



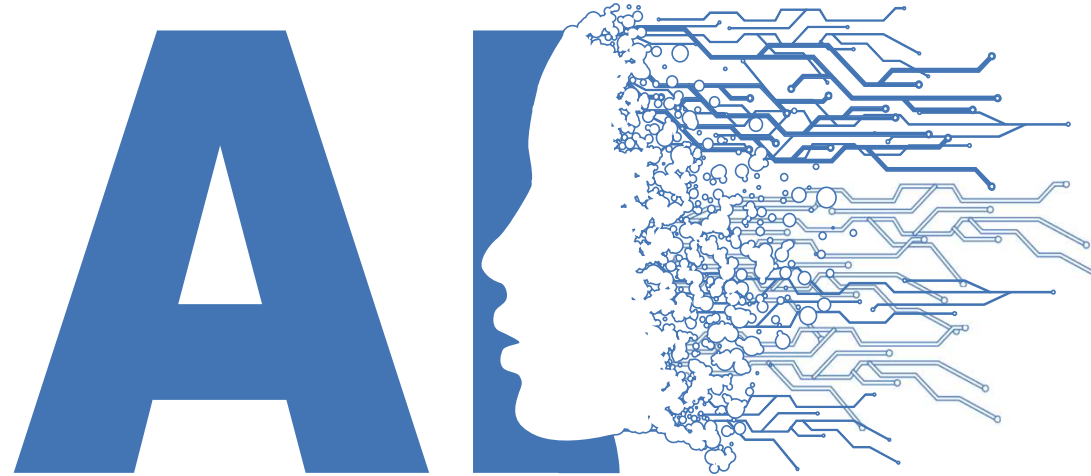
L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE - NOUVEAU SCALPEL DE LA MÉDECINE

Pr Philippe KOLH

Professeur ordinaire en Biochimie et Physiologie à l'Université de Liège
CIO, CHU de Liège
Membre associé de l'Académie Royale de Médecine de Belgique



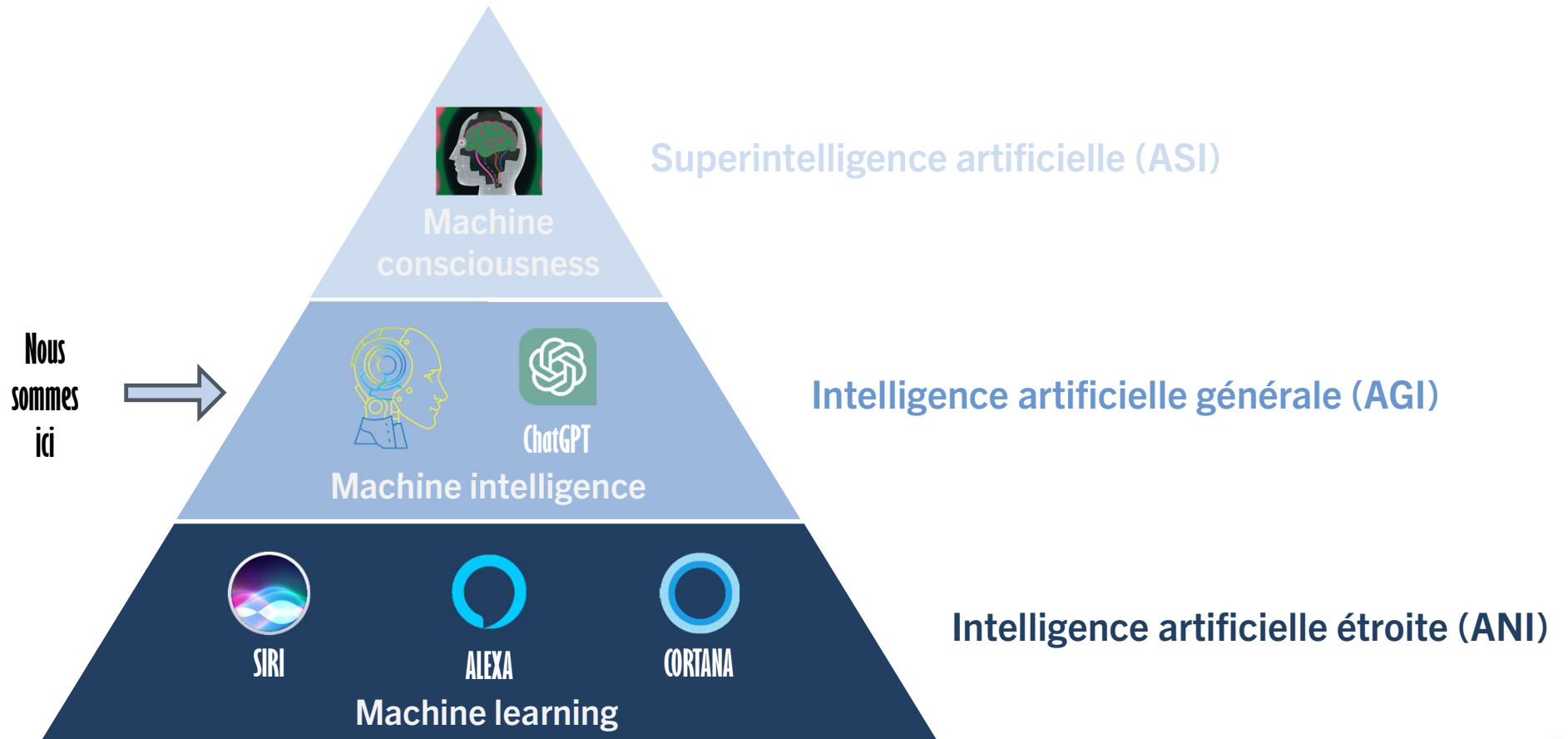
Qu'est-ce que l'intelligence artificielle ?



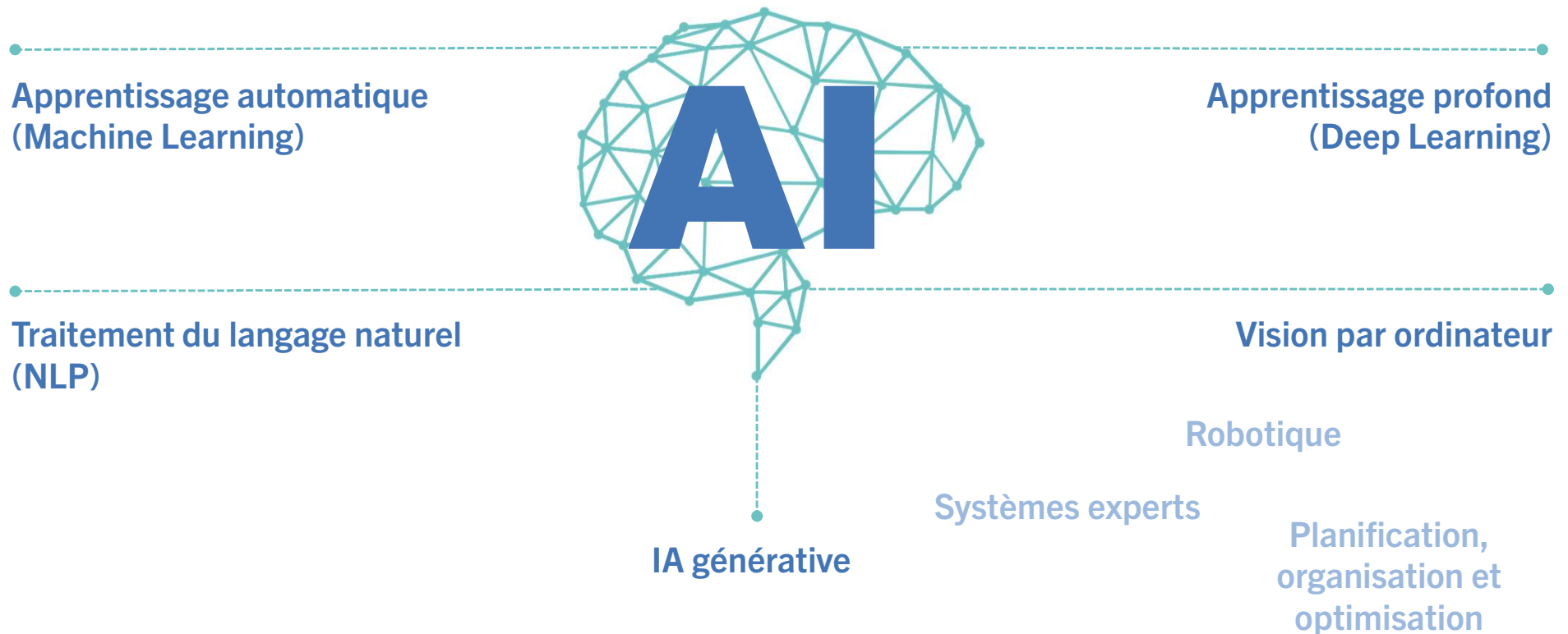
L'intelligence artificielle (IA) désigne la *simulation des processus de l'intelligence humaine par des machines*, en particulier des systèmes informatiques. Ces processus incluent l'apprentissage, le raisonnement et l'auto-correction.

Les applications spécifiques de l'IA comprennent les systèmes experts, la reconnaissance vocale et visuelle, le traitement du langage naturel, la robotique, et la prise de décision.

Les 3 “niveaux” d’IA



Les sous-domaines de l'intelligence artificielle

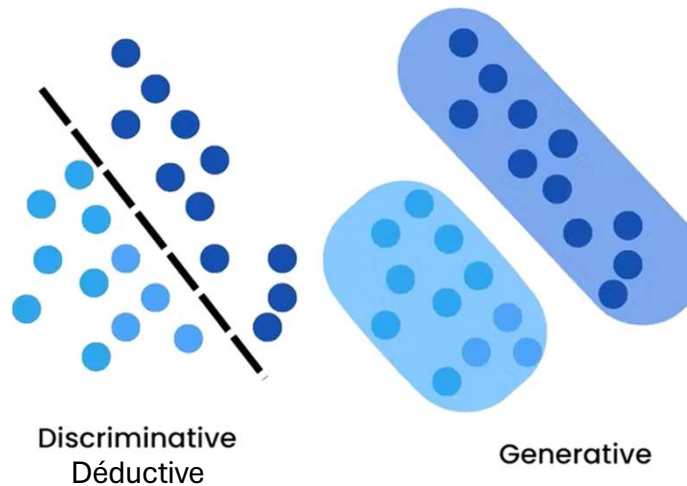


Une évolution récente de l'IA

IA Déductive

Se base sur la *logique* et des *règles prédéfinies* pour tirer des conclusions à partir de données existantes. Elle utilise des systèmes de raisonnement formel, souvent basés sur des règles et des faits, pour effectuer des inférences logiques.

Applications: domaines nécessitant des décisions basées sur des règles strictes, comme le diagnostic médical, les systèmes juridiques automatisés et la gestion des connaissances



IA Générative

Forme d'intelligence artificielle capable de créer de nouvelles données qui sont similaires aux données d'entraînement. Elle utilise des *modèles probabilistes* et des *réseaux de neurones*, comme les réseaux génératifs adverses (GAN) et les transformateurs, pour générer des contenus nouveaux.

Applications: création de contenu, l'art, la génération de données synthétiques pour l'entraînement de modèles, les chatbots avancés et la traduction automatique.

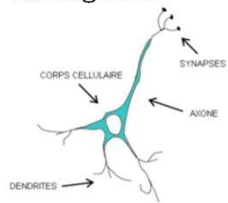
Quelques dates clés de l'histoire de l'IA

Durant les **années 70**, l'IA traverse une période de latence et de réduction des financements due aux lenteurs des progrès et aux attentes non satisfaites

Années 40

1943 : 1^{er} modèle de neurone artificiel par Warren McCulloch et Walter Pitts

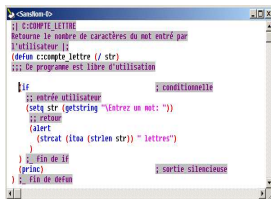
1950 : Alan Turing publie "Computing Machinery and Intelligence"



Années 50

1956 : Le terme "intelligence artificielle" est introduit lors de la conférence de Dartmouth

1958 : John McCarthy développe le langage de programmation LISP



Années 60

1966 : Joseph Weizenbaum crée ELIZA



1969 : Marvin Minsky et Seymour Papert publient "Perceptrons"

Années 80

1980 : Edward Feigenbaum et d'autres développent des systèmes experts, qui utilisent des règles pour simuler la décision humaine dans des domaines spécialisés.



1986 : Popularisation de l'apprentissage profond grâce à l'article de David Rumelhart, Geoffrey Hinton et Ronald Williams sur la rétropropagation dans les réseaux de neurones.

Années 90

1997 : Deep Blue d'IBM bat le champion du monde d'échecs Garry Kasparov, marquant un jalon dans les capacités des machines à surpasser l'humain dans des tâches spécifiques.



Années 2000

2006 : Geoffrey Hinton, Simon Osindero et Yee-Whye Teh démontrent l'efficacité des réseaux de neurones multicouches pré-entraînés, relançant l'intérêt pour l'apprentissage profond.

2011 : IBM Watson remporte le jeu télévisé Jeopardy



Années 2010

2012 : L'algorithme AlexNet de Geoffrey Hinton et ses étudiants remporte la compétition ImageNet

2014 : L'algorithme de reconnaissance d'images de Google, utilisant des réseaux neuronaux convolutifs, surpasse les performances humaines dans certaines tâches.

2015 : AlphaGo de DeepMind bat le champion du monde de Go, Lee Sedol, grâce à l'apprentissage par renforcement profond.



Années 2020

2020 : OpenAI lance GPT-3, un modèle de langage génératif capable de produire du texte humainement plausible.



2022 : DeepMind présente AlphaFold 2

2025: DeepSeek dévoile un nouveau modèle publié en open source sous licence MIT



Deep learning: différents types de réseaux de neurones artificiels

Réseaux antagonistes génératifs (GAN)

Réseaux de neurones récurrents (RNN)

Réseaux de Neurones Convolutifs (CNN)

Réseaux de Neurones à Tension Attentionnelle (Transformers)

Réseaux de Neurones Spiking (SNN)

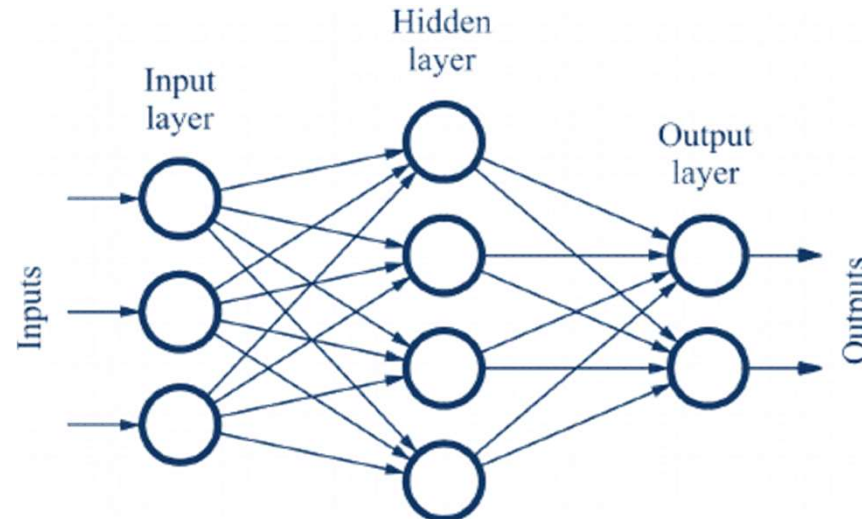
Réseaux de Neurones Feedforward (FFNN)

Réseaux de Neurones à Capsule (CapsNet)

Réseaux de Neurones Graphiques (GNN)

Autoencodeurs (AE)

Réseaux de Neurones de Fonction Radiale (RBFN)

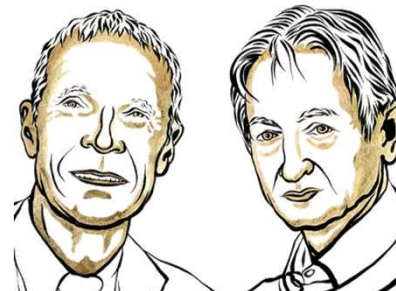


Prix nobel de physique 2024

John J. Hopfield & Geoffrey E. Hinton

« pour leurs découvertes et inventions fondamentales qui permettent l'apprentissage automatique avec des réseaux de neurones artificiels »

Geoffrey Hinton a démissionné de son poste chez Google l'année dernière, préoccupé par l'évolution de la technologie qu'il a développée.



Le travail sur des données synthétiques

Critères	Données synthétiques	Données réelles
Source	Créées par des Intelligences Artificielles	Obtenues via des cas d'usage "réels"
Privacy (Protection des données)	Peu de risques (pas de données réelles utilisées)	Risqué (usage potentiel de données personnelles / sensibles)
Exemples	Image d'un individu générée par une IA. La personne n'existe pas dans la vraie vie	Photo prise avec un appareil photo
Coût	Relativement faible (les données sont générées, pas de tâches de collectes de données)	Plus élevés (collecte de données, et coûts associés)
Flexibilité	Elevée (vous générez les données dont vous avez besoin)	Limité (vous vous adaptez aux données existantes)

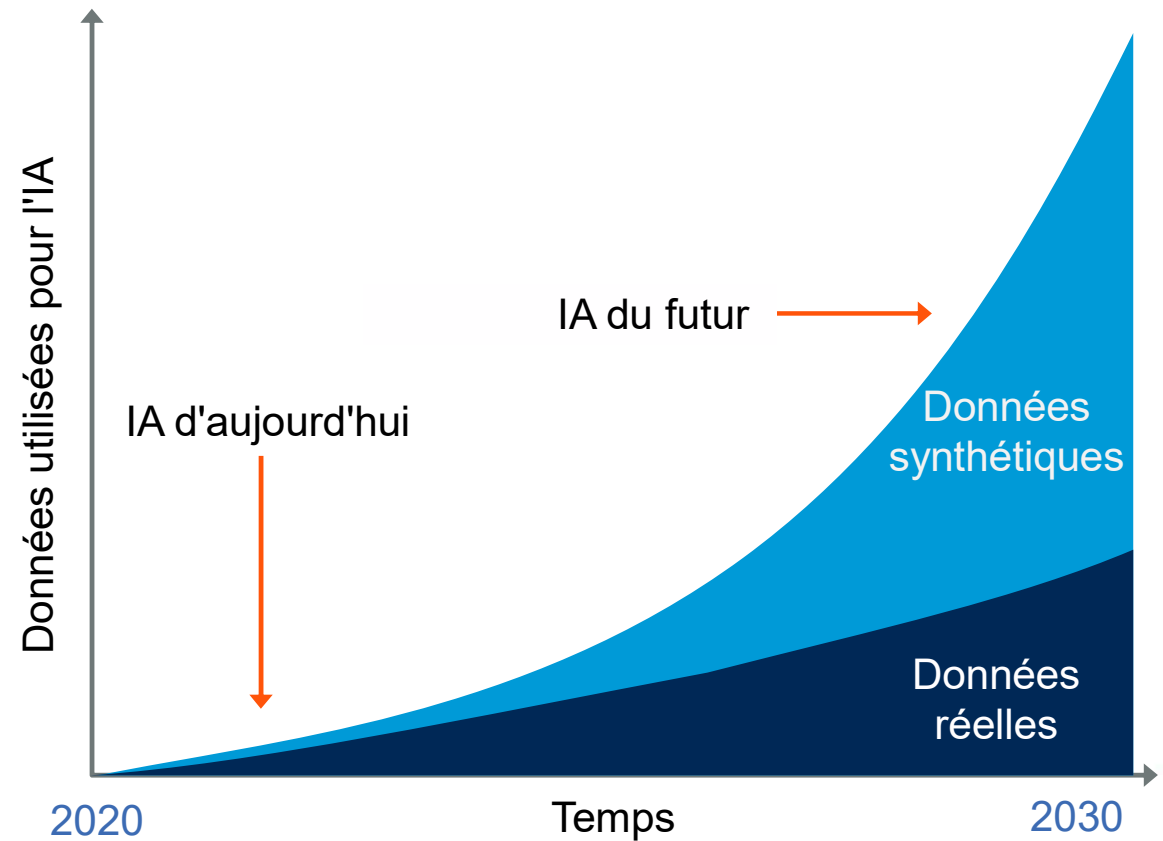
Tableau comparatif : données synthétiques vs. données réelles (source : Innovatiana)

- ✓ Rendre l'IA plus intelligente sans risques
- ✓ Apprentissage sûr et solide
- ✓ Des données globalement peu coûteuses, faciles à obtenir
- ✓ Économie de temps et d'argent



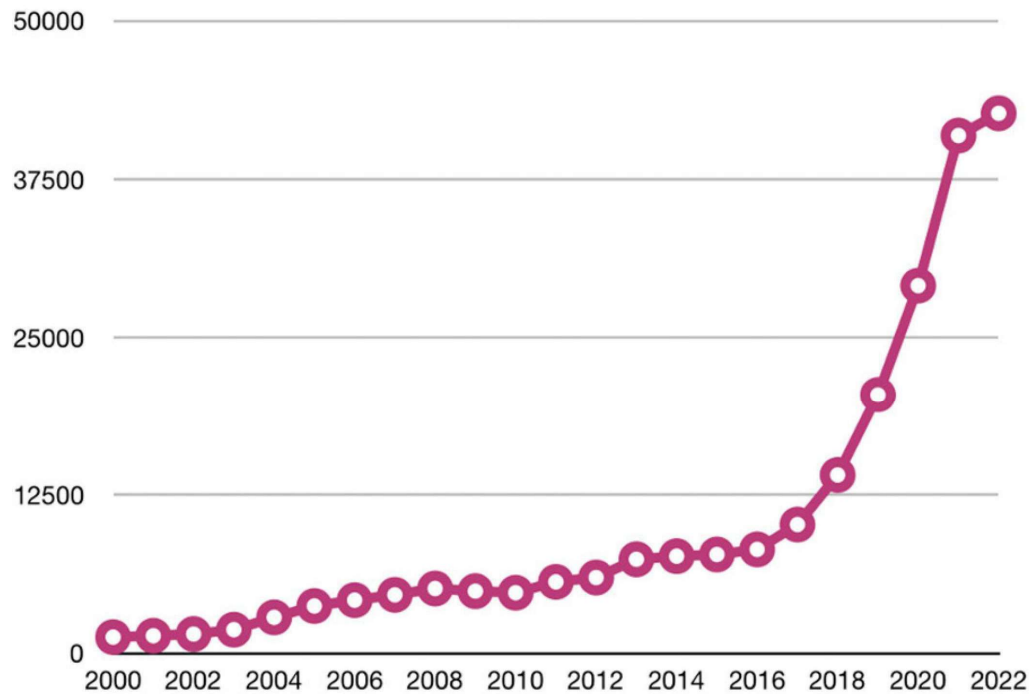
Gartner prévoit que d'ici 2030, les données synthétiques éclipsent complètement les données réelles dans les modèles d'IA

" L'un des principaux problèmes du développement de l'IA aujourd'hui est la charge que représente l'obtention de données du monde réel et leur étiquetage afin que les modèles d'IA puissent être entraînés efficacement. Il s'agit d'une tâche longue et coûteuse à laquelle il est possible de remédier grâce aux données synthétiques. En outre, les données synthétiques sont essentielles pour supprimer les informations personnelles identifiables (PII)« , Gartner® dans le Hype Cycle report™ for Data Science and Machine Learning 2022

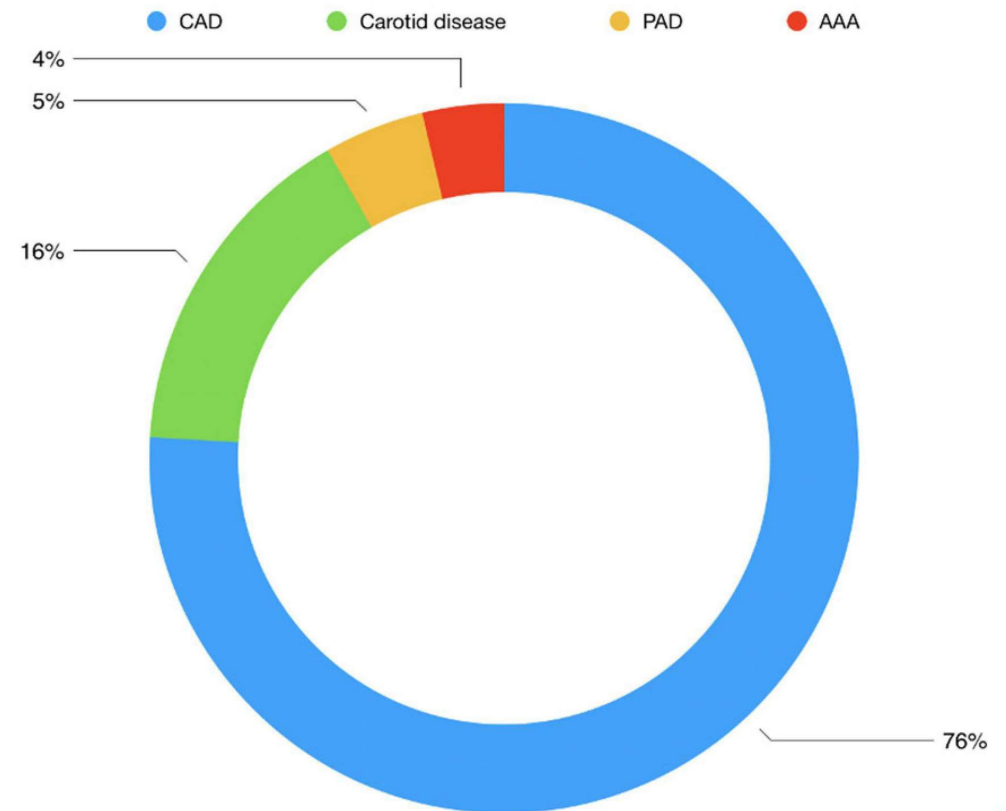


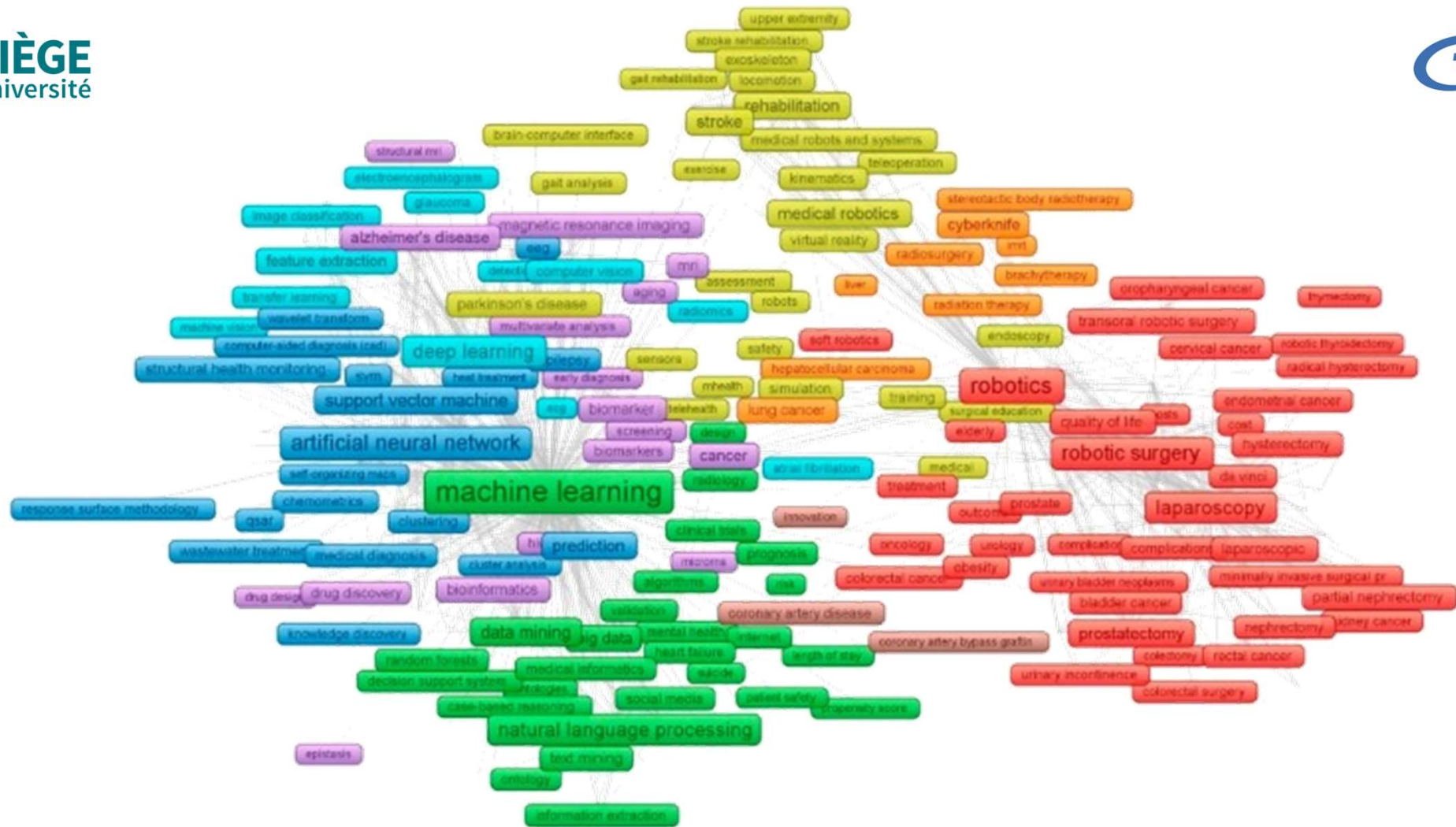
Source : Gartner

Nombre d'articles lié au Machine Learning et à l'IA sur PubMed de 2000 à 2022



Répartition des articles ML/IA dans le domaine de l'ASCVD pour les différentes pathologies





Tran BX, Vu GT, Ha GH, Vuong QH, Ho MT, Vuong TT, La VP, Ho MT, Nghiem KP, Nguyen HLT, Latkin CA, Tam WWS, Cheung NM, Nguyen HT, Ho CSH, Ho RCM. Global Evolution of Research in Artificial Intelligence in Health and Medicine: A Bibliometric Study. J Clin Med. 2019 Mar 14;8(3):360. doi: 10.3390/jcm8030360. PMID: 30875745; PMCID: PMC6463262.

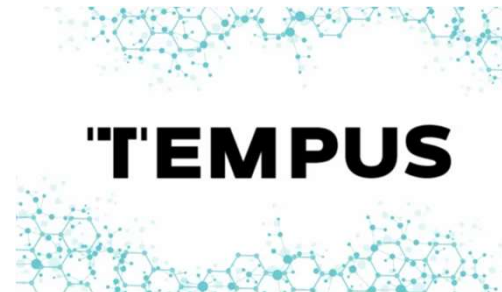
EXEMPLES D'APPLICATIONS ACTUELLES DE L'IA GÉNÉRATIVE DANS LE DOMAINE DE LA SANTÉ

Aide au diagnostic et au choix du traitement



- ✓ Apprentissage par imitation et feedback
- ✓ Aide aux professionnels de santé
- ✓ Les cliniciens commencent à appréhender ces nouveaux outils

Quelques exemples (parfois controversés...)



Apports de l'IA générative à l'imagerie médicale

Generative Adversarial Networks (GANs)

- ✓ Amélioration de la qualité des images
- ✓ Synthèse d'images médicales
- ✓ Débruitage

Deep Convolutional Generative Adversarial Networks (DCGANs)

- ✓ Synthèse d'IRM cérébrales
- ✓ Transformation d'images

Voxel-Based GANs (Vox-GANs)

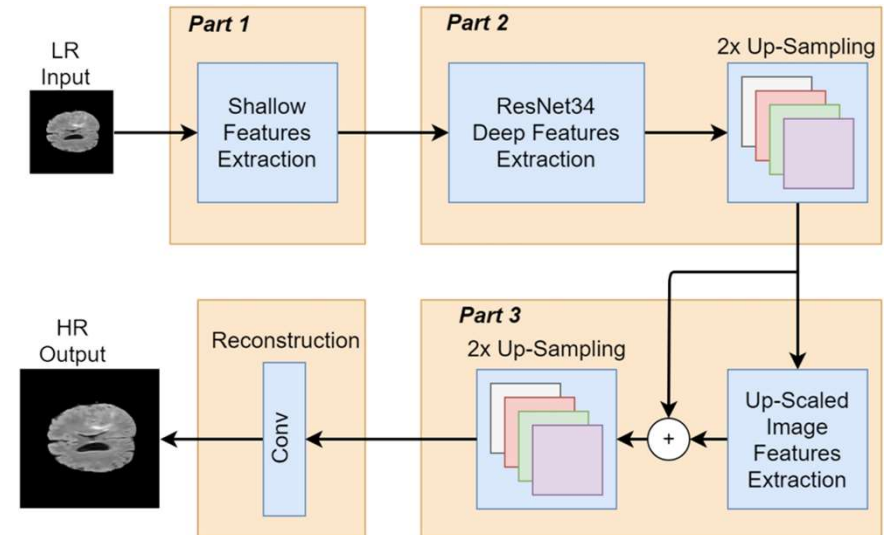
- ✓ Imagerie 3D

CycleGAN

- ✓ Conversion CT-IRM

Pix2Pix GANs

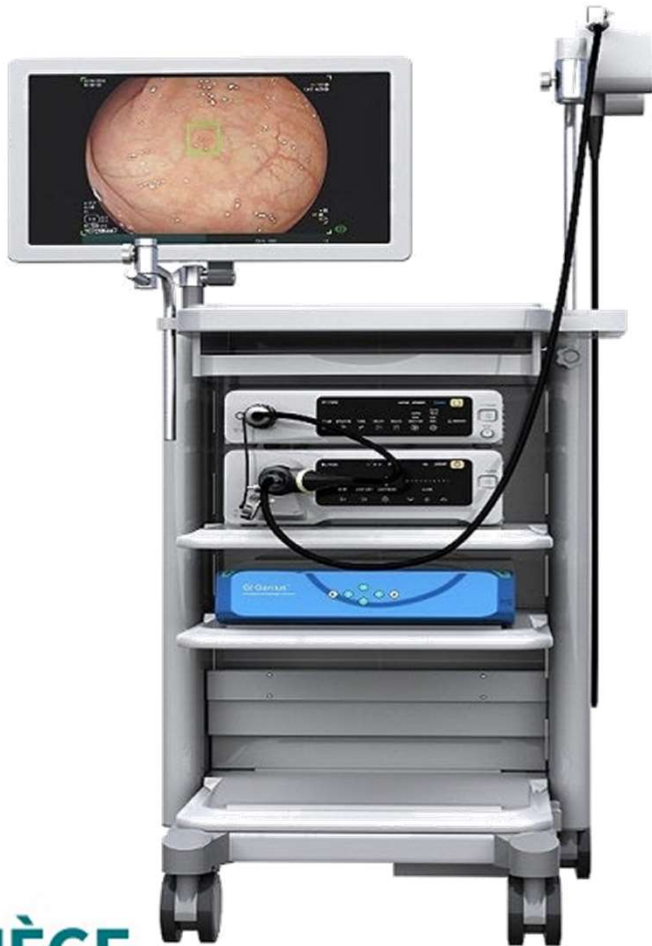
- ✓ Segmentation et annotative mapping



Ahmad, W., Ali, H., Shah, Z. *et al.* A new generative adversarial network for medical images super resolution. *Sci Rep* **12**, 9533 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13658-4>

L'exemple de **GI Genius** en gastroentérologie

INTERACTIVE CLINICAL
DECISION TOOLKIT



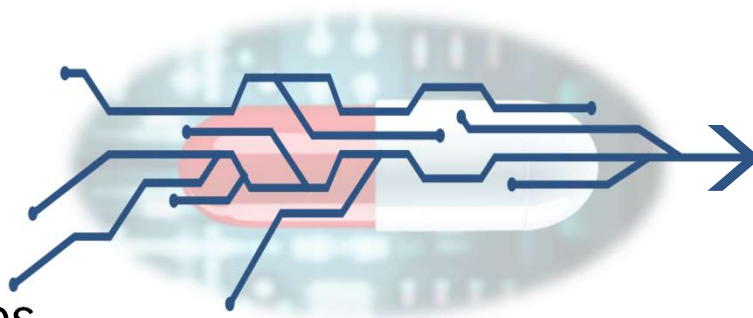
Peut réduire de 50 % les cas de cancer du côlon non détectés lors des coloscopies traditionnelles ^{1, 2}

Peut augmenter le taux de détection des adénomes jusqu'à 14,4 %

Chaque augmentation de 1 % du taux de détection des adénomes réduit le risque de développer un cancer entre les dépistages de 3 %

Apport de l'IA générative à la recherche pharmaceutique

- Processus long
- Coûteux
- Résultats aléatoires



- Processus plus rapide
- Permet d'examiner beaucoup plus d'hypothèses de nouvelles molécules qui répondent au cahier des charges
- Moins coûteux

Prévision de croissance du marché de la découverte de médicament par l'IA générative de **150M\$** à **1.500M\$** dans les prochaines années...



Insilico Medicine

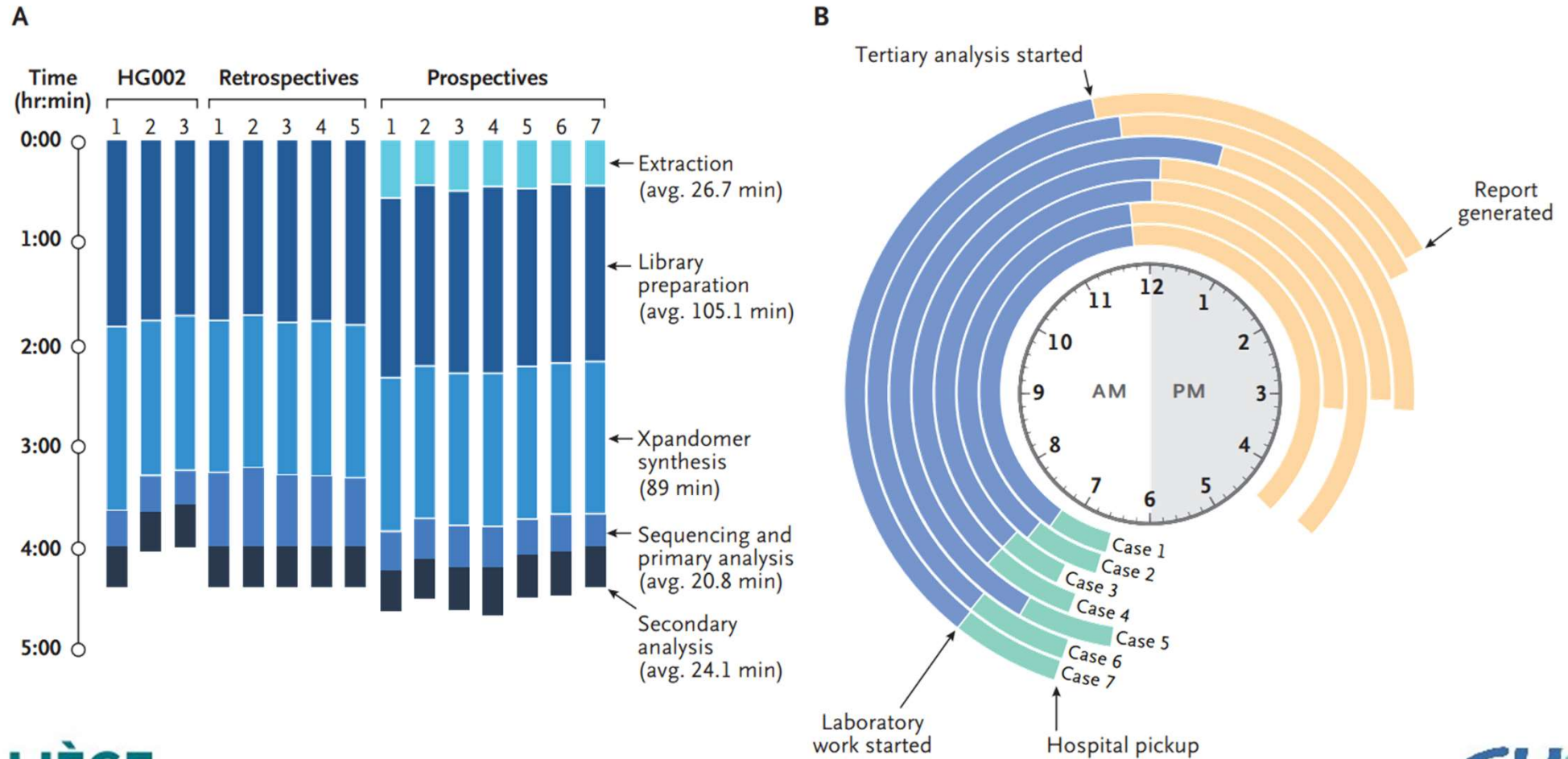
Conception Rapide

Une molécule potentielle conçue en 21 jours et validée en laboratoire en moins de 50 jours

Essais cliniques

Plusieurs médicaments développés avec l'aide de l'IA d'Insilico Medicine sont actuellement en phases de développement préclinique et clinique

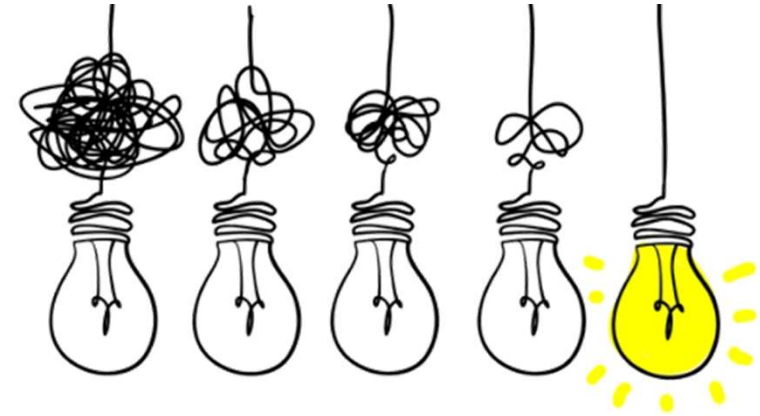
Séquençage génomique en temps réel pour soins critiques



Apport de l'IA générative à l'organisation des établissements hospitaliers et aux relations avec les professionnels de santé

- ✓ Optimisation des plannings et des ressources
- ✓ Gestion des dossiers médicaux et des données patients
- ✓ Support à la décision clinique
- ✓ Amélioration de la communication entre médecins et patients
- ✓ Analyse prédictive pour la gestion des flux de patients
- ✓ Automatisation des tâches administratives
- ✓ Formation et éducation médicale
- ✓ Analyse et prévention des infections nosocomiales

Recherche en biologie et en santé



- 💡 L'identification de groupes de patients pertinents au sein de la population
- 💡 La gestion des consentements dynamiques
- 💡 La définition des « baselines » et le suivi à distance des patients inclus dans les essais
- 💡 L'intégration de données multiparamétriques dans le corpus de données des essais cliniques
- 💡 La création de groupes contrôles synthétiques

AlphaFold

Technologies clés

Deep Learning

Algorithmes de pliage protéique

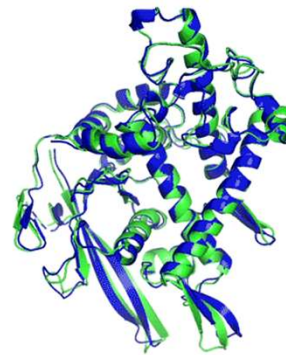
Base de Données AlphaFold Protein
Structure Database (AFDB)

Applications

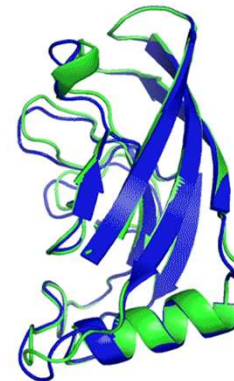
Compréhension des
mécanismes biologiques

Recherche en biotechnologie

Biologie structurale



T1037 / 6vr4
90.7 GDT
(RNA polymerase domain)



T1049 / 6y4f
93.3 GDT
(adhesin tip)

● Experimental result
● Computational prediction

Prix nobel de chimie 2024

Le volet chimie de la promotion, décerné le 9 octobre, récompense, au moins pour moitié, un outil d'intelligence artificielle, qui a révolutionné la vie des biochimistes, [AlphaFold](#).

Le Britannique Demis Hassabis (48 ans) et l'Américain John Jumper (39 ans) ont développé ce logiciel au sein de l'entreprise [DeepMind](#), cofondée par le premier, en 2010, et rachetée par [Google](#), en 2014.

L'autre moitié du prix va à l'Américain David Baker (62 ans), de l'université de Washington, qui, vingt ans avant ses colauréats, avait abordé, sans intelligence artificielle mais avec de premiers succès, le même sujet

(Le Monde, 9 octobre 2024)



L'IA au laboratoire de bactériologie du CHU de Liège



Unilab Liège - Biologie clinique et Anatomopathologie



Microbiologie clinique

- 4 microbiologistes cliniques
- 4 scientifiques
- 33 technologues de laboratoire



↳ Laboratoire de Bactériologie

- 125 000 échantillons / an
- 16 technologues de laboratoire
- 7/7 j
 - Semaine: 7 h – 20 h
 - Week-ends: 8 h – 16 h



Source: Cécile Meex, Marie-Pierre Hayette, Service de Microbiologie clinique



Avril 2024 : déménagement et installation du WASPLab

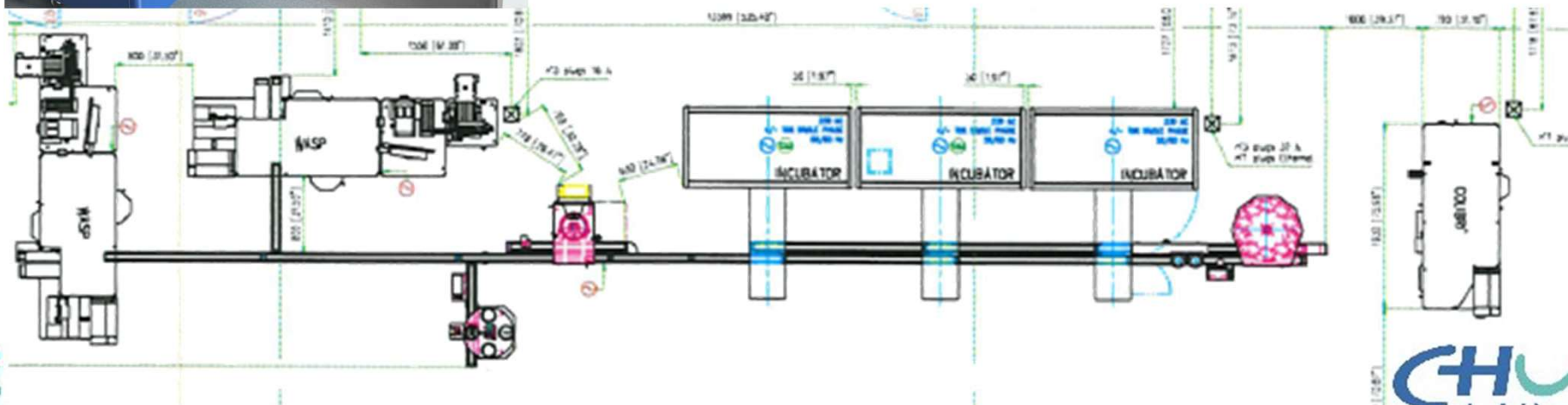
Copan
Innovating together



Chaque semaine:

6 500 milieux de culture inoculés

15 000 images capturées

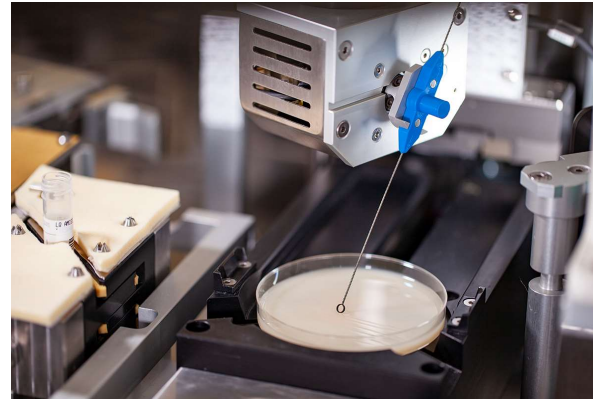


WASP = ensemenceur

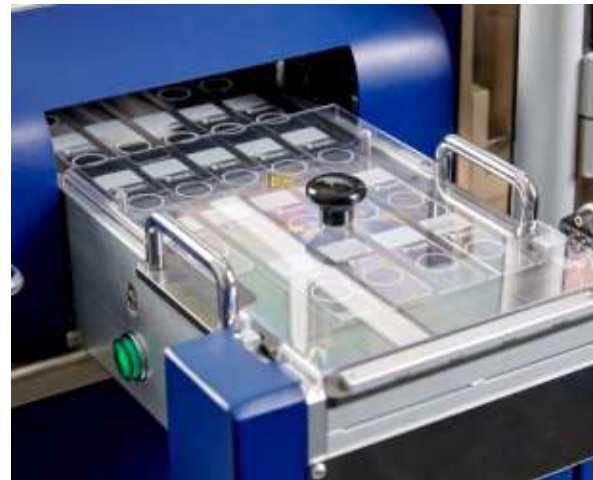


WASP est une solution complète pour le traitement pré-analytique des échantillons, l'ensemencement des géloses, des bouillons et la préparation des lames pour la coloration

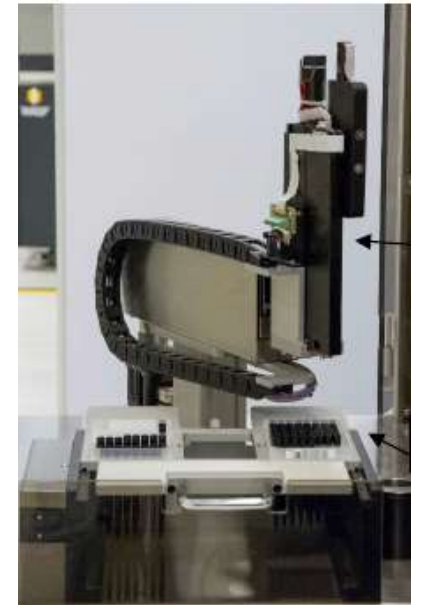
- **Autonomie** : 9 types de géloses en entrée, décap/recap* des écouvillons, pots et tubes.
- **Standardisation** : choix des modes d'ensemencements et traçabilité complète.
- **Modularité** : possibilité de rajouter des fonctionnalités (étaleur de lames, ensemencement de bouillons, module Pipette et distribution de disques)
- **Evolutif** : évolutivité possible vers une chaîne automatisée complète pour la gestion de l'incubation et de la lecture des géloses avec la solution WASPLAB®



Inoculation des milieux



Préparation des lames pour GRAM



Module pipeteur

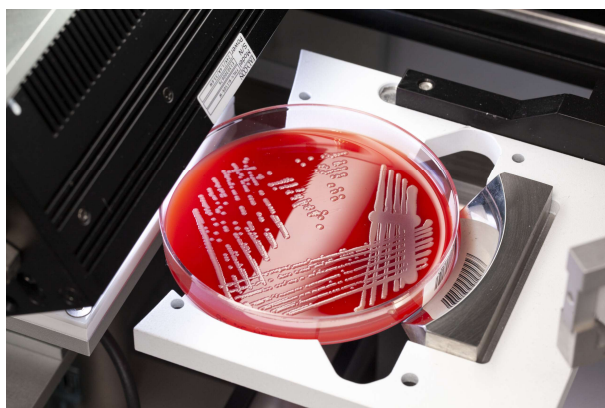
WASPLab



2 incubateurs O2 et 1 incubateur CO2



Etuve intelligente: gestion des boîtes inoculées



Prise en photo des milieux incubés

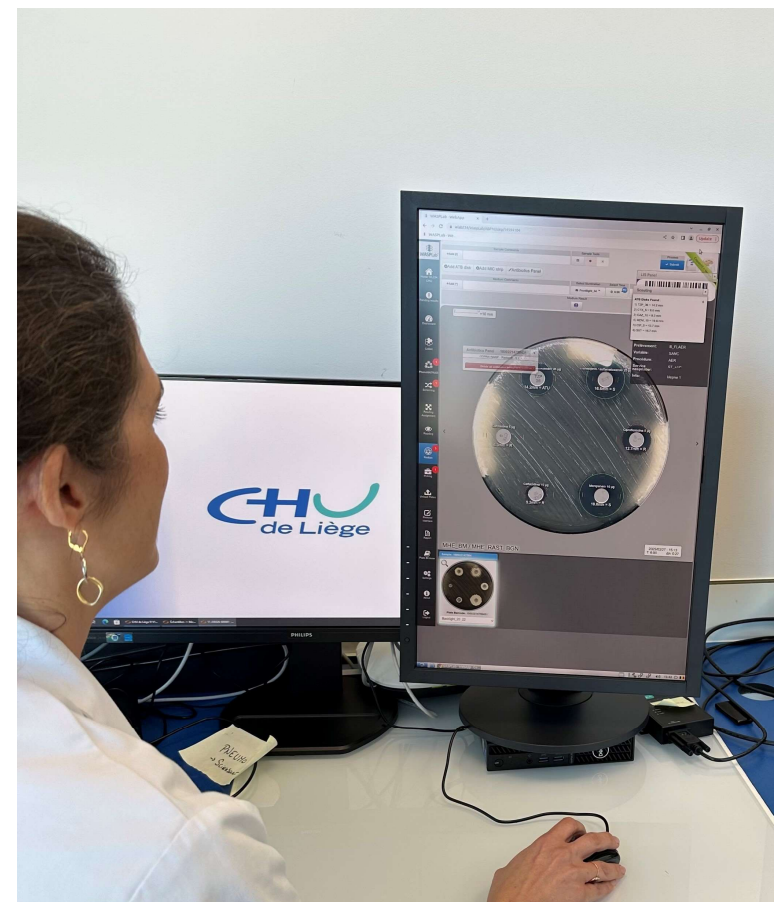
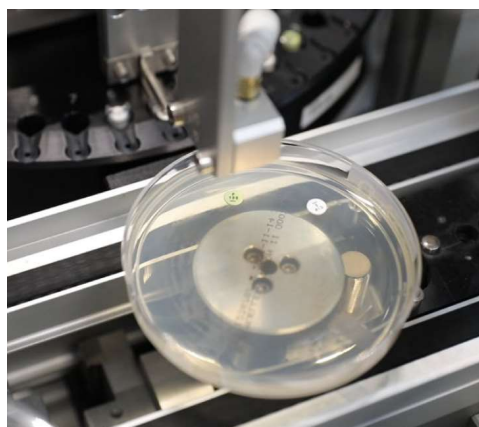
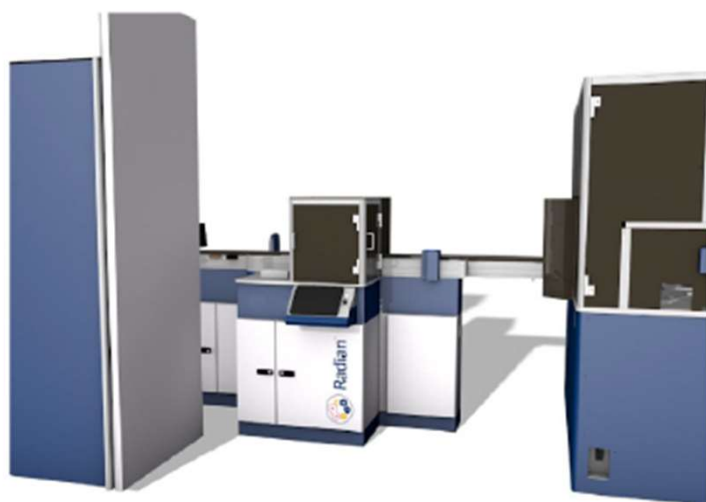


WebApp: Lecture des cultures sur écran

Module antibiogramme

WASPLab RADIANT

Automatisation de la pose de disques pour la diffusion sur disque



Phenomatrix: IA au laboratoire

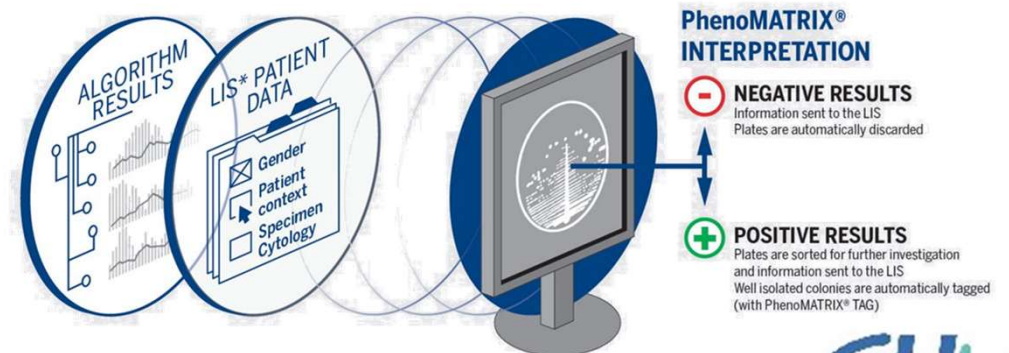


Analyse des images

- Détection de croissance et comptage
 - Photo à J0 et après incubation
- Croissance pure
 - Distingue une culture pure d'un mélange bactérien
- Détecte les couleurs
- Interprète des caractéristiques bactériennes particulières
- Détecte la β -hémolyse

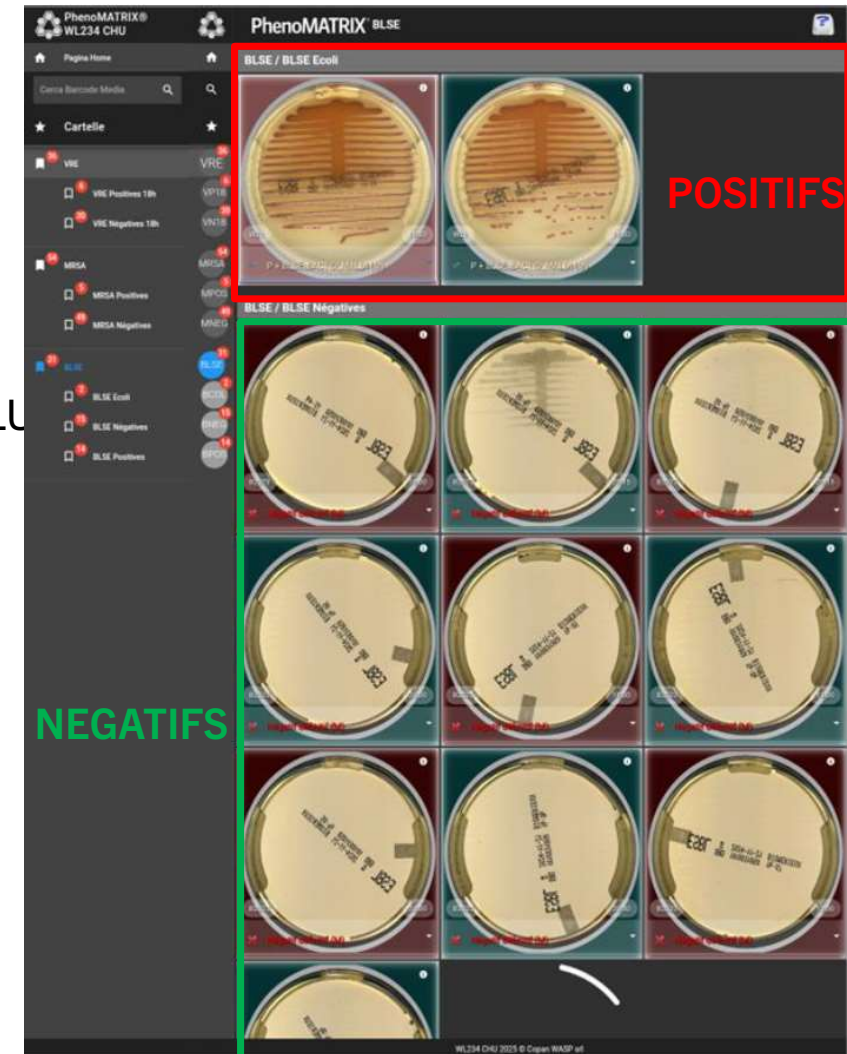
Intégration des données du LIS

- Données patients
- Service d'hospitalisation
- Type d'échantillon
- Nombre de leucocytes
- ...



Phenomatrix

- **Gain de temps techniciens**
 - Tri automatique des cultures positives et négatives
 - Validation sur écran de plusieurs prélèvements simultanés
 - Transmission automatique dans le LIS
- **Temps de rendu de résultat réduit**
 - Classification directe au terme du temps d'incubation
 - Possibilité de release automatique des résultats (Phenomatrix PLU)
- **Qualité et reproductibilité**
 - Algorithme validé propre au laboratoire
 - Excellente concordance avec lecture par les technologues
 - Possibilité de reclassification
 - Limitation de la subjectivité



- **Phenomatrix® = 1^{er} outil d'IA** au laboratoire de microbiologie
- Entrainement et validation de l'outil par la firme Copan
- Fourniture d'un **outil sur mesure, fermé, non évolutif**
- Aide au tri des cultures faciles (1 ou 2 milieux gélosés)
- Gain de temps de lecture sur les négatifs et positifs « simples » au profit des cas plus complexes
- **Perspectives CHU:**
 - Validation et implémentation de l'algorithme pour les urines
 - Versions upgradées du logiciel ??
 - Sélection automatique des colonies et tests à réaliser
 - Réponse automatique dans le LIS
→ Calcul coût/bénéfice!!

	PhenoMATRIX® Basic configuration	PhenoMATRIX® TAG configuration	PhenoMATRIX® PLUS configuration	PhenoMATRIX® TAG - PLUS configuration
	The microbiology Brain	Tag, send, pick!	Out of sight, out of mind	Consider it done!
Plate Classification	✓	✓	✓	✓
Pickpoints automated selection	✗	✓	✗	✓
Automatic plate routing without confirmation	✗	✗	✓	✓

ENJEUX PARALLÈLES

Standardisation des données : un enjeu majeur pour l'IA en santé

Pourquoi la standardisation est-elle cruciale ?

- Garantir **interopérabilité** entre systèmes et institutions
- Réduire les **biais liés à la variabilité des formats**
- Faciliter l'**entraînement des modèles IA** sur des données homogènes

Conséquences de l'absence de standardisation

- Données hétérogènes → **modèles moins fiables**
- Risques d'**erreurs diagnostiques** et de biais
- Difficultés pour la **reproductibilité des études**

Initiatives et normes existantes

- **HL7 / FHIR** pour les dossiers médicaux électroniques
- **LOINC, SNOMED CT** pour la terminologie clinique
- **DICOM** pour l'imagerie médicale

Perspectives

- Harmonisation internationale (ISO, IEEE)
- Intégration des données multimodales (EHR, imagerie, génomique)

Risques généraux liés à l'utilisation de l'IA

Biais et discrimination

Atteintes à la vie privée

Sécurité et cyberattaques

Perte d'emplois et disparités économiques

Absence de transparence et d'explicabilité

Autonomie et perte de contrôle

Durabilité

Problèmes éthiques et moraux

Impact sur la démocratie et la société



Risques spécifiques liés à l'utilisation de l'IA dans le domaine de la santé

Erreurs diagnostiques et thérapeutiques

Biais et iniquités

Problèmes de confidentialité et de sécurité des données

Dépendance excessive à la technologie

Problèmes éthiques et légaux

Complexité de l'intégration



Quelques pistes de solutions

- ✓ Promouvoir un développement éthique et responsable
- ✓ Former et sensibiliser
- ✓ Demander la transparence et l'explicabilité
- ✓ Protéger les données
- ✓ Évaluer et valider
- ✓ Établir des réglementations et des normes
- ✓ Collaborer et établir des partenariats

Ethique

La *sécurisation des données de santé* (hébergement, transfert d'infos, exploitation,...) devient un sujet de préoccupation majeure du débat public.

A ce stade d'avancement des différents projets, *un cadre légal spécifique se met en place.*

En mai 2024, le Parlement européen a adopté l'*AI Act*, marquant une étape cruciale dans son parcours législatif. Cet acte vise à réguler l'intelligence artificielle (IA) dans l'UE avec une approche basée sur les risques, classifiant les systèmes IA en différentes catégories de risque : inacceptable, élevé, limité et minimal.



Il s'applique à *tout système IA utilisé au sein de l'UE*, indépendamment de son lieu de développement.

Cette approche complète garantit que tous les systèmes IA déployés sur le marché de l'UE respectent ces normes, visant à encourager l'innovation tout en protégeant les droits fondamentaux et la sécurité

Les USA et l'Europe dos à dos au Sommet de Paris pour l'intelligence artificielle

"Le gouvernement Trump va s'assurer que les systèmes IA les plus puissants soient construits aux USA, avec un design et des puces américains."

J.D. VANCE
VICE-PRÉSIDENT AMÉRICAIN



Au Sommet d'action sur l'IA, au Grand Palais (Paris), le vice-président américain, JD Vance, s'en est pris de manière appuyée aux réglementations européennes. ©AFP

"C'est le plus grand investissement public dans l'IA au monde, qui permettra de débloquent plus de dix fois plus d'investissements privés."

URSULA VON DER LEYEN
PRÉSIDENTE DE LA COMMISSION

« Nous avons en particulier besoin que nos amis européens regardent cette nouvelle frontière avec optimisme plutôt que trépidations »

L'Echo | Frédéric Rohart
11 février 2025

Recommandations déontologiques du Conseil Européen des Ordres de Médecins (CEOM) sur l'IA médicale (1)



1. L'implication des professionnels de santé est indispensable dans la conception de l'outil, la supervision de son utilisation et l'évaluation continue de sa fiabilité.

Le développement de systèmes fondés sur l'intelligence artificielle doit respecter les principes de précaution, de sécurité et de qualité.

Les bases de données utilisées pour la programmation électronique doivent être soigneusement sélectionnées pour éviter de biaiser la réponse de la machine.

La pertinence des algorithmes doit être régulièrement vérifiée.

Les systèmes d'intelligence artificielle doivent respecter strictement les législations européennes et nationales.

Recommandations déontologiques du CEOM sur l'IA médicale (2)

2. Le recours à l'intelligence artificielle doit être envisagé dans la perspective d'augmenter la capacité diagnostique et thérapeutique du médecin, afin de *l'aider dans l'exercice de son art mais sans viser à le remplacer.*

L'*autonomie décisionnelle* du praticien et le respect de la *confidentialité* ne doivent pas être entravés.

L'utilisation de l'intelligence artificielle est raisonnée et motivée par *l'intérêt supérieur du patient*, la *qualité* de la pratique médicale et la *préservation* de la santé publique.

Le *contact interpersonnel* du médecin avec son patient ne peut être remplacé.

Recommandations déontologiques du CEOM sur l'IA médicale (3)



3. Il est de la responsabilité du corps médical, en ce compris de ses autorités académiques, de *se former à l'utilisation de l'intelligence artificielle* dans la démarche clinique afin d'en comprendre les opportunités et les atouts, les règles de bon usage, les limites et les risques.



Pour conclure

L'intelligence artificielle (IA) transforme profondément le paysage médical en offrant des outils puissants pour le diagnostic, le traitement et la recherche.

Cependant, pour maximiser les bénéfices de l'IA tout en minimisant ses risques, plusieurs conditions doivent être remplies. Une *formation adéquate* est essentielle pour que les professionnels de santé comprennent les principes, les capacités et les limites de l'IA. La *collaboration interdisciplinaire* est également cruciale, réunissant l'expertise médicale, technique et éthique pour développer des solutions équilibrées et robustes. Une *approche éthique rigoureuse* est indispensable pour garantir la protection des données et la fiabilité des résultats grâce notamment à une réflexion approfondie sur la *standardisation des données*.

L'*intégration harmonieuse de l'IA avec l'expertise humaine* constitue l'avenir de la santé. Les professionnels doivent maîtriser les connaissances de base tout en utilisant les outils d'IA pour effectuer des tâches répétitives et proposer des décisions basées sur des analyses de données. Cette synergie entre l'IA et l'humain peut améliorer la qualité des soins, rendre les processus plus efficaces et ouvrir de nouvelles perspectives en médecine.

Merci pour votre attention

Let's stay in touch!

 @PhilippeKolh
 @CHULiege
 @CHULiege
 @CHULiege

