle est détaillée ci-dessous:



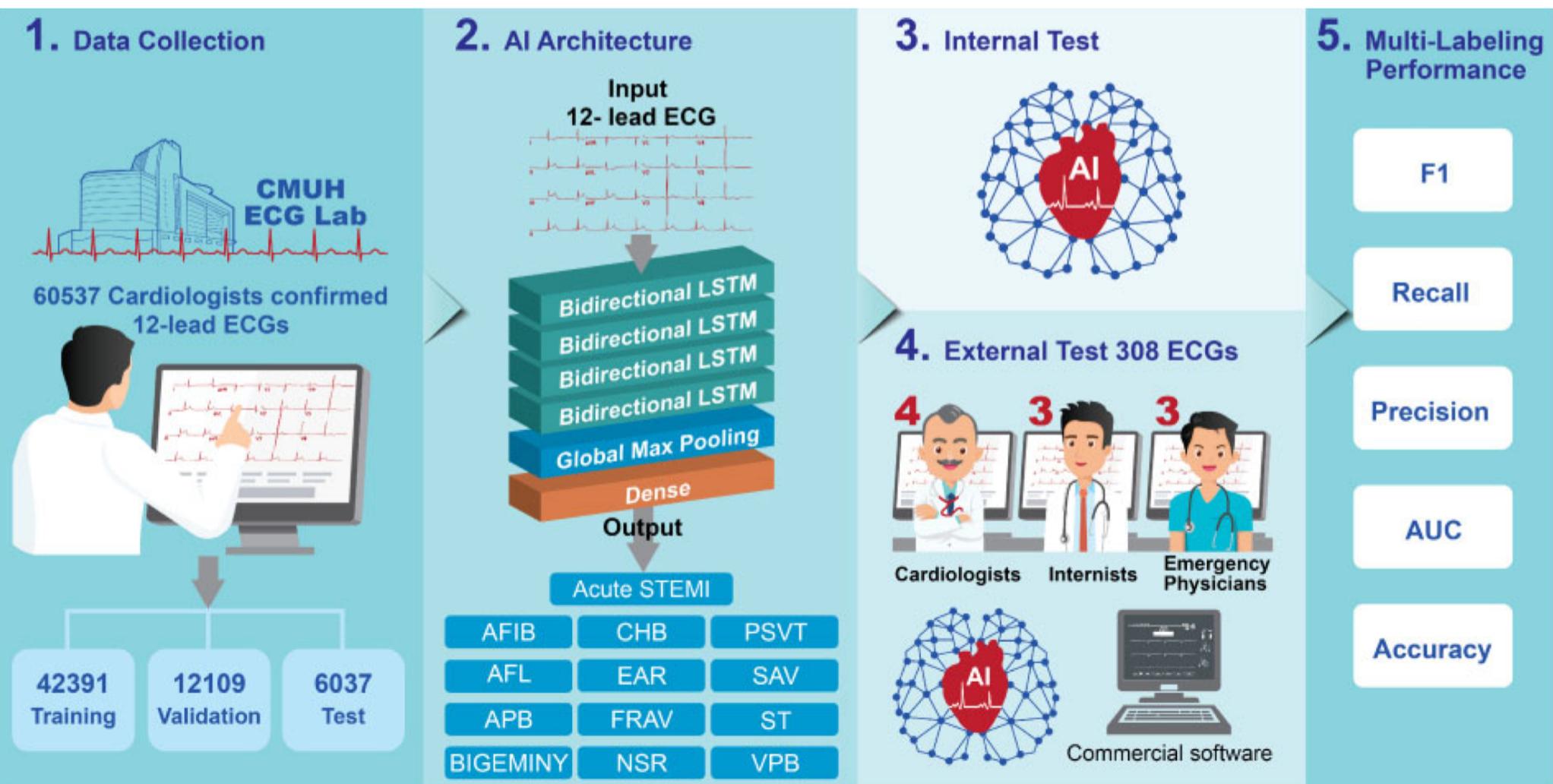
Architecture du modèle de détection du HFpEF ([Voir l'article](#))

La sortie du modèle se décline en trois catégories : **absence d'arguments en faveur de la HFpEF** (« Not suggestive of HFpEF »), **suspicion de HFpEF** (« Suggestive of HFpEF ») ou **classification incertaine** lorsque l'entropie attendue de la prédiction excède un seuil établi à 0,59 (« Uncertain classification »). L'algorithme a été formé sur une cohorte de 2 971 patients présentant une HFpEF, opposée à 3 785 témoins exempts de la pathologie. Les outils cliniques de référence, à savoir les scores HFA-PEFF et H2FPEF, aboutissaient respectivement à 701 et 776 cas pour lesquels le diagnostic demeurait indéterminé. L'apport du modèle EchoGo s'est traduit par une capacité à **reclassifier de façon adéquate 73,5 % des cas indéterminés selon le HFA-PEFF et 73,6 % selon le H2FPEF**, témoignant d'une efficacité supérieure à celle des outils traditionnels pour la réduction des diagnostics incertains.

Détection du STEMI et troubles cardiaques

Le papier [Usefulness of multi-labelling artificial intelligence in detecting rhythm disorders and acute ST-elevation myocardial infarction on 12-lead electrocardiogram](#), publié en 2021 dans **European Heart Journal - Digital Health** par une équipe de chercheurs de Taiwan, présente le développement d'un modèle d'intelligence artificielle (IA) basé sur un réseau neuronal récurrent de type LSTM bidirectionnelle (Long Short-Term Memory) à quatre couches de 128 neurones, capable de **détecter simultanément l'infarctus du myocarde avec élévation du segment ST (STEMI) et 12 troubles du rythme cardiaque** à partir d'électrocardiogrammes (ECG) à 12 dérivations. L'objectif est d'améliorer le diagnostic automatisé pour accélérer la prise en charge des patients, notamment dans les cas urgents comme le STEMI.

Le modèle a été entraîné et validé sur une large cohorte de **60 537 ECGs**, représentant 35 981 patients suivis sur une période de dix ans (2009-2018) dans un grand centre universitaire asiatique. La répartition comprenait 70 % d'enregistrements pour l'apprentissage, 20 % pour la validation, 10 % pour un test interne, et un set externe de 308 ECGs issus de deux hôpitaux différents, utilisé pour la comparaison avec des cliniciens et un algorithme commercial. Concernant le STEMI, près de 1900 ECGs étaient inclus. La majorité des ECGs comportaient un seul diagnostic, mais environ 7 % associaient plusieurs troubles du rythme ou un STEMI à d'autres diagnostics de rythme.



Étapes de la conception du modèle

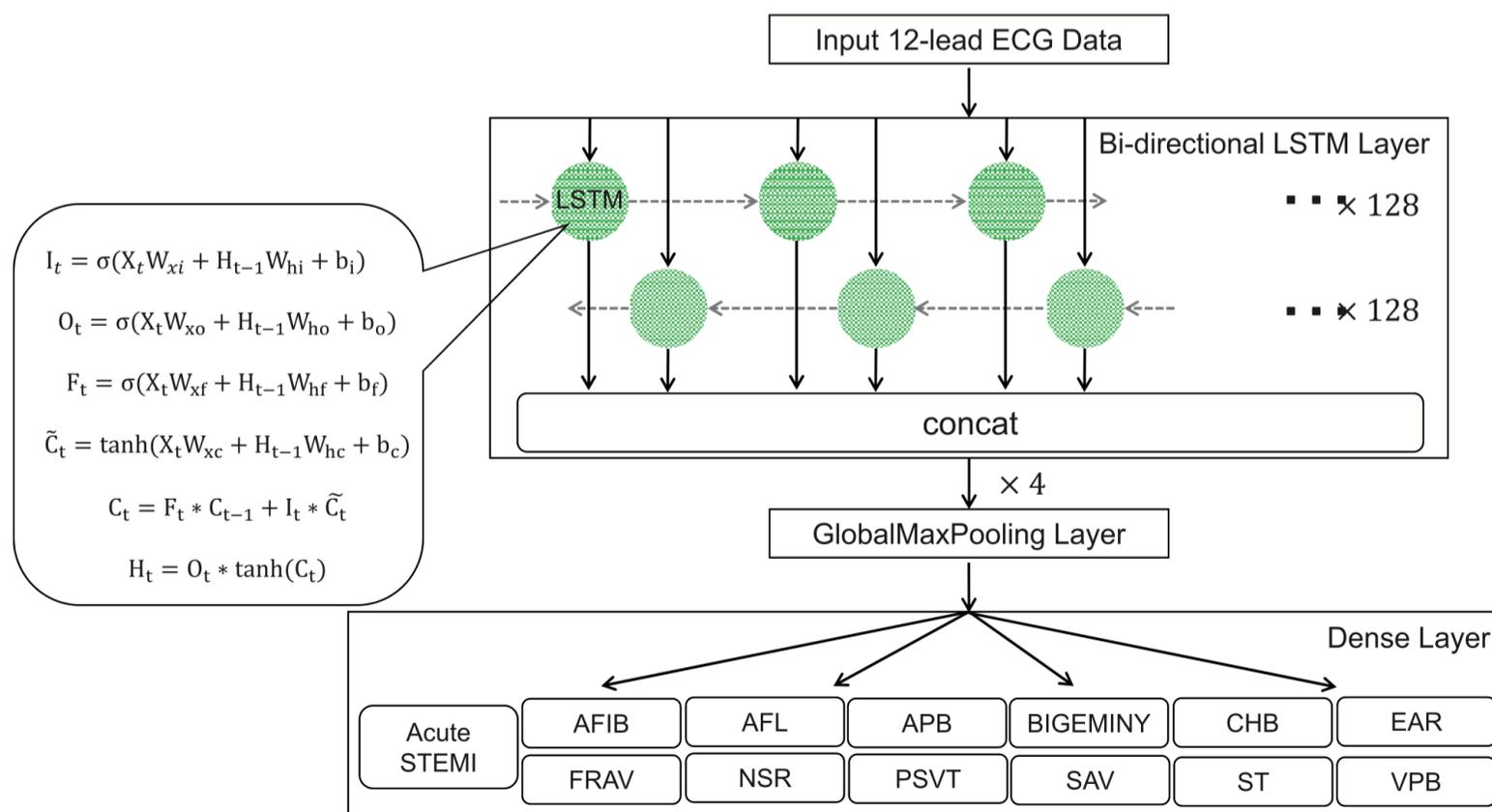
IA & Santé

Les performances du modèle, évaluées sur le jeu de test interne, se caractérisent par une grande justesse diagnostique, avec une **précision supérieure à 94 %** et une aire sous la courbe ROC généralement comprise entre 0,94 et 0,99 selon le trouble détecté. Pour le STEMI, **la précision frôle 98 %**, avec un score F1 indiquant un bon équilibre entre la sensibilité et la spécificité, bien supérieur à ce qu'obtiennent la plupart des cliniciens. Sur le test externe, **l'algorithme surpasse nettement les cardiologues, les urgentistes, les internistes et un logiciel commercial reconnu** (MUSE, GE), avec une performance globale proche de la perfection pour la majorité des diagnostics. Le modèle maintient une grande robustesse même en **cas de diagnostics multiples** sur un même ECG. En pratique, l'ensemble des prédictions pour 308 ECGs est généré en quelques secondes, alors que les médecins requièrent plus d'une heure pour la même tâche.

Ce type d'outil trouve un intérêt évident pour le **triage rapide des syndromes coronariens aigus en pré-hospitalier ou aux urgences**, notamment lorsque l'accès à un avis cardiologique expert est limité.

Il offre également une ressource précieuse en appui du diagnostic des troubles du rythme complexes, là où la performance des non-spécialistes demeure perfectible. L'automatisation rapide de l'analyse ECG garantit un gain de temps et une standardisation de la prise en charge, tout en facilitant le repérage des cas urgents.

Des limitations subsistent cependant. L'absence de confirmation angiographique systématique pour les diagnostics de STEMI peut limiter la valeur de référence pour l'entraînement du modèle. Le système n'établit **pas de distinction selon la localisation du STEMI** et reste **sensible aux artefacts ECG**, qui étaient exclus des bases d'entraînement. Certains troubles rares, comme l'Escape atrial rhythm ou le bloc complet, restent moins bien reconnus par manque de représentation et le modèle, de type "boîte noire", n'apporte que peu d'informations explicatives sur les bases de ses décisions. Enfin, il n'a pas été testé pour des diagnostics plus complexes, comme certaines tachycardies ventriculaires ou blocs de branche élargis.



Architecture du modèle

Chirurgie

Chirurgie par robot interposée

Depuis la première téléchirurgie transatlantique, en 2001 – connue sous le nom d'**Opération Lindbergh**, où un chirurgien opérait à distance entre **New York** et **Strasbourg** –, la robotique opératoire a fait un bond spectaculaire, portée aujourd'hui par l'IA et les réseaux très haut débit.

Robot DaVinci de Intuitive Surgical

Le robot [daVinci](#), développé par **Intuitive Surgical**, une entreprise américaine, s'est imposé comme l'une des références dans le domaine de la chirurgie par robot interposée. Il est utilisé dans plusieurs spécialités, notamment en **urologie** (prostatectomie), **chirurgie digestive**, **gynécologie**, **thoracoscopie** et pour certaines chirurgies **ORL** par voie trans-orale, telles que l'**ablation de tumeurs bénignes** ou **malignes** de stade initial et les **résections de la base de la langue**. Grâce à une console immersive offrant une vision 3D, le chirurgien contrôle à distance les bras articulés du robot, dotés d'instruments miniaturisés, ce qui améliore la précision du geste, réduit l'amplitude des mouvements involontaires et permet d'atteindre des zones d'accès difficile tout en limitant la taille des incisions. L'objectif est de diminuer le traumatisme opératoire comparé à la chirurgie ouverte, avec à la clé une réduction de la douleur postopératoire, une récupération plus rapide et moins de complications. Les systèmes da Vinci, disponibles dans leurs versions X et Xi, peuvent être utilisés chez l'adulte aussi bien que chez l'enfant, à l'exception des procédures ORL trans-orales, et doivent être pilotés par des opérateurs expérimentés en salle dédiée.

Le prix du modèle Xi est compris par exemple entre 1.5 et 2.5 millions de dollars.



Bras du robot DaVinci Xi

Robot HUGO de MedTronic

À côté du da Vinci, le robot HUGO, conçu par l'entreprise Irlandaise/américaine Medtronic, illustre la dynamique actuelle du marché, longtemps monopolisé par Intuitive Surgical. Ce système vise également à faciliter la chirurgie mini-invasive au moyen de bras robotiques, d'une console de commande permettant au chirurgien de bénéficier d'une vision 3D haute définition et d'un environnement de simulation dédié à l'apprentissage et à l'entraînement. Il intègre plusieurs modules distincts, dont un chariot à bras configurable selon l'intervention, une console immersive et une unité centrale dédiée au contrôle du système.

IA & Santé

HUGO se compose d'un chariot à bras, configurable en trois ou quatre bras pour la chirurgie robotique, et en un seul bras pour assister les interventions laparoscopiques standards. Il comprend également une console pour le chirurgien, offrant une vision 3D HD du site opératoire (ou de l'environnement de simulation). Cette console permet aussi de simuler diverses tâches : elle crée un environnement immersif en 3D et en HD, où les chirurgiens peuvent s'entraîner au maniement des instruments et de la caméra, à l'application de l'électrochirurgie, ainsi qu'à la manipulation de l'aiguille et à la suture. Enfin, HUGO dispose d'une tour centrale qui assure la gestion et la connectivité du système.



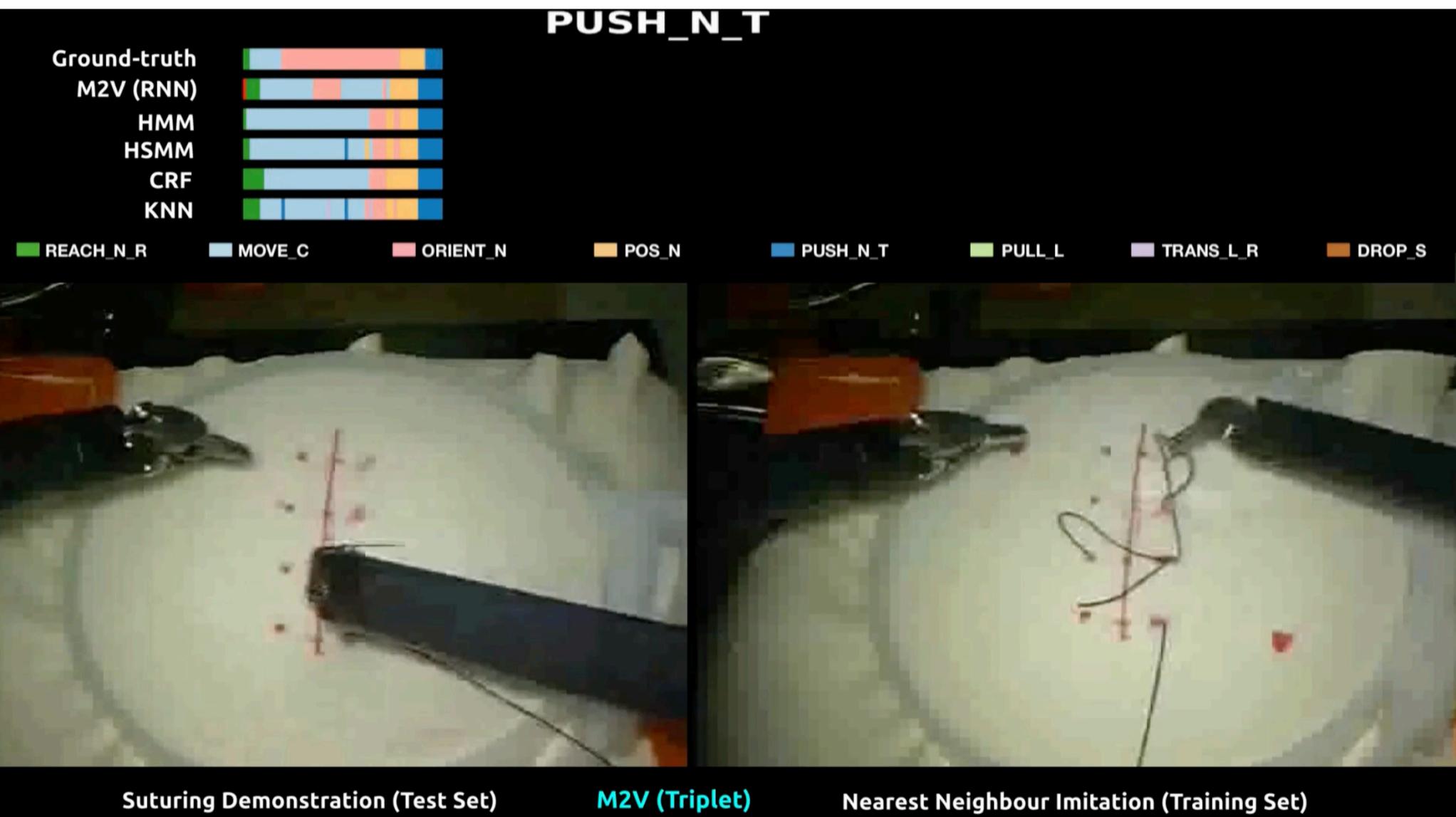
Robot HUGO

Les études initiales publiées sur ces technologies confirment leur sécurité et leur efficacité, avec des résultats cliniques comparables sur les séries récentes. Cependant, le recul reste plus limité pour les systèmes les plus récents comme Hugo, qui bénéficie d'une expérience cumulée encore relativement courte.

Vidéo - [Présentation de HUGO, du 22 mai 2024 pour What's up Doc](#)

Robot points de suture

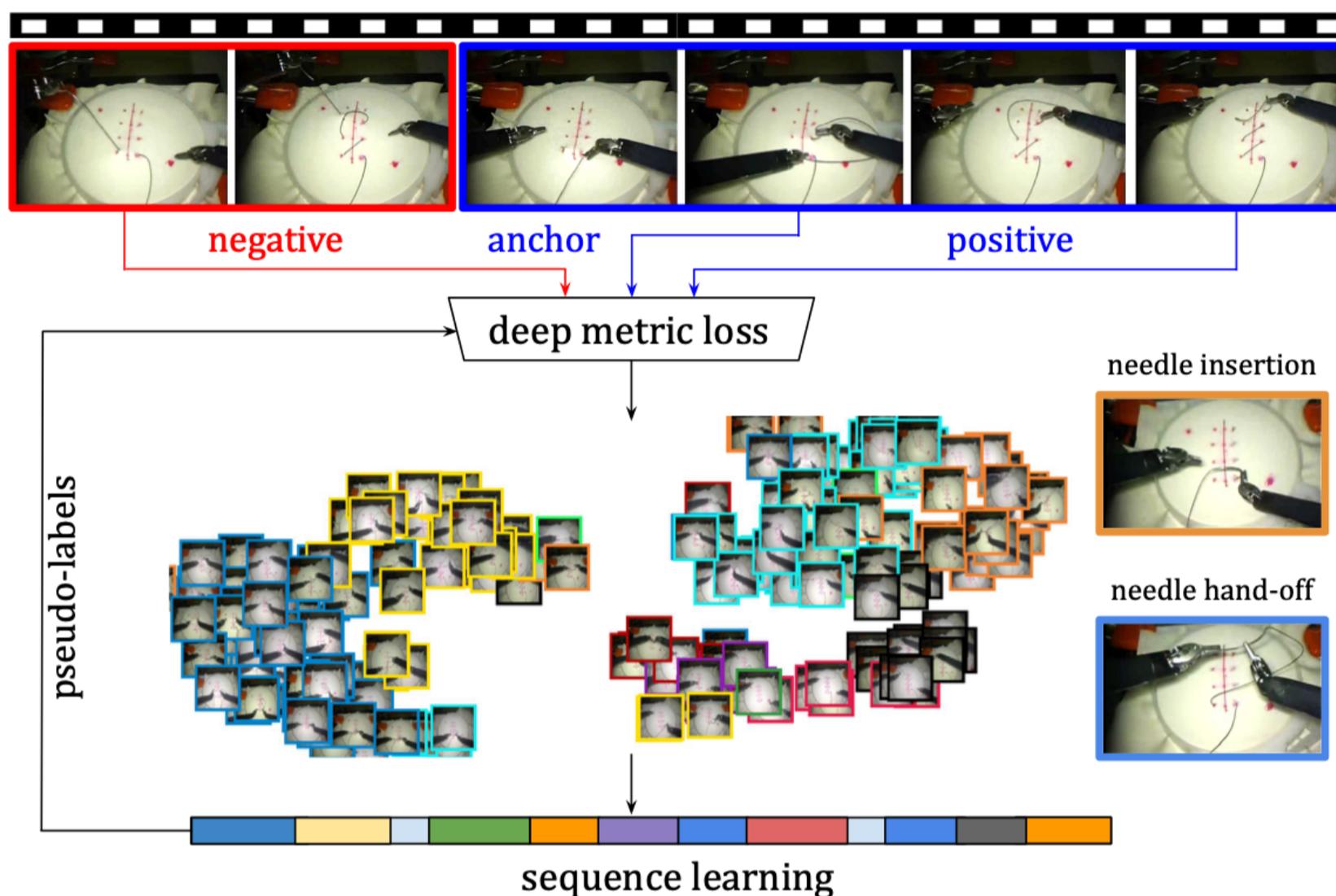
À l'Université de **Berkeley**, en **Californie**, une équipe a mis au point l'IA « [Motion2Vec](#) ». Cet algorithme **apprend à réaliser lui-même des points de suture en s'appuyant sur des vidéos de chirurgiens** à l'œuvre, notamment celles du robot da Vinci. Couplé à ce robot à deux bras, Motion2Vec est capable de reproduire certains gestes précis des chirurgiens, comme les points de suture, en imitant leurs mouvements.



À gauche le chirurgien, à droite le robot qui tente de reproduire les mouvements du chirurgien

Le fonctionnement de Motion2Vec repose sur une idée ingénieuse : il analyse les vidéos pour repérer des « **segments d'action** », c'est-à-dire des étapes spécifiques comme « **insérer l'aiguille** » ou « **tirer le fil** ». Pour cela, il utilise un réseau de neurones appelé « réseau siamois », qui compare les images d'une vidéo. **Les images d'une même étape sont regroupées dans un espace virtuel** (un peu comme une carte), tandis que celles d'étapes différentes sont éloignées. Ce qui est malin, c'est que l'IA n'a besoin que d'un petit nombre de vidéos déjà étiquetées (avec des indications comme « ici, on suture ») pour commencer.

Ensuite, elle devine toute seule les étapes dans les autres vidéos grâce à un deuxième réseau, un « réseau récurrent » (RNN), qui tient compte de l'ordre des mouvements dans le temps.



Séquençage de la vidéo de suture par le modèle Motion2Vec

Les chercheurs ont testé Motion2Vec avec **78 vidéos** de suture tirées de la base de données **JIGSAWS**, qui montre des chirurgiens en action sur le robot **DaVinci**. Résultat : après cet apprentissage, le système identifiait les bonnes étapes de suture avec une précision de 85,5 %, surpassant d'autres méthodes similaires. Mieux encore, en reproduisant les positions des bras du robot, il atteignait une erreur moyenne de seulement **9,4 millimètres** (0,94 cm) par mouvement, même en ajoutant du « bruit » aux images pour tester sa robustesse. Ces performances ont été mesurées sur un échantillon test de 16 vidéos, après un entraînement sur 62 autres.

Si réaliser des points de suture n'est pas techniquement très complexe pour un chirurgien, c'est une tâche **répétitive** et **chronophage**. Avec Motion2Vec, le chirurgien pourrait, en fin d'intervention, laisser la machine prendre le relais pour refermer la zone opératoire de manière autonome. Sous la supervision d'une infirmière de bloc, le robot da Vinci, guidé par cet algorithme, pourrait suturer avec une précision impressionnante, libérant ainsi du temps pour les tâches plus exigeantes. Les chercheurs soulignent toutefois que cette technologie est encore en phase expérimentale, et qu'elle devra être perfectionnée pour une utilisation réelle en salle d'opération.

En consultation

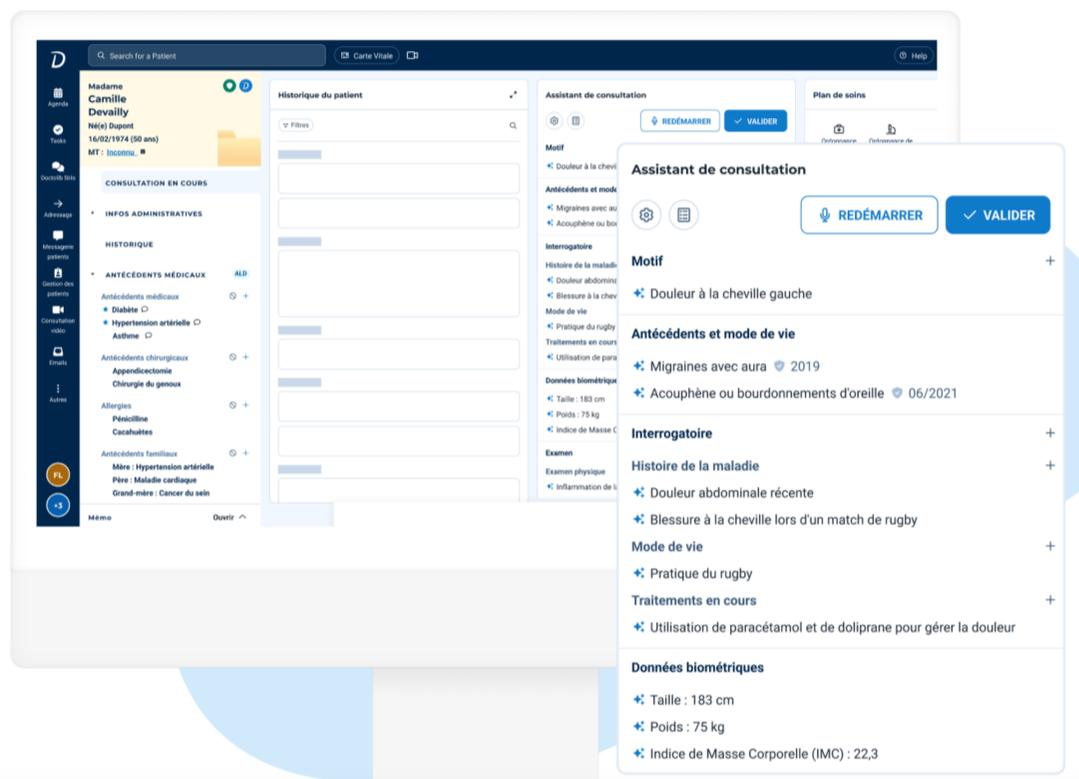
Assistant IA dans les logiciels de santé

La consultation médicale moderne s'enrichit désormais d'outils d'intelligence artificielle qui s'intègrent directement dans le quotidien des praticiens : assistants de rédaction de compte-rendu, sécurisation de la prescription, prise automatisée de constantes vitales... Ces solutions, portées par l'évolution des logiciels métiers et la sophistication croissante des modèles d'IA, ambitionnent de recentrer le médecin sur la clinique tout en réduisant les tâches répétitives et le risque d'erreur.

Dans Doctolib

L'[assistant de Doctolib](#) permet de faire une **synthèse** automatique des **consultations**, et d'intégrer les informations dans le dossier du patient.

Cet assistant coute **79€ par mois** en plus de l'abonnement de base, pour la version standard. Et un abonnement plus avancé est disponible depuis fin mars 2025 avec d'autres fonctionnalités comme la dictée et la génération automatique de courrier.



Dans Maïia

L'assistant pour la médecine de ville est nativement disponible dans le logiciel **Maïia Médecin** depuis la fin du mois de mars 2025.

Cet assistant permet une **retranscription** de la consultation en écoute active et sélective. La **génération d'un compte-rendu** structuré automatisé et un **enregistrement automatique des informations dans le dossier médical**.

L'assistant devrait par la suite être adapté à toutes les professions de santé de ville (**kinés, sage-femmes, infirmiers, dentistes...**). Des modules supplémentaires d'IA (notamment en matière d'analyse documentaire / tri automatique / alerting) seront lancés en 2025 pour apporter aux professionnels de santé un

gain de temps, de l'automatisation et de la recommandation au-delà de la consultation, au service de la continuité de la prise en charge.

Dans Medistory

[Loquii](#) est l'assistant intégré nativement dans Medistory pour rédiger la synthèse structurée des consultations, créer les ordonnances, mettre à jour les dossiers patients, etc

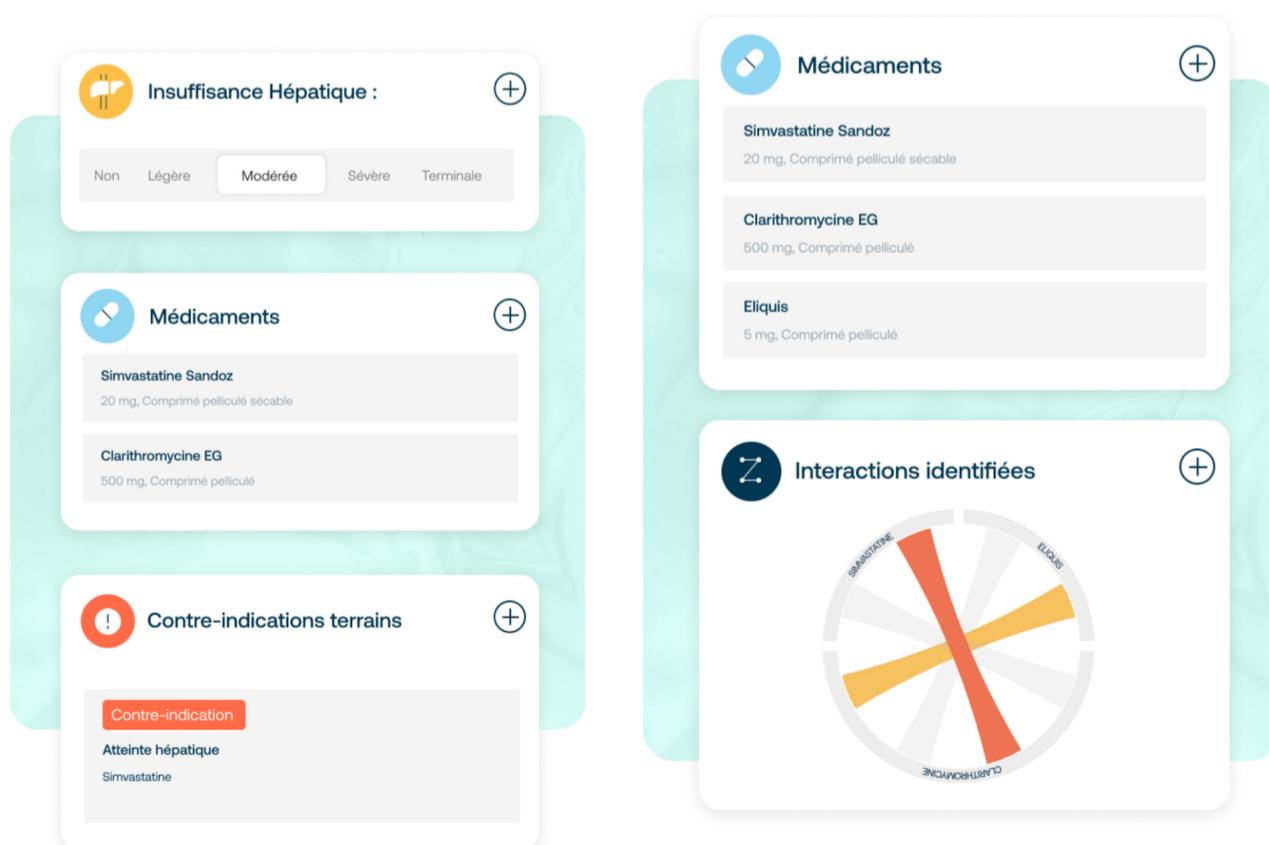
Gestion des ordonnances

L'**erreur de prescription** médicamenteuse devrait rapidement appartenir à l'histoire ancienne... Une aubaine, vu que chaque année, en France, ces erreurs sont responsables de **10.000 à 20.000 événements indésirables graves**, et pourraient être la cause de **1.000 décès**. De plus, actuellement, 20 % des dépenses de santé, soit environ **45 milliards d'euros par an, sont gaspillées** en soins inappropriés, inefficaces ou redondants.

Synapse Med

L'entreprise française [Synapse Medicine](#), en collaboration avec la **MACSF**, propose une solution innovante de **Medication Intelligence** destinée à sécuriser l'ensemble du processus de prescription médicale. Cette plateforme, conçue par des médecins pour les professionnels de santé, s'appuie sur une intégration directe des sources officielles telles que l'ANSM, la HAS et la BDPM, garantissant ainsi que toutes les informations délivrées sont **fiables, exhaustives** et constamment **mises à jour en temps réel**. L'objectif est de permettre, en quelques secondes, un accès fluide aux données essentielles pour sécuriser la délivrance de traitements, tout en **prévenant les risques liés à l'erreur médicamenteuse** ou à la **prescription inadaptée**.

La plateforme Synapse Medicine se distingue par son **assistant virtuel**, capable d'apporter des réponses instantanées à des questions pointues sur les **posologies**, les **contre-indications**, les **effets indésirables** ou les **modalités d'ajustement** des traitements. À cela s'ajoute une fonction d'**analyse automatisée des ordonnances** : elle repère, classe et hiérarchise les **interactions médicamenteuses** selon leur gravité, aidant ainsi le prescripteur à prendre les décisions appropriées sans perte de temps. La solution tient aussi compte du « terrain » propre à chaque patient, en signalant explicitement les **facteurs de risque individuels** liés à l'âge, la grossesse ou d'éventuelles **insuffisances rénale, hépatique ou cardiaque**.



Application Synapse Med

IA & Santé

Pour répondre aux enjeux spécifiques de la gériatrie, Synapse intègre les critères START/STOPP, permettant ainsi d'identifier et d'alerter sur la présence de **médicaments inappropriés** pour les patients de plus de 65 ans, une population particulièrement exposée à la **polymédication** et à ses conséquences. La plateforme propose également un accès direct à la **liste des effets indésirables**, filtrables selon leur fréquence ou selon le médicament concerné, ce qui facilite le repérage rapide d'une causalité médicamenteuse devant une symptomatologie atypique.

La solution s'adresse tant aux **médecins** qu'aux **pharmaciens**. Pour les prescripteurs, une offre gratuite permet d'accéder à des fonctionnalités de base, tandis que la version Premium, proposée à 19€ par mois sans engagement, donne accès à l'ensemble des fonctionnalités avancées. Une déclinaison spécifique est également proposée aux **pharmacies**, avec une formule Premium à 59€ par mois.

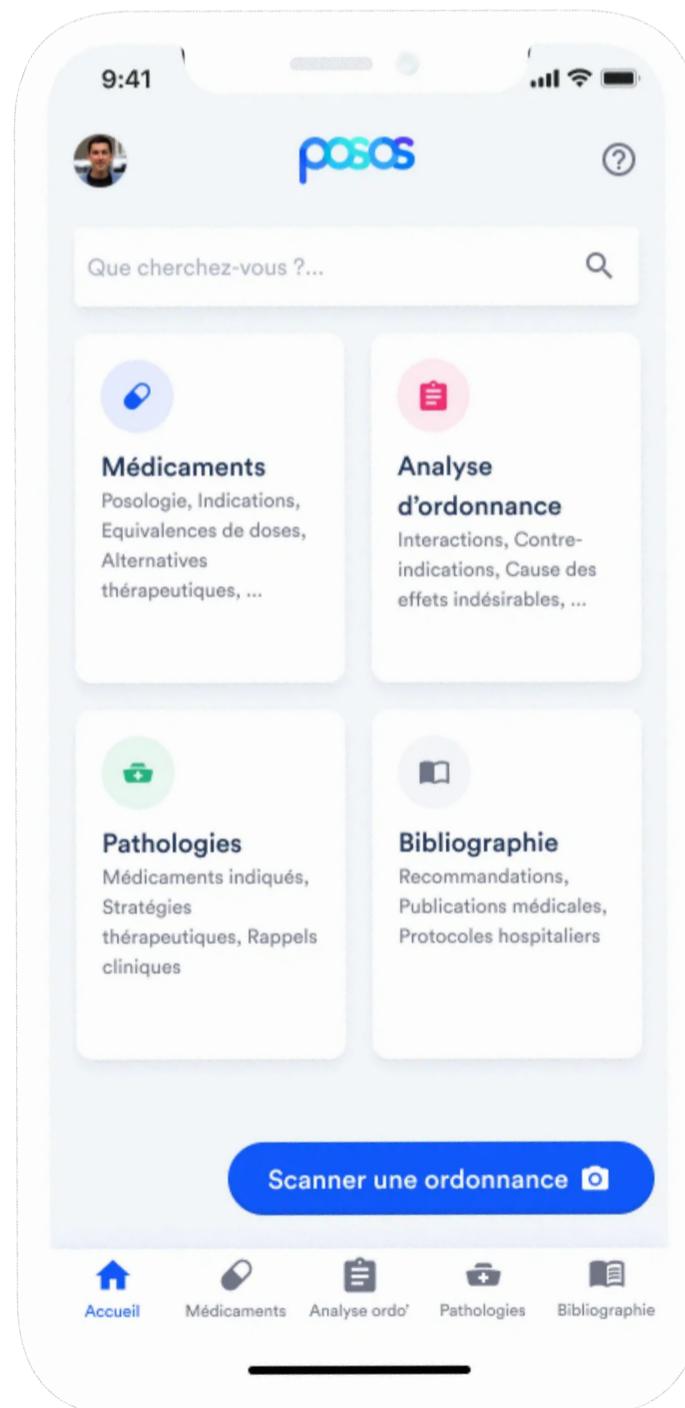
Synapse est déjà déployé chez **30% des médecins de villes** et plus de **300 établissements hospitaliers**, représentant près de **400.000 prescriptions par jour**.

Posos

[Posos](#), entreprise française fondée en 2018, s'est imposée comme une référence en matière de sécurisation du circuit du médicament grâce à une plateforme de Medication Intelligence qui s'intègre directement aux principaux logiciels médicaux déployés en Europe – parmi lesquels DxCare, Softway, Bow Medical ou Evolucare. Conçue pour répondre aux exigences du terrain hospitalier aussi bien que de la médecine de ville ou de l'officine, la solution s'adresse aux médecins hospitaliers, médecins coordonnateurs, pharmaciens et praticiens libéraux, en leur offrant une approche innovante

de la gestion de l'ordonnance et de la prescription.

L'un des points forts de Posos réside dans sa capacité à importer instantanément des prescriptions, même complexes : qu'elles soient saisies vocalement via un smartphone ou photographiées sous forme d'ordonnance, les données sont directement structurées et intégrées dans le dossier patient (conformément au standard FHIR). Cette automatisation du transfert d'information épargne au professionnel de longues minutes de saisie manuelle et limite d'autant le risque d'erreurs lors de la transmission des traitements.



Application Posos

Mardi 13 mai 2025 - IA & Santé

Au cœur de la solution **Posos** se trouve une analyse intelligente des ordonnances. L'algorithme **identifie et hiérarchise** en quelques secondes les **risques iatrogènes** ou **cliniques**, en tenant compte du **contexte spécifique du patient** – âge, antécédents, insuffisance rénale ou hépatique, polyopathologies, etc. L'outil formule ensuite des **recommandations** de gestion médicamenteuse appuyées sur les données de la littérature internationale ; ces **préconisations, personnalisées**, visent à optimiser la pertinence et la sécurité du traitement proposé. Posos facilite également la réconciliation médicamenteuse à chaque étape du parcours – de l'admission à la sortie, l'ensemble des traitements du patient est revu afin de corriger d'éventuelles erreurs ou interactions indésirables, contribuant ainsi à réduire la iatrogénie médicamenteuse hospitalière ou ambulatoire.

Pour les professionnels exerçant de manière individuelle, un plan basique permet d'accéder à l'analyse des interactions et **contre-indications** selon les caractéristiques propres au patient, tandis qu'une version premium (29 € par mois ou 313 € par an) donne un accès illimité à toutes les fonctionnalités, y compris la **saisie automatique des traitements via photo d'ordonnance**: il suffit alors de prendre une image avec son téléphone, et Posos extrait en un clic les DCI, posologies et fréquences de prise dans le logiciel métier connecté. Cette interopérabilité avec les DPI modernes abolit la nécessité de recopier manuellement de longs traitements, rationalisant et sécurisant considérablement le processus de prescription.

À ce jour, plus de **85000 soignants** – dont **35000 répartis dans cinq pays européens** – font confiance à Posos pour la conciliation, l'optimisation et la sécurisation de leurs prescriptions, illustrant le positionnement central du logiciel dans la pratique médicale quotidienne. Grâce à cette approche, les professionnels bénéficient d'un outil rapide, fiable, et toujours à jour des dernières références scientifiques pour garantir à chaque patient la prise en charge médicamenteuse la plus sûre et la plus adaptée.

Article - [Comment POSOS utilise l'IA pour aider les professionnels de santé dans leur prise de décision ?](#)

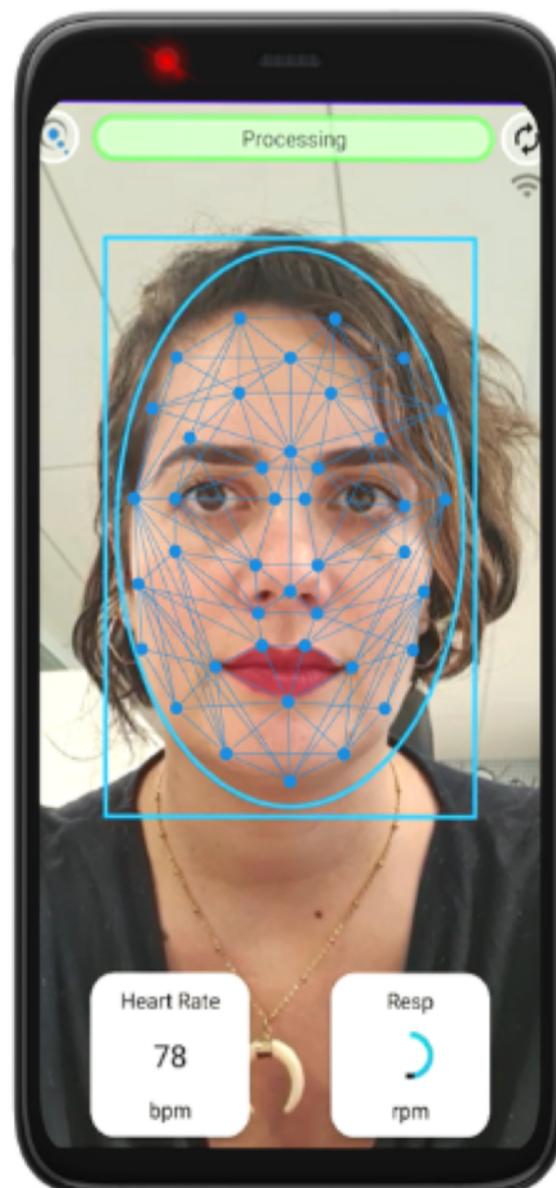
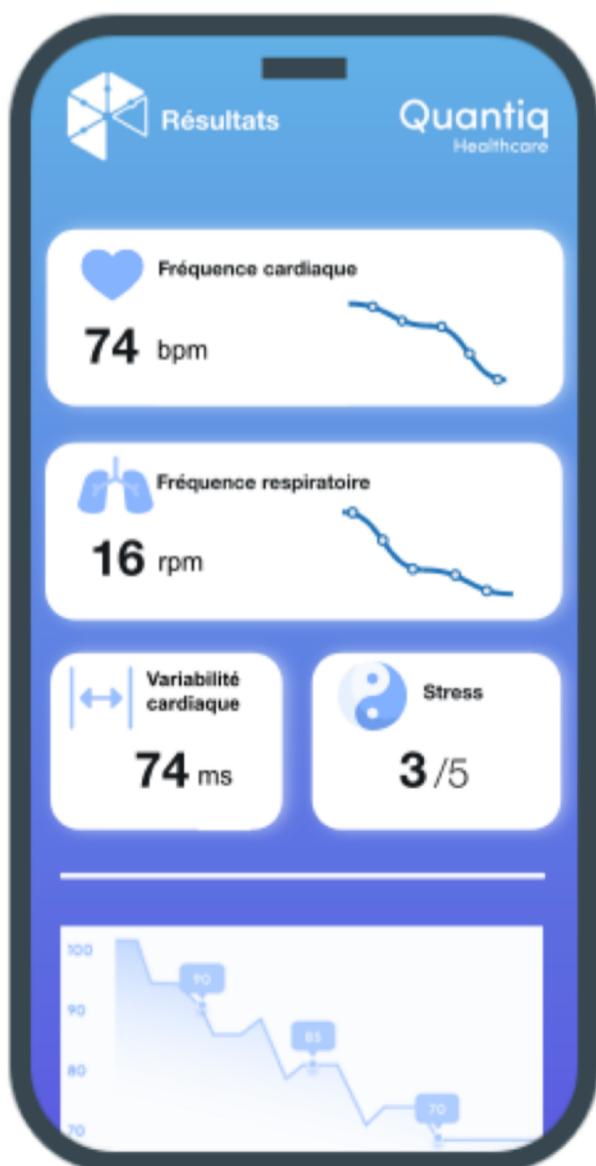
Prise des constantes

L'intelligence artificielle (IA) transforme la manière dont les **constantes vitales sont mesurées**, offrant des solutions **rapides, non invasives** et **adaptées** à divers contextes cliniques, y compris la **téléconsultation**.

[Quantiq](#), entreprise française fondée en 2020 par Alain Habra et Fabien Niel, s'impose comme une deeptech de référence dans l'**évaluation à distance des constantes vitales** et dans la **prévention prédictive des risques cardiaques**. Grâce à sa technologie propriétaire, Quantiq **transforme n'importe quelle caméra** – qu'il s'agisse d'un smartphone, d'une tablette ou d'une webcam – **en un dispositif médical** capable d'effectuer, en moins de 30 secondes, une analyse complète des **principales constantes vitales** du patient, incluant la **fréquence cardiaque**, la **fréquence respiratoire**, et bientôt la **tension artérielle**. Cette approche rend accessible le

diagnostic précoce à un très large public, quels que soient le lieu et les ressources matérielles à disposition, et s'intègre aussi bien aux plateformes de télémédecine qu'aux hôpitaux ou aux structures de soins à domicile.

La technologie au cœur de Quantiq, baptisée «**Cobox**», repose sur l'analyse de la **lumière absorbée par le sang circulant sous la peau** du visage, mesurant avec précision différents indicateurs physiologiques. Le système s'appuie sur une expertise croisée en médecine, en traitement d'image et en intelligence artificielle pour délivrer, **à partir d'un flux vidéo**, des données médicales exploitables instantanément par les soignants.



Application Quantiq

IA & Santé

La robustesse clinique de la solution a été validée par plusieurs études conduites auprès de plus de 500 patients dans des hôpitaux comme le **CHU de Bordeaux**, le **CH de Metz-Thionville** ou l'**hôpital Saint-Joseph à Paris**. Ces travaux ont démontré que **la précision de Cobox est au moins équivalente aux appareils de référence** utilisés quotidiennement à l'hôpital, tout en **surpassant les autres solutions du marché** basées sur la **photopléthysmographie** à distance (RPPG). Un atout supplémentaire réside dans l'optimisation du parcours hospitalier : lors du tri des patients aux urgences, **le recours à Cobox a permis de réduire de 21 % le temps nécessaire à la prise en charge** initiale, horizon prometteur pour la médecine d'urgence.

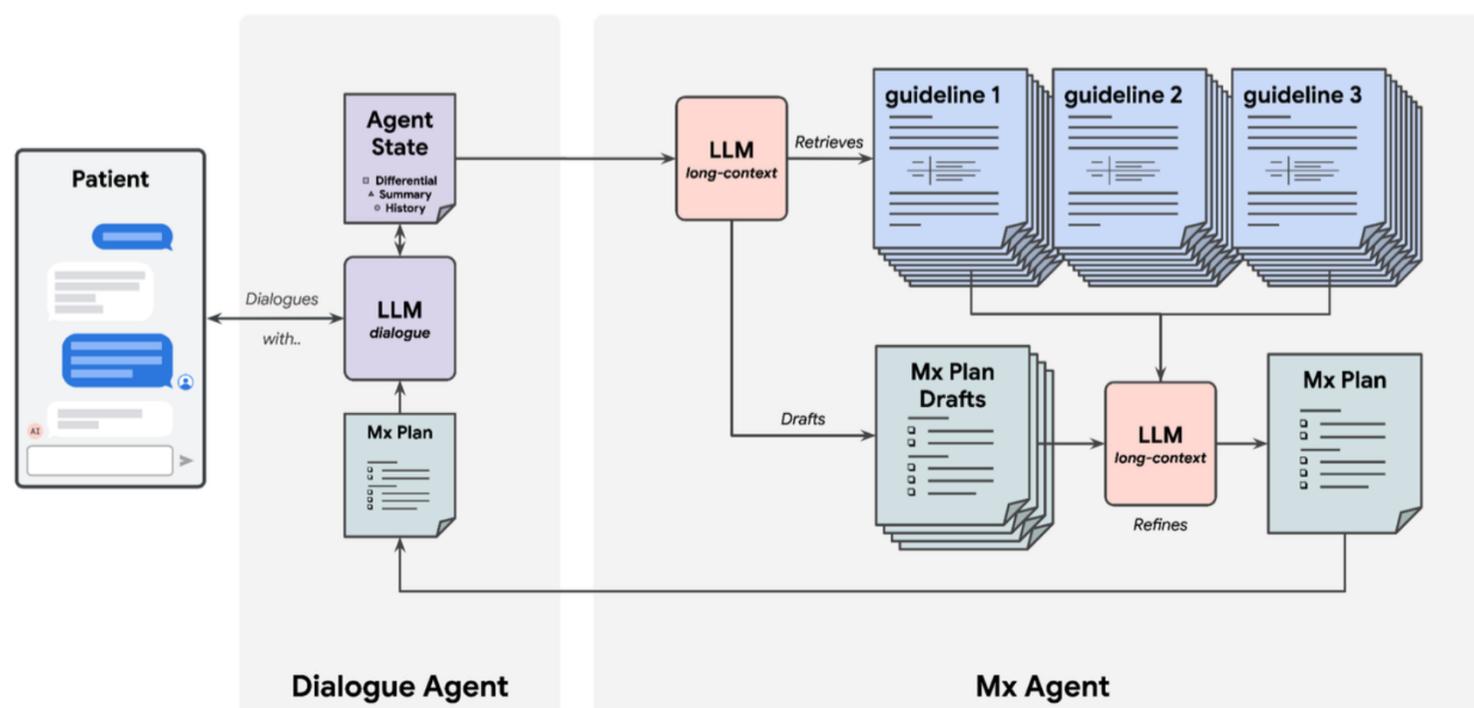
Avec l'obtention du marquage CE Classe IIa pour la mesure du rythme cardiaque et de la fréquence respiratoire, Quantiq se prépare à une diffusion à grande échelle auprès des **hôpitaux**, acteurs de la télémédecine, assureurs et établissements de soins. L'entreprise va bien au-delà du monitoring classique, en développant le premier « **modèle de fondation du cœur** », une intelligence artificielle entraînée sur des millions de signaux cardiaques pour **détecter des arythmies** difficiles à dépister, telles que la **fibrillation atriale** – pathologie à l'origine de 20 % des AVC. Ce modèle, fonctionnant comme un large modèle de langage (LLM - comme chatGPT) mais appliqué à la lecture physiologique des données cardiaques, vise à prédire le risque **bien avant l'apparition des symptômes**, en s'appuyant sur des bases de données massives issues des essais cliniques, d'utilisateurs (via l'application de coaching respiratoire Zenbox) ou encore de données publiques et historiques.

Diagnostic par LLM

L'émergence de modèles de langage de grande taille (LLM) ouvre de nouvelles perspectives dans le domaine du **diagnostic médical**, en permettant d'analyser de vastes volumes d'informations cliniques et d'**entrer en dialogue direct avec le patient**. Contrairement aux outils spécialisés dans l'analyse d'images ou de signaux, les LLM exploitent la **compréhension contextuelle avancée** du langage naturel pour **recueillir, structurer et interpréter les symptômes, antécédents et facteurs** individuels. Cette nouvelle génération d'outils a pour ambition de soutenir le raisonnement médical à chaque étape de la prise en charge – du diagnostic initial jusqu'à l'élaboration de plans thérapeutiques personnalisés et le suivi longitudinal.

[AMIE](#) (Articulate Medical Intelligence Explorer), développée par **Google DeepMind**, incarne une nouvelle génération d'intelligences artificielles dédiées au soutien des professionnels de santé dans la prise en charge globale des patients. Cette solution s'appuie sur un **modèle de langage avancé**, capable de traiter en profondeur les informations livrées par les patients, d'**analyser les symptômes** présentés et de **proposer des diagnostics argumentés** ainsi que des **plans de gestion des maladies** dans le temps. L'objectif est double : **assister le raisonnement médical** lors des consultations et permettre une **personnalisation fine du suivi**, en particulier pour les pathologies chroniques.

Le fonctionnement interne d'AMIE repose sur une architecture sophistiquée, articulée autour de **deux agents** complémentaires. Le premier, dit « **agent de dialogue** », prend directement en charge la relation avec le patient, recueille activement les informations, pose les questions pertinentes et instaure une communication empathique, essentielle à la fois pour l'adhésion du patient et pour la qualité de la collecte de données. Le second agent, le « **Mx Agent** », assure l'analyse dynamique de l'ensemble des paramètres recueillis et puise dans les recommandations issues de guides cliniques fondés sur les preuves. Grâce à ce double axe, AMIE est en mesure de **proposer des plans structurés**, intégrant les investigations adaptées, les **traitements potentiels** et un **suivi personnalisé** prenant en compte le contexte du patient aussi bien que les contraintes propres au système de santé.

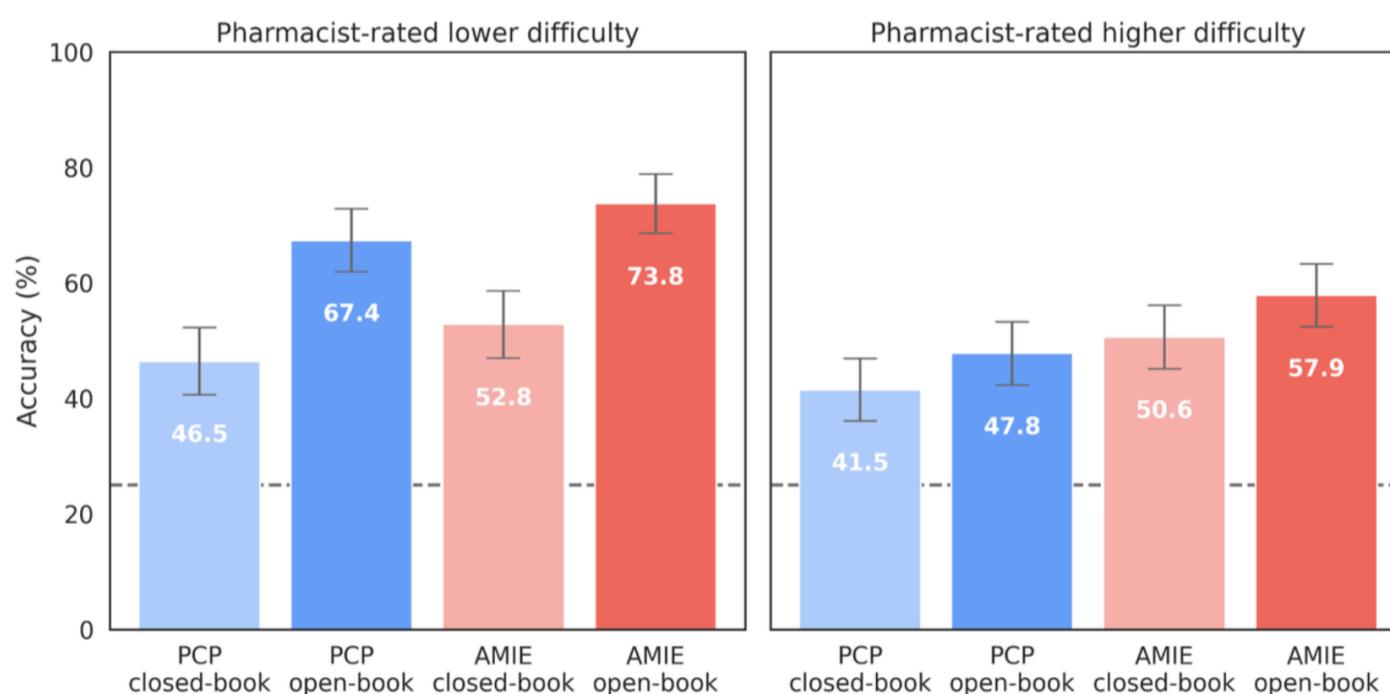


Architecture d'AMIE

IA & Santé

Les études cliniques menées jusqu'à présent, bien qu'effectuées dans un cadre simulé, révèlent des **performances remarquables pour AMIE**. Sur des consultations virtuelles standardisées comparant l'outil à des médecins généralistes certifiés, **AMIE identifie correctement le diagnostic dans 78% des cas, contre 63% pour les praticiens humains**. Selon des évaluations menées par des spécialistes, **la solution est jugée supérieure sur la grande majorité des critères observés**, autant sur la **justesse des diagnostics** que sur la **clarté de la communication écrite**. Les patients virtuels sollicités dans ces simulations expriment par ailleurs **une nette préférence pour AMIE** sur la quasi-totalité des aspects liés à l'interaction et à l'expérience de consultation.

AMIE a également été testé sur des **questions de médication** (benchmark RxQA) opposé à des **médecins généralistes** (PCP sur le graphique). Les questions, classées par des pharmaciens, sont réparties en deux groupes : simples (à gauche) et complexes (à droite). Pour chaque groupe, les résultats sont présentés en deux conditions : une **sans accès à des ressources externes ("closed-book")** et une **avec accès à des références ("open-book")**, permettant d'observer comment AMIE et les médecins se comportent face à des défis de prescription dans des contextes variés. La ligne en pointillé indique le seuil de réponses aléatoires, soulignant la pertinence des performances mesurées. Les résultats révèlent qu'**AMIE surpasse systématiquement les médecins**, que ce soit en condition "closed-book" ou "open-book", et ce, pour les deux niveaux de difficulté. L'avantage d'AMIE est particulièrement marqué en "open-book", où le modèle tire pleinement parti des ressources externes, notamment sur les questions plus simples. Même sur les questions complexes, AMIE maintient une performance supérieure.



Résultats entre AMIE et des médecins généralistes sur des questions de médication

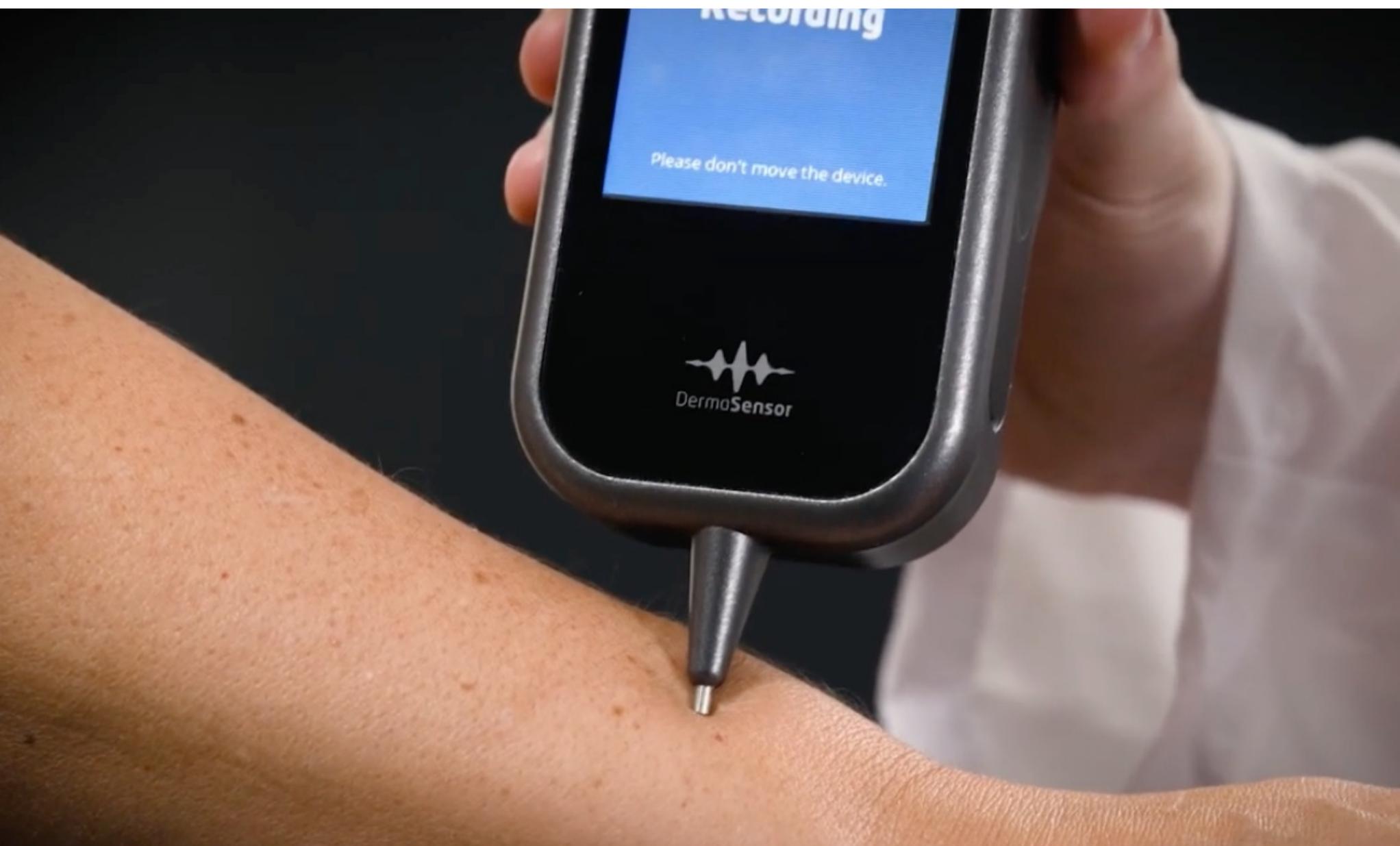
Certaines limites doivent néanmoins être signalées. Les essais ont pour l'instant été menés sur des **scénarios standardisés**, sans intégrer la **diversité complète des situations rencontrées en pratique courante**: l'interopérabilité avec les dossiers médicaux électroniques, la complexité des cas rencontrés, la diversité linguistique et culturelle des patients, ainsi que les interactions humaines propres à chaque consultation réelle **restent à évaluer**. Par ailleurs, l'algorithme a été calibré à partir des **recommandations d'un seul système de santé**, ce qui **limite la transposabilité immédiate des résultats à d'autres pays ou contextes de soins**. Enfin, la méthode d'évaluation, récente et encore à un **stade expérimental**, devra faire l'objet de **validations complémentaires** avant de pouvoir être considérée comme une référence pour juger la pertinence des dispositifs de ce type.

Dermatologie

Dans le domaine **dermatologique**, l'intelligence artificielle commence à transformer les pratiques de **dépistage** et de **diagnostic**, en particulier face à l'augmentation constante des **cancers de la peau** et à la **pénurie de spécialistes**. Les promesses sont considérables pour renforcer la **précocité** du dépistage, soutenir les médecins généralistes dans la pratique courante, et rendre les soins dermatologiques plus **accessibles**, notamment en zones sous-dotées en spécialistes.

Diagnostic du cancer de la peau

En 2024, la FDA a autorisé la commercialisation du [DermaSensor](#), de l'entreprise américaine du même nom, un **dispositif portable et sans fil** destiné à l'évaluation rapide des lésions cutanées suspectes de cancer. Cet appareil utilise la **spectroscopie de diffusion élastique** (Elastic Scattering Spectroscopy, ESS), une technologie **validée par plus de 30 études cliniques**, notamment en **cancérologie**. L'extrémité du dispositif émet de **brèves impulsions lumineuses** sur la lésion ; la lumière réfléchiée par les structures cellulaires et subcellulaires est alors analysée par un ordinateur embarqué, fournissant des informations fines sur la microarchitecture cutanée – des informations comparables à celles de l'examen histopathologique.



Utilisation du DermaSensor

IA & Santé

L'examen par DermaSensor est totalement **non invasif, rapide (cinq mesures de trois secondes chacune)** et **utilisable sur les lésions de 2,5 à 15 mm**. L'algorithme spécialisé compare les données spectrales de la lésion à une vaste base de profils de lésions bénignes et malignes (mélanomes, carcinomes basocellulaires et épidermoïdes). Selon l'analyse, il émet un résultat binaire invitant **soit à surveiller** ("Monitor"), **soit à approfondir l'exploration** ("Investigate Further"). Dans ce dernier cas, **un score de confiance gradué de 1 à 10** estime la **probabilité de malignité** et oriente la priorisation des examens complémentaires ou une orientation spécialisée. La corrélation du score avec le risque réel est validée (probabilité de malignité de 6 % pour les scores bas à 61 % pour les plus élevés).

Des études cliniques montrent une plus-value nette pour la pratique de premiers recours. Par exemple, **chez 108 médecins généralistes** évalués, le **taux de cancers cutanés non diagnostiqués a diminué de moitié** avec l'utilisation du DermaSensor (de 18 % à 9 %). Après l'introduction du dispositif en clinique, les médecins ont augmenté la sensibilité des diagnostics et la fréquence des examens cutanés, améliorant ainsi le repérage précoce des cancers.

Les résultats communiqués par le constructeur et validés sur des cohortes publiées sont significatifs :

- ➔ **Sensibilité globale** pour tous types de cancers cutanés : 96 %
- ➔ **Augmentation de la sensibilité diagnostique des médecins généralistes** de 6 à 9 % pour tous cancers, en particulier de 7 à 9 % pour le mélanome, et réduction des cas manqués de 30 à 52 % pour tous cancers et en particulier de 21 à 30 % pour les mélanomes
- ➔ **Exactitude globale** de 79 % pour le dispositif, versus 74 % pour les médecins (tous types de lésions) et 56 % en cas de doute clinique important
- ➔ **Réduction des biopsies inutiles** sur les lésions bénignes : 21 à 33 % des cas biopsiés auraient pu être écartés grâce à l'appareil

Le dispositif se positionne comme un **outil complémentaire**, particulièrement utile lorsque l'expertise dermatologique est difficilement accessible, ou dans les situations d'**incertitude clinique**. La simplicité d'utilisation et la synchronisation instantanée du résultat rendent le DermaSensor compatible avec une utilisation en cabinet de médecine générale ou spécialisée.

Le modèle économique proposé par le constructeur est fondé sur un abonnement mensuel de 199\$ par mois pour un forfait limité à 5 patients par mois et 399\$ par mois pour un usage illimité.

Vidéo - [Présentation du DermaSensor](#)

Neurologie

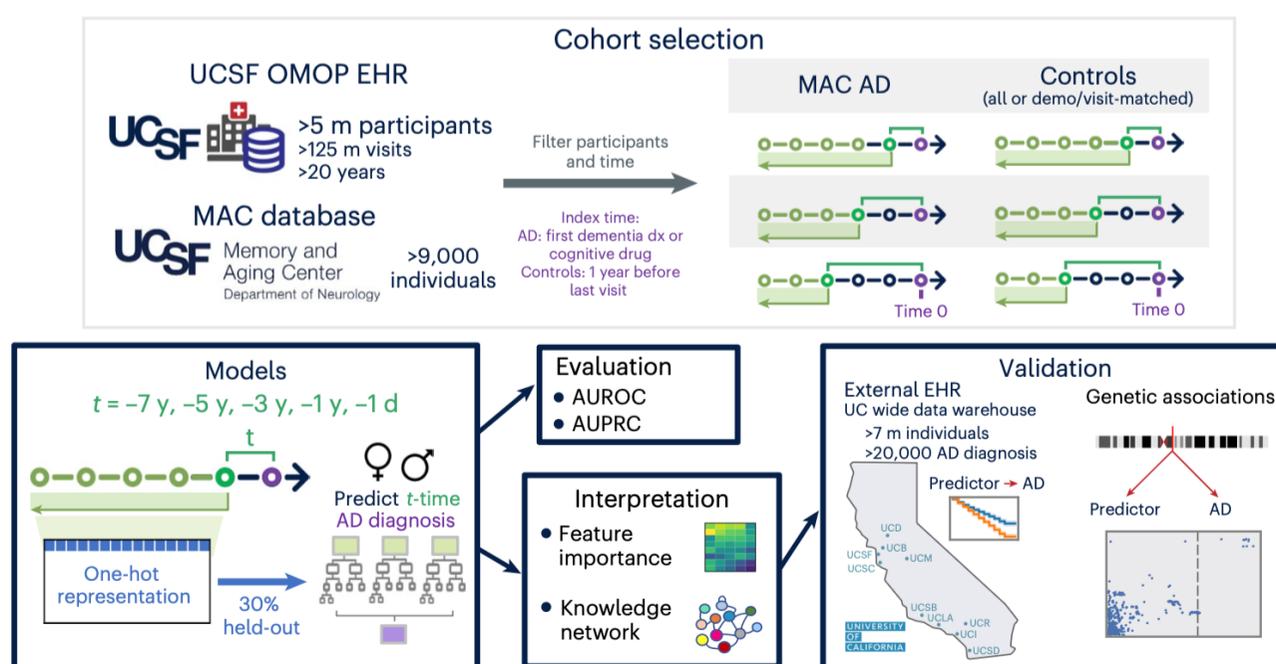
Le champ de la neurologie bénéficie particulièrement de l'essor de l'intelligence artificielle, tant pour le **diagnostic précoce** des maladies **neurodégénératives**, la **prévision** de leur **évolution**, que pour la mise au point de **dispositifs** innovants d'interface **cerveau-machine**.

Détecter la maladie d'Alzheimer

[Une étude de 2024](#) menée à l'Université de Californie à San Francisco, a développé un modèle prédictif utilisant les dossiers de santé électroniques de plus de cinq millions de patients. Grâce à l'analyse de facteurs de risque présents dans l'historique médical, tels que l'hypercholestérolémie, l'hypertension artérielle, et spécifiquement chez les femmes, l'ostéoporose, les chercheurs sont parvenus à **prédire l'apparition de la maladie d'Alzheimer jusqu'à 7 ans avant la survenue des premiers symptômes**, avec une précision de 72 %.

L'étude a également mis en lumière des liens entre certains facteurs cliniques et des **déterminants génétiques**, notamment la corrélation entre le **locus APOE4 et le cholestérol**, ou encore l'association plus marquée chez les femmes entre l'**ostéoporose et un variant du gène MS4A6A**. Ces résultats démontrent que l'exploitation à grande échelle des données cliniques, couplée à des modèles de machine learning, permet non seulement d'affiner la prédiction individuelle du risque, mais aussi de générer de nouvelles hypothèses biologiques, personnalisées, sur les mécanismes pathogéniques de la maladie d'Alzheimer.

Les données cliniques des patients ont été extraites des dossiers de **l'UCSF** et de la base du **Memory and Aging Center**. Après préparation, elles ont servi à entraîner des modèles d'intelligence artificielle (forêts aléatoires) pour prédire le risque futur de développer la maladie d'Alzheimer. Les performances ont été évaluées sur un échantillon de test, et les facteurs les plus importants ont été interprétés grâce à un réseau de connaissances médicales (SPOKE), puis validés dans d'autres bases de données.



Étapes de développement du modèle

Prédire la progression de la maladie d'Alzheimer

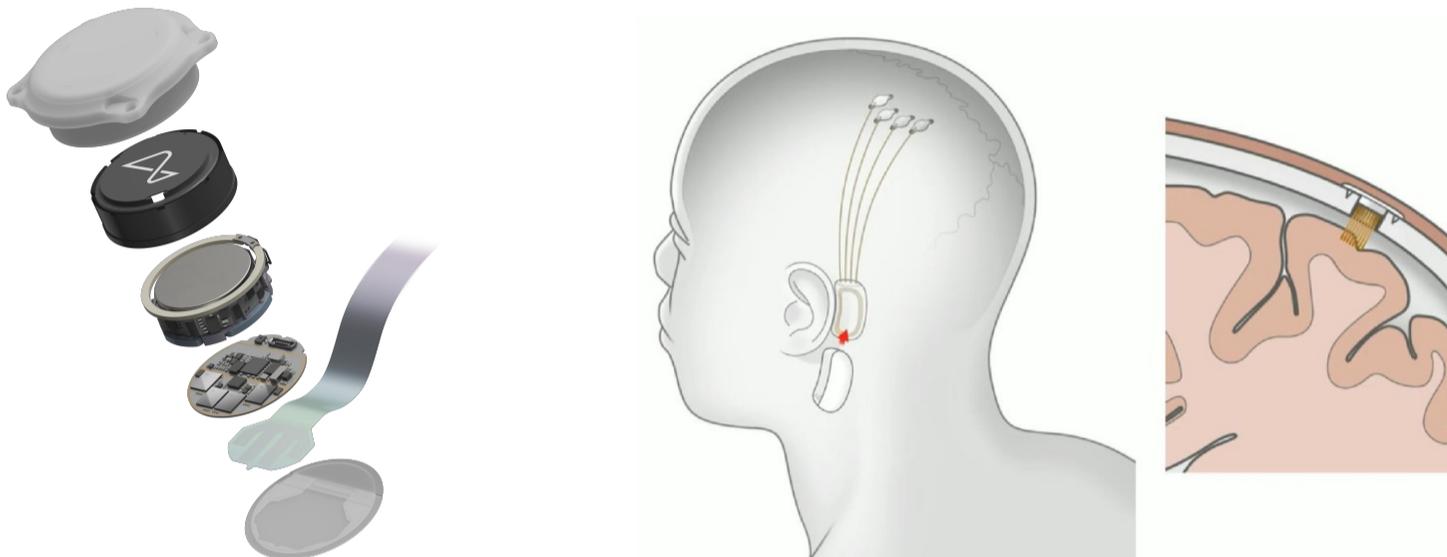
La **prédiction de la progression** de la maladie d'Alzheimer connaît un tournant majeur grâce à l'application de l'intelligence artificielle, comme l'illustre [une étude de 2024](#) menée par l'Université de Cambridge. Les chercheurs ont conçu un modèle prédictif robuste, fondé à la fois sur des **tests cognitifs classiques** et sur l'**analyse d'IRM structurelles**, permettant d'anticiper de manière fiable l'évolution de troubles cognitifs légers vers une forme déclarée d'Alzheimer.

Ce modèle, validé sur plus de 1 000 participants issus de cliniques de la mémoire au **Royaume-Uni** et à **Singapour**, parvient à distinguer, avec une **précision de 82%**, les patients susceptibles de développer la maladie **dans les six années suivantes**, tout en affichant une spécificité de 81 % pour repérer ceux dont l'état restera stable. Il surpasse ainsi les outils cliniques traditionnels fondés uniquement sur l'**atrophie** de la matière grise ou sur les scores cognitifs isolés, en apportant une approche multimodale, individualisée et interprétable du risque de progression.

L'intérêt de ce modèle réside d'abord dans sa capacité à stratifier les patients entre formes stables, trajectoires lentes ou évolutions rapides, ce qui permet d'adapter précocement la prise en charge médicale et sociale. Il s'agit d'une avancée d'autant plus importante qu'elle repose sur des données non invasives et couramment recueillies, rendant possible une adoption à large échelle en pratique clinique, sans recourir systématiquement à des examens coûteux ou invasifs tels que les PET scans ou les ponctions lombaires.

Implants sur le cerveau

Neuralink, fondée en 2016 par Elon Musk, développe des **interfaces cerveau-ordinateur implantables** pour établir une connexion directe entre le cerveau humain et des dispositifs numériques. Le prix d'un implant est estimé à quelques dizaines de milliers de dollars.



Implant Neuralink et sa localisation par rapport à la boîte crânienne

Le premier participant, Noland Arbaugh 29 ans et **quadriplégique**, a pu bénéficier d'un implant neuralink en janvier 2024. Il est depuis, capable d'**utiliser un ordinateur en déplaçant la souris** grâce à son cerveau. Par exemple, il a pu continuer à jouer aux échecs. ([Voir la vidéo](#))

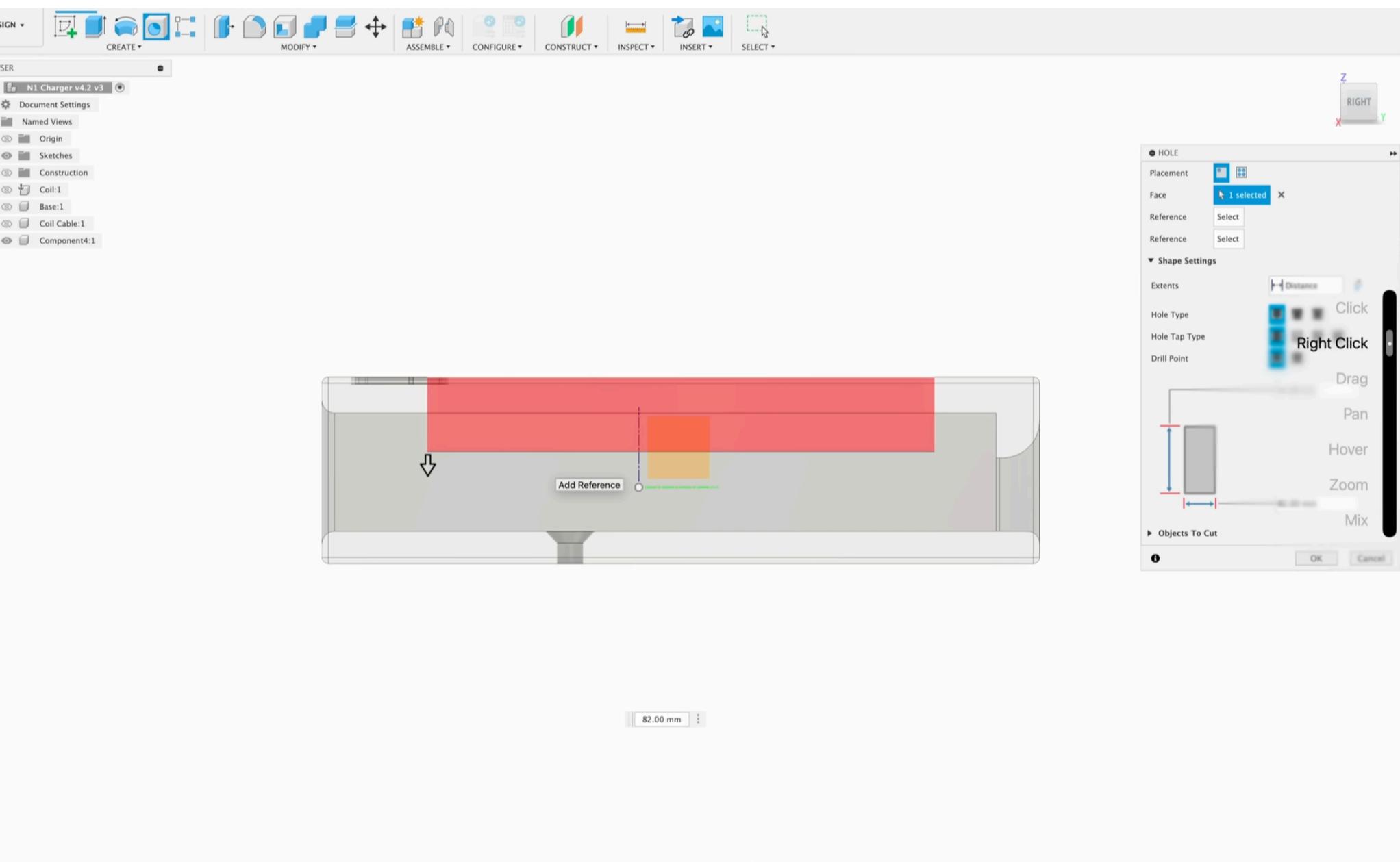


Noland Arbaugh jouant aux échecs à l'aide de la puce Neuralink

IA & Santé

[Le deuxième participant](#) de l'étude nommé PRIME, pseudonymisé "Alex", a reçu avec succès un implant Neuralink (Link) en juillet 2024. L'opération s'est bien déroulée, avec une sortie de l'hôpital le lendemain et une récupération sans problème. Alex, **quadriplégique**, utilise l'implant pour **contrôler un curseur d'ordinateur par la pensée**. Il a établi un nouveau record mondial de contrôle par interface cerveau-ordinateur (BCI) dès le premier jour.

Alex utilise le Link pour **jouer à des jeux vidéo** comme Counter-Strike 2 et pour **concevoir des objets 3D** avec le logiciel CAD Fusion 360, notamment un support personnalisé pour son chargeur Neuralink. Contrairement au premier participant, aucune rétraction des électrodes n'a été observée, grâce à des ajustements chirurgicaux (réduction du mouvement cérébral et placement plus proche de la surface du cerveau). Neuralink travaille à améliorer les algorithmes pour permettre des clics multiples et des mouvements complexes, visant une fonctionnalité complète de souris et de manette de jeu.



Le patient « Alex » utilisant le logiciel CAD Fusion

L'objectif de l'étude PRIME est de démontrer la sécurité et l'utilité du Link pour les personnes atteintes de quadriplégie, avec des perspectives futures comme le contrôle de bras robotiques ou de fauteuils roulants. Alex rapporte que le Link représente un grand pas vers plus d'autonomie et d'indépendance.

IA & Santé

Le 2 Mai 2025, Neuralink a annoncé avoir reçu la **Breakthrough Device Designation** de la FDA, reconnaissant le potentiel de son dispositif pour restaurer la communication chez les personnes atteintes de troubles sévères de la parole. Cela concerne notamment les patients atteints de **sclérose latérale amyotrophique (SLA)**, d'**AVC**, de **lésions de la moelle épinière**, de **paralysie cérébrale**, de **sclérose en plaques**, ainsi que d'autres affections neurologiques.

À court terme, Neuralink vise à **restaurer certaines fonctions perdues** chez les personnes handicapées. L'objectif est de permettre aux patients atteints de paralysie (**quadriplégie**, **paraplégie**), de **cécité**, de **surdité** ou d'**aphasie** de retrouver une forme d'**autonomie**, par exemple en contrôlant des **smartphones**, des **ordinateurs** ou des **prothèses** par la pensée, ou en restaurant la mobilité, la vision ou l'audition par stimulation directe des zones cérébrales concernées.

À plus long terme, Elon Musk ambitionne de créer une **symbiose** entre le **cerveau** humain et l'**intelligence artificielle** afin d'augmenter les capacités cognitives humaines (mémoire, vitesse de traitement, communication directe avec des machines), dans le but de préserver l'humanité face à une IA potentiellement supérieure. Neuralink prévoit également, à terme, de proposer des implants électifs pour **améliorer la mémoire**, la **concentration** et les **capacités d'apprentissage** chez des individus en bonne santé, dans une démarche d'**augmentation humaine**.

Oncologie

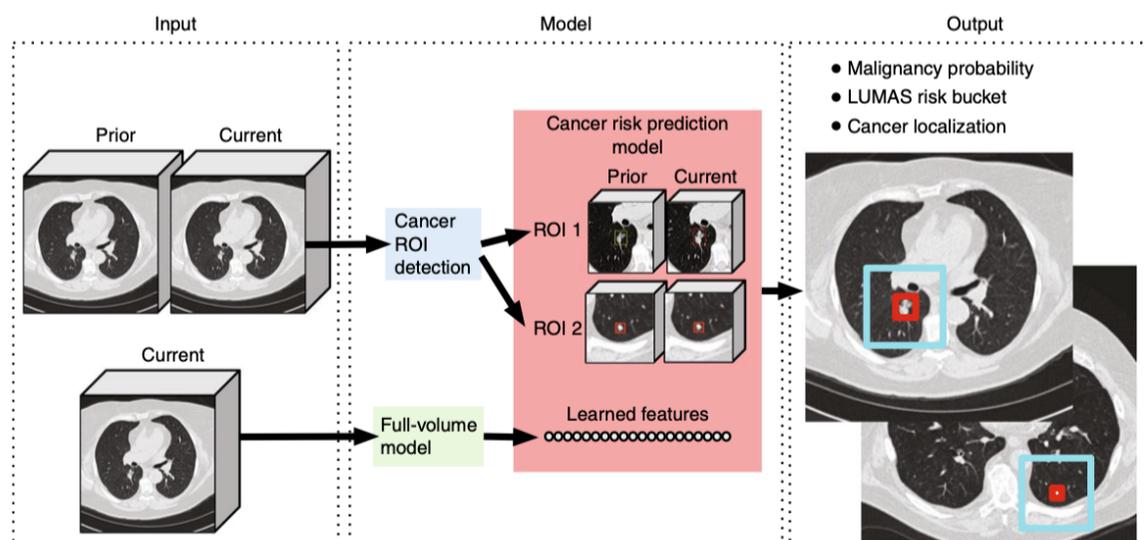
Le cancer, **deuxième cause de décès dans le monde** avec 10 millions de morts en 2023, représente un défi majeur de santé publique. En France, le nombre de nouveaux cas ne cesse d'augmenter depuis trente ans, en grande partie à cause de l'allongement de l'espérance de vie, de facteurs comportementaux et environnementaux ainsi que de l'amélioration des méthodes diagnostiques.

Dépistage par imagerie

L'intelligence artificielle (IA) transforme le **diagnostic** par imagerie médicale. [Une étude publiée en 2019](#) dans Nature Medicine présente un algorithme de deep learning développé par Google, capable de **surpasser les radiologues dans la détection du cancer du poumon** à partir de **scanners thoraciques** à faible dose (LDCT). Alors qu'un radiologue nécessite une décennie de formation, cet algorithme, entraîné en quelques jours sur des milliers de cas, parvient à distinguer les patients malades des patients sains avec une précision exceptionnelle : **il classe correctement les cas dans plus de 94%** des situations.. Le modèle fonctionne en trois étapes : il analyse

l'ensemble du volume d'un scanner en 3D grâce à un réseau de neurones convolutifs (CNN), **identifie automatiquement les régions suspectes** (nodules potentiellement cancéreux), puis évalue leur **risque de malignité** en intégrant, si disponibles, des images antérieures du patient.

Résultat : sans images préalables, il **réduit les faux positifs de 11%** et les **faux négatifs de 5%** par rapport à six radiologues expérimentés. Avec des images antérieures, il égale leurs performances, ouvrant la voie à une assistance automatisée pour un dépistage plus précis et accessible.



Fonctionnement du modèle

Le modèle analyse des scanners thoraciques à faible dose (LDCT) en trois étapes principales : il utilise un réseau de neurones convolutifs (CNN) pour examiner l'ensemble du volume du scanner et **identifier des régions suspectes** (ROI), comme des nodules potentiellement cancéreux ; il extrait des caractéristiques apprises automatiquement à partir de ces régions et du volume global, en comparant si possible avec un scanner antérieur ; enfin, il combine ces informations pour **prédire la probabilité de malignité**, classer le risque (via le score LUMAS) et localiser précisément les anomalies, offrant ainsi une assistance automatisée aux radiologues.

Dépistage par objets connectés

Le laboratoire américain **Cyrcadia** a développé le [prototype iTbra](#), un soutien-gorge équipé de deux patchs mammaires intelligents qui **détecte des changements de température dans le tissu mammaire**, avec une sensibilité équivalente à celle d'une mammographie.

Chaque patch est équipé de huit capteurs de température numériques qui mesurent les variations de température à la surface de la peau sur une période donnée (généralement de 2 à 12 heures). Ces capteurs capturent des données thermodynamiques basées sur les **rythmes circadiens** qui peuvent révéler des changements métaboliques anormaux, souvent associés à des tumeurs malignes.



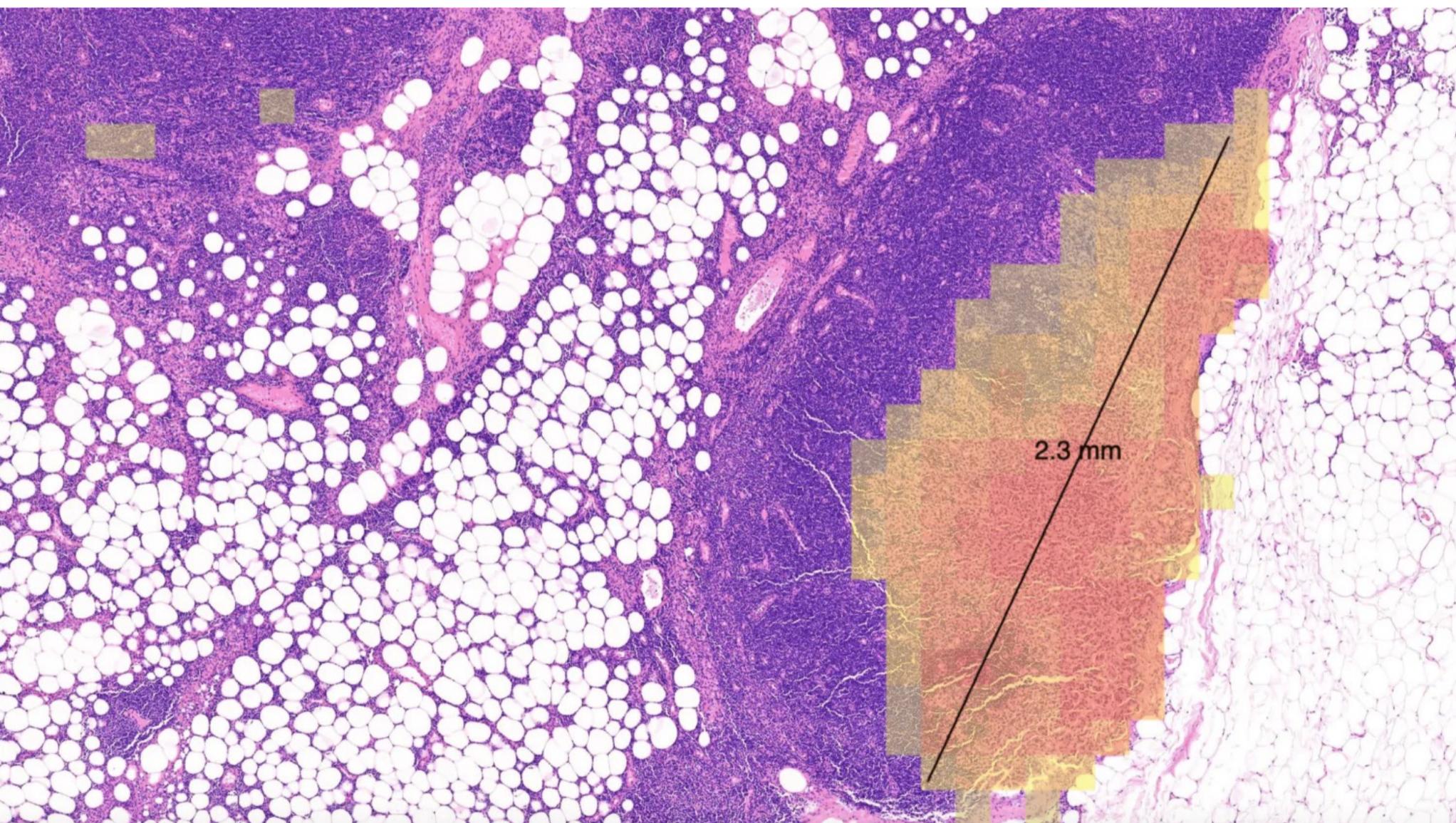
Prototype iTbra de Cyrcadia

Les données collectées par les capteurs sont transmises au laboratoire central de Cyrcadia, où des algorithmes d'IA examinent les variations de température pour identifier des motifs anormaux, qui pourraient indiquer la présence d'une anomalie dans le tissu mammaire, comme un cancer à un stade précoce. Le médecin prescripteur reçoit les résultats, ce qui lui permet de discuter avec la patiente des prochaines étapes, comme un suivi plus approfondi (par exemple, une mammographie ou une biopsie) si une anomalie est détectée.

Dépistage du cancer du sein par imagerie

La solution [Cleo Breast](#), développée par la medtech française **Primaa**, représente une avancée majeure dans le diagnostic assisté du cancer du sein par intelligence artificielle. Spécialement conçue pour intégrer le workflow quotidien des laboratoires d'anatomopathologie, la plateforme s'appuie sur l'analyse automatisée des images histologiques numérisées (Whole Slide Images – WSI) afin d'accompagner les pathologistes dans leurs décisions et de fiabiliser l'ensemble du processus diagnostique. Plus de 10 cliniques et laboratoires utilisent déjà cette solution.

Grâce à ses algorithmes de pointe, Cleo Breast détecte avec une grande précision les régions de **carcinome invasif** et de **carcinome in situ**, présentant les résultats par le biais de heatmaps intuitives propices à une interprétation rapide. La solution excelle également dans la localisation et le comptage automatisé des **mitoses**, facilitant l'évaluation du grade tumoral, ainsi que dans la détection des **calcifications** : chaque objet suspect et ses zones pertinentes sont mis en avant pour un gain d'efficacité dans l'analyse. Sur les lames de ganglions lymphatiques, le système identifie et cartographie les zones de **macrométastases**, là encore via une représentation cartographique colorée, optimisant la recherche de disséminations tumorales.



Exemple de cartographie du logiciel Cleo Breast

IA & Santé

Les bénéfices quantitatifs de cette approche sont considérables :

- ➡ Réduction de 14% du temps de détection pour les carcinomes invasifs et in situ
- ➡ Réduction de 50% du temps de détection pour les mitoses
- ➡ Réduction de 32% du temps de détection pour les macro-métastases

Cleo Breast propose ainsi une double promesse : une **amélioration de la précision diagnostique** (réduction des risques d'erreur ou d'omission) et un **gain de temps substantiel** pour les pathologistes, permettant d'améliorer la qualité et la rapidité de prise en charge des patientes atteintes d'un cancer du sein. Ce système de diagnostic primaire contribue également à standardiser les critères d'analyse, tout en conservant la maîtrise de l'interprétation finale par le professionnel de santé.

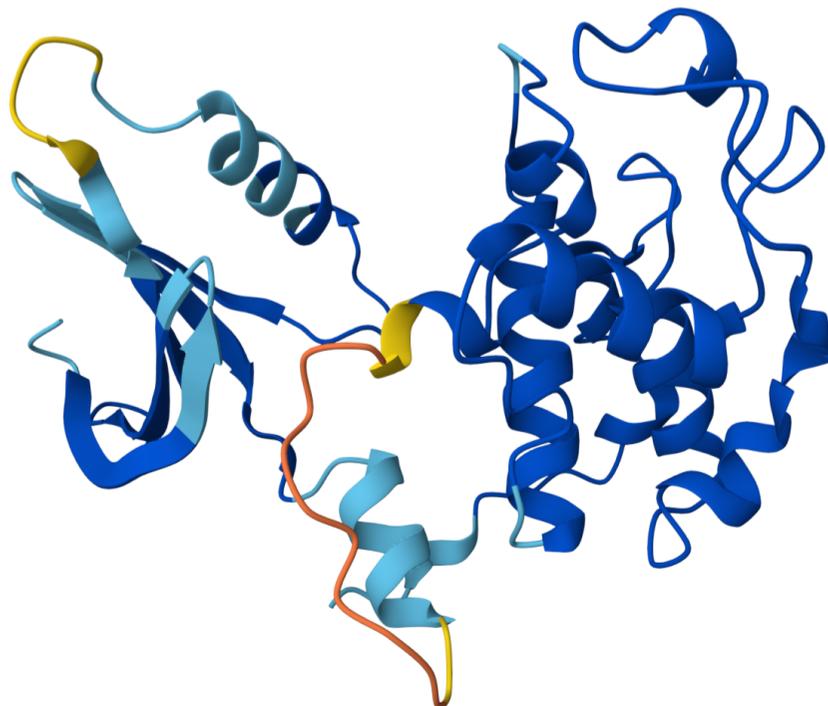
Prédire les structures biomoléculaires complexes

La compréhension fine des structures des biomolécules – **protéines, acides nucléiques, complexes moléculaires** – constitue un pilier de la biologie moderne et du développement thérapeutique. Longtemps limitée par les contraintes des techniques expérimentales traditionnelles, cette quête a connu une accélération spectaculaire avec l'apport de l'intelligence artificielle et du **deep learning**.

Le modèle AlphaFold3

[AlphaFold3](#), dévoilé en mai 2024 par **Google DeepMind**, marque une étape décisive dans la **modélisation structurale des biomolécules**. Successeur d'AlphaFold 2, célèbre pour avoir révolutionné la prédiction des structures protéiques par deep learning, AlphaFold 3 repousse les limites de la discipline en élargissant considérablement ses champs d'application.

Contrairement à son prédécesseur centré sur les protéines seules, AlphaFold 3 est capable de prédire la structure de **complexes biomoléculaires** dans lesquels interviennent non seulement des protéines, mais aussi **des ligands, des acides nucléiques (ADN/ARN), des ions** et plusieurs types de modifications **post-traductionnelles**. Cette ouverture vers la biologie structurale intégrative annonce de nouvelles avancées majeures tant en recherche fondamentale qu'en développement thérapeutique.



Protéine « Cyclin dependent kinase 2 » issue des données de AlphaFold3

IA & Santé

AlphaFold 3 introduit une nouvelle organisation modulaire :

- ➔ Le module **Pairformer**, minimisant la dépendance aux alignements multiples de séquences et augmentant la polyvalence du modèle face à des biomolécules diverses.
- ➔ Le module de **diffusion**, permettant la génération rapide et précise de coordonnées atomiques complètes, tout en explorant un éventail de solutions structurales plus vaste et en minimisant les hallucinations grâce à des méthodes de distillation croisée issues d'AlphaFold-Multimer.
- ➔ Un module spécifique de **confiance** fournit désormais une estimation des incertitudes au niveau atomique ainsi qu'au niveau des interfaces et interactions, renforçant la fiabilité des prédictions, notamment sur des complexes multipartites.

Pour les complexes **protéine-protéine**, et notamment les interfaces complexes de type anticorps-protéine, le taux de réussite est de **63%** (contre 30 % avec AlphaFold-Multimer), illustrant un saut quantitatif en matière de bio-informatique structurale

AlphaFold 3 reste aujourd'hui réservé à un **usage scientifique non commercial**, accessible via un serveur web officiel. Cette plateforme impose certaines restrictions : limitation du nombre de prédictions quotidiennes (20/jour), taille maximale des séquences ou complexes étudiés, et une liste spécifique de ligands compatibles — limitant pour l'instant son usage massif en criblage virtuel à grande échelle ou dans le développement de solutions industrielles propriétaires.

Radiologie

Tri automatisé des examens, détection assistée des fractures ou autres anomalies, annotation visuelle instantanée des zones à risque : l'IA s'intègre désormais au quotidien des radiologues comme des urgentistes, améliorant la précision des diagnostics et accélérant le parcours de soins.

Logiciel Boneview

[Boneview](#) est un logiciel d'intelligence artificielle développé par la société française **Gleamer**, conçu pour assister les professionnels de santé dans l'**interprétation rapide et fiable des radiographies**, en particulier dans la **détection des fractures** et autres **anomalies osseuses**. S'intégrant au quotidien des services d'urgence ou d'imagerie, Boneview optimise le workflow médical en réduisant de manière significative le temps de prise en charge des patients : **au CHU de Rennes**, ce temps a **diminué de 30%**, soit plus d'une heure gagnée sur le parcours patient. Boneview est utilisé dans plus de 40 millions d'examens par an, dans 45 pays.

Le logiciel trie automatiquement les images issues des radiographies des patients selon trois niveaux d'appréciation :

- ➔ « **FRACT** » qui évalue le risque d'une fracture à plus de 90%
- ➔ « **DOUBT FRACT** » qui évalue le risque à moins de 90%
- ➔ « **NO FRACT** » qui évalue le risque de fracture très faible

L'interface **affiche les zones suspectes** directement sur les images, mettant en évidence les anomalies détectées pour guider le médecin. Toutes les radiographies restent systématiquement revues par un radiologue, garantissant au final la sécurité et la fiabilité du diagnostic, et permettant de bénéficier du double regard humain/IA.



Détection des fractures par Boneview

IA & Santé

Boneview repose sur un réseau de neurones convolutifs profonds, basé sur l'architecture **Detectron 2**, qui fonctionne comme un **détecteur d'objets** en deux étapes. L'algorithme opère avec deux points de fonctionnement : le **doute** lorsque le score de confiance se situe entre 50 % et 90 %, et **positif** lorsque le score de confiance dépasse 90 %. Un score de confiance compris entre 0 % et 50 % sera annoté comme négatif.

Le modèle est entraîné sur un jeu de données massif de plus de 300 000 radiographies issues de plus de 60 départements de radiologie entre 2011 et 2023, ce qui garantit sa robustesse et sa capacité à généraliser à des cas variés.

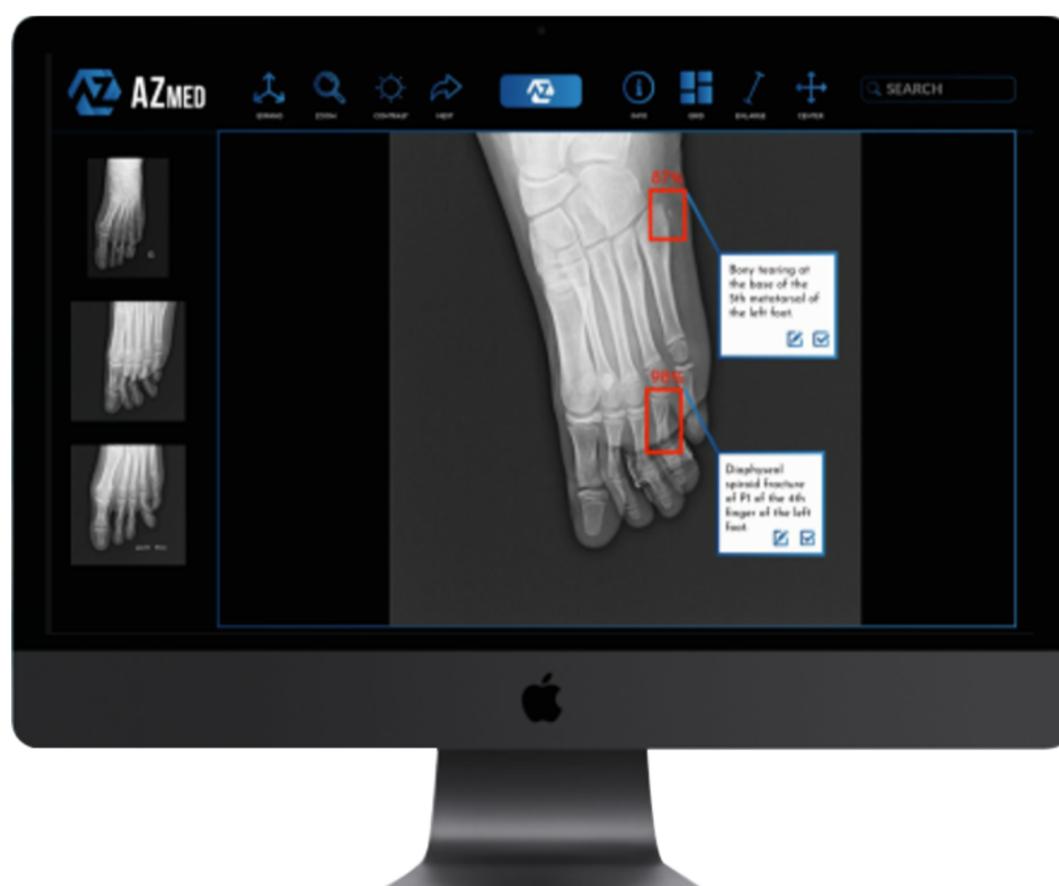
Testé sur une base de 5.000 cas, **la valeur prédictive négative de l'algorithme est de 99.7%**, assurant donc un niveau élevé de confiance dans le triage des examens normaux, permettant d'envisager une prise en charge ou une décharge plus rapide des patients.

Une première étude clinique conduite dans ce cadre auprès de 6 radiologues et 6 urgentistes sur 600 examens a montré **jusqu'à plus de 30% de fractures détectées en plus** lors de l'utilisation de l'outil.

Logiciel Rayvolve

[Rayvolve](#) est un logiciel d'**aide au diagnostic** par intelligence artificielle développé par la société française **SOLYCARE**. Sa vocation principale est d'accompagner radiologues et urgentistes dans l'analyse des radiographies, en facilitant la **détection rapide et fiable des fractures** sur différents segments corporels : main, poignet, avant-bras, coude, épaule, pied, cheville, jambe, genou et fémur.

Rayvolve exploite pleinement le standard international d'imagerie médicale **DICOM**, ce qui lui permet de s'intégrer de façon transparente dans les environnements cliniques déjà équipés. Branché au réseau local du centre de radiologie, le dispositif interagit directement avec le serveur PACS (Picture Archive and Communication Systems) afin de télécharger les radiographies pour analyse. L'IA détecte alors les régions suspectes de fractures, qu'elle encadre automatiquement par des **rectangles de détection** superposés sur l'image.



Détection des fractures par Rayvolve

IA & Santé

Une fois l'analyse terminée, le dispositif renvoie sur le serveur PACS, dans la même série d'images, un **duplicata annoté** de chaque examen : l'image initiale n'est jamais modifiée ni supprimée, garantissant l'intégrité des données originales.

Lorsque le praticien consulte un dossier, il visualise successivement l'image radiographique d'origine puis sa version annotée par Rayvolve. Si aucune fracture n'est détectée, un message spécifique en haut de l'image signale l'absence potentielle de fracture. Ce système d'annotation visuelle **facilite la localisation rapide des anomalies** et aide à limiter le risque de fractures non diagnostiquées.

Rayvolve couvre un large spectre d'anatomies fréquemment impliquées dans les traumatismes, ce qui le rend opérationnel dans la traumatologie des membres supérieurs et inférieurs. Grâce à son intégration native avec les standards d'informatique médicale (DICOM/PACS), le logiciel s'utilise de manière fluide et immédiate, sans alourdir les flux de travail des équipes médicales.

La médecine du futur

Après avoir vu comment l'intelligence artificielle transforme déjà nos hôpitaux et la pratique médicale, explorons ce que les prochaines décennies nous réservent. Portons notre regard vers **2050** puis **2100** pour entrevoir les révolutions qui s'annoncent et la responsabilité collective qu'elles impliquent.

À l'horizon **2050**, la médecine basculera d'une logique curative à une approche véritablement **prédictive**. Les capteurs portés en continu, couplés au séquençage génétique quasi gratuit, nourriront un «**jumeau numérique**» pour chaque patient ; l'IA saura détecter un infarctus ou une rechute oncologique des heures, voire des jours, avant les premiers symptômes. Dans les cabinets comme au bloc opératoire, des algorithmes analyseront une imagerie complexe en quelques secondes, rédigeront les comptes-rendus et recommanderont des prises en charge personnalisées. Parallèlement, les

thérapies géniques corrigeront nombre de maladies héréditaires, tandis que la bio-impression d'organes réduira drastiquement les listes d'attente de greffe. Les prothèses pilotées par la pensée et les premiers implants cerveau-machine repousseront la frontière entre réparation et augmentation, tandis que la nanomédecine commencera à délivrer des traitements précisément à l'intérieur des cellules. Enfin, la télé-chirurgie robotisée abolira la distance : un spécialiste opérant depuis Paris pourra prendre en charge un patient en Afrique rurale comme s'il était sur place.



Mais cette médecine proactive soulèvera déjà de sérieux défis. Comment garantir l'accès équitable à ces technologies coûteuses ? Qui sera propriétaire des milliards de données de santé issues des capteurs ? À quel moment passera-t-on de la réparation légitime à une augmentation réservée aux plus aisés ? Médecins, politiques et citoyens devront tracer des lignes rouges claires pour que les promesses de 2050 ne se retournent pas en fractures sociales.

IA & Santé

Si l'on pousse la projection jusqu'en **2100**, c'est une médecine presque **transcendante** qui se profile. Les thérapies anti-âge, la reprogrammation cellulaire et des nanorobots immunitaires pourraient faire d'une espérance de vie active de **120ans** la norme. Les organes, désormais bio-artificiels ou cybernétiques, deviendront modulables : on remplace un pancréas ou un rein défaillant comme une pièce détachée. Des IA médicales quasi générales géreront la majorité des cas de routine, pendant que les soignants humains se concentreront sur les situations complexes et l'accompagnement éthique. Plus audacieux encore, les interfaces neuronales avancées offriront télépathie technologique ou mémoire augmentée, brouillant la frontière entre l'esprit biologique et le silicium.



Ces progrès extrêmes imposeront toutefois des arbitrages de société inédits. Qui aura droit à la longévité radicale ? Comment préserver l'identité humaine lorsque nos pensées pourront être connectées à un réseau global ? Comme on a encadré le nucléaire au XX^e siècle, il faudra sans doute des traités internationaux pour réguler génome, nanorobots et IA fortes, afin d'éviter la tentation du « tout est permis ».

Au cœur de ces bouleversements, le **métier de médecin** se réinventera. De technicien du diagnostic, il deviendra chef d'orchestre d'une complexité biomédicale inouïe, pédagogue éclairant le patient et garant d'un consentement réellement informé. Plus que jamais, son rôle sera d'incarner une boussole éthique : décider quand dire « oui » à la technique... et quand dire « non ».

En définitive, la plus grande innovation des décennies à venir pourrait bien être notre capacité à demeurer profondément humains dans un monde où les technologies savent presque tout faire. Gardons à l'esprit l'aphorisme attribué à Hippocrate : « Guérir parfois, soulager souvent, écouter toujours. » Si la technique nous libère des tâches superflues, investissons ce temps gagné dans l'essentiel : la relation, la justice et la compassion.

Conclusion

L'intelligence artificielle n'est pas la médecine ; elle n'en est que l'assistante, prodigieusement rapide pour analyser des données ou surveiller des constantes, mais dépourvue d'empathie et de sens moral. Notre responsabilité collective, dès lors, est double : tirer parti de cette puissance inédite et définir clairement les limites au-delà desquelles la technologie cesserait de servir le soin pour s'y substituer. Trois garde-fous doivent encadrer chaque déploiement : la transparence, afin que le patient sache quand, comment et pourquoi une IA intervient ; le contrôle humain final, aucune décision irréversible ne devant être prise sans validation médicale ; et enfin l'équité, pour que les bénéfices de l'IA ne creusent pas une médecine à deux vitesses.

Dans ce paysage technologique foisonnant, le médecin de demain deviendra le chef d'orchestre de cette complexité, pédagogue et gardien de l'éthique : celui qui saura dire « oui » à la technique lorsqu'elle améliore la prise en charge, mais aussi « non » lorsqu'elle menace la dignité ou le lien humain. Plus la machine progressera, plus la valeur ajoutée du soignant résidera dans l'écoute, la compassion et le discernement. C'est en préservant ces qualités que nous ferons de l'IA un formidable levier — et non un nouveau maître — de la médecine du futur.