

ACADÉMIE D'ORLÉANS-TOURS

UNIVERSITÉ DE TOURS

FACULTE DE PHARMACIE « Philippe-Maupas »

Année : 2025 - 2026

N° 54

THÈSE D'EXERCICE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Par

Abdallah BERRADIA

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 30 juin 2026

Les impacts de l'intelligence artificielle sur la gestion des officines

JURY :

Président : M. TAUBER Clovis, Professeur des universités, Faculté de Pharmacie – TOURS

Membres :

M. JUSTE Matthieu, Pharmacien, Maître de Conférences, directeur adjoint de la Faculté de Pharmacie, TOURS

M. MONMARCHÉ Nicolas, Enseignant chercheur, Maître de conférence à l'école d'ingénieur polytechnique, TOURS

Mme LALANDE Claire, Pharmacien d'officine, Pharmacie des Atlantes, Saint-Pierre-des-Corps

M. KERGOSIEN Yannick, Ingénieur en informatique, Maître de Conférences à l'école d'ingénieur polytechnique, TOURS

ANNEE : 2025 - 2026

Directeur : Pr Denys BRAND

Directeur Adjoint : M. Matthieu JUSTE

**Assesseurs : M. Gildas PRIE, Mme Amélie FOUCAULT, Mme Emilie ALLARD-VANNIER, M. Bruno GIRAUDEAU,
Mme Claire POUPLARD, Mme Audrey OUDIN, Mme GERMON Stéphanie**

ENSEIGNANTS

18 PROFESSEURS D'UNIVERSITÉ

ALLARD-VANNIER	Emilie	PHARMACIE GALENIQUE
ALLOUCHI	Hassan	CHIMIE PHYSIQUE
BOUDESOCQUE-DELAYE	Leslie	PHARMACOGNOSIE
BRAND	Denys	MICROBIOLOGIE
BRAIBANT	Martine	MICROBIOLOGIE
CHEVALIER	Stéphane	BIOCHIMIE GENERALE & BIOTHERAPIE
CHOURPA	Igor	CHIMIE ANALYTIQUE
CLASTRE	Marc	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
DENEVAULT	Caroline	CHIMIE THERAPEUTIQUE
DIMIER-POISSON	Isabelle	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-
DUMAS	Jean-François	BIOCHIMIE GENERALE ET BIOTHERAPIE
ENGUEHARD-GUEIFFIER	Cécile	CHIMIE THERAPEUTIQUE
MAHEO	Karine	PHYSIOLOGIE
MAUPOIL-DAVID	Veronique	PHARMACOLOGIE
MUNNIER	Émilie	PHARMACIE GALENIQUE
TAUBER	Clovis	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
VELGE-ROUSSEL	Florence	IMMUNOLOGIE PARASITAIRE
VIAUD-MASSUARD	Marie-Claude	CHIMIE ORGANIQUE

6 PROFESSEURS D'UNIVERSITÉ ET PRATICIENS HOSPITALIERS

ANTIER	Daniel	PHARMACIE CLINIQUE
ARLICOT	Nicolas	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
EMOND	Patrick	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
GIRAUDEAU	Bruno	SANTÉ PUBLIQUE, BIostatistique & ÉPIDÉMIOLOGIE
LANOTTE	Philippe	MICROBIOLOGIE
POUPLARD	Claire	HEMATOLOGIE

2 PROFESSEURS ÉMERITES

BARIN	Francis	MICROBIOLOGIE
THIBAUT	Gilles	IMMUNOLOGIE

31 MAITRES DE CONFÉRENCES

AUBREY	Nicolas	BIOCHIMIE GENERALE & BIOTHERAPIE
BESSON	Pierre	PHYSIOLOGIE
BIRER-WILLIAMS	Caroline	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE

BONNIER (disponibilité)	Franck	CHIMIE ANALYTIQUE
BORDY	Romain	PHARMACOLOGIE & TOXICOLOGIE
BREDELOUX	Pierre	PHARMACOLOGIE
DAVID	Stéphanie	PHARMACIE GALENIQUE
DEBIERRE-GROCKIEGO	Françoise	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-
DELAYE	Pierre-Olivier	CHIMIE THERAPEUTIQUE
DOUZIECH-EYROLLES	Laurence	AFFAIRE REGLEMENTAIRE ET MANAGEMENT DE LA QUALITE
GERMON	Stéphanie	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-
GLEVAREC	Gaëlle	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
HERVE-AUBERT	Katel	CHIMIE ANALYTIQUE
JUSTE	Matthieu	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-
LAJOIE	Laurie	IMMUNOLOGIE
LANNOY	Damien	GALENIQUE
LANOUE	Arnaud	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
MARC	Jillian	BIOMOLECULES ET BIOTECHNOLOGIES VEGETALES
MAVEL	Sylvie	CHIMIE THERAPEUTIQUE
UDIN	Audrey	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
POUPET	Cyril	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
PASQUALIN	Côme	PHARMACOLOGIE
PRIE	Gildas	CHIMIE ORGANIQUE
SAHLI	Ramla	PHARMACOGNOSIE
SIEROCKI	Pierre	CHIMIE ORGANIQUE
SOUCE	Martin	CHIMIE ANALYTIQUE
VERCOUILLIE	Johnny	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
VERGER	Alexis	PHARMACIE GALENIQUE
VERGOTE	Jackie	AFFAIRE REGLEMENTAIRE ET MANAGEMENT DE LA QUALITE
VIERRON	Emilie	SANTÉ PUBLIQUE, BIostatistique & ÉPIDÉMIologie
ZHANG	Bei-Li	PHARMACOLOGIE

1 MAST

CAMUS GABRIEL	Mathilde	<i>Filière Officine</i>
---------------	----------	-------------------------

1 EAST

CHOTTIN	Emilie	<i>Pharmacologie</i>
SENECHAL	Olivier	<i>Pharmacologie</i>

5 MAITRES DE CONFÉRENCES ET PRATICIENS HOSPITALIERS

FOUCAULT-FRUCHARD	Laura PHARMACIE CLINIQUE
FOUCAULT	Amélie HEMATOLOGIE
MARLET	Julien MICROBIOLOGIE
POUPIN	Pierre SANTÉ PUBLIQUE, BIostatistique & ÉPIDÉMIologie
VEYRAT DUREBEX	Charlotte BIOCHIMIE CLINIQUE

3 AHU (Assistant Hospitalier Universitaire)

BOULARD	Pierre	IMMUNOLOGIE
DOUEZ	Emmanuel	PHARMACIE GALENIQUE
TULOUF	Vianney	PHARMACIE CLINIQUE

2 ATER

DUSSART	Romain	CHIMIE ANALYTIQUE
PIATELLI	Emma	MICROBIOLOGIE - BACTERIOLOGIE

1 PRAG

WALTERS-GALOPIN	Susan	ANGLAIS
------------------------	--------------	---------

1 CONTRAT D'ENSEIGNEMENT

THIERNEY	Mégane	ANGLAIS
-----------------	---------------	---------

3 CHARGÉS DE RECHERCHE

EPARDAUD	Mathieu	INRAE
MEVELEC	Marie-Noëlle	INRAE
MOIRE	Nathalie	INRAE



SERMENT DE GALIEN

En présence des Maîtres de la Faculté, je fais le serment :

D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité ;

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels ;

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession ;

De faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens ;

De coopérer avec les autres professionnels de santé ;

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

Date : Mardi 30 juin 2016

L'étudiant

N. BERRADIA Abdallah

Le Doyen de la Faculté

Professeur Denys BRAND

Remerciements :

A mon directeur de thèse, Docteur Matthieu Juste, pour avoir accepté de m'encadrer sur cette thèse et pour ses précieux conseils.

A mes co-directeurs de thèse Yannick Kergosien et Nicolas Monmarché, pour leur patience, leur aide, et leurs conseils. Merci d'avoir permis à cette thèse d'exister.

A mon jury, composé de mes directeurs de thèse ainsi que de Claire Lalande, pharmacienne d'officine.

Mr Taubert Clovis, d'avoir accepté de présider ce jury.

Mes parents, pour leur soutien inconditionnel pendant ces sept années d'études. Merci d'avoir toujours cru en moi, merci pour vos sacrifices, je vous en serai éternellement reconnaissant.

Amine, Mon petit frère, pour m'avoir motivé quand j'en avais besoin et pour tous ces moments partagés que je n'oublierai jamais.

Tasnime, ma petite sœur, pour ta bonne humeur contagieuse, merci pour ton soutien.

Mes amis, koussay, Tom, Nawfel, Mael, Hugo, Thomas, Loïck, Yannick, Mathéo, Loic, Sahar, Camille, pour votre aide et amitié indéfectible.

La pharmacie des Atlantes, Thomas (mon binôme), Claire, Christine, Jaqueline, Sophie, Carole, Ahmed, Omar, Lucas, Marine, Noelle, Brigitte, Fatiha, Jérôme, Karenne, Madame Montier, Peggy, Celine. Merci pour votre accueil, votre gentillesse, et la formation. Depuis la 3^{ème} année, j'ai presque tout appris à vos côtés et je vous en suis reconnaissant.

Table des matières

Liste des figures	9
Liste des abréviations :.....	9
I. Introduction.....	10
II. Les fondements de l'intelligence artificielle et son introduction dans la pharmacie d'officine	11
2.1. Présentation de l'intelligence artificielle	11
2.1.1. Définitions et types d'IA.....	11
2.1.2. Histoire de l'intelligence artificielle.....	13
2.2. Les principales techniques de l'intelligence artificielle.....	18
2.2.1. Les systèmes experts.....	18
2.2.2. La logique floue :.....	20
2.2.3. Le machine Learning	22
2.2.4. Le Deep Learning :	24
2.2.5. Les <i>Large Language Models (LLM)</i> :.....	32
2.2.6. Comparaison Deep Learning vs Machine Learning :.....	33
III. L'officine pharmaceutique à l'ère du numérique.....	34
3.1. Évolution de la pharmacie traditionnelle à la pharmacie digitale :.....	34
IV. Les impacts de l'IA sur la gestion des officines	38
4.1. L'impact de l'IA sur la gestion des stocks et de la logistique.....	38
4.1.1. Automatisation et gestion des approvisionnements :	38
4.1.2. Les avantages :	41
4.1.3. Les inconvénients :.....	42
4.2. L'IA et la gestion de la relation client/patient :.....	42
4.2.1. Les chatbots :	42
4.2.2. Utilisation d'un Chatbot en officine :	45
4.3. L'IA dans la gestion financière et commerciale des officines :	48
4.3.1. Optimisation des marges grâce à l'analyse prédictive des ventes :	48
4.3.2. Stratégies de tarification dynamique basées sur l'IA.	50
4.4. L'IA dans la sécurité lors de la délivrance des médicaments :.....	52
V. Les défis, limites et perspectives de l'IA dans la gestion des officines :.....	62
5.1. Les défis d'adoption de l'IA dans les officines :.....	62
5.2. Coût énergétique et financier des IA :.....	66
5.3. Les dangers et risques de l'IA dans les officines :.....	67
5.3.1. Préjugés :	67
5.3.2. Fiabilité :.....	68
5.3.3. Hallucination :.....	68
5.3.4. Ethique :.....	68
5.3.5. Confidentialité :.....	68
5.3.6. Embauche et accès à l'emploi :	69
5.4. Perspectives et recommandations :	70

5.5.	L'évolution du rôle du pharmacien face à l'IA :	71
VI.	Étude :	74
6.1.	Méthodologie :	74
6.2.	Résultats :	74
6.3.	Analyse des réponses, conclusion, discussion :	77
VII.	Conclusion :	79
	Bibliographie :	81

Liste des figures

Figure 1 : représentation schématique du système DENDRAL [13]	15
Figure 2. Représentation schématique du fonctionnement d'un système expert [24]	19
Figure 3. Représentation schématique des différentes formes de la fonction d'appartenance [79]	20
Figure 4. Structure d'un régulateur flou [26].....	22
Figure 5. Schéma légendé de la forme d'un neurone [66].....	25
Figure 6. Schéma représentant différentes couches de nœuds dans un réseau de neurones [67].....	25
Figure 7. Schéma d'un réseau de neurones simplifié composé de deux neurones d'entrée et un de sortie.	26
Figure 8. Réseau de neurones formels de type perceptron multicouche [70]	28
Figure 9. Exemple de modèle CNN [69]	29
Figure 10. Schéma simplifié d'un réseau de neurones récurrents [73].....	30
Figure 11. Schéma d'un neurone LSTM comprenant une mémoire interne (cell) contrôlée par les trois portes d'entrée (input), d'oubli (forget) et de sortie (output) [72]	31
Figure 12. Chronologie de la numérisation des officines [83,84,85]	37
Figure 13. Interface d'Aumet représentant le tableau de bord [86].....	40
Figure 14. Interface d'accueil du LGO id. [source : pharmacie du Coteau].....	46
Figure 15. Visuel de l'interaction entre le Chatbot ID assistant et un utilisateur. [Source : pharmacie du Coteau].....	46
Figure 16. Evaluation prospective - Schéma du flux de travail [32]	56
Figure 17. Flux de travail de traitement des ordonnances et aperçu de haut niveau de MEDIC [32].	60
Figure 18. Fiche de prévention contre la désinformation et l'IA, destiné aux patients [91,92,93]	73
Figure 19. Représentation graphique des résultats de la question "a"	74
Figure 20. Représentation graphique des résultats de la question "b"	75
Figure 21. Représentation graphique des résultats de la question "c".....	75
Figure 22. Représentation graphique des résultats de la question "d"	76
Figure 23. Représentation graphique des résultats de la question "e"	76

Liste des abréviations :

- IA : intelligence artificielle
- LGO : logiciel de gestion officinal
- CNN : convolutional neural network
- LLM : Large language model
- RNN : Recurrent neural network
- LSTM : Long Short Term Memory
- OTC : over the counter (médicament libre accès)
- GPU : Graphics Processing unit
- ML : Machine Learning
- DL : Deep Learning
- CSRP : chambre syndicale de la répartition pharmaceutique
- OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques
- GRU : Gated Recurrent Unit
- DSSIS : délégation à la stratégie des systèmes de santé d'information de santé

I. Introduction

« La création d'une intelligence artificielle serait le plus grand événement de l'histoire de l'humanité. Mais il pourrait aussi être l'ultime. » (Stephen Hawking)

Après l'arrivée de la robotique, de l'informatique et d'internet qui ont bouleversé le monde et modifié tous les domaines, nous sommes à l'aube d'une nouvelle révolution, une nouvelle ère qui changera nos codes, notre manière d'aborder les problèmes du quotidien et, à plus grande échelle, tout le fonctionnement du monde.

Ordinateur, montre, smartphone et même les réfrigérateurs, sont toutes des machines qui nous sont familières. Toutes, sont devenues capables de simuler une intelligence et peuvent actuellement répondre aux demandes humaines, relier les points de données, accomplir la tâche, en tirer des conclusions, et ceci en apprenant et se renouvelant à chaque utilisation, avec une capacité de simulation de raisonnement et de planification.

Cette nouvelle technologie pourrait révolutionner tous les secteurs, dont celui de la pharmacie et notamment les métiers de l'officine de pharmacie à court, moyen et long terme.

Au regard des 25 dernières années, l'intégration des technologies numériques et des systèmes automatisés, a aidé la pharmacie à s'adapter à de nombreux défis. Les pharmaciens sont devenus capables d'analyser un grand volume de données sur les patients, notamment les dossiers médicaux, les résultats de laboratoire et les profils de médicaments. L'évolution technologique a permis de pallier le manque de pharmacien et par conséquent de gérer plus facilement la charge de travail tout en garantissant sécurité et précision (8). Par exemple, l'identification d'interactions médicamenteuses est devenue plus facile grâce à l'assistance du logiciel de gestion officinal.

La problématique ici sera de prédire, à la vue des avancées actuelles, comment l'intelligence artificielle transformera la manière de gérer des officines et d'analyser l'impact de cet outil sur la gestion opérationnelle, le service client, les stocks, la relation patient et la rentabilité des officines.

Pour cela nous allons suivre un plan, qui passera en revue la nature de cette technologie, son histoire et son fonctionnement. Il sera rappelé aussi les missions du pharmacien au sein de l'officine, afin d'avoir une vision un peu plus claire sur l'impact positif ou négatif qu'aura l'IA dans la pharmacie du futur.

II. Les fondements de l'intelligence artificielle et son introduction dans la pharmacie d'officine

2.1. Présentation de l'intelligence artificielle

2.1.1. Définitions et types d'IA

Pour donner une définition à l'intelligence artificielle, il faudrait qu'il y ait un consensus qui relie chaque différent point de vue afin de sortir une définition unique et stricte, qui se rapprocherait au maximum de la réalité. Pour l'instant, les définitions varient selon les disciplines et les auteurs. Voici différentes définitions :

Tout d'abord, d'un point de vue réglementaire :

Pour le Parlement européen, l'intelligence artificielle représente tout dispositif utilisé par une machine dans le but de « reproduire des comportements liés aux humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité » (1). Ce qui est mis en lumière ici, c'est l'aspect imitateur des comportements humains.

D'un point de vue mathématique et informatique :

L'IA est défini comme « L'ensemble des programmes ou algorithmes permettant aux machines d'effectuer des tâches typiquement associées à l'intelligence humaine ». L'IA y est décrite comme une science de processus cognitifs modélisés.

Puis, d'un point de vue historique et philosophique :

Alan Turing est le pionnier du domaine et sa question était de savoir si une machine était capable de « penser » ou si elle ne fait que simuler cette action de penser. Par conséquent, il peut y avoir différentes définitions qui reprennent cette notion de « simulation d'intelligence » sans avoir une réelle conscience.

Enfin, d'un point de vue pratique, elle se définit par un ensemble de systèmes informatiques qui exécutent de façon autonome des tâches concrètes (63). Elle s'applique dans des domaines tels que la reconnaissance d'images, ainsi que dans les systèmes des voitures autonomes. Et dans le contexte officinal, l'IA se manifeste à travers des outils qu'utilise le pharmacien quotidiennement. Parmi ces outils, nous pouvons citer : les logiciels de prédiction de stock, les systèmes d'aide à la dispensation, les chatbots relationnels et les modules de tarification.

En regroupant toutes ces définitions qui finalement se complètent, il faut retenir que l'IA est un assemblage de systèmes informatiques ainsi que d'algorithmes qui vont simuler une intelligence afin de répondre à différentes demandes humaines, le tout alimenté par une quantité phénoménale de données qui seront traitées et utilisées pour exécuter des tâches.

A cette définition, nous pourrions ajouter la notion de performances pouvant surpasser l'être humain, puisque qu'un ordinateur est capable de rivaliser, voire de battre des champions dans leur jeu de prédilection. Par exemple, le système d'IA AlphaGo de Google, capable de battre le champion du jeu de go « Lee Sedol » (1).

De ce fait, toute configuration qui emploie des processus similaires à ceux du raisonnement humain peut être considérée comme une intelligence artificielle (1).

De multiples domaines de l'informatique ont comme objectif d'automatiser les tâches humaines et cela de manière efficace. Or, l'IA telle qu'on la conçoit aujourd'hui concerne plus les tâches répétitives et automatisées de haut niveau (comme la génération d'images ou les agents conversationnels Chatbot). Les principales méthodes appliquées reposent sur des algorithmes de machine Learning (apprentissage automatique) et Deep Learning (apprentissage profond). Ces algorithmes ont besoin d'une quantité importante de données pour être performants. Ces données vont contribuer à l'évolution et à l'amélioration constante de ces algorithmes au fur et à mesure de leur apprentissage. ¹

L'algorithme constitue l'élément central du fonctionnement de l'IA. Afin de mieux comprendre cette notion, il convient d'en proposer une définition :

¹ Remarque : L'IA est très souvent confondu avec la robotique et l'automatisation. Ces technologies visent à automatiser les tâches. Ces machines n'exécutent simplement qu'une tâche automatiquement en répétition, sans prédire ou simuler une intelligence humaine. L'IA vise à accomplir des tâches associées à la réflexion et au raisonnement.

Un algorithme est une suite d'instructions logiques et ordonnées, décrivant des étapes menant à un résultat à partir de données d'entrée fournies à l'algorithme. Le but sera d'effectuer une tâche précise ou de résoudre un problème particulier.

2.1.2. Histoire de l'intelligence artificielle

L'histoire de l'intelligence artificielle commence à bâtir ses fondations et son socle peu de temps après la Seconde Guerre Mondiale (29).

Plusieurs conférences ont été tenues de 1946 à 1953, qui ont été baptisées « conférences de Macy » (conférence sur la cybernétique) et il y en a eu dix (28).

Ces conférences ont fait suite à un élément déclencheur, voire fondateur en mai 1942 : la réunion sur l'inhibition cérébrale orchestrée par Frank Fremont-Smith, créateur de la fondation Josiah Macy Jr.

Cette réunion se caractérisait par une interdisciplinarité que les administrateurs tenaient à respecter car convaincus, qu'il fallait allier les sciences formelles ainsi que les sciences humaines et sociales. Ils ont donc rassemblé sur invitation :

- des neurobiologistes et physiciens tels que Warren McCulloch et Arturo Rosenblueth qui ont modélisé la cellule neuronale selon une logique binaire (information codée sous forme de 0 et 1). Ils furent donc à l'origine du neurone virtuel puis des réseaux neuronaux.
- des psychiatres et psychanalystes dont Lawrence Kubie ainsi que des anthropologues Margaret Mead et Gregory Bateson, dont les travaux portaient sur la compréhension du fonctionnement de la pensée humaine.

L'objectif des conférences était de développer une théorie générale sur le fonctionnement de la pensée humaine et des systèmes complexes, en s'appuyant sur une approche interdisciplinaire.

Bien que cet objectif n'ait pas été pleinement atteint, ces conférences ont permis de rassembler tous les acteurs qui ont joué un rôle important dans l'ingénierie de l'intelligence et en sciences cognitives.

Dans sa phase d'ingénierie, l'intelligence artificielle, fondée sur l'analogie entre le cerveau et l'ordinateur digital, a permis de développer des machines, des langages et des modes de représentation des données. Ces avancées ont conduit à la conception de dispositifs capables de réaliser des tâches telles que jouer à des jeux ou démontrer des théorèmes, de manière comparable à un être humain, reposant ainsi sur un raisonnement symbolique (raisonnement avec des règles logiques et des symboles).

Suite aux conférences de Macy, une réunion de travail qui a eu lieu à Dartmouth aux États-Unis fut organisée et a duré huit semaines à l'initiative de 4 chercheurs en mathématiques et informatique : John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester et Claude Shannon. Elle accueillera 20 personnes et parmi eux se trouvent d'anciens piliers présents aux conférences de Macy (Warren McCulloch, Julian Bigelow, Claude Shannon et Ross Ashby).

Le terme « intelligence artificielle » sera proposé lors de la *Dartmouth Conference* par John McCarthy dans le but d'utiliser un autre terme que « cybernétique » employé par Norbert Wiener.

Dans le prolongement de ces travaux et des réflexions interdisciplinaires initiées notamment lors des conférences de Macy, les recherches en intelligence artificielle ont conduit au développement de programmes informatiques capables de démontrer des théorèmes mathématiques reposant sur des règles logiques définies, avec une approche dites symbolique (logique). Ce qui ouvrit les portes de l'apprentissage automatique (*Machine Learning*), car la limite de ces systèmes symboliques résidait dans leur difficulté à s'adapter à des situations complexes ou traiter de grandes quantités de données. L'apprentissage automatique est fondé sur la capacité des systèmes à apprendre à partir de données plutôt que sur des règles prédéfinies.

Vers les années 60, le 1^{er} « Chatbot » conversationnel (homme/machine) fut créé ainsi que le robot « Shakey », et ceci afin d'effectuer des tâches très simples au sein d'un laboratoire.

Malheureusement, confrontée à des défis majeurs, l'intelligence artificielle connaîtra un ralentissement dans sa progression entre la fin des années 60 et le début des années 80, période que l'on appellera « hiver de l'intelligence artificielle ». Plusieurs interrogations vont

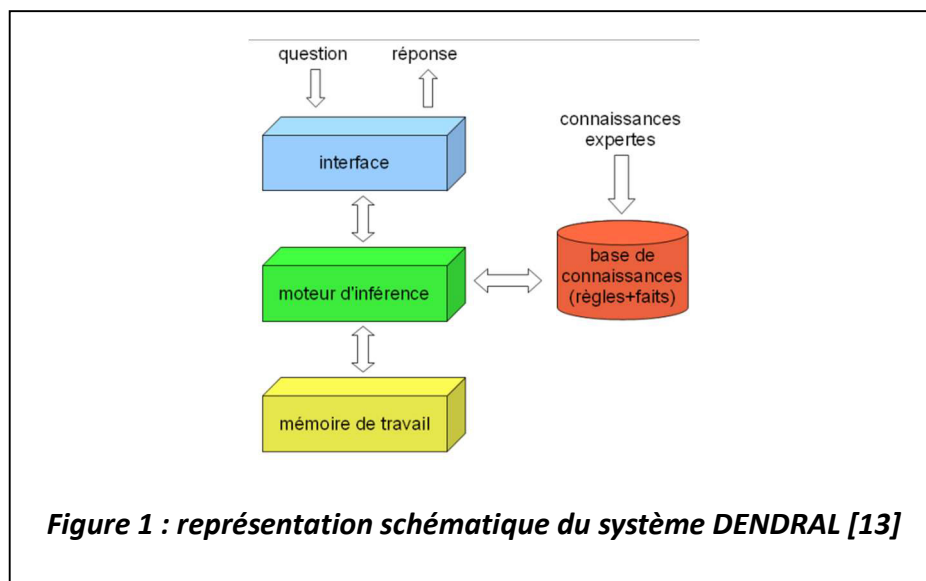
se poser, notamment sur la possibilité que les systèmes aient une intelligence ou ne soient capables que de simuler une intelligence (28).

L'IA renaîtra au début des années 80 avec l'invention des « systèmes experts ». Ces systèmes, vont emmagasiner de l'information sous forme de règles (50).

Le 1^{er} système expert développé par la Nasa en 1965 fut nommé « DENDRAL » et il permettait d'identifier les différents constituants chimiques d'un matériau à partir de mesures physiques, comme la spectrométrie de masse (11,12).

Ce système dispose d'un mécanisme d'inférence qui lui confère une habitude d'avoir des raisonnements logiques.

Ce mécanisme se définit par une formule simple : **Si** tel fait est vrai **Alors** réaliser telle action.



Pour avoir une vision plus globale de l'histoire de l'émergence de l'intelligence artificielle, voici les dates clés :

- Entre 1946 et 1953 - les conférences de Macy ont marqué le début de l'étude des systèmes complexes et de la pensée humaine, pour poser les bases conceptuelles de la cybernétique.
- 1950 - Alan Turing, mathématicien britannique, pose avec sa célèbre question « Les machines peuvent-elles penser ? » et son essai « Computing Machinery and intelligence » les bases et fondements de l'IA et introduit le célèbre « test de Turing ».

- 1956 – point de départ des recherches en intelligence artificielle avec la conférence de Dartmouth College et se classe en tant que discipline à part entière.
- 1959 - développement d'un programme pionnier dans le domaine de l'IA nommé « Logic Theorist » par Allen Newell et Herbert A. Simon.
- 1966 - création de « ELIZA » programme développé par Joseph Weizenbaum simulant une conversation avec un psychothérapeute.
- 1969 - développement d'un programme pouvant démontrer la capacité d'une machine à comprendre puis manipuler des objets dans un environnement
- Entre la fin des années 60, et le début des années 80 - « période d'hiver » de l'intelligence artificielle
- 1997 - Garry Kasparov, champion du monde, perd contre Deep Blue d'IBM aux échecs.
- 2011 - IBM Watson, un programme, gagne à un jeu télévisé.
- 2012 - inauguration de l'utilisation généralisée des réseaux neuronaux profonds en vision par ordinateur.
- 2014 - développement de DeepFace par Facebook, système ayant la fonctionnalité de reconnaissance faciale humaine.
- 2016 - DeepMind crée un programme nommé Alphago qui va gagner face au champion du monde du jeu GO.
- 2017 - la mise au point des réseaux neuronaux génératifs permettra de créer des images et des contenus authentiques.
- 2018 - la société Open AI met en scène GPT, véritable révolution.
- 2020 - sortie de chatGPT-3, version améliorée de ChatGPT de la société Open AI
- 2021 - la FDA (Food and Drug Administration) reconnaît le 1er système d'IA pour l'imagerie médicale qui aidera au diagnostic du cancer du sein (50).

Lors de la conférence de Dartmouth, l'objectif était de confectionner des machines capables d'avoir les mêmes caractéristiques que l'intelligence humaine, un concept appelé « IA générale ». Ce concept reste imaginaire et inspire seulement les films de science-fiction du moins qu'à cet instant (2).

L'IA utilisée actuellement et connue du grand public se nomme « IA étroite » ou « IA faible ». Cette IA est encore limitée car, elle ne peut effectuer que des tâches spécialisées comme la

reconnaissance vocale (Siri, Alexa), faciale (*FaceID*), la conduite de voiture (*Tesla Autopilot*). Ces fonctions sont assez primitives par rapport aux ambitions, qui visent à attribuer à cette intelligence artificielle davantage d'autonomie, afin qu'elle puisse rivaliser avec l'humain dans des tâches cognitives complexes. Cette forme d'IA pourra être qualifiée à ce moment-là « IA générale » ou « IA forte » (8,2).

Par exemple, les systèmes développés par *OpenAI*, comme ChatGPT, font partie de cette catégorie : ils sont puissants dans le traitement de langage, mais restent limités à des tâches spécifiques et ne possèdent aucune conscience ou intelligence réelle.

D'après l'article de Raza et al., l'IA peut se classer selon deux classifications : le « calibre », qui est le niveau de puissance et d'intelligence de l'IA, et en fonction de la « présence », qui est le type de fonctionnement et de comportement (8) :

- Le calibre : ce critère va permettre de classer les IA, en termes de capacité et de puissance. Ainsi se retrouve :

Intelligence faible ou intelligence étroite (ANI) : plutôt conçue pour effectuer des tâches spécialisées comme la reconnaissance faciale, vocale, la conduite de voiture, jouer aux jeux d'échecs. C'est ce type d'intelligence artificielle qu'on retrouve par exemple dans nos smartphones (SIRI d'Apple) (8).

Intelligence générale artificielle ou IA forte : c'est l'intelligence qui se rapproche de l'intelligence humaine dans la capacité à raisonner, à faire face à une situation inconnue et à trouver des solutions (8).

Superintelligence Artificielle (ASI) : c'est une intelligence qui va surpasser l'être humain dans certains domaines comme les mathématiques, le dessin, l'espace... ainsi que tout domaine touchant à la science et à l'art (8).

Le deuxième mode de classification de l'IA se fonde sur la notion de « la présence ». Elle est appelée « classification d'Arend Hintze ». Les IA sont classées selon leur mode de fonctionnement en différents types (1 à 4).

Type 1 : ce type de système appelé « machine réactive », est un système qui a prouvé qu'il pouvait battre un champion d'échecs dans les années 90 grâce à sa capacité à identifier les pions sur l'échiquier et à pouvoir faire des prédictions. Seul bémol, il n'a pas la mémoire

adéquate pour utiliser les expériences passées et potentiellement s'améliorer. Ce qui montre qu'il a été conçu pour des tâches limitées et n'est donc pas très utile dans d'autres domaines. Nous pouvons prendre aussi l'exemple d'AlphaGo cité dans la définition pour caractériser les fonctions de ce système (8).

Type 2 : une capacité de mémoire limitée a été intégrée à ce système, ce qui vient combler ce qu'il manquait au type 1. Cette faculté permettra au système de s'adapter aux situations futures grâce à son expérience accumulée, se basant sur ses observations enregistrées en utilisant cette mémoire limitée. Des véhicules autonomes ont ce système qui permet leur prise de décision face à une situation donnée (8).

Type 3 : cette IA n'existe pas encore. Ce système se nomme « théorie de l'esprit » et pourrait avoir la capacité de comprendre les intentions et les émotions des êtres humains et *in fine* de comprendre les états mentaux humains (8).

Type 4 : IA inexistante également, elle serait alors capable non seulement de comprendre les états mentaux des humains, mais aussi de prendre conscience d'elle-même et de se reconnaître en tant qu'entité distincte (8).

Nous pouvons constater qu'en l'espace de 70 ans, l'IA est passée d'une simple idée ou, simple concept à une révolution totale. L'absence de technologie capable de supporter les logiciels IA et le manque de grandes quantités de données ont freiné son développement. Aujourd'hui, la levée de ces freins a fait exploser l'avancée de l'IA et ne cessera de s'expandre. A l'avenir, la question de développement ne se posera plus comme avant. La question sera de savoir comment l'être humain utilisera cet outil.

2.2. Les principales techniques de l'intelligence artificielle

Les techniques de l'intelligence artificielle sont nombreuses et variées. Elles ont évolué progressivement au fil des années et des avancées informatiques et mathématiques. Afin de mieux comprendre l'application de ces outils dans le domaine des officines, il est important de présenter ces techniques selon une progression logique, allant des plus anciennes (système expert, logique floue) aux plus récentes (Machine Learning, Deep Learning, LLM).

2.2.1. Les systèmes experts

C'est un outil IA, datant des années 60-70 qui, en s'appuyant sur des connaissances, essaie de copier un « expert » humain dans un domaine quelconque. Il exploite des faits et des règles connues (12).

Ces logiciels sont utilisés dans plusieurs domaines, notamment dans la médecine (pour les diagnostics par exemple).

Il est composé de plusieurs parties différentes et toutes liées entre elles :

Une base de règles : S'y retrouvent les connaissances de l'expert avec des règles qui ont comme base le système « Si x ALORS y » sous forme de conditions / conclusion. Exemple : Si sphérique ET brille ET jaune ALORS soleil.

Une base de faits : y sont contenues les connaissances du système sur le domaine en question ainsi que les « entrées » qui sont les informations que l'utilisateur donne au logiciel, il en résulte des **faits inférés**. Dans l'exemple précédent, si nous avons précisé que l'objet n'était pas sphérique, le fait inféré est qu'il ne s'agit pas d'un soleil.

Un moteur d'inférence : c'est un système qui va appliquer des règles avec logique pour ensuite, créer des faits déduits dans la base de faits.

Une interface : c'est la composante qui va interagir avec l'utilisateur, en posant des questions précises (23).

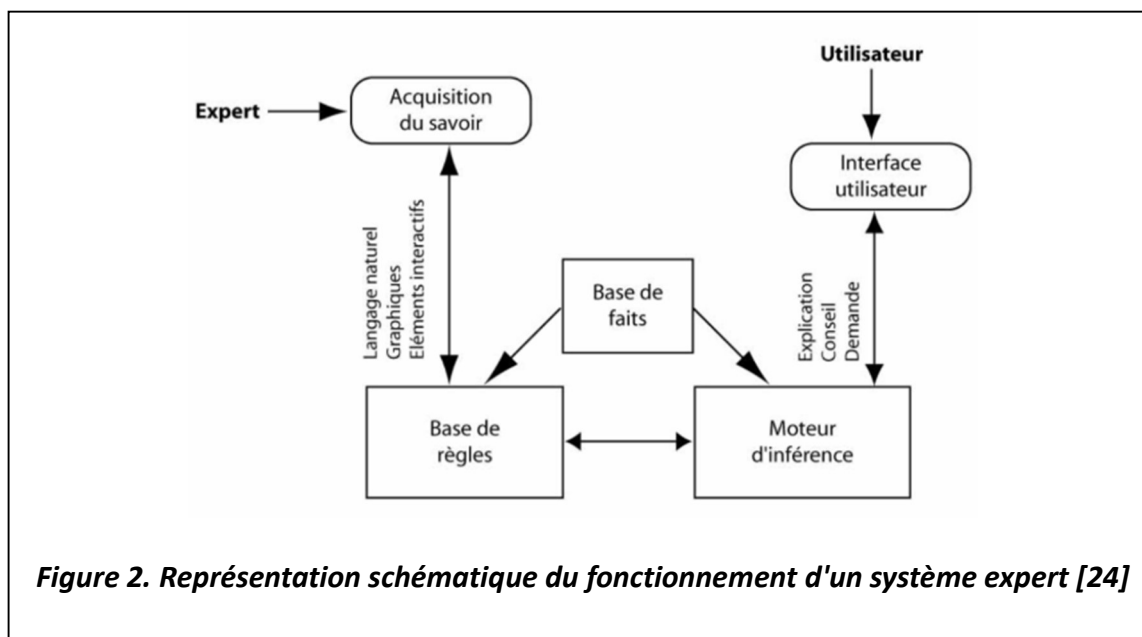


Figure 2. Représentation schématique du fonctionnement d'un système expert [24]

2.2.2. La logique floue :

C'est une autre technique d'IA inventée en 1965, introduite par Lotfi Zadeh, qui va permettre au système de prendre des décisions en se basant sur des règles définies. Elle pourra également gérer le problème de l'imprécision en faisant étendre la logique classique booléenne qui répond soit par « vrai » ou « faux ». Autrement dit, cette technique va formaliser une imprécision conséquente d'une connaissance globale d'un système très complexe et par conséquent, exprimer le comportement d'un système avec des mots.

Cela montre une nette amélioration comparée aux techniques précédentes et va donc offrir des performances significativement plus importantes et décrire de façon linguistique un phénomène en particulier (variable linguistique). Pour mieux comprendre, prenons cet exemple : nous voulons déterminer une température pour l'eau et ne pas nous limiter à dire qu'elle est « chaude » ou « froide ». Nous voulons décrire plus précisément et ajouter de la nuance (tiède, quasi chaude...) en donnant une plage de température possible, ou une tranche dans laquelle nous estimerons subjectivement qu'il fait plus ou moins chaud. Et c'est ce qu'on appelle le degré d'appartenance (23,26).

Dans cette autre méthode d'IA, les algorithmes conventionnels vont être remplacés par une série de règles linguistiques : « Si...Alors », permettant d'exprimer des situations nuancées (26). Cette capacité à modéliser l'incertitude constitue la principale différence avec les systèmes expert traditionnels.

Exemple : **si** la température dans la pièce est **élevée**, j'allume la climatisation **fortement**.

Il existe plusieurs types de courbes qui indiquent les degrés d'appartenance et se nomment « fonction d'appartenance » :

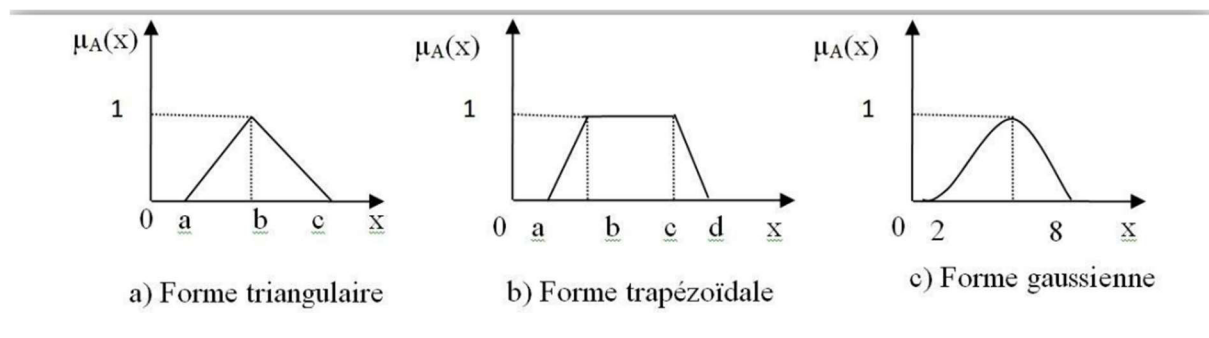


Figure 3. Représentation schématique des différentes formes de la fonction d'appartenance [79]

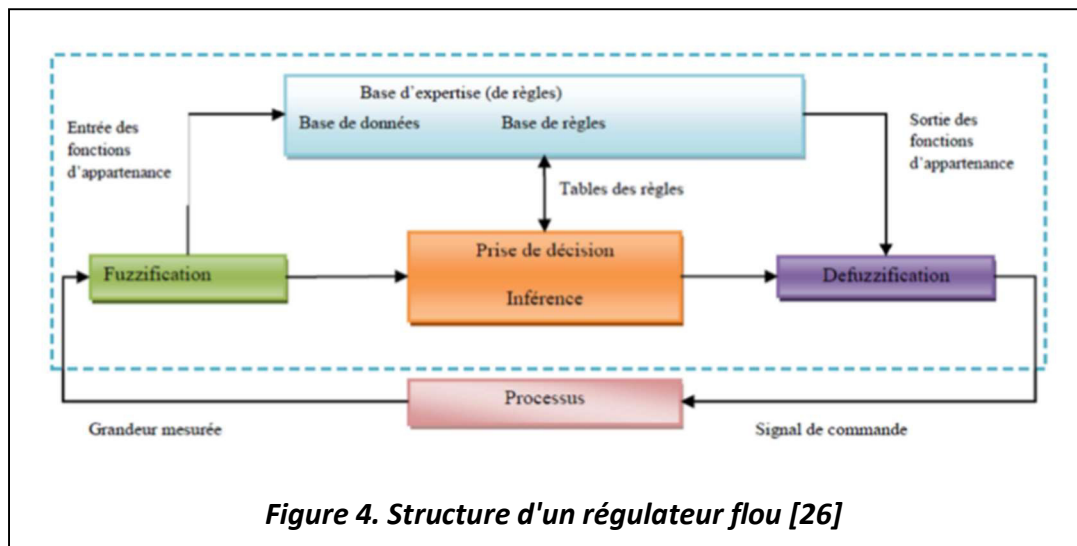
Descriptif : Fonction triangulaire (une seule valeur), fonction trapézoïdale (2 valeurs concernées, phase de transition début et fin), fonction demi-trapèze, Fonction gaussienne, Fonction sigmoïde (23).

Le régulateur flou, contrairement au régulateur classique (qui va lui utiliser des inférences avec plusieurs règles mathématiques bien définies), va se baser sur des variables linguistiques². Le schéma illustré dans la figure 4 proposé par E. Mamdani nous montre comment la majorité des régulateurs flous fonctionnent.

La logique floue est en application dans plusieurs domaines :

- l'automatique (avec les freins ABS par exemple)
- la robotique (reconnaissance de forme)
- pour la gestion de la circulation routière avec les feux rouges.
- pour la gestion du trafic aérien
- Météorologie, climatologie.
- en médecine avec l'aide au diagnostic
- Dans les assurances

² Variable linguistique : « c'est une variable définie à base de mots ou des phrases à la place des nombres » (79).



2.2.3. Le machine Learning

C'est une sous-catégorie de l'intelligence artificielle qui se focalise sur l'apprentissage de l'IA grâce à des algorithmes qui vont identifier des "patterns". Ces "patterns" sont des caractéristiques qui se répètent, présentes dans les données. Ça pourrait être des images ou des mots (51). Par exemple, en officine, un algorithme de machine Learning va repérer des patterns dans l'historique de vente. Autrement dit, il va détecter des schémas récurrents, une répétition dans les données (saison + produit) : il observe qu'au mois de décembre, les ventes de vitamine C et de paracétamol, augmentent. Sur la base de ces schémas répétés, l'algorithme va s'en servir pour prédire les demandes et proposera d'augmenter les commandes.

Certains algorithmes seront donc capables de réaliser des tâches et de s'améliorer continuellement en peaufinant chaque exécution afin qu'elle soit mieux que la précédente. Cet apprentissage continu se fera si l'algorithme est conçu pour de l'apprentissage en ligne. Pour les autres algorithmes, cette phase d'apprentissage se fera uniquement pendant les phases d'entraînement.

Pour illustrer ce fonctionnement, nous pouvons imaginer un tireur de fléchettes qui lance une 1ère fois vers la cible, mais trop bas par rapport à l'objectif. Il tirera donc un peu plus haut pour rectifier son erreur et fera plein d'autres petites modifications en apprenant pour ne plus en refaire (51).

Il y a principalement 4 méthodes d'apprentissage qui ont été répertoriées : l'apprentissage supervisé, non supervisé, semi-supervisé et par renforcement.

2.2.3.1. Apprentissage supervisé :

Le système va être nourri de données étiquetées d'entraînements sur lesquelles il se basera afin d'identifier et de cartographier les caractéristiques de la cible. Cela permettra à l'algorithme de faire le lien entre la caractéristique et la cible associée, puis réaliser les instances. Donc si la base de données contient des erreurs, l'IA sera biaisée et donnera de fausses prédictions (51).

Exemple : nous voulons déterminer le prix d'une attelle de genoux parmi plusieurs autres attelles, selon des critères bien définis (origine de fabrication, matière)

Donc le critère "A" (matière) va être cartographié sur la cible "b" (prix) en utilisant la fonction pour cartographier "F".

Pour que les prix soient estimés avec l'algorithme $b = F(a)$.

2.2.3.2. Apprentissage non supervisé :

Dans cette méthode, l'algorithme, avec les données d'entraînement transmises, va faire du "clustering". Autrement dit, il va regrouper les données dans des sous-groupes car, il aura identifié des similitudes entre les données d'un même sous-groupe (51). A l'inverse de l'apprentissage supervisé, les données ne sont pas étiquetées. Donc l'algorithme devra le faire lui-même.

2.2.3.3. Apprentissage semi-supervisé :

Cette méthode se situe entre l'apprentissage supervisé et non supervisé. Les données sont partiellement étiquetées.

Il est souvent utilisé en médecine, dans l'identification d'images par exemple. Nous donnons quelques images, puis à partir de celle-ci, l'algorithme devra identifier des images qu'il n'a jamais vues auparavant en se basant sur son entraînement (51).

2.2.3.4. Apprentissage par renforcement :

C'est la technique d'entraînement qui se rapproche le plus de la méthode d'apprentissage humaine. Il n'y a pas de réponse précise ou unique, il y a un but global vers lequel l'algorithme va essayer de converger. Il se guidera avec ses erreurs qu'il aura assimilées et grâce à son système de récompense, cela lui permettra de progresser dans sa quête (51).

2.2.4. Le Deep Learning :

En 2012, un nouvel algorithme de *Deep Learning* est mis en avant et vient révolutionner l'IA : il s'agit d'un réseau de neurones convolutif CNN (Convolutional neural network). Les algorithmes de *machine Learning*, pour classer une image, vont utiliser la notion de *features* (caractéristiques visuelles) extraites **manuellement** par un expert humain, puis introduites pour entraîner le classifieur sur ces *features*. Le réseau de neurones convolutif, quant à lui, va recevoir les images et va détecter ces fameuses caractéristiques visuelles **automatiquement** et entraîner un classifieur dessus. En résumé, le CNN fait tout le travail, à la fois de l'extraction mais aussi d'identification de *features* et de classification (27).

C'est une approche algorithmique différente qui s'inspire de notre compréhension de la biologie du cerveau humain et plus précisément des interconnexions entre les neurones. Il consiste ainsi en des réseaux neuronaux artificiels sous forme de couches (1).

Par exemple : nous pouvons prendre une image, la découper en tuiles qui seront introduites dans la première couche du réseau neuronal. Ensuite les neurones individuels vont transmettre les données à une deuxième couche qui va accomplir la tâche puis transmettre à son tour les données jusqu'à la dernière couche et le résultat final sera produit (1).

La reconnaissance d'image par des machines entraînées par le Deep Learning est parfois plus efficace que celle des humains dans certaines situations comme pour identifier des indicateurs de cancer dans le sang ou de tumeurs dans les IRM (1).

2.2.4.1. Les réseaux de neurones :

Définition : un réseau neuronal artificiel ou réseau neuronal, est une forme d'architecture informatique inspirée du modèle de fonctionnement d'un cerveau humain. Le cerveau est un ensemble de neurones connectés entre eux, qui se transmettent des informations. Ce principe est repris dans les réseaux neuronaux. L'unité qui compose ces réseaux se nomme "nœud" et mime le fonctionnement d'un neurone (65).

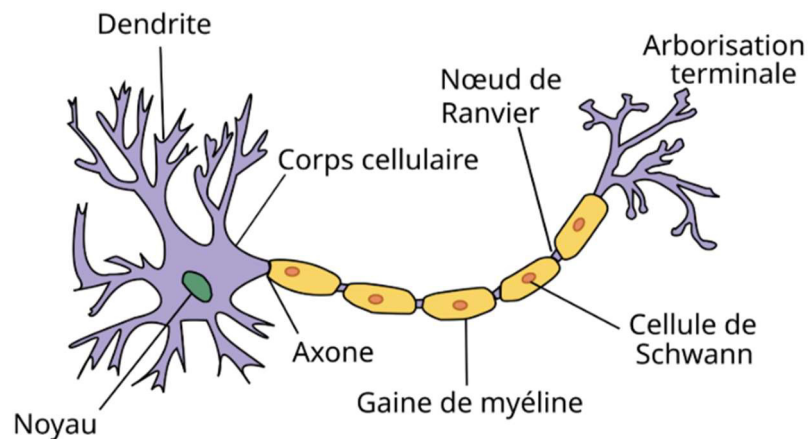


Figure 5. Schéma légendé de la forme d'un neurone [66]

Un neurone biologique est composé de filaments appelés “dendrites” qui reçoivent les informations sous forme d’impulsions. Puis, le neurone retransmet l’information grâce à son axone connecté aux autres neurones *via* des synapses.

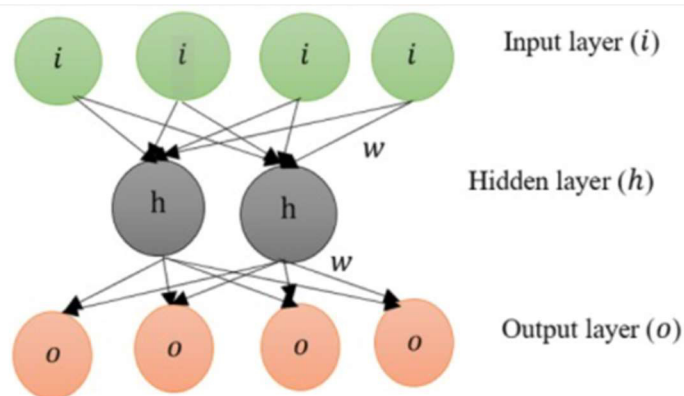


Figure 6. Schéma représentant différentes couches de nœuds dans un réseau de neurones [67]

Les réseaux de neurones vont donc mimer le fonctionnement du neurone. Chaque nœud est relié à un autre nœud via des connexions pondérées appelées “poids”. Ces nœuds, sont répartis à minima sur 3 couches qui sont : La couche d’entrée (*inputs*) la couche cachée (*hidden layers*) et la couche de sortie (*outputs*).

Fonctionnement des réseaux de neurones :

Pour comprendre le fonctionnement, une étape charnière est à connaître, qui est la “propagation en avant” ou *Feed Forward* dans le modèle de réseau de neurones nommé perceptron multicouche. C’est l’une des formes de réseaux de neurones les plus simples. L’information y circule dans une direction unique.

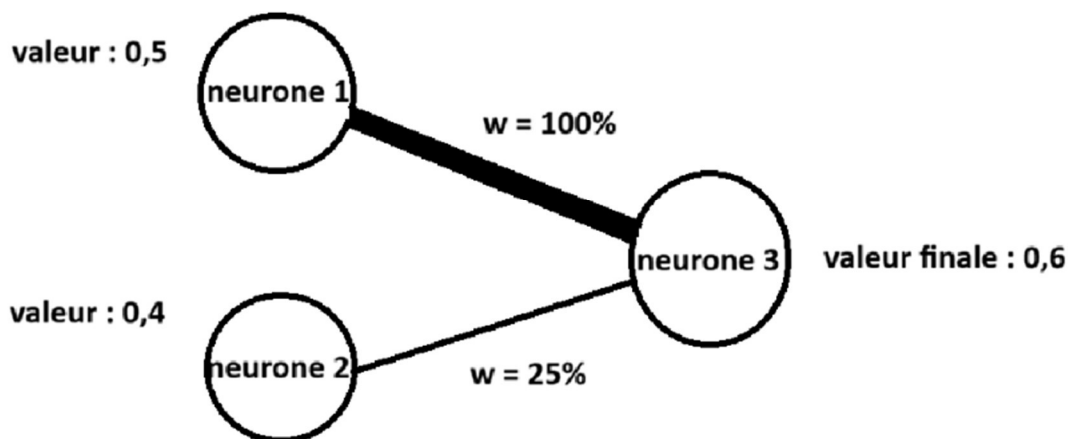


Figure 7. Schéma d'un réseau de neurones simplifié composé de deux neurones d'entrée et un de sortie.

Description : D'abord, des valeurs d'entrée sont données à la première couche, ces valeurs vont ensuite être combinées en passant par les connexions jusqu'à la prochaine couche de neurones (couche cachée). Le neurone de la couche cachée va ainsi recevoir une nouvelle valeur et va lui-même la modifier et l'envoyer à la couche d'après via les connexions. Les neurones de sortie exécutent le même travail puis donnent une réponse finale. Cette réponse finale n'est ni plus ni moins que la prédiction qu'aura fait le réseau de neurones en fonction des valeurs données en entrée.

Transmission de valeurs entre neurones :

Pour décrire le mécanisme, prenons un schéma simple de deux neurones d'entrée qui se connectent à un neurone de sortie, comme il est représenté sur la figure 7 :

Des valeurs sont données aux neurones d'entrées : 0,5 pour le neurone 1 et 0,4 pour le neurone 2.

Les connexions entre les neurones sont plus ou moins épaisses. Cette épaisseur de la connexion est nommée "poids". Ce poids est exprimé en pourcentage. Lorsque les valeurs seront transmises vers le neurone final, elles seront multipliées par le pourcentage de la connexion. Dans l'exemple, pour le neurone 1 : $0,5 \times 100\% = 0,5$ et neurone 2 : $0,4 \times 25\% = 0,1$

Avant d'arriver au dernier neurone (neurone 3), les deux valeurs sont additionnées ($0,5 + 0,1 = 0,6$), puis le résultat sera la valeur d'entrée du dernier neurone.

Enfin, cette valeur, avant d'être transmise, va être modifiée par le neurone 3 via une fonction mathématique appelée fonction d'activation, ici $F(0,6)$. Cette fonction transforme la valeur de façon non linéaire, puis détermine si la valeur doit passer ou non vers le prochain neurone. Si la valeur se rapproche de 1, elle passe, si elle est proche de 0, elle ne passe pas.

Le neurone a lui aussi le moyen d'influencer la décision de passage ou non de la valeur vers le prochain neurone, en ajoutant un biais à la fonction d'activation. C'est une valeur qui est aussi multipliée par un poids.

Les fonctions d'activation les plus répandues sont les sigmoïdes, ReLU et $\tan(h)$.

Les Principales architectures de réseaux de neurones :

Il existe plusieurs types de réseaux de neurones, chacun utilisé pour des tâches spécifiques. Les formes les plus utilisées sont : les perceptrons multicouches (MLP) pour les données sous forme de tableaux, les réseaux de neurones convolutifs (CNN) pour les images essentiellement et les réseaux récurrents (RNN et leurs variantes LSTM/GRU) traitant des données séquentielles.

- Perceptron multicouche (MLP) :

C'est une forme de réseau entièrement connecté. Ce type de réseau est composé d'une couche d'entrée, d'une (perceptron monocouche) ou de plusieurs couches cachées et une couche de sortie. Ils servent dans les tâches de classification ou de prédiction reposant sur des vecteurs de variables cliniques ou administratives du patient. La figure 8 en est un exemple :

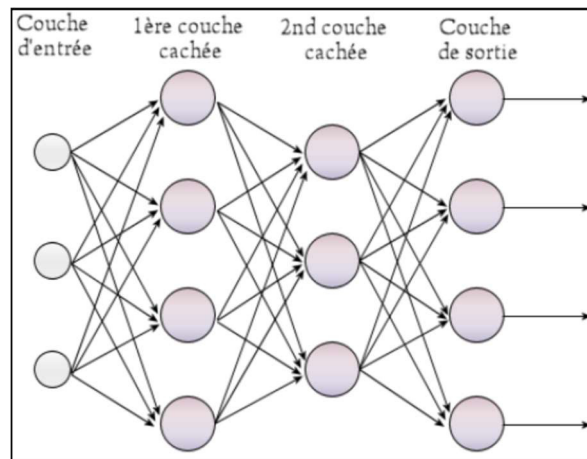


Figure 8. Réseau de neurones formels de type perceptron multicouche [70]

- Réseaux convolutifs (CNN) :

C'est une sous-catégorie de réseaux de neurones qui sont utilisés dans l'analyse d'image et de vidéo. Et cela, de par son architecture caractéristique qui permet l'extraction et la description des features automatiquement. L'architecture se compose en résumé de deux blocs et de 4 couches (*convolution*, *Pooling*, *correction ReLU*, *fully connected*).

Lorsqu'une image est donnée en entrée au CNN au 1er bloc, 3 couches vont intervenir. La 1ere couche nommée **couche de convolution** va appliquer un filtre mathématique afin d'extraire **les features** (caractéristiques de l'image) et d'obtenir en résultat une carte de convolution (*feature maps*).

Cette *feature maps* passe par une couche pool qui va réaliser l'opération de Pooling. Le Pooling va permettre d'éviter le surapprentissage et surtout de réduire la dimension, le coût de calcul ainsi qu'à introduire une certaine invariance spatiale. En fait, cette couche va réduire le nombre de paramètres et de calculs dans le neurone, en réduisant la taille de l'image tout en préservant les caractéristiques importantes, et retirer les caractéristiques obsolètes. Par conséquent, cette opération va, améliorer l'efficacité du réseau. Ce procédé se répète plusieurs fois, chaque *feature maps* passe par de nouveaux neurones qui extraient de la même manière une nouvelle *feature maps*. Après chaque convolution, **une couche ReLU** [$f(x) = \max(0, x)$] doit être appliquée, et remplace chaque valeur négative par un 0. Au final, les valeurs de la dernière *feature maps*, seront concaténées dans un vecteur nommé "code CNN". Ce vecteur sera la sortie du 1^{er} bloc et l'entrée du 2^{ème} bloc.

Au deuxième bloc, le vecteur étant en entrée sera pris par la **couche fully connected** (entièrement connectée) qui est toujours la dernière couche d'un réseau de neurones. Les valeurs ou caractéristiques du code CNN, vont être combinées pour classer les images. Elle enverra un vecteur de taille N, où N est le nombre de classes dans le problème de classification d'images. Il y aura dans le vecteur autant d'éléments ayant une valeur que de classes.

La sortie sera une couche composée d'un neurone par catégorie d'image. Les valeurs obtenues se situent entre 0 et 1 afin de répartir les probabilités sur les catégories.

Par exemple, s'il était demandé à l'algorithme de reconnaître une boîte, et d'identifier si c'est une boîte d'ésoméprazole ou de metformine, les catégories seraient : une boîte d'ésoméprazole et une boîte de metformine. Le vecteur final sera au nombre d'images (donc 2 ici). Dans l'exemple Le vecteur aura comme valeur 0,9 pour la boîte d'ésoméprazole, et 0,1 pour la boîte de metformine. Ce qui signifie que l'image est à 90% une boîte d'ésoméprazole (68,69). En d'autres termes, la valeur du vecteur correspondant à chaque image, représentera les chances que cette boîte soit de l'ésoméprazole ou de la metformine.

Le modèle le plus commun d'architecture CNN se présente comme ceci :

Input --> couche convolutive --> couche ReLU --> couche fully connected.

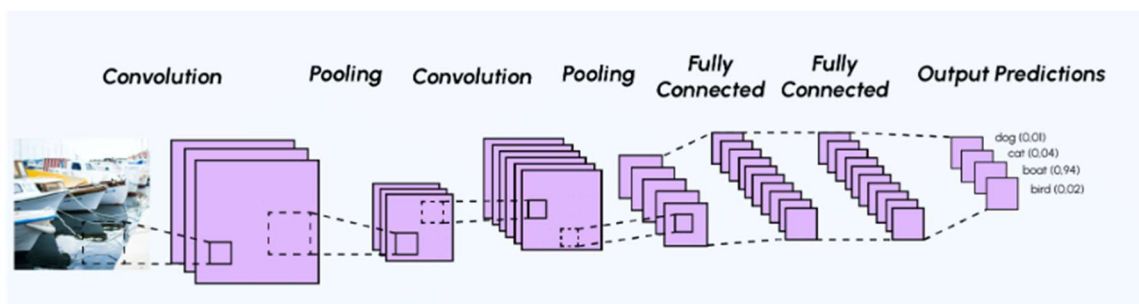


Figure 9. Exemple de modèle CNN [69]

- Réseau de neurones récurrents (RNN) :

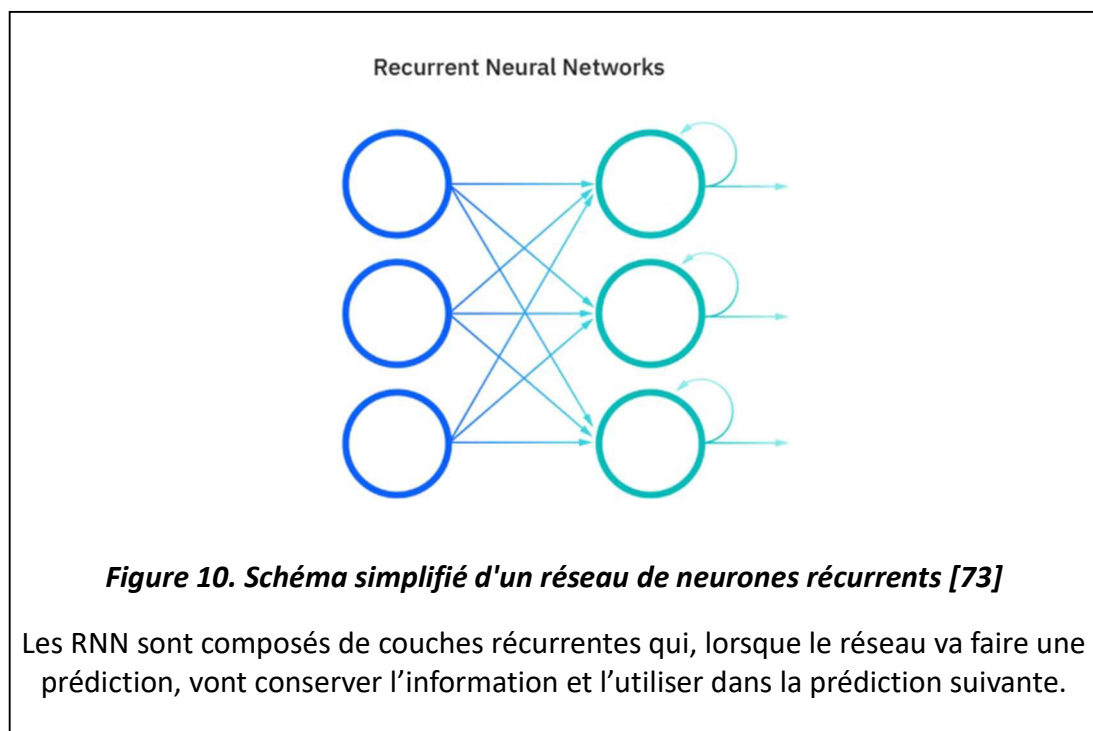
Les RNNs sont des réseaux de neurones qui se différencient des autres réseaux par la présence de cellules récurrentes. Ces cellules forment des connexions récurrentes entre elles, permettant de conserver l'information d'entrée précédente et de les utiliser pour

générer des sorties futures. Ces réseaux sont utilisés principalement dans le traitement de texte ou plus globalement, de données séquentielles et séries temporelles (71).

Les algorithmes qui utilisent ce type de réseau se basent sur un principe de modélisation séquentielle : la prédiction du prochain élément dans une séquence (le prochain mot dans un texte, par exemple). Pour effectuer cette requête, il faut que le réseau puisse s'appuyer sur le mot précédent. C'est là qu'intervient le réseau RNN (71).

Le réseau classique Feedforward à propagation en avant et à sens unique ne se base que sur la valeur d'entrée uniquement. Les entrées et les sorties sont indépendantes les unes des autres. Or, pour prédire le mot suivant dans une phrase, il est primordial de connaître et de retenir le mot qui précède. Ce type de réseau n'est donc pas adapté (73).

Les RNN sont composés de couches récurrentes qui, lorsque le réseau va faire une prédiction, vont conserver l'information et l'utiliser dans la prédiction suivante.



Fonctionnement basique des RNN :

Les cellules récurrentes vont traiter les données séquentielles. La boucle de rétroaction va permettre de retenir les informations précédentes et de conserver l'état interne, mais cette mémoire est temporaire (76).

Grâce à ces deux atouts, la couche de neurones qui compose le réseau prendra en compte à chaque étape, l'entrée venant du neurone précédent, ainsi que l'information mémorisée.

Les RNN ne sont pas sans failles, et il existe quelques limites ou problèmes qui existent.

Les principaux problèmes sont : la disparition du gradient qui crée par la suite, la difficulté à capturer les dépendances à long terme en ce qui concerne les longues séquences, et l'entraînement et l'apprentissage de ces réseaux sont lents (74).

Pour pallier ces problèmes, des catégories de RNN ont été conçues. Ces variantes sont les LSTM (*long short term memory*) et les GRU (72).

- Les LSTM sont composés de :

Portes de régulation : 3 portes spécifiques, la porte d'entrée (input), la porte d'oubli (forget) et la porte de sortie (output). Cette architecture permet de réguler le flux d'information, et par conséquent de décider quelle information mémoriser, jeter ou transmettre, en fonction de la pertinence (72).

Cellule d'état (cell) : c'est une cellule qui permet au réseau de stocker des informations de manière prolongée dans le temps, et génère de ce fait une mémoire à long terme (72).

- GRU : (Gated Recurrent Unit) : c'est une variante, plus simple et plus rapide que les LSTM. Et ceci, grâce à son architecture simplifiée, composée de deux portes : porte de réinitialisation, porte de mise à jour (72).

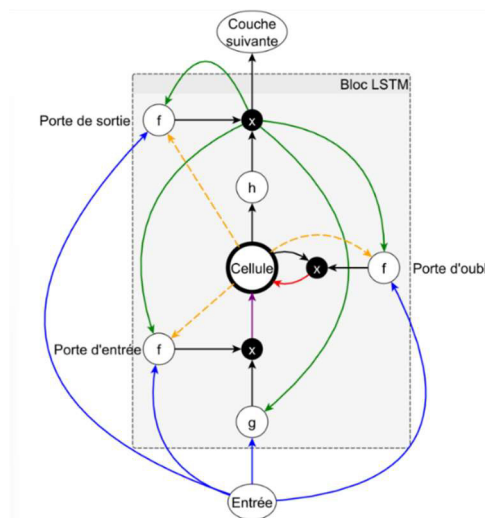


Figure 11. Schéma d'un neurone LSTM comprenant une mémoire interne (cell) contrôlée par les trois portes d'entrée (input), d'oubli (forget) et de sortie (output) [72]

Ces réseaux de neurones vont donc être utilisés dans différents domaines. Tout dépendra du besoin et des outils recherchés afin de créer l'IA la plus adaptée. Les algorithmes de gestion de stock, les chatbots, les algorithmes d'aide à la dispensation sont construits grâce aux réseaux de neurones. Nous allons alors découvrir au fil des chapitres quel réseau intervient dans chaque IA.

2.2.5. Les *Large Language Models* (LLM) :

Le LLM est un modèle d'intelligence artificielle capable de reconnaître, interpréter et générer du texte. Il va en effet prédire le token (mot, une partie de mot, un signe de ponctuation ou un fragment) qui suit dans une phrase. Il ne prédit pas avec certitude, mais donne plutôt une probabilité à chaque token susceptible d'être le suivant.

Cela est possible grâce à l'assimilation de quantités très importantes de données sous forme de texte (provenant souvent d'internet), pour être en mesure de comprendre le langage humain et de faire des prédictions.

ChatGPT, Deepseek, Mistral, sont tous des LLM que des millions de personnes utilisent chaque jour. Les chatbots (agents conversationnels) utilisés notamment en pharmacie fonctionnent aussi avec les LLM.

Depuis 2017, les LLM (large language models) ont succédé aux RNN qui, comme vu dans leur description, avaient de nombreux problèmes dont la disparition de gradient. Les LLM se différencient par leur architecture. En effet, les LLM reposent sur un type de réseau neuronal appelé "modèle transformateur".

Comment fonctionnent les LLM ? :

Les LLMs sont composés de réseau de neurones (modèle transformeur). Ce réseau, contrairement aux RNN, analyse une phrase ou un paragraphe en utilisant une technique nommée "auto-attention" permettant de modéliser le **contexte** du texte pour interpréter le langage humain. Les RNNs analysaient mot pour mot une phrase, de manière lente, sans comprendre le contexte du texte donné.

Grâce à cette compétence, les LLM sont en capacité de modéliser statistiquement un langage et peut produire des réponses cohérentes. Et ceci, à partir d'une requête non structurée ou vague, contrairement à un programme informatique lambda qui répond à une demande spécifique (78).

Apprentissage des LLM :

L'entraînement des LLM repose sur deux points :

- Le pré-entraînement : qui a pour objectif l'autocomplétion d'un texte aléatoire provenant du web.
- L'apprentissage par renforcement à partir de rétroaction humaine : les prédictions incorrectes que fait le LLM vont être identifiées puis, corrigées par des évaluateurs humains afin d'ajuster les paramètres du modèle. Ces corrections vont donc permettre de rendre le modèle plus fiable et performant.

2.2.6. Comparaison Deep Learning vs Machine Learning :

Le Machine Learning comparé au Deep Learning fonctionne avec des algorithmes programmés avec des arbres de décision, des règles logiques mais aussi des règles linéaires. Le ML s'entraîne sur des données de taille modérée étiquetées et non étiquetées sélectionnées par un humain. Les systèmes utilisant le machine Learning sont plus faciles à maintenir et à manipuler que ceux qui utilisent le Deep Learning (52).

La rapidité d'entraînement constitue également un avantage, les rendant parfaits dans la réalisation de tâches standards telles que la détection de fraude ou l'analyse statistique (55).

Le Deep Learning a été élaboré pour traiter un volume important de données complexes et pas forcément structurées ressemblant plus au fonctionnement d'un cerveau humain. Nous pouvons retrouver des systèmes dotés de DL dans la reconnaissance d'images médicales, les systèmes de traductions automatiques. L'avantage notable est que le DL n'a besoin que de très peu d'interventions humaines ce qui permet à l'apprentissage d'être quasi automatique (53).

En officine, les deux méthodes sont utilisées et sont aussi importantes l'une que l'autre. Le DL intervient dans la conception des Chatbots conversationnels, dans le domaine de la

vidéosurveillance en s'intégrant dans les caméras, comme l'entreprise "Veesion" cherche à développer (54).

Le ML est utilisé dans les analyses statistiques, ce qui pourrait fortement aider à la gestion du stock. Cette méthode va permettre l'analyse de l'historique de ventes, des tendances de ventes saisonnières, ce qui va permettre de prédire les commandes de médicaments et d'autres produits. Ces algorithmes sont directement intégrés dans des logiciels de gestion officinale. Par exemple dans le logiciel Winpharma cet algorithme fonctionne avec l'option nommée « WinAutopilote » (53,56).

Les analyses d'ordonnances vont aussi faire intervenir le DL mais aussi le ML. C'est le cas des logiciels *id genius*, *posos*, *Phealing* : cela va permettre l'identification d'interactions médicamenteuses et va proposer dans la foulée des alternatives thérapeutiques (54).

En conclusion, ce qu'il faut retenir, c'est que le Deep Learning est une branche du machine Learning. Bien que ces deux méthodes visent à automatiser les tâches répétitives et à assister la prise de décision, le DL se distingue par de meilleures performances dans le traitement et l'analyse de données complexes (53).

III. L'officine pharmaceutique à l'ère du numérique

3.1. Évolution de la pharmacie traditionnelle à la pharmacie digitale :

La pharmacie traditionnelle voit le jour dès l'Antiquité et remonte aux civilisations antiques (Mésopotamie, Égypte, Grèce, Rome) où les guérisseurs, prêtres et médecins concoctaient puis distribuaient des remèdes à base de plantes et de minéraux (3).

Elle a évolué en Europe au Moyen Âge, où la profession d'apothicaire a été séparée de celle des médecins. Ils préparent donc des remèdes dans des officines (3).

Puis au XVIII^e siècle, en 1777, Louis XVI attribue officiellement une place au métier de pharmacien la distinguant de celle des épiciers (3).

Une révolution permet de marquer une page qui se tourne et signale le début d'une nouvelle ère, celle de la pharmacie digitale, et cette révolution s'appelle l'informatique et internet. Ses

prémices remontent aux années 70 où la société connaît une vague d'informatisation. Puis dans les années 80, cette informatisation primitive de la santé, caractérisée par l'utilisation des premiers ordinateurs en pharmacie, va permettre de développer d'autres techniques de gestion. Plus particulièrement au niveau des dossiers médicaux et de la prescription (4,8).

Les années 90 signent aussi une avancée dans ce phénomène qu'on nommera « L'e-santé » en permettant un accès direct à l'information de santé pour tous et en facilitant la communication entre professionnels de santé et entre individus (réseaux sociaux, forums, premières messageries sécurisées de santé) (4).

Le terme e-santé entrera dans le langage courant en 1999 et sera défini au 7eme congrès international de la télémédecine (4).

Depuis 2020, l'e-santé connaît sa progression la plus importante. La crise sanitaire COVID-19 a eu besoin de solutions digitales, ce qui força son développement afin de répondre à toutes les demandes et de pouvoir y faire face (4).

La digitalisation en officine, concrètement, permet par l'intermédiaire de technologies numériques d'améliorer la qualité et l'efficacité des services proposés par la pharmacie. Et cela, de par l'utilisation de moyens informatiques et de communications. Cette évolution technologique a simplifié par exemple l'accès aux informations sur les médicaments et a offert un moyen d'optimiser l'interprofessionnalité, en facilitant la communication entre les patients et les professionnels de santé (5).

Cette digitalisation se matérialise et se voit sous plusieurs formes :

La numérisation des ordonnances : cela a permis d'avoir une copie de l'ordonnance au moment de la délivrance et de pouvoir la télétransmettre aux caisses d'assurance maladie le soir. Afin de garantir la sécurité des données transmises, les pharmaciens peuvent recevoir directement l'ordonnance via des plateformes comme Doctolib (5) ou les plateformes de téléconsultation en ligne comme la plateforme QARE ou MEDADOM.

Les robots de dispensation : ils dispensent les médicaments rapidement et avec précision, ce qui diminue le risque d'erreur et assure une sécurité supplémentaire pour le patient (5). Il s'ajoute à ses avantages un gain de surface, une bonne gestion de stock en priorisant la sortie des médicaments à dates de péremption courtes. Un gain de temps d'échange avec le

patient est aussi non négligeable, car le pharmacien ou le préparateur n'aura pas à chercher les médicaments dans le back office.

Les sites internet : créés par les pharmacies pour mieux communiquer sur les horaires d'ouverture, les services, les produits en stock (5).

E-carte vitale : le 18 mars 2025, et sur tout le territoire français, est la date de l'activation immédiate de l'application carte vitale. Cette application permet à tout assuré disposant d'une identité numérique « France identité » et d'une carte d'identité électronique (CNle) d'avoir sous forme de QR code sa carte Vitale. Le patient peut la scanner directement au comptoir de n'importe quelle officine ayant le scanneur adéquat (77).

Les objets connectés : par exemple, balances et tensiomètres connectés sont proposés aux patients pour leur permettre un suivi de qualité, très précis et à domicile (5).

Des bornes de santé : les patients peuvent mesurer en toute autonomie leur tension, pouls, glycémie grâce à ces bornes disponibles en libre-service dans certaines pharmacies (5).

Téléconsultation : ce sont des machines qui mettent en relation un patient et un médecin pour effectuer une consultation médicale. Ces cabines sont de plus en plus répandues, surtout en zone rurale (5).

Dans le même registre, nous aurons les applications mobiles créées par certaines pharmacies qui permettraient de commander des médicaments ou de réserver des rendez-vous pour divers services proposés (5).

La numérisation et l'informatisation des officines se sont faites en plusieurs étapes à travers le temps. Un résumé des principales dates clés est détaillé dans la figure 12.

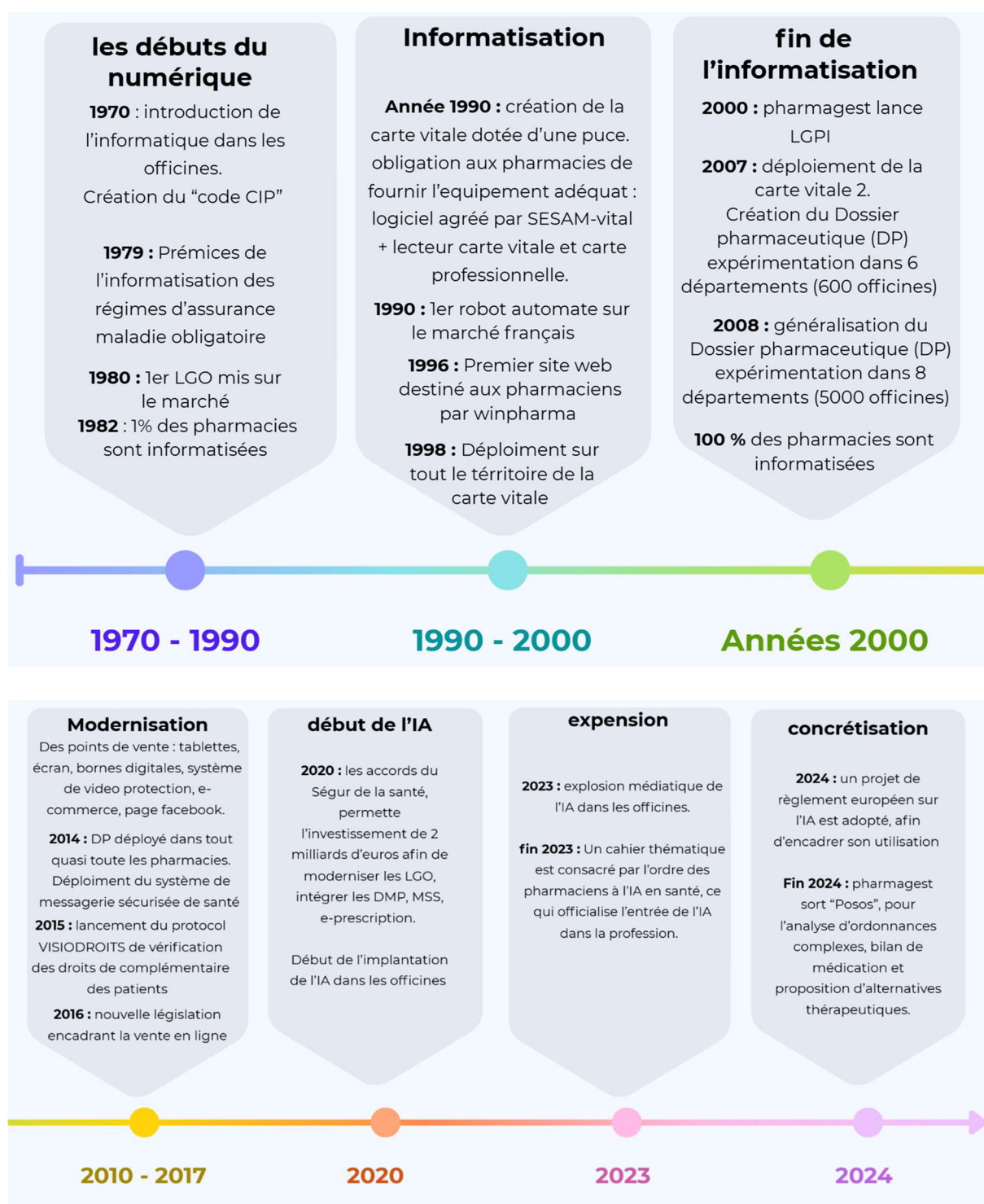


Figure 12. Chronologie de la numérisation des officines [83,84,85]

IV. Les impacts de l'IA sur la gestion des officines

4.1. L'impact de l'IA sur la gestion des stocks et de la logistique

4.1.1. Automatisation et gestion des approvisionnements :

L'IA dans la gestion de l'officine va intervenir de manière très impactante dans la gestion de l'approvisionnement et des commandes.

L'objectif pour les pharmacies et les grossistes-répartiteurs est de réduire le nombre de commandes tout en évitant d'être en sous-stock ou en surstock. De rendre également les médicaments directement disponibles pour le patient afin qu'il ne soit pas obligé de revenir. En effet, cela peut être parfois handicapant pour diverses raisons, dont le trajet entre l'officine et le domicile familial en zone rurale, qui peut se compter en dizaines de kilomètres.

En effet, d'après la CSRP (chambre syndicale de la répartition pharmaceutique), 48% des Français n'ont pas directement eu accès à leur traitement et ont dû le commander (46). Sans compter le nombre de patients qui commandent des médicaments et ne reviennent pas les chercher, ce qui baisse la qualité de la prise en charge du patient et diminue considérablement l'observance du patient.

L'annonce de la non-disponibilité du médicament provoque chez le patient une frustration et a de grandes chances de ne plus revenir prendre ses médicaments dans cette pharmacie car il aura vécu une mauvaise expérience. Ceci pourrait impacter la réputation de la pharmacie ainsi que son chiffre d'affaires dans l'absolu.

Du côté des pharmaciens et des préparateurs, le stress de l'annonce que le produit n'est pas disponible ou pire encore en rupture est aussi une charge supplémentaire pour les équipes.

Les grossistes sont obligés de livrer toujours plus de médicaments, plus vite et ainsi sont contraints de déployer des moyens importants afin d'assurer la logistique. Et par conséquent, de garantir la bonne livraison dans les plus brefs délais, dans l'objectif de s'aligner par rapport à leurs concurrents.

L'objectif, afin d'économiser, serait de faire seulement une commande par jour afin de réduire la frustration du client, du pharmacien et d'augmenter la rentabilité du grossiste. Un

objectif qui évoluera sur le long terme et pourra même viser une et unique commande par semaine.

L'IA viendrait donc aider à atteindre ce but en ciblant parfaitement les besoins de la pharmacie. Cela pourrait se faire, en se basant sur des paramètres donnés comme l'historique de la pharmacie, du quartier avec un recul de plusieurs années pour plus de précision. Cet outil tiendra compte des pics de commande (jour de garde ou veille de jour férié), des événements extérieurs comme la météo qui aurait une corrélation avec la consommation de médicaments et finalement des ruptures de stock des médicaments. En tenant compte du taux, de la fréquence et de la durée de cette dernière. Cet outil effectuera un travail de prédiction et s'améliorera continuellement grâce à l'autoapprentissage pour ainsi atteindre une précision maximale.

Pour illustrer cette introduction, voici quelques exemples concrets de logiciels intégrant l'intelligence artificielle et utilisés en officine. Parmi eux on retrouve :

Aumet ERP : c'est un système auquel une IA a été intégrée et qui illustre parfaitement le principe de gestion de stock. Cet outil se base sur l'analyse des données historiques et actuelles, pour garder un niveau de stock sans excédent ni déficit. Il peut ainsi prévoir la demande de médicaments (7).

Cette IA permet d'anticiper les imprévus en envoyant des alertes intelligentes. Ces notifications tiennent au courant les pharmaciens de l'éventuelle rupture d'un médicament, ou bien de l'approche de péremption de ce dernier. L'algorithme effectue pour cela un suivi des médicaments à rotation rapide ou lente. En fin de compte, cela permet d'offrir une réactivité efficace aux aléas et par conséquent du temps pour s'adapter à toute situation (7).

Prenons un exemple qui sort du domaine pharmaceutique, afin d'illustrer encore plus le propos. Une entreprise d'IA, nommée « Blue Yonder », a développé pour le groupe Otto, un détaillant en ligne d'origine allemande, un logiciel qui peut prédire ce que Otto vendra dans les 30 jours et ça avec une précision de 90%. En regardant les avantages de cette option, il sera possible d'observer une réduction dans les délais de livraisons des produits vendus au client d'une semaine à quelques jours seulement. Et cela grâce à l'anticipation, car cela permet une livraison directe du produit au consommateur sans passer par l'entrepôt (8).

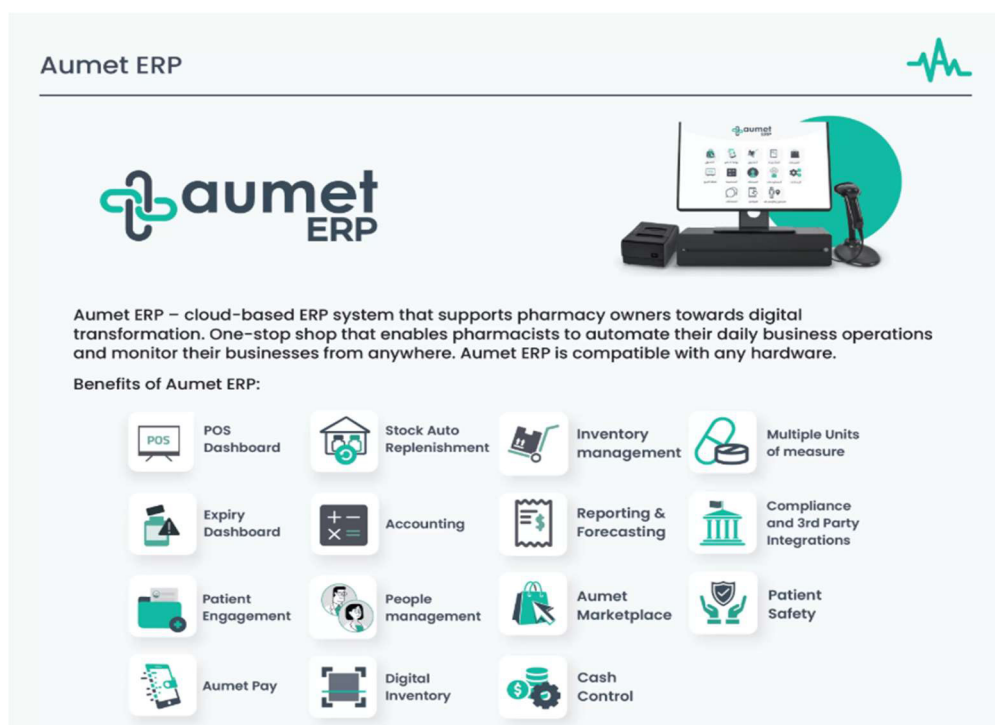


Figure 13. Interface d'Aumet représentant le tableau de bord [86]

Il existe d'autres entreprises qui ont voulu créer elles aussi leur IA de gestion notamment Distripha.

Distripha est une application intelligente qui améliore la gestion des commandes et des achats pour les pharmacies marocaines (47).

Comme nous l'avons vu plus haut, cette IA vient analyser les historiques de vente, la saisonnalité, les épidémies, les jours fériés et les jours de garde et proposer des commandes et ainsi anticiper les besoins. L'automatisation des commandes permettra une gestion proactive des ruptures.

L'application peut aussi alerter et envoyer des notifications intelligentes sur les ruptures de médicament ou les commandes urgentes. Ce qui permet au pharmacien d'être connecté, et au courant de l'évolution du marché pour être le plus réactif possible (47).

20 % des patients au Maroc n'ont pas directement leurs traitements et doivent revenir après que le pharmacien les a commandés. Or dans la plupart des cas, cela peut être anticipé faute de planification (48).

Distripha a pu diminuer le stock dormant de 15 à 30% en moyenne d'après les pharmacies qui l'utilisent (48).

Pour résumer, ces IA vont donc être entraînées sur les tendances de vente, la saisonnalité, les données du stock (niveau de stock, dates de péremption, promotions et remises), le flux de passage et les données transactionnelles. Ce type d'IA se nomme « IA data-driven ».

Une approche *data-driven*, s'appuie sur les données réelles pour apprendre, faire des prédictions ou prendre des décisions (80).

Ces IA, s'appuient sur des techniques comme les modèles de série temporelle (LSTM) pour analyser les données chronologiques (7).

Exemple : une pharmacie vend 20 boîtes d'ésoméprazole par semaine en hiver et 40 en été. L'entraînement de l'algorithme consistera à ingérer 2 ans de données, qui englobent les ventes, le stock actuel et éventuellement les périodes de fête.

Une fois entraîné, l'algorithme, grâce au machine Learning prédictif, proposera des commandes que le pharmacien aura à valider, afin de commander le bon produit à la bonne quantité, à la bonne date. Cela aidera à éviter les stocks dormants.

4.1.2. Les avantages :

- L'IA améliore les opérations logistiques et ceci en limitant les erreurs humaines car cette machine très rigoureuse ne fatiguera jamais (6).
- Un suivi précis du stock disponible qui permet une force de réaction face aux aléas. (6)
- Une rentabilité rapide et mesurable s'observera en limitant les coûts dus aux surstocks et en anticipant les ruptures de médicaments. Cela permettra de toujours répondre au besoin du patient, que ce soit par la disponibilité du produit qu'il veut, mais aussi par le temps consacré à sa disposition grâce au travail délégué à L'IA. Il en résultera une consolidation du lien entre le pharmacien et le patient lui permettant d'exercer optimalement son métier. (6)

4.1.3. Les inconvénients :

- La sécurité des données doit être assurée. Elles contiennent d'importantes informations sur les stocks, les patients. Une fuite pourrait exposer à de sérieuses répercussions (57).
- Intégrer cette nouvelle option reste encore compliqué. Le logiciel de gestion officinal se devra d'être compatible.
- Des prévisions erronées, un bug du logiciel, pourraient faire exactement le contraire de ce pourquoi l'IA a été mise au point, c'est-à-dire : faire des économies

En conclusion, cette application apporte un gain de temps, d'énergie et de précision dans la gestion des commandes et permet ainsi de se concentrer sur d'autres tâches importantes.

Cependant, l'efficacité au Maroc reste discutable car plusieurs freins s'opposent à atteindre le plein potentiel de cette IA, et par conséquent à avoir un réel recul sur l'efficacité de cet outil.

Notamment l'interdiction au Maroc de substituer le princeps, or l'IA commande par DCI. N'ayant pas ce problème en France, l'IA pourrait se montrer très prometteuse.

Enfin, la stratégie data driven, pourrait, dans les années à venir, se rendre indispensable pour prédire et guider dans la stratégie économique de l'officine, et aider le pharmacien dans sa mission de chef d'entreprise (80).

4.2. L'IA et la gestion de la relation client/patient :

4.2.1. Les chatbots :

Les modèles d'apprentissage automatique sont aussi utilisés pour améliorer l'efficacité du service client et l'exemple le plus intéressant et représentatif concernant l'officine est l'utilisation de chatbots.

Un Chatbot par définition est un programme informatique capable de simuler une conversation avec une personne. C'est un agent informatique qui va répondre à des demandes particulières ou effectuer des tâches spécifiques. Pour l'officine, cet assistant virtuel va être capable de simuler les interactions client/pharmacie. L'assistant va assurer ainsi la prise en charge de certaines demandes simples, quotidiennes des patients, et y répondre. En particulier, aux questions sur les médicaments, les effets secondaires ou les posologies. Si ça se complexifie, il passera le relais à un agent humain, un pharmacien en l'occurrence, pour répondre aux réclamations (8,9).

Un Chatbot, est donc un assistant IA, qui va répondre à une demande saisie en amont par un utilisateur. Il va pour ça prédire en continu chaque mot après l'autre en fonction de la probabilité que chaque mot placé soit le plus adéquat et cohérent avec le contexte.

Il faut que le Chatbot apprenne et soit configuré afin de minimiser les erreurs qu'il pourrait commettre. Afin de pallier à ce problème, il y a deux phases dans l'apprentissage. En voici brièvement une description :

- Le préentraînement : l'algorithme va se nourrir de données sous forme de textes, d'images de chiffres, pour constituer sa connaissance (81). Mais cela ne garantit pas une réponse adéquate et précise à une demande d'un utilisateur. C'est là qu'intervient la deuxième phase.
- L'apprentissage par renforcement à partir de rétroaction humaine : des évaluateurs vont corriger les erreurs des Chatbots. En identifiant les prédictions inappropriées afin de modifier les paramètres du modèle IA (81).

Le Chatbot est en amélioration constante même après sa mise sur le marché. Son apprentissage et son perfectionnement se feront avec l'expérience. Ce qui est un inconvénient pour l'instant car cela impliquerait l'existence d'un manque de fiabilité.

Des startups telles que *Pharmaseek* essayent de développer des fonctionnalités qui seraient applicables en pharmacie utilisant l'intelligence artificielle et notamment ces chatbots. Cette entreprise a créé un Chatbot qui donnerait des conseils adaptés et personnalisés en dermatologie avec la reproduction d'un cheminement qui ressemble à un entretien avec un pharmacien et donc à un « dialogue » avec le patient. Par exemple : *je suis enceinte ou ménopausée, j'ai des rides...* Et in fine abouti à un conseil sur mesure pour le patient avec la

proposition de produit correspondant au problème dermatologique du patient. La société aura pour objectif de s'implanter dans d'autres domaines que la dermatologie. Cela permettra d'élargir sa proposition aux compléments alimentaires, sujets à beaucoup de demande et d'exigence de la part des clients. Les clients demandeurs s'attendent à recevoir un conseil précis et sur mesure (10).

Cette fonctionnalité pourra en effet être accessible au patient sur le site de la pharmacie.

Il existe d'autres chatbots intéressants pour des patients spécifiques comme le Chatbot « Sophia ». L'entreprise pharmaceutique danoise, internationale, NOVO NORDISK, l'a conçu pour les patients diabétiques. Ce Chatbot réponds aux questions des patients dans le domaine de la nutrition en essayant de contribuer à leur donner de l'aide, afin qu'ils aient, ou gardent un mode de vie sain.

D'après les statistiques, 11 000 conversations ont été menées par « Sophia » et ce Chatbot aurait répondu à 27000 questions, en l'espace de six mois (11).

Ce désir de créer un Chatbot fut animé après avoir constaté que les patients visitaient beaucoup leur site entre 23h et 1h du matin. Une plage horaire hors des heures ouvrables et peu arrangeantes qui nécessiterait un agent disponible 24h/24, qui ne ressentirait pas de fatigue, même à ce moment de la journée. La solution : Sophia (11).

Dans un autre registre, des chatbots ont été créés pour répondre à une autre problématique qu'est le sommeil. En fait, le sommeil est un pilier de notre santé. De ce fait, il est primordial d'en prendre soin et d'essayer de l'améliorer au maximum. Cet assistant mis en place par Sanofi s'appelle Nina. Il est disponible 24h/24 et 7j/7 et ce pour aider les personnes souffrant de troubles du sommeil légers. Il va par exemple recommander à ces personnes le mode veille sur téléphone pour régler la luminosité de l'écran. C'est un conseil parmi tant d'autres que prodigue le Chatbot afin d'aider à corriger le sommeil de ces personnes. Ce Chatbot étant disponible à tout moment de la journée ou de la semaine apporte un avantage considérable car il reste actif au maximum de ses capacités, sans fatiguer (11).

Woebot est un autre exemple de Chatbot. Il a été développé en 2017 par la psychologue clinicienne Alison Darcy au sein de l'entreprise Woebot Health. Cet assistant va accompagner les personnes anxieuses et dépressives. Il va contacter ces personnes de manière quotidienne et ce pour prendre de leurs nouvelles. Il est utile pour un accompagnement

journalier afin de mieux faire face à leur maladie et mieux vivre au quotidien (11). Les conversations entre patient et Chatbot ressembleraient à ça :

Chatbot : « Alors, Lara, je suis ton coach CBT que tu peux consulter pendant les moments difficiles, mais aussi pour les bons moments ! »

Lara : « ça a l'air cool »

Chatbot : « Je suis d'accord ! »

Chatbot : « Le suivi de l'humeur et l'hygiène de la pensée, entre autres concepts utiles, sont des compétences comme celles-ci peuvent t'aider à apporter des changements positifs à tes pensées, tes sentiments et ton comportement » (11).

Une étude randomisée menée par l'université de Stanford sur 70 étudiants, fut réalisée afin de prouver cliniquement l'efficacité de ce Chatbot. Ces étudiants furent divisés en deux groupes : groupe 1 utilisant Woebot, et le groupe 2 utilisant un livre numérique d'auto-assistance. La durée de l'étude était de 2 semaines. Les résultats ont montré une réduction significative des symptômes de dépression et d'anxiété chez le groupe 1. Les étudiants ont précisé qu'ils se sentaient compris et écoutés (96).

4.2.2. Utilisation d'un Chatbot en officine :

Parmi les options qu'offre l'IA dans la gestion des officines, nous retrouvons des dispositifs qui utilisent l'IA pour faciliter la maîtrise du LGO.

Pharmagest a pour cela sorti un Chatbot nommé *Id Assistant*. Cet outil est directement intégré dans le logiciel id (anciennement appelé LGPI). Lancée en janvier 2024, cette IA assiste le pharmacien dans la maîtrise du LGO. Le Chatbot répond aux questions techniques d'utilisation du LGO. Cela permettra au pharmacien d'éviter de chercher par lui-même l'information, ou d'appeler la hotline.

Ce Chatbot se base sur des algorithmes LLM préentraînés et renforcés par renforcement avec rétroaction humaine, afin de le rendre le plus fiable possible. Il s'aligne également le feedback des pharmaciens.

Le Chatbot va exploiter la base de données de Pharmagest et s'appuyer dessus comme source de connaissance.

Par exemple : L'utilisateur pose une question : “Où se trouve l’onglet pour gérer les locations ?” l’IA va donc analyser la requête, puis fournir une réponse adéquate via un LLM en utilisant la base de connaissance Pharmagest. Les figures 14 et 15 illustrent l’interface de cet outil.



Figure 14. Interface d'accueil du LGO id. [source : pharmacie du Coteau]

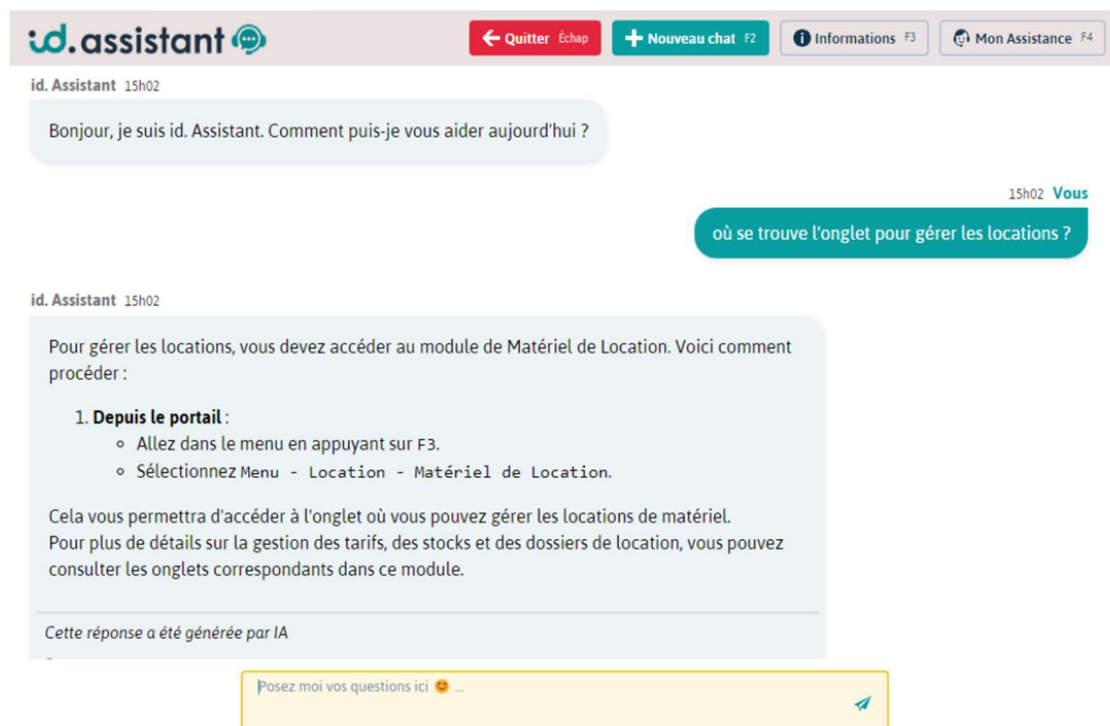


Figure 15. Visuel de l'interaction entre le Chatbot ID assistant et un utilisateur. [Source : pharmacie du Coteau]

Contrairement au moteur de recherche intégré dans le logiciel, qui lui repose sur une logique de mots-clés, il sera possible d'avoir une conversation avec l'assistant. Il peut contextualiser la demande et accompagner l'utilisateur de manière plus intuitive. Et si jamais le Chatbot ne parvient pas à satisfaire une demande, un agent humain de chez Id reprendra la main afin d'aider l'utilisateur. Il en résulte donc un gain de temps et une meilleure accessibilité à l'information.

En résumé, ces chatbots facilitent énormément le travail des professionnelles de santé et notamment du pharmacien. Ils visent à améliorer la qualité des services, en termes d'accompagnement du patient pour diverses pathologies, répondre à plusieurs demandes, et se démarque par leur disponibilité 24h/24 7j/7. Contrairement à un être humain, qui ne pourrait assumer un tel volume horaire de travail tout en étant à 100% de ses capacités. Il existe cependant des inconvénients. La cause principale est l'invention récente de ces chatbots. Il reste donc beaucoup d'améliorations à faire pour optimiser au maximum leur utilité et augmenter leur précision.

- Parmi ces inconvénients, nous retrouvons :

- Le risque d'erreur médicale dans les réponses données au patient :

Une étude allemande dirigée par l'université d'Erlangen- Nuremberg a été réalisée pour déterminer le risque et la fiabilité de ces chatbots.

Pour cela, l'université a sélectionné les 10 questions les plus posées sur les 50 médicaments les plus prescrits aux États-Unis (portant surtout sur les effets indésirables de ces derniers).

Le Chatbot développé par Microsoft (**Bing Copilot**), fut utilisé comme "sujet d'expérience" pour évaluer les réponses.

Les critères évalués étaient la lisibilité, l'exhaustivité ainsi que l'exactitude des réponses données.

Le site web d'information sur les médicaments utilisé par des professionnels de santé (drug.com), a servi de référence comme outil de comparaison.

7 experts en sécurité du médicament sont intervenus afin d'évaluer le risque et l'étendue des dommages pouvant être causés par un manquement aux critères cités ci-dessus.

Tels furent les résultats :

26% des réponses ne correspondaient pas aux recommandations scientifiques. 42% des réponses étaient évaluées par les experts comme “sans risque” au niveau des répercussions sur le patient, en face de 22% des réponses considérées comme mortelles ou potentiellement dangereuses.

Les réponses fournies nécessitaient un niveau d'études universitaire, rajoutant du flou dans la détermination du réel impact (58,59).

En conclusion, le Chatbot basé sur l'IA est un excellent assistant au pharmacien, prometteur et sur papier révolutionnaire. Cependant, une confiance absolue ne peut pas encore être donnée à ces outils. Il faut impérativement une supervision du professionnel de santé afin de procéder à une validation des informations données par ces chatbots. L'éducation du patient pour aller sur les bons sites afin d'obtenir des informations fiables, est également du ressort du professionnel de santé et surtout du pharmacien d'officine au comptoir.

4.3. L'IA dans la gestion financière et commerciale des officines :

4.3.1. Optimisation des marges grâce à l'analyse prédictive des ventes :

L'IA a donné la possibilité de prédire les ventes à l'aide d'algorithmes prédictifs qui vont analyser les données enregistrées et les tendances actuelles pour établir des probabilités sur les futures demandes de produits. Comme vu précédemment, cela permet dans un 1^{er} temps la bonne gestion du stock, ce qui en découlera une rentabilité croissante.

L'optimisation apportée par l'IA touche donc le domaine du marketing et pourrait être d'une grande aide pour les officines. C'est l'une des fonctions du chef d'entreprise, qui se doit de bien savoir agencer sa pharmacie, booster ses points de vente afin de puiser dans tout le potentiel de son officine.

L'une des solutions qui existent s'appelle RetailNext, plus populaire dans d'autres enseignes que les pharmacies comme Calvin Klein, Richmond, Camper. Cette IA munie de capteur IoT³ va analyser en temps réel les données de vidéos de surveillance afin d'améliorer le parcours du client au sein de la boutique (49).

³ Capteur IoT : capteur connecté qui détecte les variations dans un environnement (90).

RetailNext va mesurer le flux de clients, reconnaître les heures de pointe et faire une cartographie du trajet des clients. Avec ces données, l'offre sera ajustée en fonction de l'attitude du client dans le magasin. Grâce à l'imagerie 3D associée au Deep Learning, le comptage de personne devient très précis.

Les données accumulées serviront à gérer le personnel au niveau du planning afin de mettre le nombre adapté d'employés pour ne pas être en sous- ou sureffectif. De ce fait en découle une réduction des dépenses liées aux employés.

Grâce à l'identification des points stratégiques au sein de la boutique, le choix de placement de produits et de promotions sera plus réfléchi et optimisera le merchandising.

Les directeurs de magasins ont accès en direct aux résultats via leurs smartphone ou tablette.

D'après la société, RetailNext aurait réduit les dépenses marketing de leur client de 30% en supprimant les opérations marketing et les présentoirs inefficaces.

Pour conclure, cette IA pourrait aider à la gestion de l'officine et par conséquent assister le pharmacien titulaire dans ses tâches de chef d'entreprise. Car en effet, cette fonction est souvent négligée. Nombreux sont les gens qui ne différencient pas le métier de pharmacien et le métier de chef d'entreprise, qui sont deux fonctions totalement différentes et indispensables à la pérennité de la pharmacie. Cet outil permettrait éventuellement de se passer plus facilement d'une formation en merchandising ou d'une personne en charge de cette tâche. Ce système algorithmique, endosserait le rôle d'assistant et le conseillerait afin que ce dernier puisse s'occuper d'autres tâches propres à la profession de santé, et à la prise en charge du patient.

Le Bémol serait le prix d'acquisition de cette technologie et d'avoir un recul sur ce que l'IA vaut réellement en pratique. Le prix peut être exorbitant pour des petites structures mais le retour sur investissement que promet l'application fait réfléchir. A titre de comparaison, le coût de ces technologies et le coût de formation en merchandising peuvent être mis sur la balance. L'investissement pour une formation serait compris entre 450 euros et 2500 euros

pour des formats courts, et 5000 euros voir 8000 euros pour des formations plus approfondi (97). Concernant l'IA RetailNext, la tarification par capteur IoT par mois se situerait entre 25 et 75 \$ (98). Des estimations indiqueraient que les solutions complète d'analytics (combinant logiciel, capteurs IoT, maintenance et parfois service de déploiement) en magasin pourrait coûter entre 5000 \$ et 30000 \$ en fonction du magasin (99).

L'argument du "vivre avec son temps" pèse lui aussi sur la balance du pour et du contre. L'IA commence à se propager et nous ignorons les sommets qu'elle pourrait atteindre. Ce qui forcera les pharmaciens à s'aligner sur la concurrence comme fut le cas avec les grosses pharmacies sur les robots de dispensation, car en termes de temps économisé et surtout en qualité de travail, le robot a su se rendre indispensable.

4.3.2. Stratégies de tarification dynamique basées sur l'IA.

L'intelligence artificielle aide à la fixation de prix. C'est une des fonctions du chef d'entreprise qui essaye de fixer le prix le plus avantageux pour l'entreprise et pour le client. L'objectif, étant de faire une bonne marge, d'avoir un prix attractif et de devoir s'adapter aux aléas du quotidien, pour refixer un prix en prenant pour principe l'offre et la demande. Par conséquent, cette stratégie de tarification pourrait jouer un rôle très important dans la manière de vendre.

Pour venir aider l'entreprise à établir une bonne stratégie de tarification, le développement de la tarification dynamique en ligne (TDL) est venu modifier la manière de réfléchir et d'aborder ce problème. Son utilisation est de plus en plus croissante et devrait à l'avenir toucher plusieurs autres domaines tels que la pharmacie et plus particulièrement les officines (15).

Le concept de tarification dynamique en ligne est utilisé par les sites commerciaux en ligne. Le principe est d'ajuster les prix d'un produit et notamment les produits OTC dans le cas des officines, dans un but de rentabilité, mais également pour améliorer l'accessibilité des soins aux patients (89). Cette TDL se base sur l'IA (algorithmes auto-apprenant) et va traiter des données massives en temps réel (15). Des données telles que les données historiques et les informations du marché (89). L'IA va également surveiller en permanence l'évolution de la

demande, et prend en compte les conditions du marché et les comportements des patients (89).

La TDL est présentée comme un outil de lutte contre les coûts élevés des médicaments OTC. En réduisant le coût pour certaines populations défavorisées, cela pourrait favoriser l'accès aux soins en améliorant ainsi l'observance.

Pour illustrer le propos, nous pouvons prendre pour exemple une ordonnance contenant : un sirop expectorant pour toux grasse, de la vitamine C, un spray nasal, ainsi qu'un lavage nasal à l'eau de mer. Tous ces médicaments ne sont pas remboursés sauf si le patient a une mutuelle qui les prend en charge. La TDL, en prenant en compte la capacité financière du patient, proposerait des prix plus accessibles afin que le patient adhère plus facilement au traitement.

Le modèle TDL basé sur l'IA utilise des algorithmes de Machine Learning et de Deep Learning. Grâce aux algorithmes ML, le modèle va pouvoir prédire les prix en se basant sur les données historiques, comprenant les ventes passées, et les informations du marché. L'apprentissage par renforcement va davantage affiner la précision des prédictions que fait le modèle (89).

Les algorithmes Deep Learning notamment les réseaux de neurones (CNN et RNN) vont faciliter la détection d'anomalies et identifier les fluctuations avec plus de précision (89).

La TDL fut mise à l'épreuve au sein d'une multinationale pharmaceutique dans le but d'améliorer l'accès aux médicaments (89).

Les taux d'observance dans les régions où les prix étaient réalisés avec la TDL ont augmenté de 18% en 1 an (89). Bien que l'étude ne précise pas les régions exactes, Cette augmentation laisse conclure que les médicaments étaient plus accessibles et les patients ont pu les acheter.

Cependant, cette approche pose des questions éthiques et réglementaires fondamentales.

En effet, pour effectuer ses prédictions, l'algorithme va se baser sur des données propres au patient (les revenus, la situation économique, le risque de non-observance) donc la confidentialité de ces informations serait menacée. Il faudra ainsi qu'il y ait un respect de la loi sur les données sensibles du patient.

L'IA pourrait discriminer certaines catégories sociales et les défavoriser, ce qui soulèverait la question de l'égalité entre les patients.

L'IA pourrait également privilégier la rentabilité de l'entreprise au détriment du patient, jugeant le quartier moins prolifique. Cela détériorerait l'accessibilité aux soins, alors qu'il s'agit de l'un des objectifs de la création de cette IA (89).

4.4. L'IA dans la sécurité lors de la délivrance des médicaments :

Le pharmacien est l'un des derniers professionnels de santé « rempart » aux erreurs médicamenteuses présentes dans les prescriptions. Elles englobent les interactions médicamenteuses, les erreurs de posologie, les contre-indications, les associations déconseillées qui requièrent une surveillance particulière de la part du patient.

Malheureusement plusieurs paramètres influent sur l'efficacité du pharmacien dans la détection de ces erreurs, notamment la pression et le temps accordé à de multiples tâches, mais aussi à la complexification des traitements (30).

Les conséquences de cette non-vigilance pourraient dans certains cas mener à ce qu'on appelle des « événements indésirables médicamenteux » (EIM) pouvant être une simple gêne, mais qui aurait une répercussion sur la confiance du patient envers son pharmacien. Dans le pire des cas, ces EMI peuvent conduire à un décès. Prendre conscience de ces risques est la première étape avant de développer des stratégies qui pourraient sécuriser la prise en charge du patient (30).

Il y a également l'ambiguïté des prescriptions rédigées par les médecins qui peut poser problème. En effet, il n'existe pas de consensus autour de la manière d'écrire une ordonnance, ce qui pourrait être une source d'accident lié à la prise de médicament causé par le manque de compréhension du patient sur les règles de prise (le moment de la journée, le nombre de comprimés, la voie d'administration). Il est donc du ressort du pharmacien d'éclaircir les zones d'ombre et de faire comprendre les modalités du traitement au patient.

Et c'est là qu'intervient la solution de l'intelligence artificielle. Qui concrètement va intégrer des connaissances du domaine à des modèles de langage étendus (MLE⁴), et l'objectif de cette technologie sera de réduire les erreurs médicamenteuses.

Pour prendre un exemple concret de système capable de simuler le raisonnement d'un pharmacien grâce à ces LLM (large langage model) de première génération. Ce système se nomme MEDIC (32).

A partir de 1000 instructions annotées par des experts, ce système va optimiser un LLM de première génération (nommé distillBERT) et, à partir de ces données, il va extraire les principaux composants (dose, fréquence, posologie) et les assembler en instructions complètes, standardisées et sécurisées. Le tout, en se basant sur la logique pharmaceutique et 5 garde-fous de sécurité bloquant 20% des cas risqués (32). C'est ce qui le différencie d'un LLM centré sur une approche généraliste (Claude) ou massivement fine-tuné (T5)

MEDIC a été comparé à deux autres benchmarks utilisant les approches citées ci-dessus (T5 et Claude). L'une entraînée avec 1,5 million d'instructions de médicaments (T5, massivement fine tunées) et l'autre utilisant des LLM de pointe (Claude, LLM généraliste).

Les résultats ont été les suivants :

Sur 1200 ordonnances données à analyser, les deux benchmarks ont réalisé chacune respectivement 1,51 fois (T5-Fine tuned) et 4,38 (Claude) fois plus d'erreurs que MEDIC.

Cela prouve que l'approche hybride de MEDIC alliant : LLM + règles pharmaceutiques + garde-fous, surpasse les autres techniques qu'emploient Claude ou T5, dans la détection d'erreurs de prescription (32). Les résultats ont montré que Claude et T5 hallucinaient et inventaient des informations.

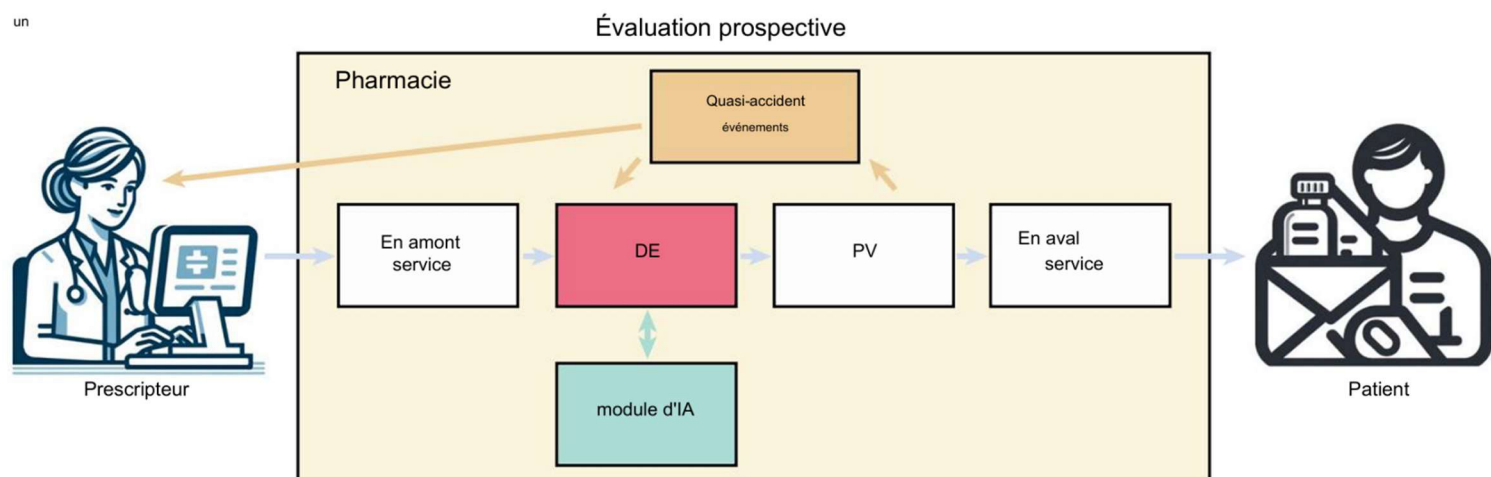
MEDIC fut testé en pharmacie en condition réelle, en étant directement intégré au processus de traitement d'ordonnances, notamment lors de la phase de saisie et de vérification. Il a permis de réduire les « événements évités de justesse ⁵ » de 33%.

⁴ C'est un type de modèle d'IA fondé sur les réseaux de neurones. Ils sont faits pour apprendre à partir d'un ensemble de texte, puis prédire le mot suivant d'une séquence selon le contexte linguistique (62).

⁵ Cela correspond à une erreur médicamenteuse qui a bien eu lieu mais qui a été interceptée avant qu'elle ne porte préjudice au patient.

Ces résultats nous permettent de conclure que, plus les LLM ⁶sont boostés d'expertise et de garantie, plus la précision et l'efficacité pour détecter les erreurs de prescriptions s'améliorent.

Afin de faciliter la compréhension de l'étude, les figures suivantes sont présentées et analysées.



⁶ Un Large Language Model est un modèle d'intelligence artificielle (algorithme de Deep Learning qui est capable d'effectuer différentes demandes liées au traitement du langage naturel (NLP) ils sont soumis à des entraînement sur des ensembles de données (31).

b

Exemples d'entrées et de sorties	
Sens d'entrée	Sortie souhaitée
1 po qhs	Prendre 1 capsule par voie orale tous les soirs au coucher
500 mg avant l'intervention	Prendre 1 comprimé par voie orale avant l'intervention
tk 2–3 prn	Prendre 2 à 3 comprimés par voie orale au besoin
1 pulvérisation intranasale 2 fois par jour dans chaque narine	Instiller 1 pulvérisation dans chaque narine deux fois par jour

C

Approches de l'IA			
Nom	Modèle de base	Données	Méthodes
Claude	Claude anthropique v.2.1	Jusqu'à n = 10 (entrée, sortie) directions	Apprentissage en quelques coups
T5-FineTuned	base T5	Jusqu'à n = 1,5 M (entrée, sortie) directions	Réglage fin
MÉDICAL	DistillBERT	n = 1 000 directions d'entrée étiquetées	Réglage fin augmentation des données connaissances en pharmacie garde-corps de sécurité

d

Méthodes et indicateurs d'évaluation			
Taper	Approche	Objectif	Métrique (s)
Rétrospective	calcul programmatique	Évaluation standard de l'apprentissage automatique	PNL BLEU & METEOR
Rétrospective	Examen humain	Répliquer PV	Événements potentiellement évités de justesse
Éventuel	Test en pharmacie	Évaluation de bout en bout en production	Événements réels évités de justesse

e□

Résumé des données		
Taper	Utilisation du modèle	Taille
Données historiques	Augmenter les données formation/test	1,6 million d'échantillons provenant d'une année de données pharmaceutiques
Données augmentées	Formation/test (NER)	20 000
Données sur les médicaments	Garde-corps de sécurité	Catalogue de pharmacie à 99%

Figure 16. Evaluation prospective - Schéma du flux de travail [32]

La figure 16, représente le processus de validation des prescriptions. Nous avons donc le *prescripteur (médecin)* qui entre une ordonnance de médicament, qui sera traitée par le service en amont en pharmacie (les pharmaciens ou les préparateurs vont analyser la prescription) qui sera un service de vérification initiale. Nous passerons après au module « data entry » (DE) qui représente la phase de saisie d'information, et ce module va être dans ce cas assisté par une intelligence artificielle. L'IA va intervenir pour traduire les prescriptions ambiguës comme dans l'exemple (1cp qhs qui veut dire « 1 comprimé chaque soir au coucher ». Il va aussi faire une comparaison des prescriptions avec des données pharmaceutiques connues, et proposer des améliorations ou faire des alertes.

« PV », est l'étape de vérification pharmaceutique où la prescription sera validée en dernière ligne par le pharmacien. Enfin, en aval du service, le bon médicament préparé est remis au patient avec le bon dosage et les bonnes instructions.

Tableau B : il nous est indiqué comment le système d'IA déchiffre les instructions ambiguës, présentes sur l'ordonnance : « 500mg avant l'intervention → prendre 1 comprimé par voie orale avant l'intervention ». Cela illustre la capacité de MEDIC à réaliser la tâche cognitive de reformuler, à la place du pharmacien.

Tableau C : compare différents modèles d'intelligence artificielle testés, afin d'être utilisés en tant qu'outil d'aide à la correction. Trois stratégies IA y sont comparées :

- « Claude » : c'est un LLM généraliste (claude v2.1) entraîné avec peu de données annotées. Cette technique se nomme « few shot prompting » (apprentissage en quelques coups). Cette technique consiste à alimenter un modèle d'IA avec quelques exemples, pour effectuer une tâche en particulier (83).

D'après l'étude, 10 exemples (entrée sortie) sont donnés en guise d'entraînement, afin d'appliquer cette logique sur des ordonnances inconnues. Le but est de conclure si un LLM généraliste sans beaucoup d'entraînement pharma peut reformuler correctement sans faire d'erreurs.

- « T5 base » : est un autre modèle d'IA de taille moyenne comparé à « Claude ». T5 base fut entraîné avec des données massives. Environ 1,5 million d'exemples (entrée, sortie) provenant d'Amazon Pharmacy. Le but est de montrer l'effet d'un gros réentraînement sur un petit modèle d'IA dans sa capacité à reformuler et à ne pas faire d'erreurs.

- « MEDIC » : se basant sur un LLM nommé DistillBERT alimenté avec 1000 directions étiquetées + connaissance en pharmacie (1,6 M historiques et catalogue médicament MedCAT) + 5 garde-fous de sécurité.

Les garde-fous de sécurité, sont des mécanismes qui surveillent le comportement du système IA dans ses tâches (88). Voici les 5 garde-fous (GR) :

GR1 : incohérence avec Medcat (le catalogue médicament)

Ex : le modèle suggère une administration par voie injectable, alors que le médicament se prend par voie orale.

GR2 : valeurs multiples pour un composant clé

Ex : dose ambiguë → le modèle va suggérer « 1 à 2 comprimés »

GR3 : dose sans verbe

Ex : le modèle va générer : « 500 mg » sans le verbe adéquat (prendre, appliquer)

GR4 : fréquence manquante

Ex : « 1 comprimé » mais sans la durée ou la fréquence « 1 par jour pendant x jours)

GR5 : absence de dose

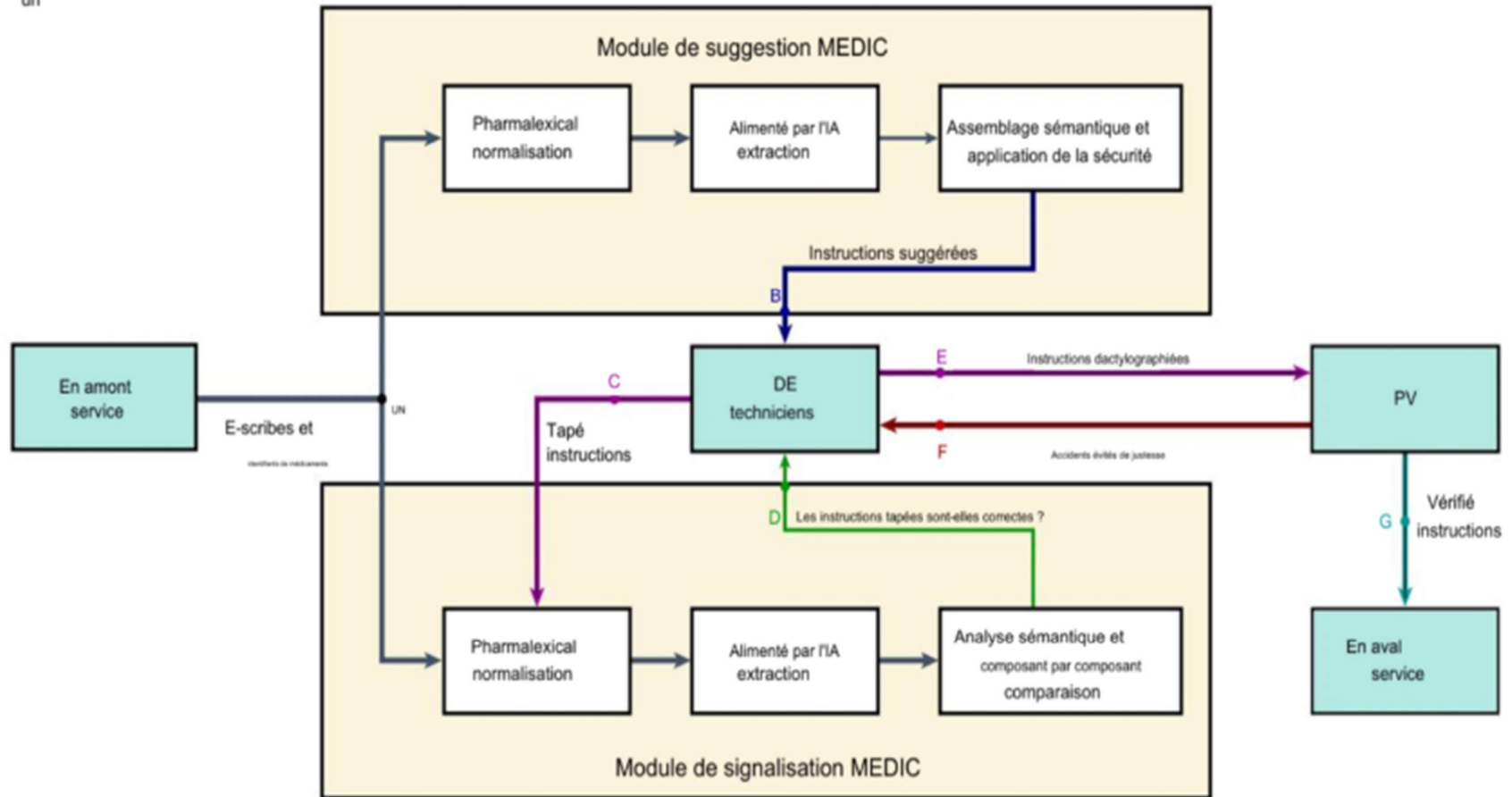
Ex : « prendre par voie orale » sans quantité.

Tableau D : il représente les différentes méthodes et les indicateurs utilisés pour évaluer l'efficacité des IA et des vérifications humaines ou mixtes.

Tableau E : il décrit les données et comment elles ont été exploitées dans l'étude pour évaluer les différentes techniques d'IA.

Nous allons voir de manière plus détaillée comment l'IA procède à la vérification des ordonnances et cela en voyant de plus près le fonctionnement de MEDIC.

un



a

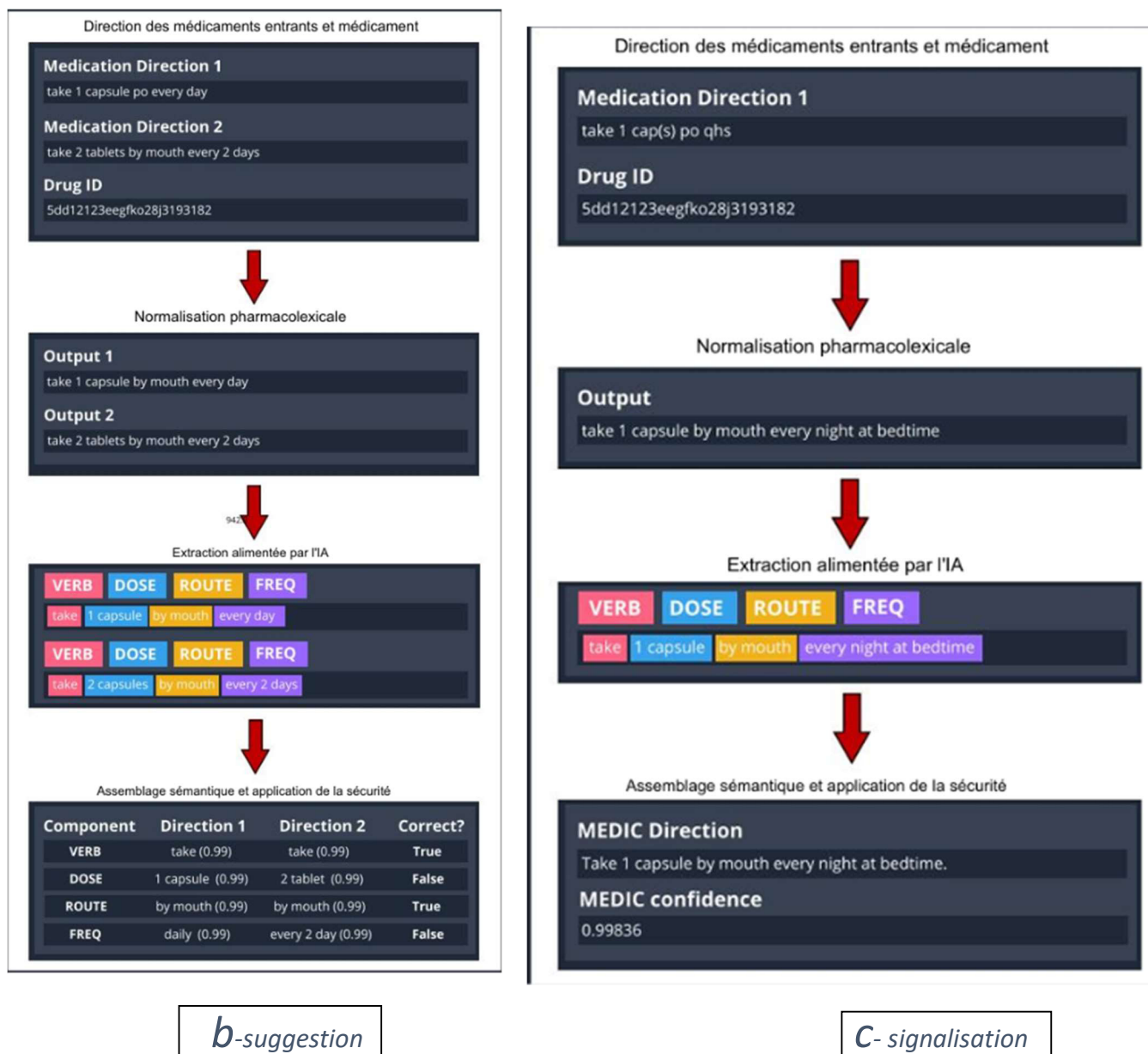


Figure 17. Flux de travail de traitement des ordonnances et aperçu de haut niveau de MEDIC [32].

Pour décrire le fonctionnement, nous allons nous aider de la figure 17 représentant l'architecture détaillée du système MEDIC.

Il s'articule en 2 modules : le **module suggestion** qui est en haut et le **module de signalisation** en bas.

Flux A et B (schéma « a ») : modulent le chemin de suggestion. L'opérateur va ouvrir une nouvelle ordonnance (flux A) ce qui activera le module de suggestion automatique et proposera des instructions (flux B) sur une interface utilisateur que validera par l'opérateur.

Flux D et C : l'opérateur va saisir des instructions, ce qui activera le module de signalement. Ces instructions seront prises en charge par un « sous-module » chargé de la normalisation pharmaco-lexicale qui corrigera ou harmonisera la terminologie (ex : « PO » à voie orale) puis, les résultats seront affichés sur l'interface utilisateur.

Flux E : le module passe à la vérification par le pharmacien (VP) si l'instruction saisie est correcte, sinon les instructions seront renvoyées pour être rectifiées (flux F).

Flux G : réalisation de l'instruction après vérification par l'opérateur.

L'image b : représente le module de suggestion, qui a comme rôle la proposition d'une instruction normalisée claire pour le patient, en s'appuyant sur des éléments sémantiques (dose, fréquence...). L'IA reçoit l'instruction (prendre 1 capsule po tous les jours), la nature de la molécule puis reformule en instruction claire : « prendre 1 capsule par voie orale tous les soirs ».

L'image c : elle représente le schéma du processus de signalement automatique dans le logiciel MEDIC, où elle résume le parcours qu'empruntent deux instructions au moment où le système cherche des divergences.

Tout commence par l'entrée des deux instructions qui sont données pour un même médicament, pour ainsi effectuer une comparaison après avoir normalisé pharmaco lexicalement les deux instructions (dose, fréquence, voie) et détecter les divergences, qui sont notifiées par une alerte.

En conclusion, ce système vient donc améliorer l'interprétation des instructions présentes sur les prescriptions pour des médicaments standardisés et en générant d'autres plus

précises et compréhensibles. Ces nouvelles instructions seront ensuite soumises à une validation faite par le pharmacien. Une structure comme « Amazone Pharmacy » a expérimenté MEDIC et une réduction de 33% des « accidents » en lien avec les instructions a été observé ce qui est plutôt prometteur pour ce type de système. (32).

V. Les défis, limites et perspectives de l'IA dans la gestion des officines :

5.1. Les défis d'adoption de l'IA dans les officines :

L'intelligence artificielle s'annonce comme une clé de la révolution du métier de pharmacien, mais cet outil pourrait faire face à des contraintes qui exigeraient donc une certaine adaptation.

Les pharmaciens feront face à des défis sur plusieurs plans :

- Plan juridique : en effet l'IA sur ce plan, va avoir son lot de conflits juridiques, ce qui par conséquent créera une jurisprudence qui jusqu'à ce temps n'existait pas (16). Par exemple :

Les cabines de téléconsultation dans les officines seront de plus en plus gérées par l'IA, donc quelques pharmaciens s'interrogent sur les tenants juridiques de cette nouvelle fonctionnalité (16).

De plus, l'IA a besoin pour se développer d'une quantité importante de données. Cependant, en France, la collecte de données et leur usage sont soumis à une réglementation et à de nombreuses lois comme celle du RGPD (règlement général de protection des données). Donc le défi sera pour les autorités d'adapter ces lois afin de tirer le meilleur de l'IA et de permettre l'utilisation de ces données dans un cadre législatif. Et en résumé, faciliter l'accès à ces données (16).

Heureusement ces applications émergentes ont vite été réglementées notamment par la HAS, à la demande de la délégation à la stratégie des systèmes de santé d'information de santé (DSSIS) qui a sorti un référentiel de bonne pratique sur les applications et les objets connectés en santé. (mobile Health ou mHealth). Ce référentiel s'adresse aux industriels, aux

structures d'évaluation, aux associations de consommateurs ou sociétés savantes médicales qui vont encadrer, guider, mettre en avant ces applications, ainsi que consolider la confiance que les patients donneraient à ces applications et aux objets connectés (14).

Il contient 101 bonnes pratiques classées en 5 domaines :

Le 1^{er} : information utilisateurs : ce domaine contient une description claire de l'application, ainsi que les modalités de recueil du consentement.

Le 2^{ème} : contenu santé : ce domaine encadre la qualité scientifique des informations. Cela inclut la conception du contenu initial, la standardisation selon des critères reconnus, et la gestion des contenus générés. L'objectif est d'assurer la fiabilité médicale des informations.

Le 3^{ème} : il y figure le contenu technique : conception technique, flux de données. Il vise à garantir une infrastructure robuste et adaptée aux exigences du domaine de la santé.

Le 4^{ème} : sécurité / fiabilité : cybersécurité, confidentialité. Il concerne la protection des données santé.

Le 5^{ème} : ce 5^{ème} domaine s'intéresse à l'expérience de l'utilisateur au niveau de l'utilisation / usage : utilisation/ design, acceptabilité, intégration/import.

Sources : (14)

Le rôle du pharmacien résidera principalement dans le conseil de ces applications au patient, leur montrer les fonctionnalités, afin de pouvoir habituer ces personnes à utiliser cette nouvelle technologie et poser des questions directement au pharmacien. Et par conséquent, être suivies de la manière la plus optimale possible.

Le pharmacien aura également un rôle à jouer dans les bonnes pratiques informatiques et la sécurisation des données.

Les données personnelles du patient, qui impliquent des données d'identité, des données de contact, des données de santé...etc, sont stockées dans des officines. La responsabilité du pharmacien titulaire est engagée pour veiller à la protection de ces informations.

Il faut que chaque utilisateur ayant accès aux informations de santé au sein de l'officine soit identifié via un code d'accès pour effectuer une traçabilité et une notification quand quiconque essaierait d'avoir accès aux données.

Une sensibilisation du personnel aux risques de fuite des données est nécessaire. Cela permettra de développer une vigilance plus accrue et de garantir plus de sécurité.

Les données de santé doivent obligatoirement être stockées dans des serveurs certifiés et fiables. Ces serveurs sont appelés : hébergeur certifié de données de santé. Ces serveurs certifiés “HDS” sont utilisés notamment pour le DP (dossier personnel) du patient (60).

L'utilisation de chatbots à l'officine est soumise également à une réglementation dans l'objectif de garantir la protection de la santé du patient et de ses données personnelles.

La confidentialité et le respect du secret médical : toute donnée ou information qu'un Chatbot aurait remontée lors d'une conversation avec le patient, comme les symptômes, l'ordonnance ou les conseils préconisés, devra être traitée comme une donnée confidentielle conformément à l'article L.1110-4 du code de la santé publique (61).

- Plan humain : il sera difficile, comme pour toute nouvelle technologie, de l'intégrer aux mentalités des professionnels de santé, des patients, des hôpitaux, laboratoires et autres structures de santé.

Le défi ici sera de faire fuir les craintes, la peur de l'inconnu et d'éloigner l'hésitation à l'adoption de cette technologie (16).

- Plan formation : il faudra former les professionnelles de santé à l'utilisation de l'IA. Il est impératif pour eux de savoir comment cela fonctionne et d'apprendre au fur et à mesure. Cela demandera un investissement en temps et en argent (17).

- Fiabilité :

C'est une des limites de l'intelligence artificielle. Il se peut que les résultats donnés ne soient pas fiables. Il faudra donc être vigilant car les résultats peuvent être biaisés (17).

- Plan éthique :

Les décisions de l'IA vont impacter un individu et vont, d'un autre côté, pouvoir sauver sa vie ou, au contraire, lui être fatale. Ce côté humain manque particulièrement dans certains choix faits par l'IA et donc soulève cette question d'éthique (17,19). Par conséquent, des

chercheurs veulent intégrer l'humain dans certaines prises de décision pour qu'il y ait un contrôle et moins de risque d'erreur (20).

Une autre question se pose également sur la responsabilité quant aux décisions prises. En effet, nous pouvons prendre cet exemple : les médecins sont responsables de ce qu'ils prescrivent ou prodiguent à leurs patients. Mais quand la décision n'est pas associée au médecin ou, du moins pas totalement, qui assumera la responsabilité d'un choix pris par cette intelligence artificielle en cas d'erreur ? Cela peut ajouter une réticence à franchir le cap et adopter cette technologie (18)(3).

- Plan financier :

Pour faire développer l'IA et pouvoir s'en servir en tant qu'outil dans les secteurs de la santé et plus particulièrement en pharmacie, il est nécessaire d'investir et de mettre en place un budget. Par exemple, d'après l'article du journal *la Tribune* (95), un budget de 119 millions d'euros par an sur 5 ans a été débloqué par le gouvernement pour former les professionnels de santé en intelligence artificielle. L'ancien ministre chargé de la Santé Yannick Neuder, avait déclaré que la formation IA sera obligatoire et ce dès le premier cycle d'études de santé (95).

Un budget pour adopter l'IA, comme par exemple les applications mobiles, les Chatbots dans les sites de l'officine, sera conséquent, mais cela dépendra surtout de plusieurs paramètres :

- Le type d'IA : un réseau neuronal complexe d'apprentissage en profondeur coûtera plus qu'une IA simple qui fonctionne par l'apprentissage automatique.
- La quantité de données : fournir assez de données au modèle d'IA est primordial pour son développement et son amélioration, ce qui peut influencer le coût.
- La complexité de l'intégration : plus le projet est complexe, plus la résolution de problèmes devient technique et nécessitera donc des algorithmes plus modernes, ce qui fera augmenter le prix également (21).
- Le niveau de personnalisation : l'ajout d'options ou de fonctionnalités personnalisés fait aussi grimper le coût d'acquisition de cette technologie

- Le déploiement et la maintenance : en adoptant cet outil, nous nous engageons aussi à maintenir et à faire face aux petits problèmes qui pourraient faire augmenter le budget (21).

Selon les industries, les couts généraux d'installation de l'IA peuvent varier d'un secteur à un autre : en matière de soin, le calcul des couts atteindrait plus de 40000\$ (21).

5.2. Coût énergétique et financier des IA :

Les IA consomment énormément d'énergie et d'argent pour qu'elles puissent fonctionner et être opérationnelles, mais que représentent concrètement ces dépenses énergétique et financière ? Selon les chiffres communiqués par Open AI, société qui détient l'IA conversationnelle ChatGPT, consomme environ 0,34 watt-heure d'électricité par requête, qui serait équivalent à ce que consomme un four en 1 seconde. Cependant cette donnée va varier en fonction des longueurs d'entrée ou des sorties longues (quand l'IA utilise la fonctionnalité « raisonnement ») ce qui peut augmenter significativement la consommation énergétique et atteindre plusieurs watts-heure par requête (38) (39).

Le nombre de requêtes par jour, d'après des sites tels que : DemandSage, Nerdynav ou Thunderbit, qui se base sur les données d'OpenAI, serait estimé à plus de 1 milliard par jour (40).

En multipliant par 0,34 watt-heure, nous trouverons 340 000 000 Wh, soit 340 000 kWh par jour.

Il y a des sources qui estiment le nombre de requêtes par jour plus faible en se basant sur le nombre d'utilisateurs actifs par mois qui serait de 850 millions (41). Les dépenses estimées descendraient à 289 000 000 Wh. Ce chiffre correspond par exemple, à la consommation journalière de 20000 à 25000 foyers français, sur la base de données de l'ADEME (agence de la transition écologique).

Concernant le coût de ces IA, en prenant ChatGPT comme exemple afin d'illustrer le propos, voici les différentes composantes financières nécessaires à leur développement :

Le cout global de l'IA se divise en plusieurs parties :

Premièrement, nous aurons le montant que doit payer une entreprise intégrant une IA dans leurs applications. Pour une application de taille moyenne générant environ 100 000 requêtes mensuelles, le montant serait de 3000 à 7000 dollars mensuels et cela sans les frais cachés qui peuvent être additionnés comme la maintenance ou l'adaptation du logiciel (42).

D'autre part nous aurons les dépenses liées aux infrastructures. ChatGPT fonctionne avec des processeurs graphiques GPU aussi appelés NVIDIA H100 qui coûtent entre 25000 et 40 000 dollars par unité (43). Ce même GPU doit avoir une location dans un Cloud comme Google Cloud par exemple qui elle aussi représente un coût estimé entre 2,10 et 5 dollars par heure par GPU. Ce qui, au total, coûterait entre 4 et 12 millions de dollars en GPU (44).

Enfin, d'après des médias comme Businessinsider ou Ynetnews.com, le coût d'exploitation de ChatGPT quotidien et annuel en prenant en compte tous les paramètres cités, s'élèverait à 700 000 dollars par jour. Soit, 250 000 000 de dollars annuels, afin de maintenir le service en marche (45).

En conclusion, les dépenses énergétiques et la charge financière sont pharamineuses et laissent penser que plus l'IA sera développée, plus elle consommera de l'énergie et de l'argent. La société basculera de plus en plus dans l'ère digitale et de l'intelligence artificielle nous assistons aux prémices de ce basculement, mais à quel prix ?

5.3. Les dangers et risques de l'IA dans les officines :

Comme il a été décrit jusqu'ici, cette technologie apporte de nombreux avantages. Spécialement au niveau du temps car elle gère des tâches chronophages, faciles à exécuter. Comme les chatbots conversationnels, par exemple, qui s'occupe comme nous l'avons vu, de répondre à certaines questions de routine du patient.

Comme tout outil, l'IA présente des risques plus ou moins importants mais dans tous les cas à prendre en compte afin de garantir une sécurité pour les utilisateurs. Parmi ses points négatifs, nous pouvons en citer 5 capitaux :

5.3.1. Préjugés :

Les systèmes d'IA sont entraînés et acquièrent des informations qui peuvent contenir des biais et qui par conséquent provoquent des résultats incorrects voir discriminatoires. Pour

l'exemple, supposons qu'un hôpital utilise une IA pour vérifier les prescriptions des médecins et détecter les erreurs. L'algorithme qu'utilise l'IA en question a été entraîné uniquement sur des données de patients adultes européens.

L'IA par conséquent, dans son analyse d'ordonnance, interprétera « normale » une dose élevée chez un enfant car correcte pour un adulte. Cela indiquera un manque de fiabilité et de précision dans les analyses.

Il est pour cela important d'inclure des "garde-fous" de sécurité ainsi qu'une vérification humaine précédemment vue avec l'IA MEDIC, pour éviter que ces biais ne portent préjudice aux patients. (33).

5.3.2. Fiabilité :

La fiabilité des résultats donnés par l'IA est discutable et cela est dû à plusieurs paramètres, notamment les biais des données d'entraînement mais aussi la tendance de l'IA à généraliser avec comme base la « mode » actuelle. L'IA va donc généraliser des fois de manière inexacte. Il est donc important de vérifier après l'IA les résultats donnés pour corriger ce manque de fiabilité (33).

5.3.3. Hallucination :

Ce sont des informations que l'IA présente comme vraies alors qu'elles sont totalement fausses. Ce qui peut être très problématique car elles sont présentées avec conviction et peuvent donc induire en erreur l'utilisateur. Ce qui souligne l'importance de garder un œil critique sur les informations données (33).

5.3.4. Ethique :

C'est la question qui revient le plus souvent lorsqu'on parle d'effets négatifs de l'IA. La question est de savoir qui est responsable des décisions de l'IA et surtout quand la décision prise est mauvaise (33).

5.3.5. Confidentialité :

Ayant accès à tout type d'information nécessaire pour l'entraînement et le fonctionnement de l'IA, il est difficile de savoir ce que le système détient comme informations confidentielles. Ce qui constitue un risque car elles pourraient être accessibles à d'autres utilisateurs parfois malintentionnés (33).

5.3.6. Embauche et accès à l'emploi :

L'accès à l'emploi est de plus en plus difficile pour divers facteurs et l'arrivée de l'IA pourrait ne pas arranger les choses. Les systèmes IA, sur des tâches automatisées, remplacent facilement l'homme et peuvent être plus efficaces, car ils n'ont pas besoin de pauses, ou de congés. L'inégalité est donc accentuée, ce qui constitue un frein à l'adoption de cette technologie (34).

L'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) indique dans une récente étude, que 14% des emplois dans les pays qui la composent, ont de fortes chances d'être automatisés et 32% pourraient connaître des changements majeurs (35).

Il est fort probable que l'IA remplace l'humain dans certaines professions. Cela pourrait toucher les professions médicales. Son utilisation chez les médecins servirait au diagnostic médical, profitant de la mémoire presque infinie de l'IA ainsi que de sa capacité d'analyse. Les médecins deviendraient par conséquent des "collecteurs de symptômes". L'OCDE parlait de changement majeur des professions, qui sera dans ce cas plutôt une évolution car le médecin attacherait plus d'importance au relationnel patient, à l'empathie et à l'aspect psychologique.

Ce "remplacement" futur s'illustre encore plus dans le domaine de la radiologie. Une étude clinique randomisée suédoise appliquée sur 80000 femmes a montré que l'IA pouvait être plus efficace que 2 radiologues en collaboration tout en n'augmentant pas les faux positifs. L'étude a aussi montré que la charge de travail baissait significativement d'environ 44%.

Les résultats observés : sur 80000 femmes, 244 (28%) ont été rappelées lors d'un dépistage assisté par IA --> diagnostiquées atteintes d'un cancer, contre 203 femmes (25%) rappelées lors du dépistage standard. L'IA a donc permis de dépister 41 cancers supplémentaires, dont 19 invasifs et 22 in situ (36).

Cependant, le déploiement de l'IA ne se traduit pas forcément par une suppression totale des postes, surtout en pharmacie. Par exemple dans certaines officines qui utilisent un

robot ou automate, ces outils auront tout de même besoin d'une aide manutentionnaire afin de les remplir de médicaments, ou ranger ceux ne pouvant pas figurer dans le robot.

5.4. Perspectives et recommandations :

Afin de recueillir le ressenti des pharmaciens sur l'adoption de l'intelligence artificielle dans les officines, une étude a été menée par des chercheurs basés en Jordanie. Leurs avis sur les moyens qui seraient mis en place pour faciliter l'installation de l'IA. Les obstacles ont également été pris en compte.

Cette étude transversale a inclus 401 pharmaciens participants jordaniens dont l'âge est compris entre 29 et 33 ans, à majorité féminine (66,6%) détenteurs d'une licence en pharmacie (56,1%) avec un salaire faible (54,6%) de 1 à 5 ans d'expérience (35,9%) les participants se sont vu recevoir un Google Forms pour remplir un questionnaire afin d'en tirer des résultats (37).

Globalement, les résultats de l'étude ont montré que la majorité des pharmaciens avaient un intérêt positif à l'entrée de l'IA en pharmacie (37). Les avantages présentés aux participants étaient la capacité d l'IA à gérer d'énormes volumes de données avec une automatisation accrue, le potentiel de transformer de nombreux aspects pratique de la profession et l'impact significatif sur la prise en charge du patient en ayant plus de consacrer à son écoute.

Ce qui montre que les professionnels de santé seraient ouverts à l'adoption de cette technologie et sont conscients que cette technologie pourrait faciliter énormément de tâches chronophages (37).

Les contraintes les plus importantes d'après 79,2% des participants seraient le manque de matériel et de logiciel en lien avec l'IA, le contrôle humain de l'IA (76,4%) et la charge financière en investissement élevé de l'IA (74,6%) (37).

Suivant l'étude, plus les heures de travail d'un participant étaient longues ainsi que plus sa maîtrise de l'application IA était importante, plus l'attitude était positive à l'adoption de l'IA (37).

Les années d'expérience jouent aussi en faveur d'une acceptation de l'IA. En effet plus le participant est ancien, plus il est favorable à l'adoption de la nouvelle technologie. Ce résultat s'expliquerait par une lassitude des tâches répétitives en pharmacie et, par conséquent, serait ouvert à une solution qui viendrait alléger leur travail au quotidien. Cela explique également la corrélation entre heures de travail et le désir d'adopter l'IA (37).

L'étude a relevé également que le salaire pouvait influencer sur le choix des pharmaciens. En fait les pharmaciens à revenu élevé ont montré moins d'intérêt à l'adoption de l'IA (37).

Il est important de se focaliser sur des programmes d'éducation visant le pharmacien qui permettront de mieux aborder l'IA et de se familiariser avec cet outil. L'idéal serait d'intégrer ce thème au programme universitaire pour former sur les bancs de la fac. Anticiper la montée exponentielle de l'IA est primordial afin d'utiliser l'outil le plus efficacement possible.

Le manque de logiciels et de matériel liés à l'IA pourrait également être surmonté, en mettant en place des récompenses financières et ainsi, inciter les pharmaciens à adopter cette technologie.

5.5. L'évolution du rôle du pharmacien face à l'IA :

Le pharmacien ainsi que tous les professionnels de santé devront faire face à un danger qui pourrait chambouler la manière dont les gens perçoivent le système de santé.

En effet, le patient lambda, à la vue de certains symptômes, a tendance en premier lieu, à aller sur internet afin de chercher la cause et un diagnostic à ce qu'il éprouve. Trouvant tout et n'importe quoi, il se dirige vers son médecin afin de confirmer ce qu'il a trouvé comme informations.

Avec la venue des IA génératives comme ChatGPT, les patients se retrouvent en face d'un agent, pouvant parler n'importe quelle langue ou n'importe quel dialecte. Il est en mesure de leur décrire parfaitement leurs symptômes avec un discours scientifique et savant d'apparence. A qui faire confiance ? Ai-je encore besoin de me déplacer chez le médecin ?

Dois-je encore faire confiance aux professionnels de santé ? Ce sont là des questions que le patient se pose aujourd'hui en 2025.

La confiance constitue la pierre angulaire du système de soins que doivent avoir les patients. Il est pour cela extrêmement important qu'il y ait un consensus sur des informations données au patient afin que cette confiance se consolide. Or, il est devenu commun que le médecin n'ait pas le même discours que le pharmacien sur une notion particulière. Ce qui trouble le patient et ainsi le rapproche d'une source gratuite, disponible 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24 pour éclaircir ses doutes. Certains patients vérifient les sources et ont un recul sur ce que cette technologie peut donner comme informations. Tandis que d'autres, croient ce que leur dit l'IA et appliquent parfois à la lettre des consignes dans l'objectif de se soigner, ce qui peut être dans les cas extrêmes, mortel.

Les 40 millions de questions posées chaque jour autour de la santé représenteraient 5% des conversations qu'ont les utilisateurs avec ChatGPT. Parmi les 800 millions d'utilisateurs, 1 sur 4 interroge chaque semaine l'IA, en quête d'informations médicales (94).

C'est pour cela qu'il est primordial d'éduquer les patients sur ce nouvel outil afin de l'utiliser avec prudence et recul. Il est nécessaire que le pharmacien en ait conscience pour sensibiliser et prévenir des dangers que peuvent provoquer cet outil à double tranchant.

La figure 18, constitue un moyen de prévention que j'ai créé. Cette fiche est destinée aux patients, afin de lutter contre la désinformation, et sécuriser l'utilisation des IA génératives sur les questions relatives à la santé.

L'IA EN SANTÉ : INFORMEZ-VOUS SANS RISQUE !



RECHERCHER

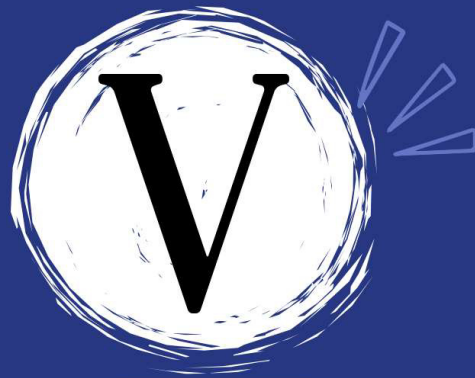
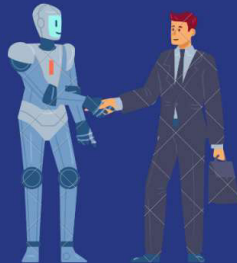
UTILISER L'IA POUR OBTENIR UNE INFORMATION
PAS UN DIAGNOSTIC

Vous pouvez interroger une IA pour :

- Comprendre un terme médical
- Avoir des explications simples sur une maladie
- préparer une consultation

Comment bien poser la question ?

- Poser une question précise
- Donner du contexte (Age, sexe, antécédants médicaux importants)
- Ne PAS partager d'informations personnelles identifiantes
-



VERIFIER

CROISER L'INFORMATION OBTENUE

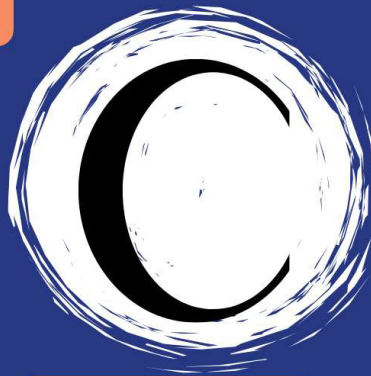
Avant de croire l'information obtenue il faut :

- Comparer avec un site officiel ex :
<https://www.has-sante.fr/>
<https://www.ameli.fr/>
- Vérifier la cohérence avec ce que le médecin a expliqué
- Se méfier des réponses trop catégoriques

Se rappeler que l'IA peut inventer des informations !

Question utile à poser à l'IA :

Peux-tu m'indiquer tes sources ainsi que ton niveau de certitude ?



CONFIRMER

VALIDER L'INFORMATION AVEC UN PROFESSIONNEL DE SANTE

Avant toute décision médicale parlez-en à votre :

Médecin
Pharmacien
Infirmière

Ne jamais :

- Modifier un traitement seul
- Arrêter un médicament sans avis médical
- Interpréter seul un résultat biologique
- Retarder une consultation urgente



EN CAS D'URGENCE

en cas d'urgence n'utilisez pas l'IA et appelez les secours au 15 ou 112.

- Douleur ou malaise brutal
- Signes d'AVC
- Difficulté à respirer
- urgence psychologique

Figure 18. Fiche de prévention contre la désinformation et l'IA, destiné aux patients [91,92,93]

Il est important aussi de renforcer l'entraide interprofessionnelle et de consolider la cohérence entre les informations données par chaque professionnel de santé pour garantir la confiance qu'a le patient en son parcours de soin.

VI. Étude :

6.1. Méthodologie :

Une étude observationnelle, transversale, quantitative et qualitative, a été réalisée afin de connaître le rapport des patients avec l'IA générative. Ainsi que leur ressenti quant à la place future qu'occuperait cette l'IA dans leur quotidien, mais surtout dans les pharmacies qu'ils fréquentent.

Le questionnaire comportait quatre questions courtes, conçues pour être compréhensibles et facilement complétées à l'oral avec les patients au comptoir.

Ce sondage a été réalisé dans une pharmacie située à Le Coudray dans l'Eure-et-Loir, lieux, d'accomplissement du stage de pratique professionnelle, en filière officine.

Ce questionnaire fut complété par 35 patients de cette pharmacie, choisi au hasard, après ou pendant la délivrance de leurs médicaments au comptoir. En voici les résultats :

6.2. Résultats :

a) La première question de l'enquête avait pour objectif d'identifier le profil des participants selon un critère d'âge. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 19.

Ainsi 48% des répondants se situent dans la tranche d'âge 26-40 ans. Les moins de 25 ans et les patients appartenant à la tranche 41-60 ans représentent respectivement 25,7% et 20%. Enfin, seulement 5,7% des répondants ont plus de 60 ans.

Quel âge avez vous ?
35 réponses

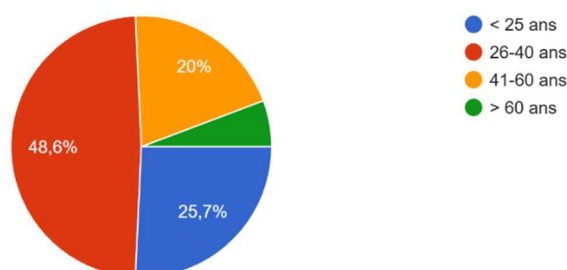


Figure 19. Représentation graphique des résultats de la question "a"

b) La deuxième question visait à savoir si l'IA constituait un moyen de documentation pour eux, en ce qui concernait leur santé. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 20.

Ainsi, **65,7%** des participants déclarent avoir déjà utilisé l'IA pour rechercher des symptômes qu'ils éprouvaient. Alors que **34%** déclarent n'avoir jamais eu recours à ce moyen de recherche.

Avez vous déjà utilisé un outil d'IA pour rechercher des informations concernant vos symptômes ou votre santé ?

35 réponses

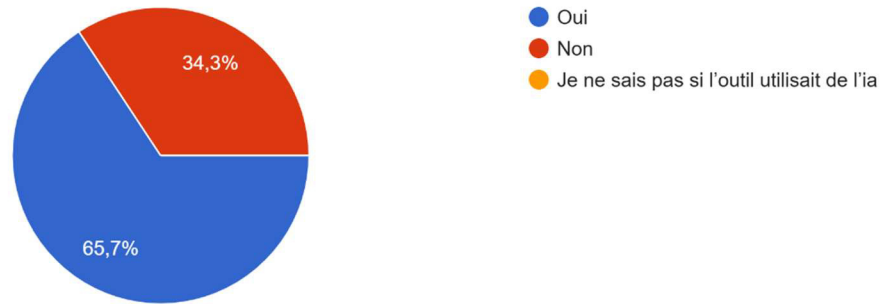


Figure 20. Représentation graphique des résultats de la question "b"

c) Le but de la troisième question était d'évaluer le sentiment qu'aurait le patient face à un pharmacien qui utiliserait l'IA pour l'aider à la délivrance. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 21.

A cette question, **40 %** des participants verraient leur confiance en la délivrance diminuer si le pharmacien s'aider d'IA. Contre **20 %** qui ont déclaré que leur confiance augmenterait. Pour **40 %** cela ne changerait rien.

La participation d'un système d'intelligence artificielle à la délivrance des médicaments :

35 réponses

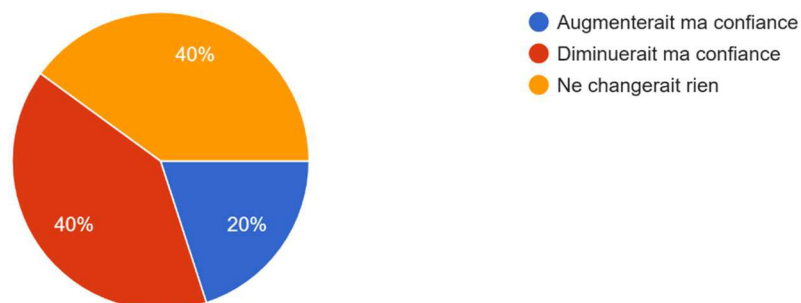


Figure 21. Représentation graphique des résultats de la question "c"

- d) L'objectif de la quatrième question était de savoir si les patients pouvaient être ouvert au remplacement total du pharmacien lors de la délivrance des médicaments. les résultats obtenus sont représentés dans la figure 22.

Ainsi **71,4%** préfèrent la présence du pharmacien. Parmi les participants **11,4%** ni voient aucun inconvénient. Cela dépend du médicament pour **17,2%** des participants.

Accepteriez vous que la délivrance des médicaments soit entièrement automatisée, sans intervention visible du pharmacien

35 réponses

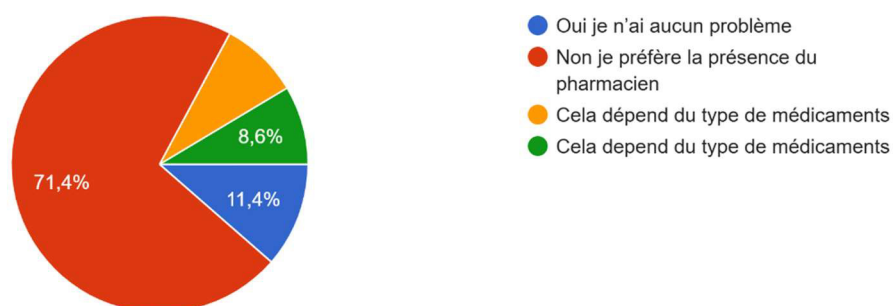


Figure 22. Représentation graphique des résultats de la question "d"

- e) La cinquième question avait comme but d'identifier la perception qu'avaient les patients de l'avenir de la profession. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 23.

Ainsi **54,3%** pensent que l'IA ne remplacera jamais le pharmacien contre **42,9 %** qui pensent le contraire. Enfin, **2,8%** n'a pas d'idées sur la question.

Pensez vous que l'intelligence artificielle pourrait un jour remplacer entièrement le pharmacien

35 réponses

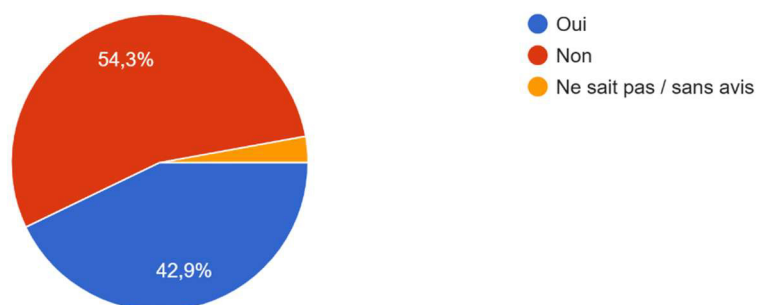


Figure 23. Représentation graphique des résultats de la question "e"

6.3. Analyse des réponses, conclusion, discussion :

L'analyse des résultats obtenus à la première question met en évidence que les répondeurs sont très majoritairement des patients « jeunes/adultes » car 74% ont moins de 40 ans. Ce déséquilibre ne permet pas de conclure à une plus grande propension de cette tranche d'âge à répondre au questionnaire. En fait, le recrutement ayant été réalisé de manière opportuniste au comptoir de l'officine, sans procédure standardisée de sollicitation, un biais de sélection ne peut être exclu. Ainsi les patients plus jeunes, ont pu être davantage inclus, soit en raison de leur présence plus fréquente à certains moments, soit d'une plus grande disponibilité ou tendance à répondre au questionnaire. L'échantillon n'est donc pas représentatif de la population globale de l'officine.

L'enquête relève également que la majorité des répondants ont déjà utilisé l'IA générative (notamment ChatGPT) sur des questions de santé. En discutant avec les patients, les questions récurrentes se portaient sur : les symptômes, l'interprétation de bilan sanguin et l'explication de leurs maladies. Parmi les participants, 34,3 % n'ont jamais posé de question de santé à une IA générative. Il est important de noter que 58,3% d'entre eux ont entre 26 et 40 ans, 16,6% ont moins de 25 ans et 25% ont entre 41 et 60 ans. la réticence quant à l'utilisation de l'IA n'est donc pas seulement générationnelle.

Après discussion avec ces participants, il s'avérait que certains, privilégiaient les sites internet car y font plus confiance, tandis que certains préféreraient demander à un professionnel de santé directement, sans passer par internet et/ou IA.

Nous pouvons conclure que l'IA commence déjà à prendre une place dans la pratique de recherche d'information en santé. La majorité des participants ayant répondu « oui » sont les patients des tranches « moins de 25 ans » (29%) et [26-40] (41,66%).

Le but était de savoir si le patient sentait que sa prise en charge était plus sécurisée avec l'IA et donc aurait plus tendance à se sentir serein. Le sondage a montré que 80% ne voyait pas leur confiance en la délivrance et le pharmacien, augmenter. Voir 40% la verrait diminuer. Les arguments en échangeant avec les patients, étaient que si le pharmacien avait recours à l'IA, cela indiquerait un manque de compétences de sa part et une dépendance à un outil peu fiable, pouvant se tromper.

Cela montre également une acceptabilité mitigée, voire une certaine méfiance.

La majorité des participants (71,4%) refuse une automatisation complète et préférerait la présence d'un pharmacien. 17,1% des patients ont répondu que cela dépendait de la nature de la délivrance. Certains trouvent que pour des achats rapides ou, des médicaments qu'ils connaissent, et seraient favorable à une automatisation complète. En revanche, pour un conseil ou un avis médical, ils préféreraient interagir avec un humain. 11,4% n'y voient aucun problème peu importe la nature de la délivrance.

Les patients sont globalement attachés à la présence d'un être humain en face d'eux. D'autres accepteraient, mais pas comme substitut humain total.

Les réponses recueillies traduisent des opinions partagées quant à l'avenir du pharmacien face au développement de l'IA. Ainsi, 42,9% pensent que cela sera inévitable, en voyant comment la société évolue et comment l'IA commence à prendre une place importante. Tandis que 54,3% pensent que l'IA ne remplacera jamais un pharmacien. Selon certains patients, l'IA ne pourra remplacer l'humanité, et l'apport chaleureux, que certains d'entre eux cherchent, en allant à la pharmacie.

Ces résultats indiquent que pour 42,9% des patients, un remplacement pourrait arriver un jour même s'ils ne le souhaitent pas forcément.

En conclusion, l'avis des patients reste partagé et un sentiment de méfiance, de crainte se ressent à l'égard de l'IA.

Ce sondage visait à explorer les avis que pouvaient avoir les patients sur l'IA en officine. Cependant les résultats ne représentent pas la population française de par la taille de l'échantillon, et par la surreprésentation d'une certaine tranche d'âge. Cette enquête a permis de voir les tendances, et la position actuelle des patients de la pharmacie, vis-à-vis de l'introduction de l'IA.

VII. Conclusion :

L'intelligence artificielle, bien qu'encore méconnue du grand public, existe depuis les années 50. L'arrivée des IA génératives a mis sur le devant de la scène cette technologie qui, peu à peu, s'est introduite dans différents domaines.

La pharmacie n'a pas échappé à ces systèmes algorithmiques. En conséquence, nous constatons que ces modèles d'IA se sont implantés dans la plupart des champs d'activité de l'officine : la gestion de stock et de commande, la relation patient/pharmacien, la sécurisation des délivrances en identifiant les interactions médicamenteuses et, même dans la vidéosurveillance. Les apports positifs sont nombreux : plus de rentabilité avec la tarification dynamique, plus de temps libéré aux tâches complexes ainsi qu'au suivi du patient et plus de sécurité dans la délivrance, comme vu avec MEDIC.

D'autres fonctionnalités seront sans doute développées, comme une IA qui pourrait gérer le planning de la pharmacie. L'algorithme trouverait un autre membre de l'équipe pour remplacer un préparateur en congé ou en arrêt maladie. Il pourrait aussi adapter l'effectif à l'affluence de la pharmacie, en fonction des jours de la semaine.

Cependant les côtés négatifs de ces modèles sont encore à améliorer. Le manque de fiabilité, l'accès aux données des patients et leur confidentialité, les questions éthiques qui interrogent sur la part de responsabilité des IA dans la décision finale. Tous ces éléments restent à améliorer afin d'obtenir un outil de confiance.

Il sera nécessaire de s'adapter à cette technologie. Non seulement en interne de la pharmacie, en formant les membres de l'équipe, mais aussi en externe en éduquant le patient. Le pharmacien devrait lui-même connaître cet outil afin de prévenir le patient des

risques que peuvent constituer ces outils. En particulier sur la protection des données et sur le manque de fiabilité que peuvent avoir les IA génératives.

Une question fondamentale se posera : quel sera l'impact de l'intelligence artificielle sur l'avenir de la profession ? D'autres questions plus concrètes se poseront : Quel sera le devenir de l'exercice, sera-t-il davantage sous forme de services (vaccination, 1^{er} secours, test de dépistage), à quoi ressemblera le rapport entre le pharmacien et le patient, l'IA pourrait-elle constituer un intermédiaire entre les deux parties dans le futur ?

Bibliographie :

1. Intelligence artificielle, de quoi parle-t-on ? | CNIL [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/intelligence-artificielle/intelligence-artificielle-de-quoi-parle-t-on>
2. Aubrey K. What's the Difference Between Deep Learning Training and Inference? NVIDIA Blog [Internet]. 29 juill 2016 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://blogs.nvidia.com/blog/difference-deep-learning-training-inference-ai/>
3. Pharmacie. In: Wikipédia [Internet]. 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pharmacie&oldid=223445719>
4. Les 50 ans d'histoire de la e-santé | Agence du Numérique en Santé [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://esante.gouv.fr/les-50-ans-dhistoire-de-la-e-sante?utm>
5. UNIM. UNIM - Assurances pour les Professions Médicales [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Digitalisation des officines -. Disponible sur: <https://www.unim.asso.fr>
6. En quoi l'IA peut-elle aider à la gestion des stocks en pharmacie ? POD [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.pod.fr/guide-pharmacie/pharmacie-comment-ia-optimise-gestion-stocks/>
7. Xoubi V. Système de gestion de pharmacie en France. Aumet [Internet]. 13 nov 2024 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://aumet.com/fr/systeme-de-gestion-de-pharmacie-en-france/>
8. Raza MA, Aziz S, Noreen M, Saeed A, Anjum I, Ahmed M, et al. Artificial Intelligence (AI) in Pharmacy: An Overview of Innovations. Innov Pharm. 12 déc 2022;13(2):10.24926/iip.v13i2.4839. doi:[10.24926/iip.v13i2.4839](https://doi.org/10.24926/iip.v13i2.4839) PubMed PMID: 36654703; PubMed Central PMCID: PMC9836757.
9. What Is a Chatbot? | IBM [Internet]. 2021 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/think/topics/chatbots>
10. Le Quotidien du Pharmacien [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Les « chatbot » arrivent à l'officine. Disponible sur:

<http://www.lequotidiendupharmacien.fr/gestion-de-lofficine/e-sante/les-chatbot-arrivent-lofficine>

11. Volz L. 9 Beispiele für Chatbots in der Pharma- und Medizinbranche. BOTfriends [Internet]. 27 oct 2020 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://botfriends.de/blog/9-beispiele-pharma-medizinbranche/>

12. Mouafo SRT. Applications de l'intelligence artificielle à la détection et l'isolation de pannes multiples dans un réseau de télécommunications.

13. Furst F. Histoire de l'intelligence artificielle. Soins Cadres. janv 2025;34(157):12-7. doi:[10.1016/j.scad.2024.12.003](https://doi.org/10.1016/j.scad.2024.12.003)

14. Haute Autorité de Santé [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Référentiel de bonnes pratiques sur les applications et les objets connectés en santé (mobile Health ou mHealth). Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2681915/fr/referentiel-de-bonnes-pratiques-sur-les-applications-et-les-objets-connectes-en-sante-mobile-health-ou-mhealth

15. Sturges S, Brown M. Polypsychopharmacy. Bull Menninger Clin. mai 1975;39(3):274-9. PubMed PMID: 110.

16. alexis. Guide de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé. Calmedica [Internet]. 16 févr 2021 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.calmedica.com/lintelligence-artificielle-dans-le-domaine-de-la-sante/>

17. Les défis de l'intégration de l'intelligence artificielle dans les soins de santé – Idees Artisans [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://idees-artisans.com/les-defis-de-lintegration-de-lintelligence-artificielle-dans-les-soins-de-sante/?utm>

18. Cao G, Duan Y, Edwards JS, Dwivedi YK. Understanding managers' attitudes and behavioral intentions towards using artificial intelligence for organizational decision-making. Technovation. 1 août 2021;106:102312. doi:[10.1016/j.technovation.2021.102312](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102312)

19. Martinho A, Kroesen M, Chorus C. A healthy debate: Exploring the views of medical doctors on the ethics of artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Medicine*. 1 nov 2021;121:102190. doi:[10.1016/j.artmed.2021.102190](https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102190)
20. Choukhi A, Habib J. Les défis éthiques et managériaux de l'IA dans le secteur de la santé: une revue systématique de littérature.
21. Coût et répartition du développement de l'intégration de l'IA | Modèle de tarification de l'IA [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://richestsoft.com/fr/blog/ai-integration-development-cost/?utm>
22. L'intelligence artificielle en santé pour transformer un secteur en quête d'efficacité [Internet]. 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.latribune.fr/economie/france/intelligence-artificielle-en-sante-1-5-milliard-pour-transformer-un-secteur-en-quete-d-efficacite-1018156.html?id=1285158869596114>
23. Les principales techniques d'intelligence artificielle (IA) - Textes divers [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://quillevere.net/textes/textes-divers/principales-techniques-intelligence-artificielle-50613.htm#lien6>
24. Systèmes experts, les outils de la médecine 3.0 - Zeblogsanté [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <http://www.zeblogsante.com/systemes-experts-les-outils-de-la-medecine-3-0/>
25. La logique floue et ses applications. 2015.
26. Benbouhenni H. Nouvelle approche de la commande DTC modifiée par les techniques de l'intelligence artificielle d'une machine asynchrone. *JARST*. 1 juin 2017;4(2):509-28.
27. Rakhmatulin I, Dao MS, Nassibi A, Mandic D. Exploring Convolutional Neural Network Architectures for EEG Feature Extraction. *Sensors (Basel)*. 29 janv 2024;24(3):877. doi:[10.3390/s24030877](https://doi.org/10.3390/s24030877) PubMed PMID: 38339594; PubMed Central PMCID: PMC10856895.

28. Haiech J. Parcourir l'histoire de l'intelligence artificielle, pour mieux la définir et la comprendre. Med Sci (Paris). oct 2020;36(10):919-23. doi:[10.1051/medsci/2020145](https://doi.org/10.1051/medsci/2020145)
29. Livre L'intelligence artificielle expliquée - Des concepts de base aux applications avancées de l'IA [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.editions-eni.fr/livre/l-intelligence-artificielle-expliquee-des-concepts-de-base-aux-applications-avancees-de-l-ia-9782409043567>
30. Rôle de l'IA dans la prévision et la prévention des erreurs médicamenteuses en pharmacie. POD [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.pod.fr/guide-pharmacie/pharmacie-role-ia-prevention-erreurs-medicamenteuses/>
31. Qu'est-ce qu'un grand modèle de langage (LLM) ? [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.cloudflare.com/fr-fr/learning/ai/what-is-large-language-model/>
32. Pais C, Liu J, Voigt R, Gupta V, Wade E, Bayati M. Large language models for preventing medication direction errors in online pharmacies. Nat Med. juin 2024;30(6):1574-82. doi:[10.1038/s41591-024-02933-8](https://doi.org/10.1038/s41591-024-02933-8)
33. Golamb L. LibGuides: Artificial Intelligence: Risks of AI [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://guides.atsu.edu/c.php?g=1384501&p=10274349>
34. Prevention O. Automatisation, mutation des métiers, surveillance : les dangers de l'IA sur le travail [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.officiel-prevention.com/dossier/sante-hygiene-medecine-du-travail-sst/service-de-sante-au-travail-reglementations/automatisation-mutation-des-metiers-surveillance-les-dangers-de-lia-sur-le-travail>
35. Ismaïl. Quels sont les inconvénients de l'intelligence artificielle ? Oscar Black [Internet]. 20 févr 2024 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://oscar-black.com/blog/intelligence-artificielle/les-inconvenients-de-lintelligence-artificielle/>

36. Gregory A, editor AGH. AI use in breast cancer screening as good as two radiologists, study finds. The Guardian [Internet]. 2 août 2023 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.theguardian.com/society/2023/aug/02/ai-use-breast-cancer-screening-study-preliminary-results>
37. Jarab AS, Al-Qerem W, Alzoubi KH, Obeidat H, Abu Heshmeh S, Mukattash TL, et al. Artificial intelligence in pharmacy practice: Attitude and willingness of the community pharmacists and the barriers for its implementation. Saudi Pharmaceutical Journal. 1 août 2023;31(8):101700. doi:[10.1016/j.jsps.2023.101700](https://doi.org/10.1016/j.jsps.2023.101700)
38. You J. Epoch AI [Internet]. 2025 [cité 22 févr 2026]. How much energy does ChatGPT use? Disponible sur: <https://epoch.ai/gradient-updates/how-much-energy-does-chatgpt-use>
39. Team O. OpenAI Finally Reveals How Much Electricity ChatGPT Consumes. OfficeChai [Internet]. 11 juin 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://officechai.com/ai/chatgpt-electricity-consumption-official-2025/>
40. Latest ChatGPT Statistics: 800M+ Users, Revenue (Oct 2025) | Nerdynav [Internet]. 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://nerdynav.com/chatgpt-statistics/>
41. Alternatives Economiques [Internet]. 2026 [cité 22 févr 2026]. Grâce à la domination de ChatGPT, OpenAI peut-il devenir le prochain Google ? Disponible sur: <https://www.alternatives-economiques.fr/grace-a-la-domination-de-chatgpt-openai-peut-il-devenir-le-prochain-google/00117839>
42. ChatGPT Integration Costs 2025: What Startups Actually Pay [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.ptolemay.com/post/how-much-does-chatgpt-integration-cost-and-pay-off>
43. Cloud C. H100 GPU Cost for Large-Scale AI Models [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://cyfuture.cloud/kb/gpu/h100-gpu-cost-for-large-scale-ai-models>

44. 20231218_AI_future_eng.pdf [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: https://yakov.partners/upload/iblock/6af/c76e73a1nuff7dphdf31ig8h74m4u0zm/20231218_AI_future_eng.pdf?utm_
45. Kahan R, Kahan R. ChatGPT's hidden toll: AI courtesy fuels \$700K daily costs. Ynetglobal [Internet]. 22 avr 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.ynetnews.com/business/article/bkiagmekxx>
46. Accès et disponibilité des médicaments en pharmacie | Ipsos [Internet]. 2018 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.ipsos.com/fr-fr/acces-et-disponibilite-des-medicaments-en-pharmacie>
47. Distripha - Gestion Intelligente pour Pharmacies [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.distripha.com/>
48. VC4A [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Distripha, HealthTech venture on VC4A. Disponible sur: <https://vc4a.com/ventures/distripha/>
49. RetailNext's New AI-Powered Security and Traffic Solutions | RetailNext [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://retailnext.net/press-release/retailnexts-new-ai-powered-security-and-traffic-solutions>
50. CEA. CEA/Découvrir & Comprendre [Articles & Dossiers:L'essentiel sur] [Internet]. CEA; 2017 [cité 22 févr 2026]. L'intelligence artificielle. Disponible sur: <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/nouvelles-technologies/essentiel-sur-intelligence-artificielle.aspx>
51. Introduction to Machine Learning, Neural Networks, and Deep Learning - PubMed [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32704420/>
52. Orange professionnels [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Machine learning, deep learning : quelles différences ? Disponible sur: <https://pro.orange.fr/lemag/machine-learning-deep-learning-quelles-differences-CNT000002fc79W.html>

53. Quelles différences entre Machine Learning vs Deep Learning ? [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.webotit.ai/blog/quelles-differences-entre-machine-learning-vs-deep-learning>
54. 5 outils d'IA qui ont fait leurs preuves à l'officine. Le Moniteur des pharmacies [Internet]. 12 févr 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/business/numerique/digitalisation/5-outils-dia-qui-ont-fait-leurs-preuves-en-officine>
55. Deep learning vs machine learning | OVHcloud France [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.ovhcloud.com/fr/learn/deep-vs-machine-learning/>
56. Automatisation des commandes avec winAutopilote - Winpharma [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.winpharma.com/winautopilote/>
57. How is AI used in inventory management: benefits & challenges- SolidBrain [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://solidbrain.net/blog/challenges-of-implementing-ai-in-inventory-management>
58. Régnier M. L'IA en ligne, dangereuse voire mortelle quand il s'agit de conseiller des médicaments ! Doctissimo [Internet]. 14 oct 2024 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: https://www.doctissimo.fr/sante/lia-en-ligne-dangereuse-voire-mortelle-quand-il-sagit-de-conseiller-des-medicaments/2ae50f_ar.html
59. Artificial intelligence-powered chatbots in search engines: a cross-sectional study on the quality and risks of drug information for patients | BMJ Quality & Safety [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://qualitysafety.bmj.com/content/34/2/100>
60. CNOP [Internet]. [cité 22 févr 2026]. La sécurité des données. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/le-dossier-pharmaceutique/la-securite-des-donnees>
61. Healthcare O. Confidentialité des données médicales : tout savoir sur la loi. Orisha Healthcare [Internet]. 27 févr 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur:

<https://healthcare.orisha.com/blog/professionnels-de-sante/que-dit-la-loi-sur-la-confidentialite-des-donnees-medicales/>

62. Do QK, Allauzen A, Yvon F. Comparison of scheduling methods for the learning rate of neural network language models (Modèles de langue neuronaux: une comparaison de plusieurs stratégies d'apprentissage) [in French]. In: Blache P, Béchet F, Bigi B, éditeurs. Proceedings of TALN 2014 (Volume 1: Long Papers) [Internet]. Marseille, France: Association pour le Traitement Automatique des Langues; 2014 [cité 22 févr 2026]. p. 256-67. Disponible sur: <https://aclanthology.org/F14-1023/>

63. enseignementsup-recherche.gouv.fr [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Intelligence artificielle (IA) : de quoi parle-t-on ? Disponible sur: <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/intelligence-artificielle-de-quoi-parle-t-91190>

64. Algorithme [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/definition/algorithme>

65. Qu'est-ce qu'un réseau neuronal ? | Types de réseaux neuronaux [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.cloudflare.com/fr-fr/learning/ai/what-is-neural-network/>

66. Neuromorphologie. In: Wikipédia [Internet]. 2024 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Neuromorphologie&oldid=211928699>

67. Tobore I, Li J, Yuhang L, Al-Handarish Y, Kandwal A, Nie Z, et al. Deep Learning Intervention for Health Care Challenges: Some Biomedical Domain Considerations. JMIR Mhealth Uhealth. 2 août 2019;7(8):e11966. doi:[10.2196/11966](https://doi.org/10.2196/11966) PubMed PMID: 31376272; PubMed Central PMCID: PMC6696854.

68. support_de_cours_-deep_learning-chapitre3-cnn.pdf [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://staff.univ->

batna2.dz/sites/default/files/merzougui_ghalia/files/support_de_cours_-
deep_learning-chapitre3-cnn.pdf

69. Zakaria MM. Classification des images avec les réseaux de neurones convolutionnels.

70. Fichier:Perceptron 4layers.png — Wikipédia [Internet]. 2009 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Perceptron_4layers.png

71. DeepAI [Internet]. 2019 [cité 22 févr 2026]. Recurrent Neural Network. Disponible sur: <https://deepai.org/machine-learning-glossary-and-terms/recurrent-neural-network>

72. Stuner B. Cohorte de réseaux de neurones récurrents pour la reconnaissance de l'écriture.

73. Qu'est-ce qu'un réseau neuronal récurrent (RNN) ? | IBM [Internet]. 2021 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/recurrent-neural-networks>

74. Johnston L, Patel V, Cui Y, Balaprakash P. Revisiting the problem of learning long-term dependencies in recurrent neural networks. Neural Networks. 1 mars 2025;183:106887. doi:[10.1016/j.neunet.2024.106887](https://doi.org/10.1016/j.neunet.2024.106887)

75. Réseau de neurones récurrents. In: Wikipédia [Internet]. 2025 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=R%C3%A9seau_de_neurones_r%C3%A9currents&oldid=230938186

76. Recurrent Neural Network - an overview | ScienceDirect Topics [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/recurrent-neural-network>

77. La carte Vitale désormais disponible sur votre smartphone [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.service-public.gouv.fr/particuliers/actualites/A18126>

78. Qu'est-ce qu'un grand modèle de langage (LLM) ? [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.cloudflare.com/fr-fr/learning/ai/what-is-large-language-model/>
79. bbgrhss2clic300.pdf [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.mcours.net/cours/pdf/hascl2/bbgrhss2clic300.pdf>
80. Salesforce [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Qu'est ce qu'une approche Data Driven ? Définition et avantages. Disponible sur: <https://www.salesforce.com/fr/marketing/data-driven-marketing/>
81. LeMagIT [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Que signifie Qu'est-ce que l'apprentissage par renforcement à partir du feedback humain (RLHF) ?? - Definition IT de LeMagIT. Disponible sur: <https://www.lemagit.fr/definition/Quest-ce-que-lapprentissage-par-renforcement-a-partir-du-feedback-humain-RLHF>
82. Pharmagora Plus 2026 [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Lancement d' id. DECISIONNEL, la solution inédite de business intelligence¹ dédiée aux officines. Disponible sur: <https://www.pharmagoraplus.com/blog-de-pharmagoraplus/pharmagest-id>
83. CNOP [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Publication de l'état des lieux de l'intelligence artificielle (IA) en santé en France. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/les-communications/focus-sur/les-actualites/publication-de-l-etat-des-lieux-de-l-intelligence-artificielle-ia-en-sante-en-france>
84. La Gazette France [Internet]. [cité 22 févr 2026]. L'IA en pharmacie avec Posos. Disponible sur: <https://www.lagazettefrance.fr/article/l-ia-en-pharmacie-avec-posos>
85. À l'avant-garde de l' informatique [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/therapeutique/produits/autres/a-lavant-garde-de-l-informatique>
86. Aumet ERP | Software Reviews & Alternatives [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://crozdesk.com/software/aumet-erp>

87. Qu'est-ce que l'apprentissage few-shot ? | IBM [Internet]. 2024 [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/few-shot-prompting>
88. Que sont les garde-fous de l'IA ? Construire des systèmes d'IA sûrs et fiables | DataCamp [Internet]. [cité 22 févr 2026]. Disponible sur: <https://www.datacamp.com/fr/blog/what-are-ai-guardrails>
89. Jagun TO, Unanah OV. Leveraging AI-Driven Predictive Pricing Models to Optimize Affordability, PBM Collaboration, and Patient Adherence Strategies. Int J Res Publ Rev. mars 2025;6(3):40-53. doi:[10.55248/gengpi.6.0325.1104](https://doi.org/10.55248/gengpi.6.0325.1104)
90. IP SYSTEMES [Internet]. [cité 24 févr 2026]. Qu'est-ce qu'un capteur connecté IoT : définition, utilisation et exemples. Disponible sur: <https://www.ip-systemes.com/quest-ce-quun-capteur-connect-iot.html>
91. Guide du bon usage des assistants à base d'intelligences artificielles génératives | La science ouverte à INRAE [Internet]. [cité 27 févr 2026]. Disponible sur: <https://science-ouverte.inrae.fr/fr/offre-service/fiches-pratiques-et-recommandations/guide-du-bon-usage-des-assistants-base-dintelligences-artificielles-generatives>
92. Wei Q, Yao Z, Cui Y, Wei B, Jin Z, Xu X. Evaluation of ChatGPT-Generated Medical Responses: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Biomedical Informatics. mars 2024;151:104620. doi:10.1016/j.jbi.2024.104620
93. Haute Autorité de Santé [Internet]. [cité 27 févr 2026]. Premières clefs d'usage de l'IA générative en santé. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3703115/fr/premieres-clefs-d-usage-de-l-ia-generative-en-sante
94. ChatGPT Santé : est-ce un progrès pour les patients ou une nouvelle source de désinformation médicale ? Le Moniteur des pharmacies [Internet]. 13 janv 2026 [cité 28 févr 2026]. Disponible sur :

<https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/profession/socio-professionnel/chatgpt-sante-est-ce-un-progres-pour-les-patients-ou-une-nouvelle-source-de-desinformation-medicale>

95. L'intelligence artificielle en santé pour transformer un secteur en quête d'efficacité [Internet]. 2025 [cité 1 mars 2026]. Disponible sur: <https://www.latribune.fr/economie/france/intelligence-artificielle-en-sante-1-5-milliard-pour-transformer-un-secteur-en-quete-d-efficacite-1018156.html?id=1285158869596114>

96. Fitzpatrick KK, Darcy A, Vierhile M. Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults With Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent (Woebot): A Randomized Controlled Trial. JMIR Ment Health. 6 juin 2017;4(2):e19. doi:10.2196/mental.7785 PubMed PMID: 28588005; PubMed Central PMCID: PMC5478797.

97. Formation merchandising. DNDA Formation [Internet]. [cité 19 mars 2026]. Disponible sur: <https://formations.dndagency.fr/formation/marketing/outils-marketing/merchandising/>

98. CanvasBusinessModel. Business Model Canvas Templates [Internet]. [cité 19 mars 2026]. Marketing Mix Analysis of RetailNext. Disponible sur: <https://canvasbusinessmodel.com/products/retailnext-marketing-mix>

99. Beatable - The Peak Beyond [Internet]. [cité 19 mars 2026]. Disponible sur: <https://beatable.co/analysis/B752B96955?utm>

100. Quels sont les appareils qui consomment le plus d'électricité ? | ADEME | Agir pour la transition écologique [Internet]. 2025 [cité 21 mars 2026]. Disponible sur: <https://agirpoulatransition.ademe.fr/particuliers/economiser/energie/consommation-appareils-menagers>

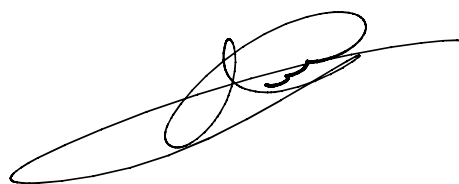
ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné BERRADIA Abdallah

Déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. (*Décret n°92-657 du 13 juillet 1992*)

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :



SIGNATURES DU DIRECTEUR DE THESE ET DU DOYEN

N° Étudiant : 21908320t

N° Thèse : 54

Nom et Prénom : BERRADIA Abdallah

Sujet : **Les impacts de l'intelligence artificielle sur la gestion des
officines**

Tours, le :

Le(s) Directeur(s) de Thèse :

Nom(s) et signature(s)

M. JUSTE

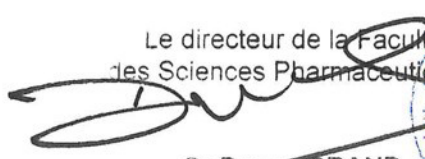


Vu et Transmis :

Le Doyen

Le directeur de la Faculté
des Sciences Pharmaceutiques

Dr Denys BRAND



BERRADIA, Abdallah

N°54

TITRE DE LA THÈSE

Les impacts de l'intelligence artificielle dans la gestion des officines

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Actuellement, l'intelligence artificielle, au sens large du terme, s'est implantée dans de nombreux domaines, et notamment dans celui des officines. L'accès à cette nouvelle technologie permet à certains pharmaciens de changer leur manière de gérer leurs pharmacies. A l'aide d'algorithmes, il devient possible d'optimiser les différentes tâches que le pharmacien supervise, plus particulièrement la gestion de stock, l'analyse d'ordonnance ou encore le merchandising.

Cette thèse a pour but d'étudier les impacts positifs et négatifs de l'IA sur la gestion de stock, la relation client/patient, la gestion financière et commerciale des officines et la sécurisation de la délivrance des médicaments. D'un autre côté, l'adoption de cette technologie peut être à l'origine de nombreuses questions sur l'éthique mais aussi sur la perspective d'avenir et de développement de l'IA dans les pharmacies.

Enfin, l'arrivée des IA génératives, comme ChatGPT, ayant donné aux patients une nouvelle source d'information, il sera donc du devoir du pharmacien d'accompagner et de conseiller ces personnes afin de sécuriser leurs recherches.

MOT-CLÉS SIGNIFICATIFS DE SON CONTENU, ATTRIBUÉ PAR LE CANDIDAT EN LIAISON AVEC LA BIBLIOTHÈQUE
UNIVERSITAIRE ET LES MEMBRES DU JURY

Intelligence artificielle, pharmacie, officine, gestion, réseau de neurone, perspectives

JURY :

Président : M. TAUBER Clovis, Professeur des universités, Faculté de Pharmacie – TOURS

Membres :

M. JUSTE Matthieu, Pharmacien, Maître de Conférences, directeur adjoint de la Faculté de Pharmacie, TOURS
M. MONMARCHÉ Nicolas, Enseignant chercheur, Maître de conférences à l'école d'ingénieur polytechnique, TOURS
Mme LALANDE Claire, Pharmacien d'officine, Pharmacie des Atlantes, Saint-Pierre-des-Corps
M. KERGOSIEN Yannick, Ingénieur en informatique, Maître de Conférences à l'école d'ingénieur polytechnique, TOURS

DATE ET LIEU DE SOUTENANCE : 30 JUIN 2026, à la faculté de pharmacie Phillippe Maupas, Tours