

Intelligence artificielle en santé : bientôt au cœur de nos pratiques ?



Les intervenants



Bérengère GRIVAUX
Cheffe de projet
Parcours



Justine CAILLEAU
Cheffe de projet
ESMS Numérique



Antony ESCUDIE
Ingénieur/Chef de projet Data
et Innovation
DSN du CHU Angers

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle (IA) ?

« L'IA consiste à faire faire à une machine ce que l'homme fait, moyennant une certaine intelligence » *Marvin Minsky.*

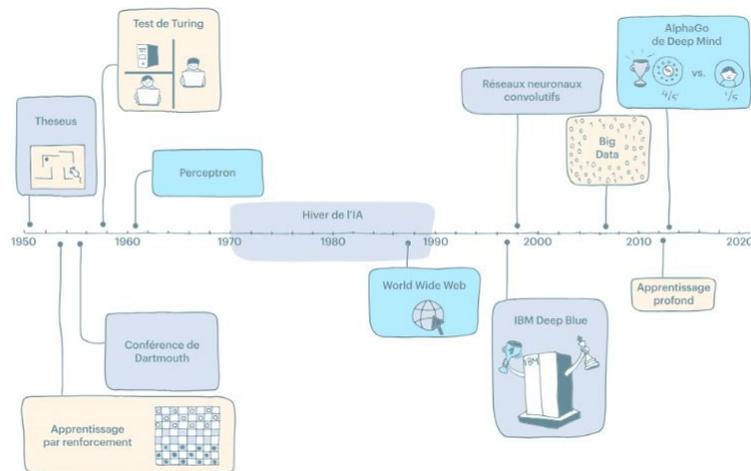
Autrement dit, il s'agit d'utiliser **des machines, programmes informatiques ou logiciels** pour réaliser des **tâches de manière intelligente.**

Les origines de l'IA

- Invention du Test de Turing en 1950
- Révolution du deep learning en 2012

L'IA a pris une place essentielle dans **le quotidien.**

Nous interagissons avec des IA, sans même nous en rendre compte : via des **assistants vocaux intégrés** (Alexa, Google, Amazon), à travers les **objets connectés**, la reconnaissance faciale, **le service de navigation** pour trouver une adresse, des services en ligne automatisés...



Cellule de veille en intelligence artificielle du GCS e-santé

Les origines

- Initiée par le Comité exécutif du GCS e-santé Pays de la Loire
- Créée en septembre 2023

Les outils

- Une veille technologique et juridique sur l'IA est disponible sur le site du [GCS e-santé](#)

Nos ambitions

- Accompagner nos adhérents sur les projets innovants en IA

A venir

- Une cartographie des acteurs de l'IA en santé

Veille juridique : Les enseignements clés – Règlement européen IA Act

Ambition :

Soutenir le développement des IA, tout en appliquant des exigences aux systèmes afin de garantir la qualité et la pertinence des jeux de données utilisées

Approche :

Le règlement s'appuie sur une échelle des risques des systèmes d'IA :

- **Minima** (usage gratuit) : pas d'obligations spécifiques
- **Elevé** (manque de transparence) : identifier facilement l'IA pour permettre une information libre et éclairée au regard des résultats.
- **Menace** (mise en danger de la vie et de la santé des citoyens) : documentation détaillée sur le traitement, haut niveau de robustesse, traçabilité des résultats...

Conséquences :

- Pour les industriels : fournir des exigences et des obligations claires concernant l'utilisation des IA.
- Pour les consommateurs : réduire les charges administratives et financières et disposer des clefs et bonnes pratiques pour intégrer une IA.



Février 2024 :
adoption à l'unanimité
par les Etats membres
de l'UE

Mars 2024 : vote
par le Parlement
européen

Avril 2024 : Version
finale pour
publication officielle

Veille juridique : Les enseignements clés – OMS guide sur l'IA

L'OMS publie ses recommandations pour encadrer l'IA en santé (janvier 2024).

- + de 40 recommandations
- A l'attention des gouvernements et des industriels
- Pour garantir le bon usage des modèles relatifs à l'IA
- Pour protéger la santé des citoyens

L'OMS désigne 5 catégories d'IA en santé :

- Diagnostic et soins cliniques (répondre aux patients)
- Analyse des symptômes et prescription
- Tâches administratives (dossier patient)
- Formation médicale
- Rechercher scientifique et développement de médicaments

L'OMS rappelle les risques et la nécessité de les analyser pour les limiter :

- Risque cybersécurité
- Limiter l'automatisation à la prise de décision
- Rapport coût/efficacité



- ✓ Investir dans des IA à **but non lucratif ou publique**
- ✓ S'appuyer sur **les réglementations** pour respecter les droits fondamentaux
- ✓ **Evaluer** régulièrement les solutions IA
- ✓ Intégrer l'ensemble des **parties prenantes** au développement d'une IA (intégrer les professionnels de santé)

Veille technologique

Chirurgie

Simulation de chirurgie et aide au positionnement des instruments afin de proposer au patient l'intervention la mieux adaptée.

Imagerie médicale

Augmentation de la précision et de la personnalisation des diagnostics.

Conseils et prévention

Adapter les traitements médicamenteux, définir les comportements à adopter, aider à la prise en charge des pathologies

Recherche médicale

Améliorer la planification des recherches et limiter la charge administrative, faciliter l'analyse des résultats et l'exploitation des données

Gestion médicale

Améliorer la gestion des flux de données, automatiser les processus et fluidifier le parcours de soin.

Cartographie des acteurs de l'IA en santé

- Un objectif porté par le GRADeS en 2024

Afin d'approfondir sa connaissance du terrain et ses interactions avec l'écosystème régional concernant l'innovation en santé, le GRADeS ambitionne de formaliser en 2024, une **cartographie des acteurs de l'IA en santé**.



Parallèlement, la **commission santé d'ADN Ouest**, a lancé en 2021, une enquête visant à dresser un **panorama des acteurs et des projets** développant des **solutions d'Intelligence Artificielle** dans le domaine de la **santé**.

L'Intelligence Artificielle en santé : révolution ou mirage ?

1. L'Intelligence Artificielle (IA) appliquée à la santé
2. L'IA en santé, enjeux éthiques et réglementaires
3. IA générative en santé : cas de ChatGPT



L'Intelligence Artificielle (IA) appliquée à la santé

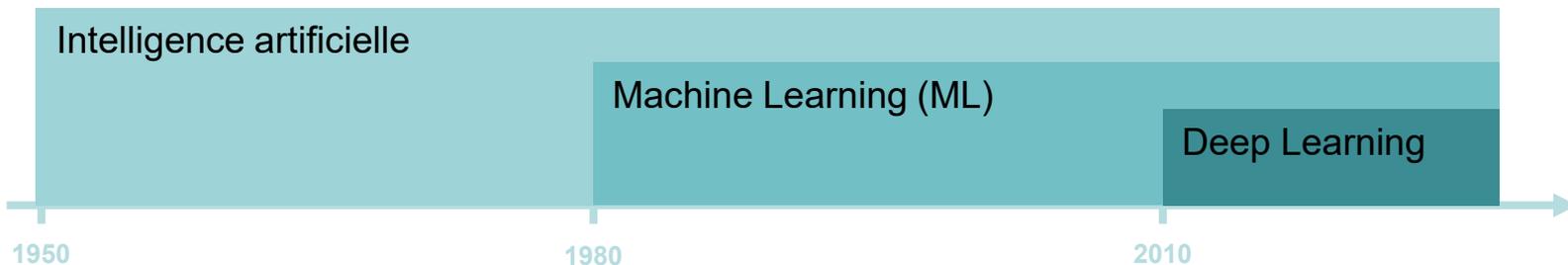
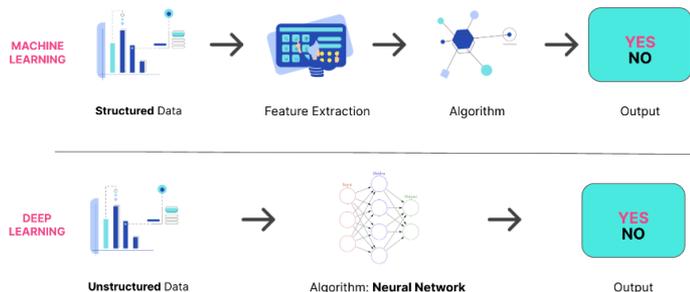


L'Intelligence Artificielle (IA)

■ Définitions

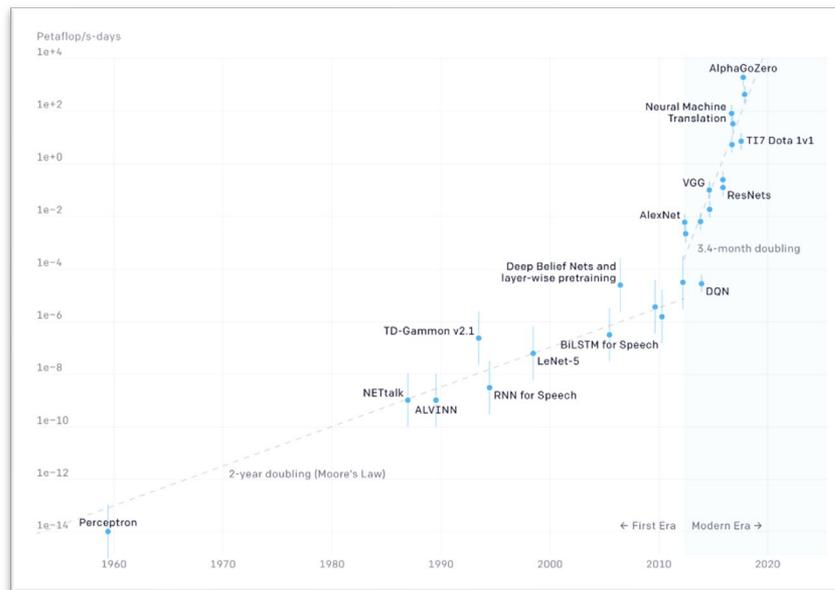
- IA : ensemble de théories et de techniques mises en œuvre en vue de réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine (apprentissage, perception, raisonnement et prise de décision).
- Machine Learning (ML): champ d'étude/science qui permet aux machines d'apprendre sans avoir été au préalable programmées spécifiquement pour cela.
- Deep Learning : sous-catégorie du ML, méthode d'apprentissage automatique s'inspirant du fonctionnement du système nerveux des êtres vivants (réseau de neurones).

Machine Learning VS Deep Learning



Les ingrédients nécessaires

- Les algorithmes
 - Implicites et explicites
 - Solutions existantes auprès de prestataires
 - Solutions à créer avec les industriels
- La donnée :
 - Nature : structurée, non structurée
 - Volumétrie : nécessité d'avoir une banque de données suffisante pour l'entraînement des modèles (problématiques Big Data)
 - Qualité : données exactes, complètes, nettoyées, pertinentes, exhaustives et représentatives, cohérentes...
- La puissance de calcul
 - Besoin d'une grande puissance de traitement (loi de Moore : puissance nécessaire double tous les deux ans, OpenAI : puissance nécessaire double tous les 4 mois !)



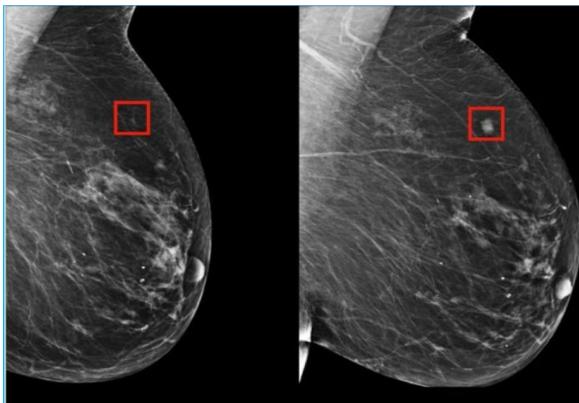


Mythes de l'IA en santé

1. L'IA remplacera les professionnels de santé

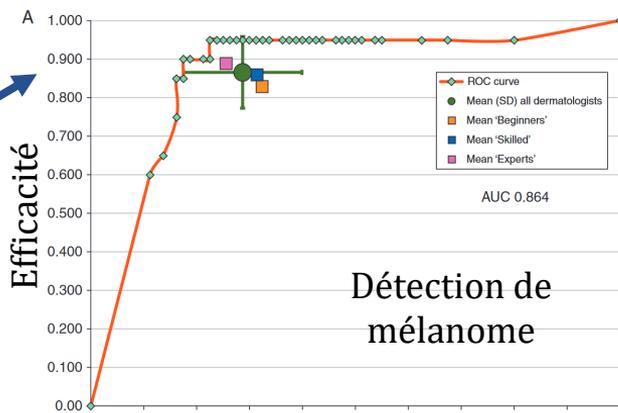
Réalité : IA conçue pour assister les professionnels, en traitant et analysant de grandes quantités de données plus rapidement que l'humain. Elle ne possède pas le jugement clinique, l'empathie et les capacités de prise de décisions complexes qui sont cruciales dans les soins aux patients

Exemples :



Détection précoce, 4 ans avant l'apparition à l'imagerie du cancer !

IA améliore sensiblement l'efficacité de détection !



<https://www.urps-infirmiere-paca.fr/wp-content/uploads/2021/06/7-forum-IDEL-PACA-NATHANIEL-SCHER-250521.pdf>

Mythes de l'IA en santé

2. L'IA en santé est toujours précise

Réalité : Bien que l'IA puisse atteindre une précision remarquable dans certaines tâches, comme l'analyse d'images médicales, sa performance dépend de la qualité et de la quantité des données sur lesquelles elle a été entraînée. Les biais dans les données peuvent mener à des erreurs.

Exemples : La rétinopathie diabétique

- Algo d'IA entraîné sur des données provenant principalement de patients d'une région géographique donnée (patient majoritairement d'origine caucasienne)
- Application de l'algo à une population plus diverse, d'autres région géographique : chute drastique de sa précision
 - ➔ Modèles de rétinopathie différents en fonction des origines
 - ➔ Caractéristiques de la rétine varient entre les populations

Mythes de l'IA en santé

3. L'IA diminuera la charge de travail des professionnels de santé

Réalité : Si l'IA peut automatiser certaines tâches, elle en crée également de nouvelles, comme la gestion des données et l'interprétation des recommandations de l'IA. L'implémentation de l'IA peut initialement augmenter la charge de travail en nécessitant des formations et des ajustements dans les pratiques.

Exemples :

1. Systèmes de Diagnostic d'Imagerie Médicale :

- **Optimisation :** L'IA aide à analyser rapidement les images médicales, identifiant les anomalies avec une grande précision, ce qui peut réduire le temps nécessaire pour les diagnostics préliminaires.
- **Défi :** Les médecins doivent vérifier les propositions de l'IA, comprendre les limites de ces systèmes, et parfois gérer des faux positifs ou des faux négatifs, ce qui peut augmenter le temps consacré à l'analyse des cas.

2. Gestion des Dossiers Patients :

- **Optimisation :** Des outils d'IA peuvent automatiser la saisie et l'organisation des informations des dossiers médicaux, réduisant les tâches administratives pour le personnel.
- **Défi :** La mise en œuvre de ces systèmes nécessite souvent une période d'adaptation, pendant laquelle les professionnels doivent apprendre à naviguer dans de nouveaux logiciels, potentiellement ralentissant leur travail habituel.

3. Assistance à la Décision Clinique :

- **Optimisation :** L'IA peut fournir des recommandations de traitement basées sur des analyses complexes de données patients, ce qui aide à personnaliser les soins.
- **Défi :** Les médecins doivent évaluer la pertinence de ces recommandations pour chaque patient, nécessitant une compréhension approfondie de la logique de l'IA et une capacité à intégrer ces informations dans un jugement clinique global.



Mythes de l'IA en santé

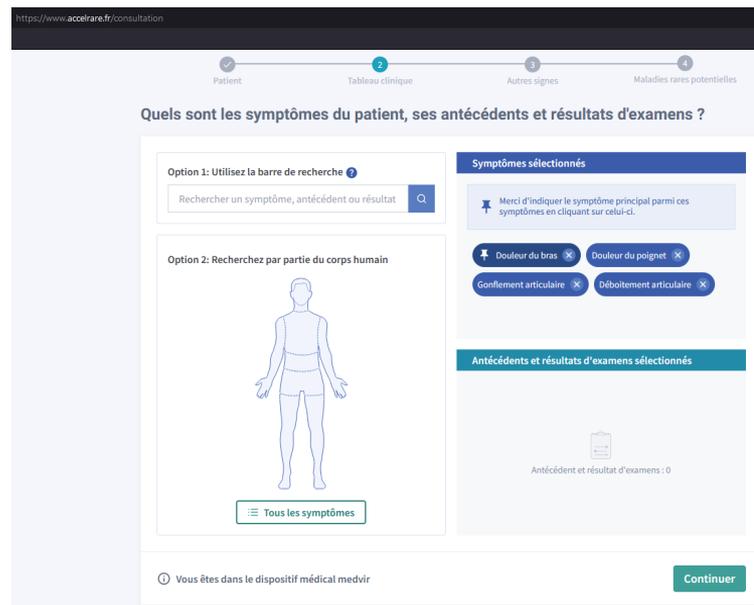
4. L'IA en santé est trop complexe pour être comprise ou utilisée par des non-spécialistes

Réalité : Bien que la technologie sous-jacente puisse être complexe, les applications d'IA sont souvent conçues pour être utilisables par un large éventail d'utilisateurs, y compris ceux sans expertise technique en IA.

Illustration :



SUOG : un outil d'aide à la décision en imagerie médicale développé en collaboration avec l'Inserm. L'interface permet d'analyser et de raisonner sur des images échographiques de grossesse et propose un protocole personnalisé d'aide au diagnostic. On voit en bas à droite l'échographe et sur l'écran supérieur l'image acquise par le praticien. L'écran de gauche est divisé en 2 parties : la partie de gauche reprend l'image acquise par le médecin avec l'échographe ; la partie de droite montre des images similaires à l'image acquise en fonction de critères sémantiques et numériques. Le système propose ainsi au médecin des diagnostics spécifiques de la patiente qu'il ne faut pas négliger en fonction du contexte de la capture de l'image. © F Dhombres, unité Inserm 1142/AP-HP, Hôpital Trousseau, service de médecine fœtale/Médecine Sorbonne Université/SATT-Lutech



Mythes de l'IA en santé

IA reconnaissance d'images

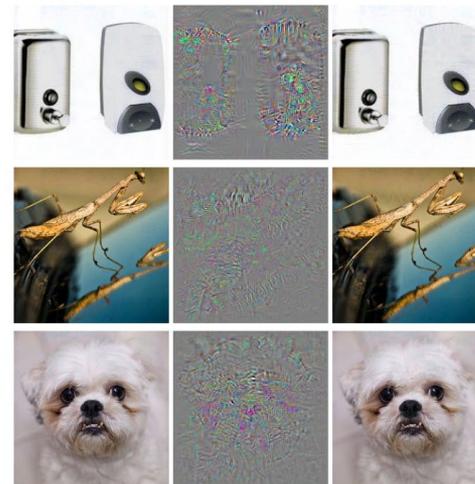
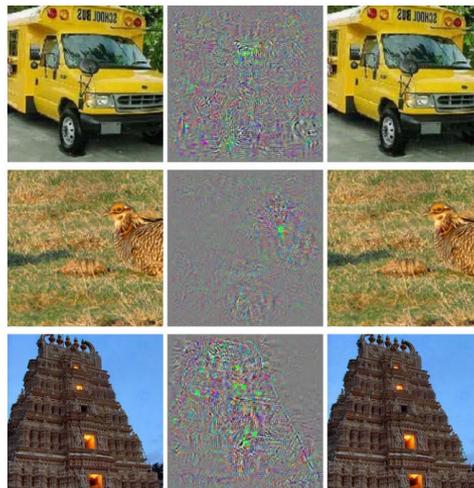
- Gauche, images originales correctement prédites par l'IA



Mythes de l'IA en santé

IA reconnaissance d'images

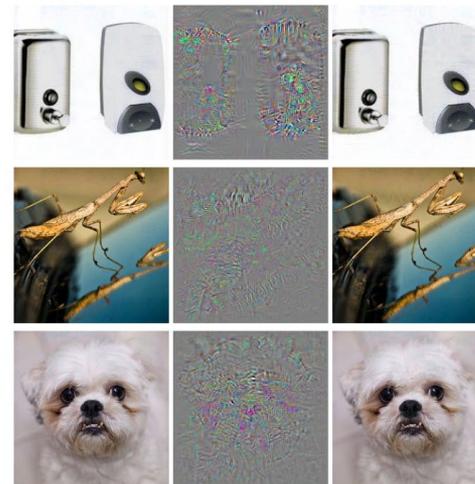
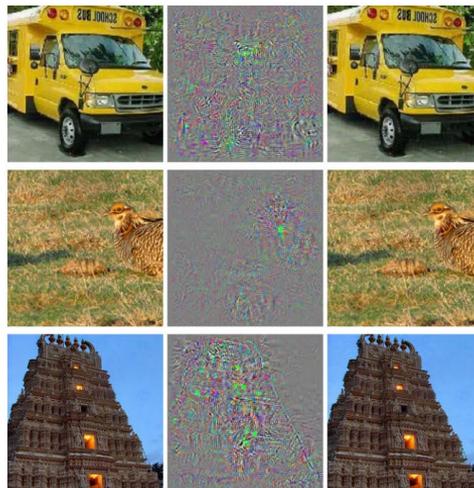
- Gauche, images originales correctement prédites par l'IA



Mythes de l'IA en santé

IA reconnaissance d'images

- Gauche, images originales correctement prédites par l'IA
 - Droite, images légèrement modifiées (différence entre image d'origine et image modifiée présentée au centre)
- Toutes les images de droites sont prédites comme « Autruche »



Mythes de l'IA en santé

Us€ You

J'ai une contrepèterie pour toi : Il adore peindre ses toiles en musique. Alors ?

ChatGPT

La contrepèterie de "Il adore peindre ses toiles en musique" pourrait être transformée en "Il adore peindre ses moiles en tuisque". C'est un jeu de mots qui inverse les sons ou les lettres de certains mots pour créer une phrase amusante ou inattendue. La contrepèterie est un art délicat qui demande un esprit vif pour la construction et la déconstruction des mots !

Us€ You

Et celle-là : Le poète qui rêve est un néant fécond ?

ChatGPT

Pour "Le poète qui rêve est un néant fécond", la contrepèterie pourrait être "Le poète qui rêve est un fénant né con". C'est une interprétation ludique qui joue sur les mots pour transformer le sens initial en quelque chose de complètement différent et souvent humoristique. Les contrepèteries sont un excellent moyen de jouer avec la langue !

Us€ You

C'est quoi un fénant ?

Us€ You

C'est quoi un fénant ?

ChatGPT

Oh, je vois où ça a dérapé ! J'ai fait une erreur dans ma transformation. "Fénant" n'est pas un mot correct en français. Je voulais sûrement dire "fainéant", qui signifie quelqu'un de paresseux ou qui évite de travailler. Les contrepèteries peuvent parfois mener à des créations surprenantes, mais il est important de rester dans le domaine du réel et du correct. Merci de m'avoir corrigé !

Us€ You

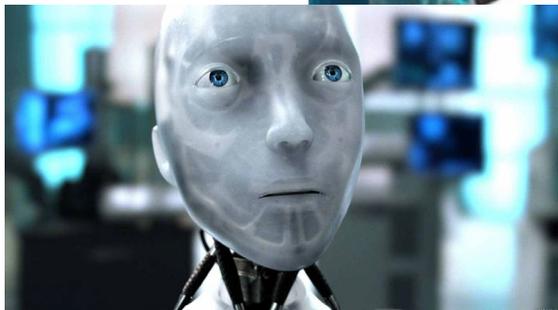
Et donc ? Tu as trouvé la contrepèterie ?

< 2 / 2 >

ChatGPT

Reprenons correctement la contrepèterie "Le poète qui rêve est un néant fécond". En réajustant mon erreur précédente et en cherchant une véritable contrepèterie, cela pourrait donner quelque chose comme : "Le poète qui vère est un réant féncond".

Cependant, ma correction précédente n'était pas juste, et en réalité, je n'ai pas trouvé de contrepèterie valable qui respecte les règles habituelles en transformant "Le poète qui rêve est un néant fécond" de manière cohérente et significative. Les contrepèteries correctes échantent des sons pour former de nouveaux mots qui font sens ensemble, et mon exemple ne remplit pas ces critères. Merci de ta patience et de ta compréhension.

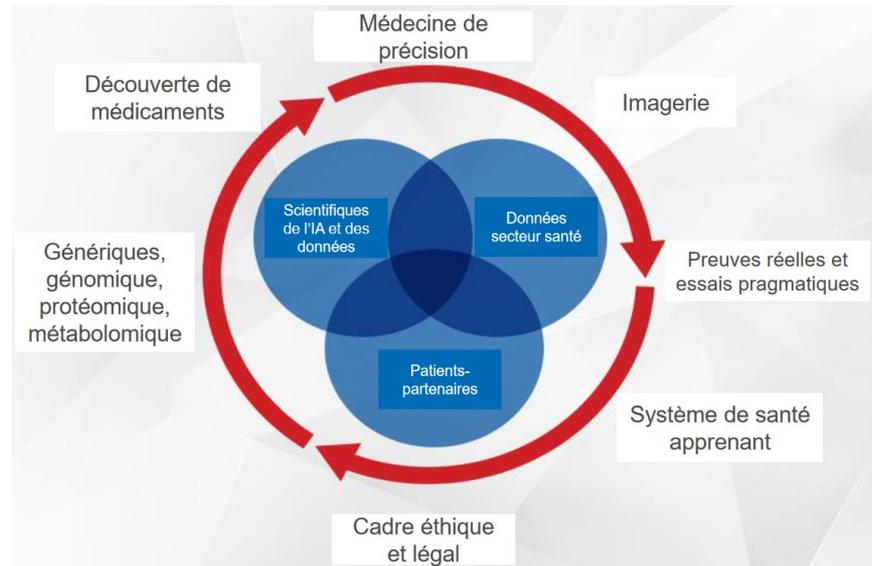




L'IA en santé, enjeux éthiques et réglementaires

Applications possibles en santé

- Médecine prédictive : prédiction d'une maladie et/ou de son évolution
- Médecine de précision : recommandation de traitement personnalisé
- Aide à la décision médicale : diagnostique et thérapeutique
- Robotique: robots compagnons, prothèses intelligentes
- Chirurgie assistée par ordinateur
- Prévention : anticipation d'une épidémie (Stop Covid), pharmacovigilance



Enjeux - Côté Direction des Systèmes d'Information

- Technologiques ?
 - Constante évolution, pression technologique
- Sécurité/confidentialité de la donnée/RGPD ?
 - Techniques de cryptage, anonymisation
 - Confidentialité différentielle (bruitage des données/algos pour anonymiser la donnée, sans altérer la qualité/précision, et donc l'apprentissage)
 - Stockage des données
- Dématérialisation des données de santé
- Triptyque :
 - Prestataires : outils d'IA existants
 - Recherche : outils à construire et développer avec les industriels
 - Enseignement : volet éthique, énergétique, transformation des métiers

Enjeux - Côté métier

- Rôle du soignant ?
 - Rôle central de par leur formation à l'éthique et leur multidisciplinarité
 - Participation à la construction des modèles et des outils avec les ingénieurs
 - Développement d'enseignement de l'IA pour le corps médical
 - Pas d'IA en santé sans soignant : expertise pour la création des outils, expertise pour la qualité des données
- Contraintes légales ?
 - Explicabilité, interprétabilité, transparence de algorithmes, reproductibilité, traçabilité (Cerna)
- Qualité de l'apprentissage dépend de la qualité des supports d'entraînement
 - Dématérialisation des données de santé
 - Qualité de la donnée
- Inclusion, égalité, équité au sein des algorithmes
- Reproductibilité des résultats



Cas d'usages concrets de l'IA en santé au CHU d'Angers

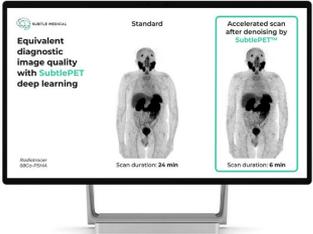
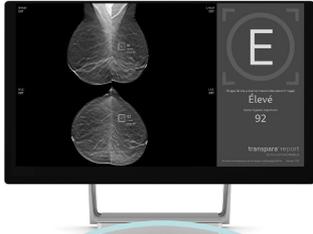
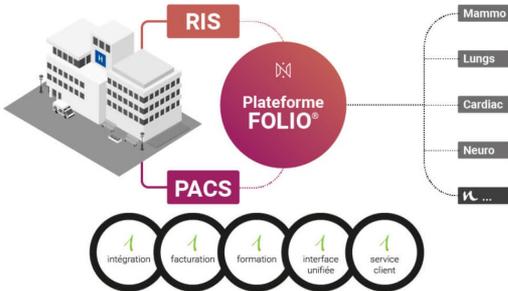


Plateforme de solutions IA pour l'imagerie médicale

- Plateforme unifiée et sécurisée mettant à disposition un catalogue d'applications IA pour l'imagerie
- Solutions développées en interne par Incepto ou sourcées, expertisées auprès des partenaires
- Modalités : IRM, mammographie, médecine nucléaire, radiographie, scanner

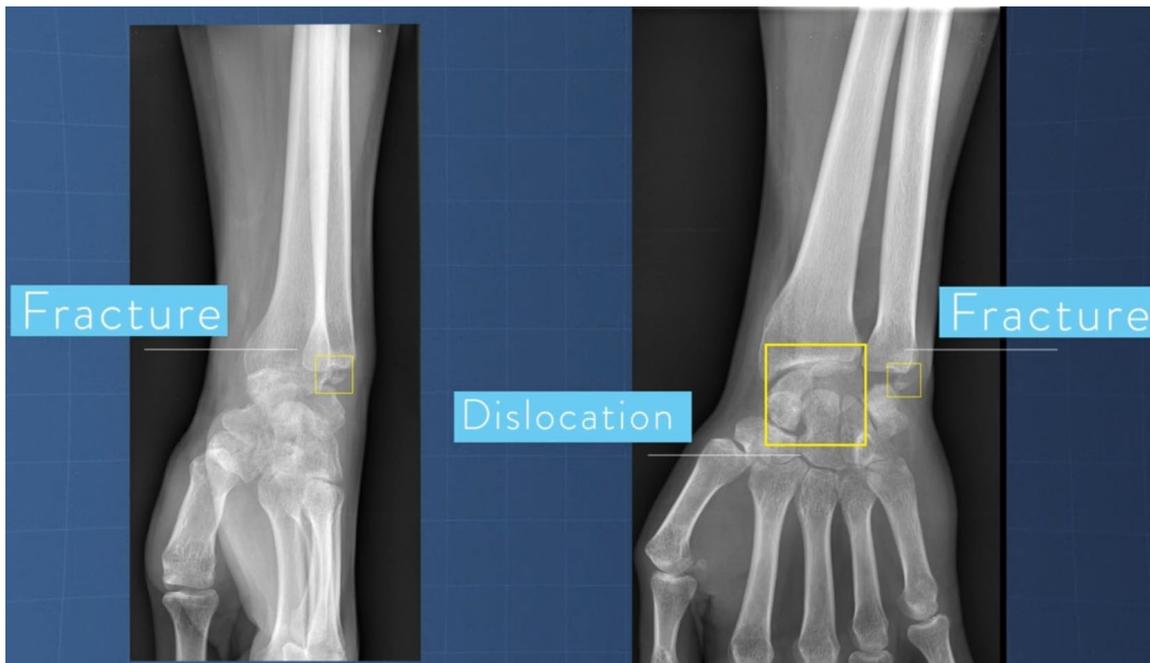


Une plateforme unifiée et sécurisée



<https://incepto-medical.com/fr>

Aide au diagnostic au service des urgences



Aide au diagnostic au service des urgences

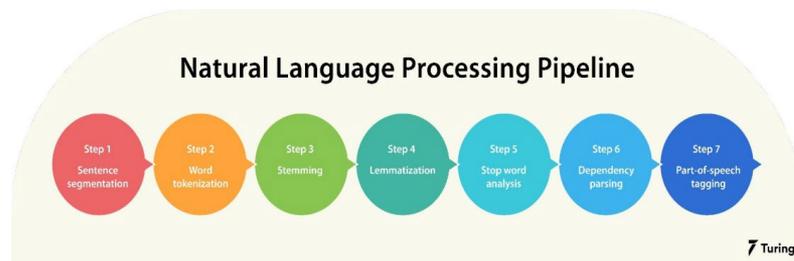


Etude sur 600 patients. Gleamer a amélioré les détections de presque 9% et a diminué la moyenne des fausses détections par patient de 42%. Le temps d'étude de l'examen d'imagerie a lui été réduit de 15%.

Assessment of an AI Aid in Detection of Adult Appendicular Skeletal Fractures by Emergency Physicians and Radiologists: A Multicenter Cross sectional Diagnostic Study
PMID: 33944629
DOI / 10.1148/radiol.2021203886

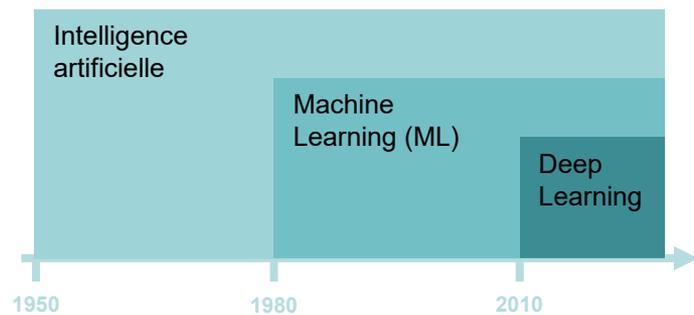
Recherche - Maladies rares : P-AI

- **Besoin** : limiter l'errance diagnostique et optimiser la prise en charge d'individus porteurs de maladies rares dermatologiques
- **Solution** : Utilisation du traitement automatique du langage (NLP) pour analyser des centaines de milliers de comptes rendus d'hospitalisation et de consultation (urgences, dermatologie)
 - Machine Learning : régression linéaire, SVM, arbres de décision, algorithmes statistiques, réseaux de neurones...
- **Objectifs** : pouvoir détecter rapidement des patients présentant une maladie rare pour une prise en charge médicale adaptée et précoce, sans être trop sélectif (risque de détecter que les patients déjà diagnostiqués) !
- Benchmark de plusieurs modèles de ML/DL
- Travail en cours avec Lifien



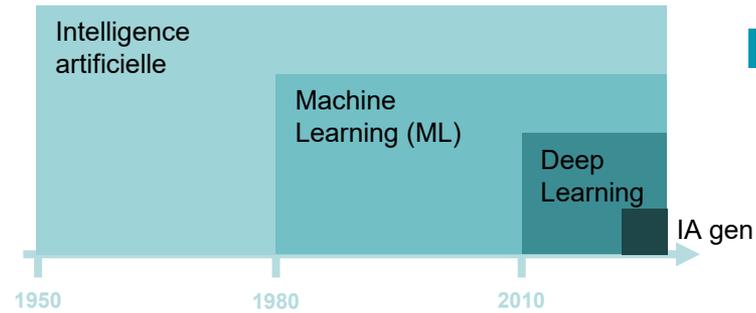


IA génératives

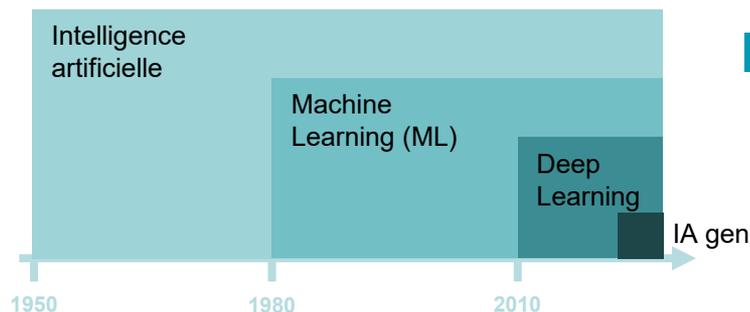


IA générative - Définition

IA générative - Définition



IA générative - Définition



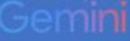
■ Une IA générative, c'est :

- Un type de système d'IA
- Conçu pour créer ou générer de nouvelles données à partir de données existantes
- Reposant sur des réseaux de neurones profonds d'architectures diverses
 - GAN (Generative Adversarial Network) et VAE (Variational AutoEncoder) pour images, vidéos, musiques
 - Transformers (Generative Pre-trained Transformer GPT)

■ Applications possibles :

- Création artistique (peinture, musique, écriture)
- Conception de médicaments
- Génération de contenu pour la VR
- ...
- Génération de données synthétiques pour l'entraînement d'autres IA
- Augmentation de données pour l'IA (amélioration des perfs, confidentialité...)

IA génératives de texte

	 AppyLearnny Appylearnny.fr	 ChatGPT 3.5	 ChatGPT 4 Turbo	 Gemini 1.5 Advanced	 Mistral Le chat	 Claude 2.1
Coût		Gratuit	20 \$ / mois	20 \$ / mois (gratuit 2 mois)	Gratuit (bêta) Payant (entrepri.)	Gratuit Claude Pro 20\$/m
Compagnie		Open AI soutenu par Microsoft	Open AI soutenu par Microsoft	Google	FR soutenu par Microsoft Open source	Anthropic soutenu par Google & Amazon
Date de lancement		30 novembre 2022	6 novembre 2023	15 février 2024	26 février 2024	21 novembre 2023
Recense des données		09/2021	04/2023	 En ligne	2021	Inconnu
Max Tokens (fenêtre contexte en entrée)		4 096 (3000 mots)	128 000 (Turbo / API) (80 000 mots)	1 000 000 (700 000 mots)	32 000 (20 000 mots)	200 000 (150 000 mots)
API Cout\$ / million Tokens In/Out		Turbo : 0.5 / 1.5	Turbo : 10 / 30 4 : 30 / 60 32K : 60 / 120	1.0 Pro : 0.5 / 1.5	8x7B : 0.7 / 0.7 Med. : 2.7 / 8. Large : 8 / 24	Instant : 0.8 / 2.4 2.1 : 8 / 24
Disponibilité		164 pays	164 pays	Inconnue	Inconnue	Uniquement aux USA + UK
Accessibilité		webapp	Webapp + iOS + Android	Webapp + iOS + Android	webapp	webap
Langue interface		FR	FR	FR	FR	EN
Rédaction (classement)		5 ^e	 1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^{er}
Vitesse / Perf (classements)		3 ^e	4 ^e	 1 ^e	3 ^e	2 ^e

- Large Language Model (LLM)
- Architectures basées sur les Transformer
- Révolution de NLP/NLU (Natural Language Processing/Natural Language Understanding)

IA génératives de texte

	ChatGPT 3.5 <small>OpenAI ChatGPT gpt-3.5-turbo</small>	ChatGPT 4 Turbo <small>ChatGPT 4.0</small>	Gemini 1.5 Advanced <small>Gemini</small>	Mistral Le chat <small>MISTRAL AI</small>	Claude 2.1 <small>CLAUDE 2</small>
Coût	Gratuit	20 \$ / mois	20 \$ / mois (gratuit 2 mois)	Gratuit (bêta) Payant (entrepri.)	Gratuit Claude Pro 20\$/m
Compagnie	Open AI soutenu par Microsoft	Open AI soutenu par Microsoft	Google	FR soutenu par Microsoft Open source	Anthropic soutenu par Google & Amazon
Date de lancement	30 novembre 2022	6 novembre 2023	15 février 2024	26 février 2024	21 novembre 2023
Recense des données	09/2021	04/2023	En ligne	2021	Inconnu
Max Tokens (fenêtre contexte en entrée)	4 096 (3000 mots)	128 000 (Turbo / API) (80 000 mots)	1 000 000 (700 000 mots)	32 000 (20 000 mots)	200 000 (150 000 mots)
API Cout \$ / million Tokens In/Out	Turbo : 0.5 / 1.5	Turbo : 10 / 30 4 : 30 / 60 32K : 60 / 120	1.0 Pro : 0.5 / 1.5	8x7B : 0.7 / 0.7 Med. : 2.7 / 8. Large : 8 / 24	Instant : 0.8 / 2.4 2.1 : 8 / 24
Disponibilité	164 pays	164 pays	Inconnue	Inconnue	Uniquement aux USA + UK
Accessibilité	webapp	Webapp + iOS + Android	Webapp + iOS + Android	webapp	webap
Langue interface	FR	FR	FR	FR	EN
Rédaction (classement)	5 ^e	🏆 1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^{er}
Vitesse / Perf (classements)	3 ^e	4 ^e	🏆 1 ^e	3 ^e	2 ^e

- Large Language Model (LLM)
- Architectures basées sur les Transformer
- Révolution de NLP/NLU (Natural Language Processing/Natural Language Understanding)

IA génératives en santé

- **Atomwise** : Plateforme IA pour la création de nouveaux médicaments (<https://www.atomwise.com/>)
- **Insilico Medicine** : Société de biotechnologie utilisant l'IA générative pour concevoir de nouveaux médicaments et prédire la réponse des patients aux traitements (<https://insilico.com/>)
- **Entelechon** : Utilise l'IA pour modéliser le comportement du système immunitaire et ainsi développer des immunothérapies plus efficaces contre le cancer (<https://eurofinsgenomics.eu/>)
- **Nabla** : Assistant médical utilisant l'IA pour générer les CR médicaux, maj de dossiers patients (<https://www.nabla.com/fr/>)
- **Lunit** : Plateforme d'IA pour l'analyse d'images médicales, capable de détecter des cancers et d'autres pathologies. (<https://lunit.io/>)
- **Paige AI** : Plateforme d'IA pour la pathologie numérique, capable de diagnostiquer des cancers à partir d'images de biopsies. (<https://www.paige.ai/>)
- **SkinVision** : Application mobile utilisant l'IA pour détecter les cancers de la peau. <https://skinvision.com/>



Démo ChatGPT

Liens

- <https://www.blogdumoderateur.com/cartographie-acteurs-marche-ia-2024/>
- <https://www.paubox.com/blog/100-chatgpt-prompts-for-healthcare-professionals>

Questions & réponses



Merci !

Pour toutes questions :
contact@esante-paysdelaloire.fr