

IA & Santé

Coucou la team, aujourd'hui c'est un cours qui est très récent (il est sorti l'année dernière) et aucun tuteur ne l'avait fiché... Dans le cours en présentiel de cette année, le professeur ne l'a même pas abordé mais il a bien précisé que tous les cours présents sur son drive étaient au programme +++ Je vous ai mis le lien de son drive sur notre CT (il est également présent sur le CT de la team biostat).

Bonne lecture et bon courage pour ces derniers moments de révision ! <3

I. De quoi parle-t-on ?

A) IA Faible ou IA Forte ?

♥ L'IA dite **forte** = concevoir une machine **capable de raisonner comme l'humain**. Cela correspond à une **approche cognitive**. Il existe un risque supposé de **générer une machine supérieure à l'Homme et dotée d'une conscience propre**. L'IA forte présente une voie de recherche toujours explorée aujourd'hui, même si de nombreux chercheurs en IA estiment qu'atteindre un tel objectif est impossible.

♥ L'IA dite **faible** = mettre en œuvre toutes les technologies disponibles pour concevoir des machines capables **d'aider les humains dans leurs tâches**. Cela correspond à une **approche pragmatique**. (*Tut'help* : pragmatique = qui privilégie une action pratique ; dans notre contexte, l'IA faible est pratique parce qu'elle aide les humains, elle nous apporte une utilité, « créer des outils performants pour des missions précises » ; par exemple elle m'aide à rédiger cette fiche)

L'objectif **principal** de l'**IA faible** est de :

- Concevoir des machines capables d'**assister les humains** dans leurs tâches quotidiennes ou professionnelles.
- Utiliser l'ensemble des technologies disponibles pour **résoudre des problèmes concrets**.

De nombreuses disciplines sont mobilisées comme les mathématiques, l'informatique, les sciences cognitives. L'IA intègre aussi les connaissances spécifiques au domaine où elle est appliquée.

Cependant l'IA **faible** présente des **limites**, elle est **rigide** (contrairement à l'IA forte) :

- **Adaptation limitée** : elle ne peut pas apprendre seule à faire quelque chose de totalement nouveau
- **Intervention humaine** : si on veut qu'elle change de mission, elle doit être **manuellement adaptée** par des développeurs
- **Terme clé** : C'est ce qu'on appelle la **recontextualisation** +++

En santé, les applications relèvent de l'IA **faible** : **aider et non remplacer** +++
Les applications entrent dans le cadre des **systèmes d'aide à la décision médicale**
(SADM ou CDSS Clinical Decision Support System).



B) Les éléments structurants

♥ Les **big data** et « **data reuse** » sont des éléments structurants de l'IA. Le secteur de la santé s'appuie désormais sur le Big Data pour **analyser des volumes massifs d'informations**, en combinant des bases de données administratives officielles et de nouvelles sources numériques. Tut'help : « data reuse » signifie « réutilisation des données » ; c'est le fait d'utiliser des données existantes pour une finalité différente de celle pour laquelle elles ont été initialement collectées.

1. Le Système National des Données de Santé (SNDS)

En France, le **SNDS est le pilier central**. Il regroupe plusieurs sources majeures :

- Le **SNIIRAM** : recense tous les remboursements de l'Assurance Maladie (médicaments, analyses biologiques, consultations avec dates et noms des professionnels, transports en ambulance, etc.).
- Les **données hospitalières** : concerne l'ensemble des séjours en hôpitaux publics et en cliniques privées.
- Le **CépiDC** : enregistre les causes médicales de décès.
- Le **handicap** : provient des Maisons départementales pour les personnes handicapées (MDPH).
- **Assurances complémentaires** : un échantillon de données issues des mutuelles et organismes complémentaires.

2. Le portail Épidémiologie-France

Pour faciliter l'accès et la recherche, ce portail propose un catalogue en ligne de plus de **1 000 bases de données** :

- **Bases médico-administratives**
- **Enquêtes et cohortes**
- **Registres de morbidité** (Tut'help : recensement des maladies dans une population donnée)

3. Les nouvelles sources de données (Quantified-Self & IoT)

Au-delà des systèmes officiels, la donnée de santé provient de plus en plus de **l'usage personnel** :

- **L'Internet des Objets (IoT)** (Tut'help : comme des montres et dispositifs connectés)
- **Auto-mesure (Quantified-self)**
- **Médias sociaux**



4. La médecine des 4P

♥ C'est une **approche globale** qui utilise le **profilage individuel** (données du génome et de l'exposome) avec quatre piliers majeurs :

- **Prédictive** : identification précoce de maladies possibles
- **Préventive** : prévention ciblée d'une maladie prédite
- **Personnalisée** : l'individu est conçu comme une entité singulière de diagnostic et de traitement
- **Participative** : Rendre l'individu responsable de l'optimisation de sa propre santé.

5. Évolutions récentes et conséquences

♥ Le modèle s'enrichit de nouvelles dimensions pour **garantir son efficacité** :

- **Approche Probante** : les décisions s'appuient sur les preuves d'un service médical rendu
- **Parcours Pluriels** : la prise en charge devient pluriprofessionnelle et pluridisciplinaire

♥ **Les conséquences** :

- Un algorithme d'IA est désormais reconnu comme **un dispositif médical à part entière**
- Nécessité de mettre en place des **essais contrôlés randomisés** pour valider ces nouveaux outils.

C) IA générative versus discriminative

Il est essentiel de distinguer ces deux approches fondamentales de l'intelligence artificielle :

1. L'IA Discriminative

C'est un type d'IA qui se concentre sur la **classification des données en fonction d'étiquettes spécifiques**. Elle utilise une **approche d'apprentissage supervisé** qui classe les données dans différentes catégories.

Au lieu de **générer des données à partir de points préexistants**, l'IA discriminative implique l'utilisation de données étiquetées afin de faire des **prédictions et des classifications**.

Récapitulatif de Nono :

- ♥ **Objectif** : concentration sur la **classification** et la prédiction
- ♥ **Fonctionnement** : utilisation de l'apprentissage supervisé pour classer des données dans des catégories selon des étiquettes spécifiques.
- ♥ **Exemple** : elle peut analyser une image pour prédire si l'objet présent est un chat ou non.



2. LIA Générative

C'est un type d'IA qui se concentre sur **l'estimation d'une distribution de probabilité sur un ensemble de données**.

Elle utilise des **modèles génératifs** pour générer de nouvelles instances de données, en utilisant des **points de données préexistants comme point de départ**.

Ces modèles utilisent un **ensemble de "règles" pour générer de nouvelles données**.

Récapitulatif de Nono :

- ♥ **Objectif** : elle se concentre sur la **création** de nouvelles instances de données
- ♥ **Fonctionnement** : elle estime une distribution de probabilité sur un ensemble de données existantes pour générer de nouveaux contenus (selon des "règles").
- ♥ **Exemples** : création d'une image de chat, composition de musique ou génération de texte (ex: ChatGPT, Google Gemini anciennement Google Bard).

3. Image de ChatGPT vs Gemini ancien bard

PA quelle est la classification des escarres

Les escarres, également connues sous le nom d'ulcères de pression ou de plaies de décubitus, sont classées en différents stades en fonction de leur gravité. La classification la plus couramment utilisée est celle proposée par le National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) aux États-Unis. Voici les stades de classification des escarres selon le NPUAP :

1. Stade I : C'est le stade le moins grave. À ce stade, la peau est intacte, mais il peut y avoir des signes de rougeur sur la peau. Cela indique que la peau est en danger, et des mesures préventives doivent être prises.
2. Stade II : À ce stade, la peau est endommagée, ce qui peut se manifester par une perte de l'épiderme (la couche supérieure de la peau) et une ouverture superficielle de la plaie. Il peut y avoir une ampoule ou une ulcération.
3. Stade III : À ce stade, la plaie s'aggrave, pénétrant plus profondément dans les couches de la peau et des tissus sous-cutanés. La plaie peut apparaître comme une cavité.
4. Stade IV : C'est le stade le plus grave. La plaie est très profonde, atteignant les muscles, les tendons ou les os. Elle peut être très étendue.

En plus de ces stades, il existe des classifications supplémentaires pour les escarres, notamment le "stade non classable", qui est utilisé lorsque la plaie est recouverte d'un tissu nécrotique (mort) qui empêche l'évaluation, et le "stade IVC", qui est utilisé lorsque la plaie est associée à une cellulite nécrosante.

La classification des escarres est importante pour guider le traitement et la gestion appropriés de ces blessures cutanées, ainsi que pour évaluer la gravité de la situation. Les soins et les traitements varient en fonction du stade de l'escarre. Il est essentiel de surveiller attentivement les escarres pour éviter qu'elles ne progressent vers des stades plus graves.

quelle est la classification des escarres

La classification des escarres est basée sur la profondeur de la lésion. Il existe quatre stades, définis par le National Pressure Ulcer Advisory Panel (NPUAP) :

- Stade 1 : Rougeur ou coloration violacée de la peau, qui ne blanchit pas à la pression.
- Stade 2 : Perte partielle de l'épaisseur de la peau, avec formation d'une bulle ou d'une plaie superficielle.
- Stade 3 : Perte totale de l'épaisseur de la peau, avec atteinte des tissus sous-jacents, comme le muscle ou le tendon.
- Stade 4 : Perte de toute l'épaisseur de la peau, avec atteinte des tissus sous-jacents, y compris l'os ou les articulations.

Stade 1

Au stade 1, la peau est rouge, violacée ou brunitée. La zone affectée est sensible à la pression et à la douleur. La peau peut blanchir à la pression, mais la coloration revient rapidement.

Stade 2

Au stade 2, la peau est endommagée, mais la couche dermique est encore intacte. La plaie est généralement peu profonde et peut ressembler à une coupure ou à une éraflure.

Stade 3

Au stade 3, la peau est complètement détruite, et les tissus sous-jacents sont exposés. La plaie peut être large et profonde, et elle peut s'étendre jusqu'à l'os ou aux articulations.

Stade 4

Au stade 4, la plaie est très profonde et atteint les tissus sous-jacents, y compris l'os ou les articulations. La plaie peut être large et creuse, et elle peut s'accompagner d'une infection.

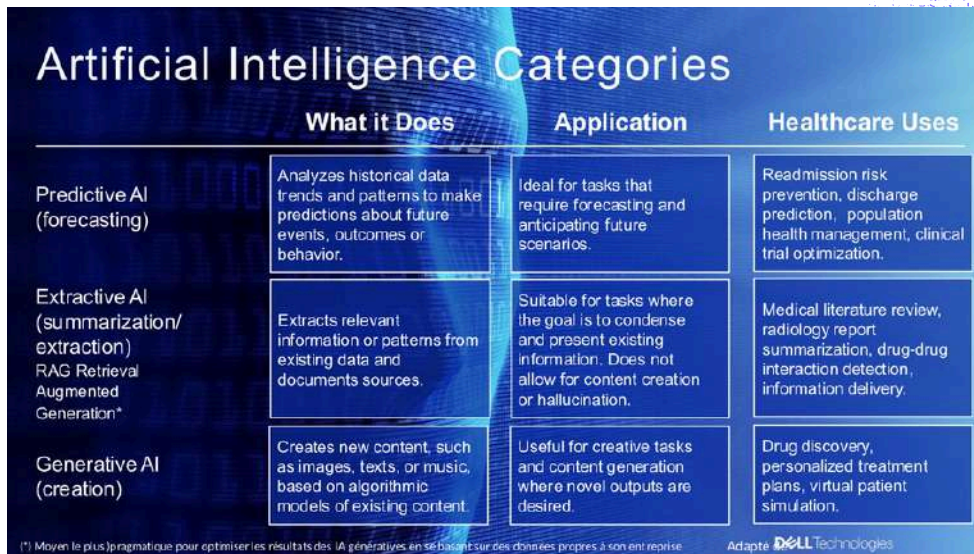
Classification supplémentaire

En plus de la classification par stade, les escarres peuvent également être classées en fonction de leur localisation. Les localisations les plus courantes sont :

- Sacrum
- Trochanters
- Coudes
- Genoux
- Talons

Prévention

La meilleure façon de prévenir les escarres est de maintenir la pression sur la peau à un niveau bas. Cela peut être fait en changeant régulièrement la position du patient, en utilisant des matelas et des coussins de positionnement adaptés, et en massant la peau pour améliorer la circulation sanguine.



je vous mets les diapo du prof pour que ce soit le plus complet possible :)

D) Terminologie de l'IA

Expression	Définition
Intelligence Artificielle (IA)	L'IA est un concept, le plus général des termes, qui englobe tout processus impliquant une machine agissant de manière « intelligente ». L'intelligence est le plus souvent définie comme "humaine" dans sa capacité à prendre des décisions, apprendre de ses erreurs, générer des idées ou comprendre le langage (Coppin, 2004).
Apprentissage Automatique (Machine Learning ML)	Le ML est une méthode et une discipline. Le ML implique des structures mathématiques et computationnelles spécifiques qui produisent des programmes/algorithme informatives capables de prendre des décisions à partir de données d'entrée. Le ML est le moyen le plus fréquent d'atteindre (une apparence de) l'IA (Gopinath et Churiwala, 2019).
Apprentissage Automatique Traditionnel	L'apprentissage automatique traditionnel implique un prétraitement des données d'entrée par des humains pour extraire des « caractéristiques » saillantes qui sont ensuite introduites dans un modèle mathématique/équation pour produire des décisions/résultats. Exemples : régression logistique, machines à vecteurs de support, arbres de décision, k-plus proches voisins, machines à gradient boosté (Gopinath et Churiwala, 2019).
Exploration de Données (Data Mining DM)	Le DM emprunte souvent des statistiques de base ou des algorithmes de l'apprentissage automatique traditionnel (par exemple, la régression logistique ou les k-plus proches voisins), mais au lieu d'essayer d'apprendre à une machine à prendre une décision, il tente de trier de grands volumes de données pour permettre aux humains de tirer des idées et de mieux comprendre les données elles-mêmes . Alors que le ML s'intéresse à évaluer la capacité des machines à prendre des décisions prospectives sur des données encore jamais vues, le DM tente plutôt de tirer des idées de jeux de données complets et connus précédemment collectés (Islam et al., 2018).
Apprentissage Profond (Deep Learning DL)	L'apprentissage profond implique relativement peu de prétraitement des données d'entrée par des humains, qui sont souvent introduites sous forme brute ou quasi-brute. Dans le DL, le modèle lui-même crée ses propres représentations internes des caractéristiques , représentées par la force de connexion entre les "neurones" mathématiques au sein du réseau neuronal artificiel. Les réseaux neuronaux profonds nécessitent des investissements significatifs en temps/énergie/argent/données pour être initialement formés. Cependant, ces modèles "pré-entraînés" peuvent être "personnalisés" pour de nouveaux domaines à moindre coût (Naylor, 2018).
Traitement du Langage Naturel (Natural Language Processing NLP)	Le NLP est tout type d'approche computationnelle ou mathématique qui traite le langage humain naturel (écrit ou parlé). Le NLP est presque toujours associé à l'une des approches ci-dessus, c'est pourquoi on le voit souvent écrit avec une barre oblique (par exemple, NLP/ML). ChatGPT, par exemple, est NLP/ML (spécifiquement apprentissage profond), car il s'agit d'un réseau neuronal artificiel d'apprentissage profond qui traite le langage naturel (Roju et Olaleke, 2015).

Expression	Définition
Large Language Models (LLM)	Les LLM sont une technologie d'IA d'intelligence artificielle (IA) qui alimente les chatbots intelligents et d'autres applications de traitement du langage naturel (NLP) . L'objectif est de créer des robots capables de répondre aux questions des utilisateurs dans divers contextes en croisant des sources de connaissances faisant autorité. Malheureusement, la nature de la technologie LLM introduit une imprévisibilité dans les réponses LLM. De plus, les données de formation LLM sont statiques et introduisent une date limite sur les connaissances dont elles disposent. Les défis connus des LLM incluent : <ul style="list-style-type: none"> Présenter de fausses informations alors qu'il n'y a pas de réponse. Présenter des informations obsolètes ou génériques lorsque l'utilisateur attend une réponse spécifique et actuelle. Créer une réponse à partir de sources ne faisant pas autorité. Créer des réponses inexacts en raison d'une confusion terminologique, dans laquelle différentes sources de formation utilisent la même terminologie pour parler de choses différentes.
Generative Pretrained Transformer (GPT)	Technologie d'IA conçue pour comprendre et générer du texte de manière naturelle . Basée sur un modèle de réseau neuronal profond appelé « transformer ». GPT-4 est un modèle de langage de grande taille (176 milliards de paramètres). Il a été pré-entraîné pour prédire le prochain élément d'un document, en utilisant à la fois des données accessibles au public (telles que les données Internet) et des données sous licence de fournisseurs tiers. C'est grâce à cette vaste quantité de textes, allant des livres et des articles de journaux aux sites web et aux réseaux sociaux, qu'il peut « comprendre » une grande variété de styles et de contextes linguistiques.
Retrieval Augmented Generation (RAG)	La « génération augmentée de récupération » (RAG) est le processus consistant à optimiser le résultat d'un grand modèle de langage. Elle fait appel à une base de connaissances fiable externe aux sources de données utilisées pour l'entraîner avant de générer une réponse. Les grands modèles de langage (LLM) sont entraînés avec d'importants volumes de données et utilisent des milliards de paramètres pour générer des résultats originaux. La RAG étend les capacités puissantes des LLM à des domaines spécifiques ou à la base de connaissances interne d'une organisation , le tout sans qu'il soit nécessaire de réentraîner le modèle. Il s'agit d'une approche économique pour améliorer les résultats du LLM et qu'ils restent cohérents, précis et utiles dans de nombreux contextes .



Les différentes étapes du développement de l'IA générative

Des avancées de plus en plus nombreuses qui permettent aux modèles une meilleure compréhension du langage naturel



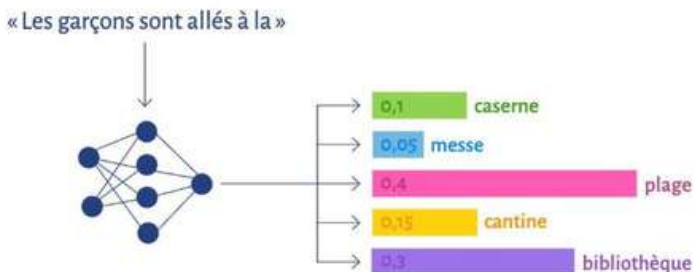
gartner.fr

Source : Gartner
© 2023 Gartner, Inc. Tous droits réservés. Tous droits réservés. 230278

Gartner.

E) Grand modèle de langage

Un grand modèle de langage (**LLM = Large Language Model**) calcule en permanence la **probabilité du mot suivant**. On parle d'**IA probabiliste ou analytique**.



... en fonction des N mots qui précèdent

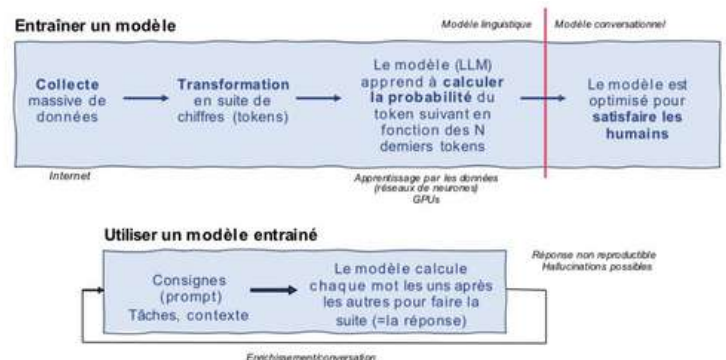
Le processus se déroule en deux grandes étapes :

PREMIÈRE ÉTAPE : Entraîner un modèle

1. **Collecte massive** : Récupération de données sur Internet.
2. **Transformation (Tokens)** : Conversion du texte en chiffres.
3. **Apprentissage** : Le modèle apprend à prédire le prochain token via des réseaux de neurones (consommation de GPUs).
4. **Optimisation** : Ajustement pour que les réponses satisfassent les attentes humaines (modèle conversationnel).

DEUXIÈME ÉTAPE : Utiliser un modèle entraîné

L'utilisateur soumet une consigne (prompt) avec un contexte. Le modèle génère la réponse mot après mot. Points de vigilance : Les réponses ne sont pas reproductibles à l'identique et des hallucinations (erreurs factuelles affirmées avec assurance) sont possibles.



1. Les 7 Capacités Fondamentales

Bien que l'IA traite le langage de manière holistique, on peut diviser **ses actions en 7 fonctions unitaires** :

1. **Générer** : la génération de texte constitue l'application la plus répandue. Le moteur d'IA générative est capable de produire divers types de contenus tels que des articles, des résumés, des scripts, des descriptions de produits, des poèmes, etc.
2. **Rechercher** : le moteur d'IA générative peut répondre à des interrogations en s'appuyant sur son « savoir » (le volume des données apprises) et ses capacités de recherche sur Internet.
3. **Synthétiser** : le moteur d'IA générative peut résumer d'importantes quantités d'information en un résumé succinct, facilitant ainsi une compréhension rapide d'un sujet donné.
4. **Classifier** : le moteur d'IA générative peut être sollicité pour classer automatiquement des textes, des commentaires ou des données textuelles en différentes catégories basées sur leur contenu.
5. **Extraire** : la génération de texte constitue l'application la plus répandue. Le moteur d'IA générative est capable de produire divers types de contenus tels que des articles, des résumés, des scripts, des descriptions de produits, des poèmes, etc.
6. **Réécrire** : le moteur d'IA générative peut servir à reformuler ou réviser des textes afin de les rendre plus clairs, plus concis, ou adaptés à un style différent.
7. **Évaluer** : le moteur d'IA générative peut être utilisé comme un outil d'évaluation pour examiner des textes, des réponses ou des performances dans une variété de domaines, y compris l'apprentissage machine, la gestion des ressources humaines, et l'analyse critique de contenu. Cette fonctionnalité s'appuie sur les six capacités précédentes.

Ce découpage en fonctionnalités unitaires **ne reflète pas le fonctionnement interne réel du moteur d'IA générative** qui opère grâce à un **modèle d'IA complexe qui traite le langage de manière holistique**, sans segmenter explicitement ses tâches en catégories distinctes.



2. Applications Pratiques (Recherche et Rédaction)

Les LLM sont des outils puissants pour **structurer le travail intellectuel** :

<p>SYNTHESE</p> <ul style="list-style-type: none"> Résumer des articles scientifiques pour en extraire les points clés, faire un abstract. Synthétiser plusieurs sources / versions / paragraphes pour offrir une vue d'ensemble cohérente sur un sujet. Générer des résumés structurés à partir de données ou de résultats expérimentaux. 	<p>TRADUCTION</p> <ul style="list-style-type: none"> Traduire des articles, résumés ou autres documents scientifiques d'une langue à une autre tout en respectant la terminologie spécifique au domaine. Adapter les traductions pour qu'elles soient conformes aux normes linguistiques et stylistiques de la publication cible. Réintroduire une idée en français dans un paragraphe en anglais en demandant une harmonisation. 	<p>ELABORATION QUESTION DE RECHERCHE</p> <ul style="list-style-type: none"> Aider à formuler des questions de recherche claires, précises et pertinentes, en se basant sur un examen de la littérature existante. Proposer des pistes pour l'amélioration ou la redéfinition des hypothèses de recherche.
<p>REFORMULATION</p> <ul style="list-style-type: none"> Reformuler des phrases ou des paragraphes pour améliorer la clarté, la concision, ou pour éviter le plagiat. Modifier le ton ou le style de l'écriture pour s'adapter à différents publics ou revues scientifiques. 	<p>AMELIORATION STYLISTIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> Améliorer la fluidité et la lisibilité du texte pour s'assurer qu'il est accessible aux lecteurs non spécialistes. Adapter le style d'écriture aux exigences des revues scientifiques ou des institutions de financement. 	<p>APPEL A PROJET</p> <ul style="list-style-type: none"> Aider à la rédaction de la section de l'état de l'art en fournissant des références pertinentes et actuelles. Proposer des formulations pour les objectifs, la méthodologie, et les résultats attendus en fonction des critères de l'appel. Réviser et reformuler des propositions pour répondre exactement aux attentes de l'appel à projets, tout en respectant les contraintes de longueur.
<p>STRUCTURATION</p> <ul style="list-style-type: none"> Rédiger des introductions qui situent correctement le contexte et l'importance de l'étude. Formuler des conclusions qui récapitulent les résultats et les implications futures. Proposer une structure cohérente pour un article, en incluant les sections appropriées et la logique de leur enchaînement. Détailler les éléments à inclure dans chaque section pour garantir une couverture complète du sujet. 	<p>VALIDATION DE LA COHERENCE</p> <ul style="list-style-type: none"> Vérifier la cohérence entre les différentes sections d'un article, comme l'alignement entre l'introduction, la méthodologie, les résultats et la conclusion. S'assurer que les figures, tableaux et légendes sont en accord avec le texte et qu'ils sont correctement référencés. 	<p>LETTRE DE SOUMSSION</p> <ul style="list-style-type: none"> Rédiger des lettres de soumission pour des articles scientifiques, en mettant en avant les contributions originales et l'adéquation avec la revue choisie. Adapter les lettres de motivation pour des appels à projets en fonction des objectifs et des critères de sélection des financeurs.
<p>ANALYSE CRITIQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> Identifier les faiblesses ou les incohérences dans un argumentaire scientifique. Proposer des critiques constructives pour renforcer la rigueur d'une hypothèse ou la méthodologie employée. Comparer des articles scientifiques pour mettre en lumière des divergences ou convergences dans les résultats et conclusions. Challenger/structurer la discussion. 		

Domaine	Exemples d'usages
Rédaction	Reformulation pour éviter le plagiat, amélioration du style, structuration d'introductions/ conclusions.
Analyse	Synthèse d'articles scientifiques, analyse critique d'argumentaires, validation de la cohérence entre sections.
Assistance	Traduction spécialisée, aide à la formulation de questions de recherche, rédaction de lettres de soumission ou d'appels à projets.

À gauche, c'est le diapo du prof. À droite, juste au dessus de ce texte c'est un petit rajout de ma part pour vous aider (si cela ne vous aide pas, passez)

F) Retrieval Augmented Generation (RAG)

La **RAG** est considéré comme **la technique la plus importante** développée dans le domaine des LLM au cours des deux dernières années.

Elle permet aux LLM **d'accéder à vos données ou documents pour répondre à n'importe quelle question**, surmontant ainsi des limitations telles que la coupure des connaissances dans les données d'entraînement.

En accédant à un ensemble de données plus large, le modèle est à jour et peut couvrir un large éventail de sujets.

Phase 1 : Préparation des données

Avant que le système ne soit opérationnel, il faut préparer les connaissances.

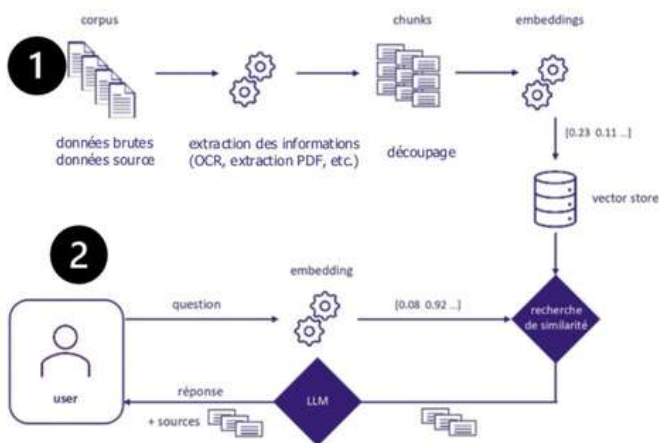
Les documents du corpus (par exemple les textes du site Légifrance pour un RAG « législatif ») sont découpés en courts passages dont le contenu sémantique a été préalablement représenté, lui-aussi, **sous forme de vecteur**. Ces vecteurs sont **stockés dans une base** spécifiquement conçue pour les calculs vectoriels.

- **Corpus et Extraction** : les données brutes et les données source sont collectés et les informations en sont extraites
- **Découpage (Chunks)** : les textes sont découpés en courts passages
- **Embedding** : le contenu sémantique de chaque passage est converti en vecteurs
- **Stockage** : ces vecteurs sont stockés dans une base de données vectorielle conçue pour des calculs rapides de similarité

Phase 2 : RAG Retrieval Augmented Generation (fonctionnement de la requête)

Lorsqu'un utilisateur pose une question, le processus suit **cinq étapes clés** :

1. **Question** : l'utilisateur pose la question « Quelle est la vitesse maximale autorisée en voiture sur autoroute ? »
2. **Embedding de texte** : cette question est **convertie en vecteur**, c'est-à-dire en séquence numérique ; cette représentation vectorielle est conçue pour capturer la signification de la question
3. **Recherche** : un module de recherche **compare le vecteur de la question avec ceux de la base de données** (mesures de similarité) et sélectionne les extraits les plus proches
4. **Réponse** : le LLM utilise **la question et les extraits récupérés pour générer une réponse pertinente**. La réponse générée est « La vitesse maximale autorisée en voiture sur autoroute est de 130km/h ». La réponse peut être aussi accompagnée des sources provenant de la base de données.
5. **Évaluation** : cette réponse est ensuite **évaluée par un module d'évaluation pour garantir sa pertinence et sa précision**. L'évaluation permet une amélioration continue du RAG.



Récapitul de Nono

Contrairement à un LLM classique qui répond uniquement sur la base de ce qu'il a "appris" par cœur, le **RAG fonctionne comme un examen "à livre ouvert"** : il va chercher l'information fiable dans une bibliothèque avant de rédiger sa réponse. +++

II) DANS QUELLE APPLICATION ?

A) Top 10 d'application de l'IA

1. Frost and Sullivan 2022 (Maturité vs Valeur):

Les technologies présentant à la fois une forte valeur ajoutée et une maturité de marché élevée sont :

- ♥ **Le support à la décision clinique**
- ♥ **L'imagerie médicale et le diagnostic**
- ♥ **L'analyse des risques et les perspectives prédictives**
- ♥ **La recherche et la découverte de nouveaux médicaments**



2. Impact économique du marché :

Le bénéfice total annuel est estimé à environ 150 milliards de dollars.



Par exemple, dans la chirurgie assistée par robot, la valeur est estimée à 40 milliards de dollars, ou encore dans les assistants virtuels des soins infirmiers la valeur est estimée à 20 milliards de dollars.

3. Domaines d'application de l'IA en santé :

L'IA s'intègre dans tous les piliers de la médecine moderne :

- ♥ **Médecine prédictive** : Anticiper l'apparition ou l'évolution d'une maladie.
- ♥ **Médecine de précision** : Recommander des traitements personnalisés.
- ♥ **Aide à la décision** : Support au diagnostic et choix thérapeutiques.
- ♥ **Chirurgie assistée** : Utilisation de robots ou d'assistance par ordinateur.
- ♥ **Prévention & Vigilance** : Anticipation d'épidémies et pharmacovigilance.
- ♥ **Robotique sociale** : Robots compagnons pour les personnes âgées ou fragiles.



Le tutorat niçois est gratuit et génial. Toute reproduction ou vente est interdite.

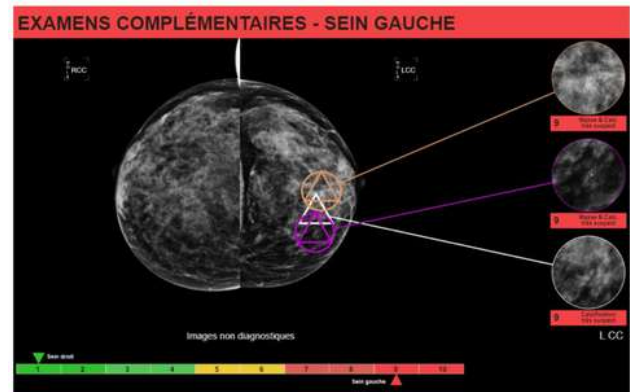
B) Prédiction, détection et diagnostic

L'intelligence artificielle transforme le diagnostic médical en apportant une précision accrue dans l'analyse de l'imagerie et le calcul des risques.

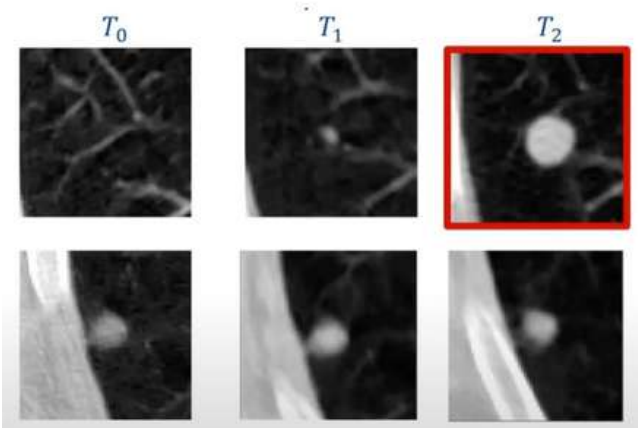
1. Applications Majeures en Oncologie (Cancers)

L'IA améliore la détection précoce et le suivi personnalisé pour plusieurs pathologies :

Cancer du sein : elle assiste les radiologues dans l'analyse des mammographies et permet d'établir un calcul de risque personnalisé pour chaque patiente.



Cancer du poumon : elle facilite le suivi de l'évolution temporelle des nodules suspects (comparaison des stades T_0, T_1, T_2).



Cancer du colon : l'IA excelle dans la segmentation des polypes lors des coloscopies, avec des taux de réussite de 94,2 % (sur CVC-ClinicDB) et 92,2 % (sur Kvasir-SEG)..

Autres cancers : des outils sont également développés pour le diagnostic du mélanome (peau) et du cancer de la vessie.



2. La Segmentation d'Image : Un Outil Vital

La segmentation est la capacité des systèmes d'IA à **isoler précisément des objets d'intérêt** (organes, lésions, tumeurs) au sein **d'une image médicale**.

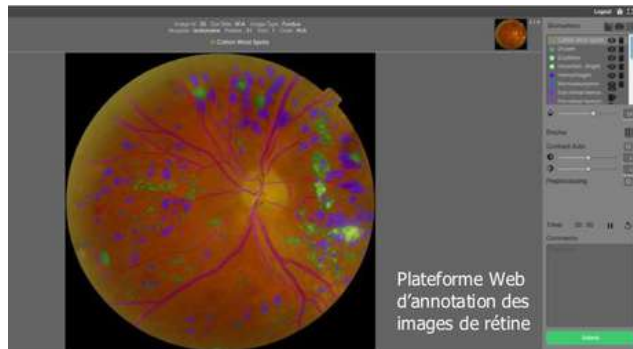
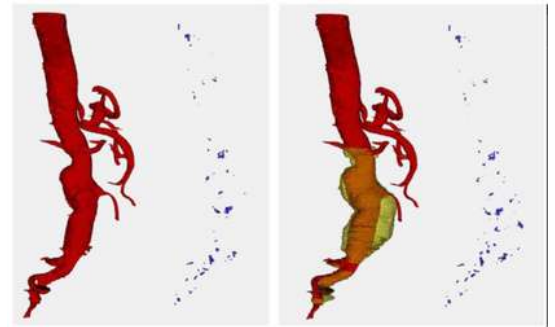
♥ **Efficacité clinique** : cette automatisation permet de fluidifier les diagnostics.

♥ **Relation patient** : en réduisant le temps passé par le médecin sur les tâches techniques de diagnostic, l'IA libère du temps pour le soin et l'échange avec le patient.

3. Diversification du Diagnostic

L'IA s'étend à d'autres domaines critiques pour la santé :

♥ **Cardiovasculaire** : Utilisation de pipelines automatisés pour le dépistage et la mesure des **anévrismes aortiques** par segmentation d'image.



♥ **Ophthalmologie** : Déploiement de plateformes web d'annotation pour le dépistage de la **rétinopathie diabétique**, permettant une analyse fine des images de la rétine.

Récapitul de Nono :

Dans ces domaines, l'IA agit comme une "paire des yeux" supplémentaire infatigable. **Elle ne remplace pas le praticien mais lui fournit des mesures quantitatives** (scores, pourcentages, délimitations) pour sécuriser sa décision finale.

C) Optimisation, sécurité, conseil

1. Vers une Médecine Personnalisée : Le Jumeau Numérique

La médecine moderne tend vers la personnalisation extrême pour éviter les erreurs. En effet, on estime qu'un **manque de personnalisation est impliqué dans 36% des erreurs médicamenteuses**.

♥ **La Pharmaco-génétique** : cette discipline utilise la combinaison de données génétiques, pharmaceutiques et informatiques. L'objectif est de **prescrire des médicaments sur mesure** en fonction du profil génétique ou du degré de maladie d'un patient. C'est l'idée de "la bonne dose pour le bon patient".

♥ **Le concept de "Digital Twin" (Jumeau Numérique)**

Le système **ExactCure®** illustre parfaitement cette avancée. Il s'agit de créer un **jumeau numérique** pour simuler la concentration de médicaments dans le sang. En se basant sur les caractéristiques personnelles (poids, statut rénal, génotype...), l'IA **prédit la réponse de chaque individu à son traitement**, permettant ainsi d'anticiper les sous-dosages ou les surdosages.



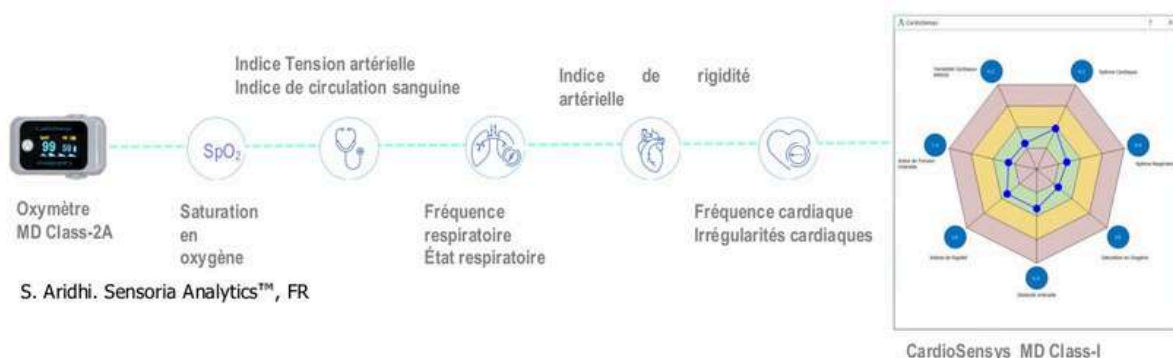
2. IoT et mHealth : Le Patient Connecté

L'utilisation de données issues du quantify-self et de l'IoT (Internet of Things) permet un suivi en temps réel, appelé **mHealth (santé mobile)**.

♥ **Le suivi chronique** : Le glucomètre connecté permet au diabétique de suivre sa glycémie en continu.

♥ **Le diagnostic prédictif** : L'oxymètre de pouls, couplé à des inférences dérivées, permet d'évaluer les risques cardio-vasculaires (via Sensoria Analytics®).

La technologie **CardioSensys® (certifiée Dispositif Médical Classe I)** est un exemple de dispositif non invasif. Elle couple un oxymètre connecté à des algorithmes d'IA pour évaluer immédiatement le risque cardio-vasculaire et respiratoire en mesurant des indices tels que la rigidité artérielle ou la saturation en oxygène (SpO₂).



3. La Révolution de la Communication : Chatbots et NLP

L'un des piliers de l'IA moderne en santé repose sur **l'agent (ou robot) conversationnel (chatbot) utilisant les techniques de NLP (Natural Language Processing)**. Le **NLP** est la discipline qui permet à la machine de comprendre et d'interagir en langage humain.

Ces outils sont principalement utilisés **pour orienter le patient au sein d'une plateforme de télémédecine**. Leurs applications sont variées :

- ♥ **En amont** : consultations de pré-anesthésie ou évaluation des besoins durant la pandémie Covid-19
- ♥ **En spécialité** : consultations à distance en dermatologie
- ♥ **En suivi** : dialogue par SMS avec les patients avant et après une consultation
- ♥ **En urgence** : aide au triage des patients arrivant aux urgences d'un hôpital

On retrouve également des applications thématiques comme **Dr Proktor® (Plateforme Algho de QuestIt™)**, un agent dédié à la **proctologie pour répondre aux questions spécifiques des patients sur cette pathologie**.



4. L'Innovation Technique : Chirurgie et Réalité Étendue

L'IA s'invite également au bloc opératoire via **la chirurgie robotique**. Si elle engendre des surcoûts, elle permet une **réduction significative des complications**. Ces robots utilisent l'IA pour analyser les données des opérations passées afin d'optimiser les gestes chirurgicaux futurs.

Parallèlement, deux technologies transforment la pratique :

- ♥ **La Réalité Augmentée** : offre une **guidance per-opératoire** (superposition d'images virtuelles sur le corps réel du patient pendant l'opération)
- ♥ **La Réalité Virtuelle** : utilisée pour la **formation par simulation**, permettant aux étudiants de s'exercer sans risque

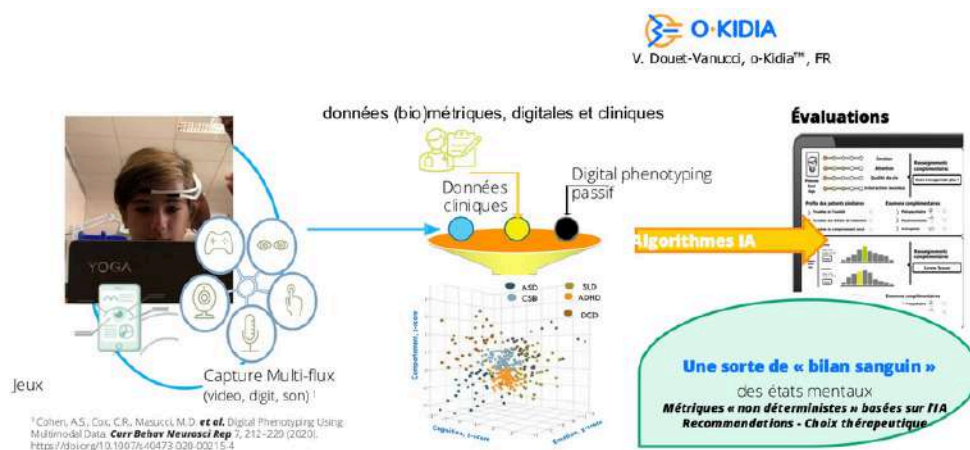
5. Recherche, Épidémiologie et Santé Mentale

L'IA accélère enfin la **recherche fondamentale et clinique**.

♥ **Essais cliniques in silico** : il s'agit de tester des molécules sur des modèles informatiques avant de passer aux tests humains, ce qui accélère considérablement le développement de médicaments

♥ **IA et Émotions** : le **projet InnovPain** (CHU de Nice) utilise une base d'images de patients exprimant la douleur pour mieux la quantifier et la prendre en charge

♥ **Épidémiologie digitale** : la détection des **troubles du neurodéveloppement (projet O-KIDIA)** repose sur la capture multi-flux (vidéo, son, jeux). Cela permet de réaliser un "**digital phenotyping**", sorte de « bilan sanguin » des états mentaux basé sur des métriques non déterministes.



D) Données structurées vs non structurées

1. Le Défi des Données : Structurées vs Non Structurées

Pour comprendre l'impact de l'IA, il faut **distinguer deux types de données** présentes dans les dossiers médicaux :

♥ **Les données structurées** : ce sont les informations organisées dans des formulaires ou des bases de données rigides (cases à cocher, codes de diagnostic)

♥ **Les données non structurées** (texte clinique) : il s'agit du texte libre rédigé par les médecins lors des consultations

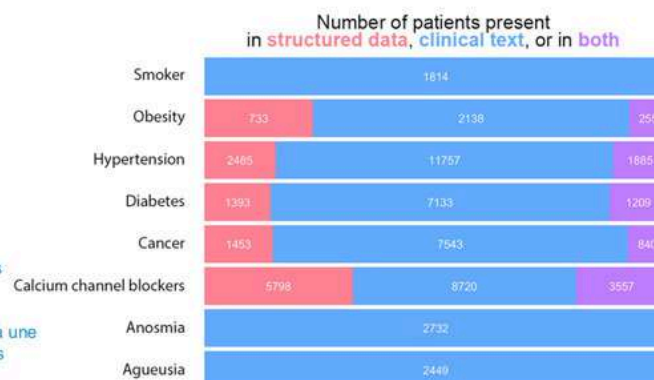
Identifier les patients COVID avec hypertension recevant des inhibiteurs calciques EDS AP-HP 39 hôpitaux 1^{ère} vague COVID

Si on compare aux données structurées, le NLP augmente le **nombre de patients éligibles X 3**

La quantité d'information sur le traitement médicamenteux **multipliée par 7**

La quantité d'information sur les autres phénotypes **multipliée par 12**

Utilisation des inhibiteurs calciques était associée à une diminution de la mortalité intra-hospitalière chez les patients COVID



Étude de cas : La COVID-19 à l'AP-HP

Une étude menée par Neuraz A. et al. sur 39 hôpitaux de l'AP-HP lors de la première vague COVID illustre **l'importance capitale du NLP (Natural Language Processing) pour exploiter ces textes**. L'objectif était d'identifier les patients hypertendus recevant des inhibiteurs calciques.

Les résultats démontrent que l'utilisation du NLP pour analyser le texte clinique change radicalement la donne :

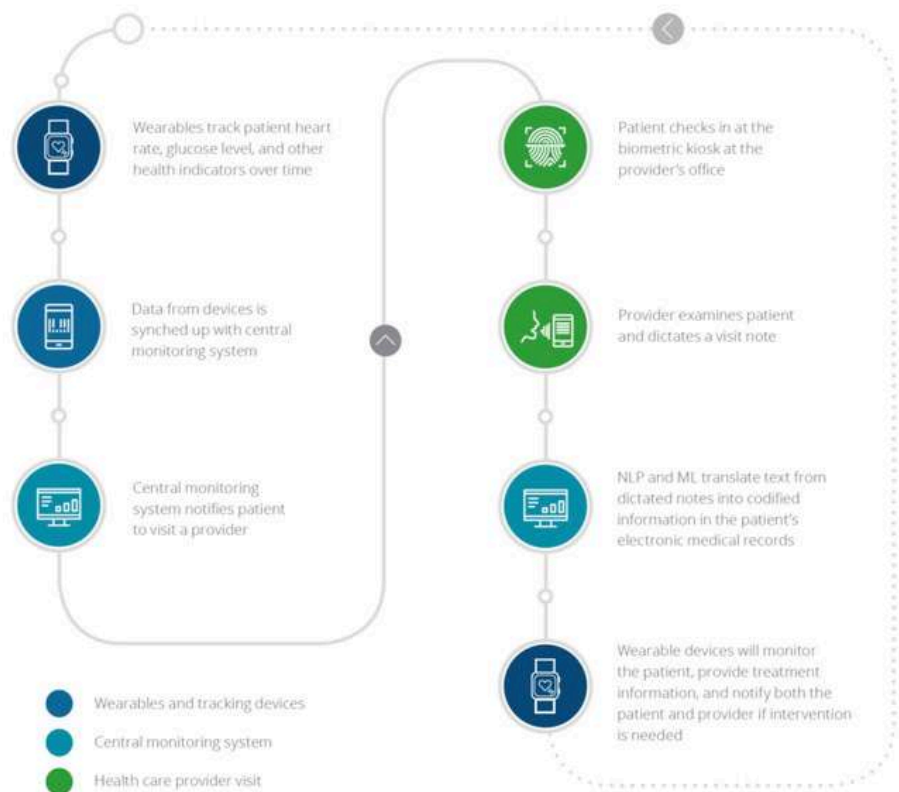
- ♥ Le nombre de patients éligibles identifiés a été multiplié par 3 par rapport aux seules données structurées.
- ♥ La richesse des informations sur les traitements médicamenteux a été multipliée par 7.
- ♥ Pour certains phénotypes (caractéristiques des patients), la quantité d'informations a été multipliée par 12.

Plus frappant encore, des symptômes comme **l'anosmie** (perte d'odorat) ou **l'agueusie** (perte de goût) **ne figuraient quasiment jamais dans les données structurées** ; ils n'étaient retrouvés **que dans le texte clinique**. Cette analyse a permis de confirmer que l'utilisation de ces médicaments était associée à une diminution de la mortalité intra-hospitalière chez ces patients.

Patient self-service benefits



Source : The future of artificial intelligence in health care.
Deloitte, 2019



2. Optimisation de l'Expérience Patient (Self-Service)

L'IA et le numérique transforment également **l'administration de la santé**, créant un système dit de "libre-service" qui bénéficie à tous les acteurs :

- ♥ **Bénéfices pour les hôpitaux** : réduction drastique des coûts et des temps d'attente, diminution du risque d'erreurs, facilitation des options de paiement et amélioration globale de la satisfaction des usagers
- ♥ **Bénéfices pour les patients** : plus de choix et de commodité dans le parcours, une planification des rendez-vous simplifiée et beaucoup moins de temps perdu à remplir des formulaires répétitifs

3. Le Parcours de Soin Connecté : Un Cycle Proactif

Selon les analyses de Deloitte (2019), le parcours de soin devient un **cycle continu et intelligent** grâce à **l'interconnexion des outils** :

- ♥ **Monitoring initial** : des wearables (objets connectés) suivent les indicateurs de santé (rythme cardiaque, glucose) du patient au quotidien
- ♥ **Alerte et Notification** : ces données sont synchronisées avec un système central qui peut notifier le patient de la nécessité de consulter un professionnel si une anomalie est détectée
- ♥ **Accueil Biométrique** : à son arrivée au cabinet, le patient s'identifie via un kiosque biométrique pour accélérer son enregistrement
- ♥ **Consultation Augmentée** : pendant l'examen, le médecin dicte ses notes de visite
- ♥ **Codification par IA** : des algorithmes de NLP et de Machine Learning traduisent instantanément ces notes dictées en informations codifiées, enrichissant automatiquement le dossier médical électronique du patient
- ♥ **Suivi Post-Consultation** : les objets connectés continuent de surveiller le patient après sa visite, alertant le médecin en cas de besoin d'intervention rapide



III. QUELLES CONTRAINTES ?

A) Les Défis et Contraintes de l'Intelligence Artificielle

L'intégration de l'IA n'est pas sans obstacles majeurs, qu'ils soient techniques ou réglementaires

♥ **Le phénomène de la « boîte noire »** : pour être acceptables cliniquement, les décisions d'un algorithme doivent pouvoir être comprises, donc expliquées. Dans certains cas, des systèmes d'IA proposent des solutions qu'il est impossible d'expliquer. Comment endosser la responsabilité de la décision médicale ?

♥ **Les préoccupations systémiques** : tous les acteurs (professionnels, patients, assureurs, laboratoires) sont parties prenantes dans l'adoption de l'IA mais se comportent différemment face à la technologie : **qualité des données**

♥ **Conformité et Sécurité** : l'IA ne peut se développer qu'avec des volumes très importants de données. Il faut trouver le juste **équilibre entre usage, accès et sécurité des données de santé**. La collecte et l'usage de données de santé sont soumis à un certain nombre de lois telles que le **RGPD**. Une réglementation des dispositifs médicaux intégrant de l'intelligence artificielle doit **être suivie** (européenne ou américaine).

Récapitul de Nono :

L'IA doit être un **support à la décision** (decision-support) dans un contexte **d'incertitude** (uncertainty), **s'appuyer sur des preuves** (evidence-based), utiliser des **données de qualité** (quality of data) et respecter des **obligations éthiques strictes**.

B) La Complexité du Diagnostic et la Gestion de l'Incertain

Le diagnostic n'est pas une simple réponse binaire, mais une **tâche cognitive complexe**.

Il repose sur **deux étapes essentielles de raisonnement logique et de pattern recognition** :

♥ **L'énumération** : le clinicien liste les probabilités diagnostiques initiales (probabilité pré-test)

♥ **L'intégration** : il met à jour ces probabilités avec de nouvelles informations pour exclure des hypothèses et confirmer le diagnostic final (probabilité post-test)

L'incertitude est représentée par les limites intrinsèques de la connaissance scientifique et médicale. Elle est liée à la **subjectivité de la clinique, aux difficultés de diagnostic ; à la difficulté d'adapter le savoir théorique** (fondé sur les preuves via l'EBM) aux cas particuliers du malade ; l'incertitude est aussi représentée au **niveau relationnel** en fondant la singularité du lien, du rapport entre le médecin et le patient



C) Evidence-based ?

L'objectif des chercheurs qui travaillent sur des projets d'IA n'est pas de remplacer les médecins, mais **de les aider à mieux diagnostiquer, mieux soigner et mieux anticiper les risques.**

Il existe des preuves de concept que l'IA peut être utile en santé mais comme tout nouvel outil, l'IA va modifier la façon dont le travail est organisé. **Plus un outil est sophistiqué, plus il modifie en profondeur l'organisation préalable** et peut générer des alertes inutiles ou infondées.

Cela peut entraîner des **conséquences sur la relation patient/médecin et l'émergence de nouveaux enjeux éthiques.**

D) Éthique et Médecine Fondée sur les Preuves (EBM).

Pour être durable, la **gestion de l'IA doit reposer sur cinq piliers éthiques :**

1. **Équité** : Les systèmes d'IA doivent traiter toutes les personnes de manière équitable
2. **Fiabilité** : Les systèmes d'IA doivent être fiables et sûrs
3. **Confidentialité et sécurité** : Les systèmes d'IA doivent être sécurisés et respecter la vie privée
4. **Inclusion** : Les systèmes d'IA doivent donner à chacun les moyens d'agir et impliquer les gens
5. **Transparence et Responsabilité**

E) Conclusion : Vers une IA "By Design"

Les données, les techniques et l'éthique doivent être **intégrées dès la conception des outils (by design)**. **La qualité des données de vie réelle est le cœur du système.** Il faut favoriser **l'expérimentation pour le dépistage et la prédiction**, tout en garantissant une **décision partagée avec le patient.**

C'est la fin de ce cours et c'était la dernière fiche (je suis émue)... Si vous avez des questions à propos de ce cours n'hésitez pas à les poser sur le forum. Je vous prépare un DM pour vous aider à vous entraîner sur ce nouveau cours. N'oubliez surtout pas que vous êtes des warriors !!

Place à mes dernières dédicaces...

- Dédi à **mes fillots** : je ne vous cite pas (#FamillesNombreuses) vous vous reconnaîtrez, je crois fort en vous et ne lâchez rien, vous êtes les meilleurs !! 🍷
- Dédi à **tous les p1 que je connais**, j'espère tous vous voir en p2 !!
- Dédi au **Lycée Carnot à Cannes**, à Monsieur **CARTIER** le meilleur prof de SVT (je le faisais rire en ne faisant strictement rien, c'est mon flex), à Monsieur **MORALES** le meilleur prof d'EPS et à Madame **MAES** la meilleure prof de maths avec qui j'ai fait un bowling (c'était banger)
- Dédi à **ma prof d'espagnol en 5eme** qui m'avait dit que je ferai un excellent medecin lors d'un de mes exposés (comme quoi l'impact des mots des profs est très important)



- Dédi à **Staccini**
- Dédi à mes co-tuts : **Emilie et Anaïs**, la team de choc
- Dédi à la **Santé Publique**
- Dédi à la **Santé Numérique**
- Dédi à mes **cousins** qui sont aussi fous que moi (je comprends maintenant pourquoi ma mamie ne voulait pas nous garder tous les 3 en même temps)
- Dédi aux **Sudokus**
- Dédi à mon **anniversaire** que j'ai fêté un peu trop de fois à mon goût
- Anti-dedi à la **musique** « nous te souhaitons un joyeux anniversaire » je suis trauma
- Anti-dedi à l'**A, BDO, Suzuki**
- Anti-dedi à mon **prof de français** en première qui était un hater j'ai pas d'autres arguments,
- Anti-dedi à mon **prof d'EPS** en première qui ne m'avait pas cru quand je lui ai dit que je faisais une crise d'asthme en plein 3x500m



***COURAGE POUR CETTE DERNIÈRE LIGNE DROITE,
VOUS ÊTES LES PLUS FORTS <3***

