

أبو بكر بلقايد- تلمسان

جامعة



Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Imagerie Médicale

Présenté par : BENOUAR KARIMA AMEL et GHETTAS IBTIHAL

**La gestion automatique des dossiers patients
dans les hôpitaux algériens par la technologie
QR code**

Soutenu le 17 juillet 2024 devant le Jury

M.	Gaouar Adil	MAA	Université de Tlemcen	Président
Mme	Hamza cherif Souaad	MCB	Université de Tlemcen	Encadrante
Mme.	Kazi Tani lamia	MCA	Université de Tlemcen	Co-Encadrante
Melle.	ELAOUABER Zineb	Dr	Université de Tlemcen	Co-Encadrante
Mme.	Belaidi Asma	MCB	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mme.	SAIDI Nour El Houda	Ingénieur	DSP de Tlemcen	Invitée

Année universitaire 2023-2024

Remercîment

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous adressons nos remerciements aux personnes qui nous ont aidés dans la réalisation de ce mémoire.

En premier lieu, nous remercions très chaleureusement notre encadrante, Mme. Hamza Cherif Souad, pour ses précieux conseils, son soutien et sa disponibilité tout au long de notre parcours.

Nous tenons également à adresser nos sincères remerciements à notre Co-encadrante, Mme. Kazi Tani Lamia, pour son encouragement constant et son aide précieuse dans nos recherches.

Un remerciement spécial est adressé à Dr Elaouaber Zineb Aziza pour son aide inestimable et ses explications claires qui ont grandement facilité notre travail, ainsi à notre expert socio-économique Melle. SAIDI Nour El Houda d'avoir accepté de valoriser notre projet.

Nos plus vifs remerciements vont également à nos professeurs de l'imagerie médicale pour tous leurs efforts, ainsi qu'aux membres du jury, Mr. Gaouar Adil et Mme Belaidi Asma, pour l'intérêt et l'attention qu'elles ont portés à notre travail.

Sans oublier de remercier Mr. Benmansour Ahmed Ramzi et Mr Benfettoum Aissa pour leurs explications claires qui ont contribué à réussir notre travail.

Enfin, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mon cher papa, à ma maman chérie, ainsi qu'à mes trois adorables sœurs et mon frère. Vous avez tous été une source inépuisable de soutien et d'inspiration.

À mes chères nièces, Eline et Nadine, dont la joie et l'innocence éclairent chaque journée.

Je tiens également à dédier ce travail à ma tante bien-aimée, Hebiba, pour son soutien inébranlable et son amour infini, et à ma petite cousine Ilef, pour sa tendresse et sa douceur.

Enfin, à mes amies précieuses, Rofaida, Ibtiha, Malak, Ghazlane, Marwa et Selsabila pour leur amitié indéfectible et leurs encouragements constants.

Karima Amel

Dédicaces

Avec une profonde gratitude, je dédie ce mémoire :

À Dieu, pour m'avoir donné la force, la santé et la persévérance nécessaires pour accomplir ce travail.

À ma mère bien-aimée, pour son amour inconditionnel, ses sacrifices et son soutien inébranlable. Ton dévouement et ta patience ont été ma plus grande motivation. Tu es et seras toujours ma source d'inspiration.

À la source de ma force et de ma fierté, mon père, pour ses conseils avisés, sa sagesse et ses encouragements constants. Ta foi en moi m'a poussé à donner le meilleur de moi-même et m'a donné la force de continuer. Tu es un modèle d'inspiration et de persévérance.

À mes sœurs, Sajda et Ilaf, pour leur affection, leur compréhension et leur soutien moral. Vous avez toujours été là pour me remonter le moral.

À mes chers frères, 'Ayoub' et 'Mohammed Misk El Kitem', pour leurs encouragements, leur amitié et les précieux moments partagés. Vous avez été une source de motivation. Votre présence a rendu ce voyage plus léger.

Au bébé de la famille et source de son bonheur, 'Muhammad Tamim Nouha', que Dieu lui accorde la réussite dans sa vie et l'amène aux plus hauts rangs.

À ma chère grand-mère Jamila et à ma bien-aimée grand-mère Manana. À l'esprit de mes ancêtres. À ma chère tante Hajira, ma compagne. À mes oncles 'Abdel Fattah' et 'Muhammad Ali' et 'Mohammed Al Ami'. merci pour votre soutien.

À toute ma famille, pour leur amour et leur soutien constant tout au long de ce parcours.

À mes amis fidèles, Samah, Malak, Amel, Marwa, Selsabil, Mouna, et mes amies de Illizi pour leur amitié sincère, leur soutien moral et les moments de joie partagés. Vous avez rendu cette aventure académique mémorable.

À tous ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenu de près ou de loin.

Ghettas Ibtiha

Résumé

L'Algérie fait face à de nombreux défis dans le secteur de la santé, notamment en ce qui concerne la gestion des dossiers médicaux des patients. Les erreurs courantes, telles que des informations manquantes ou incorrectes, ainsi que l'accès limité aux données entre les professionnels de santé, des infrastructures insuffisantes et des failles dans la sécurité des données, peuvent entraîner des conséquences graves, allant des blessures au handicap, voire à la mort. Pour garantir des soins efficaces et sûrs, il est essentiel de maintenir des dossiers médicaux précis et à jour. Un accès fiable et complet aux informations médicales permet aux professionnels de la santé de prendre des décisions éclairées et solides en matière de soins. Pour remédier à ces problèmes, nous avons développé PatientCare, une plateforme web collaborative innovante qui gère et numérise les dossiers médicaux des patients. En utilisant des QR codes, PatientCare offre une gestion rapide et technologique des données médicales, assurant un accès sécurisé aux informations à tout moment et en tout lieu. De plus, PatientCare intègre l'intelligence artificielle pour assister dans le diagnostic médical, améliorant ainsi la gestion des urgences et la qualité des soins prodigués. Cette solution révolutionnaire vise à renforcer l'efficacité, la sécurité et la qualité des soins en Algérie.

Mot clés : Dossiers patients, Code QR, Interface web, Mammographie, système aide au diagnostic, deep learning.

Abstarct

Algeria faces many challenges in the health sector, particularly regarding the management of patients' medical records. Common errors, such as missing or incorrect information, as well as limited access to data between healthcare professionals, insufficient infrastructure and data security breaches, can lead to serious consequences, ranging from injuries to disability, or even death. To ensure effective and safe care, it is essential to maintain accurate and up-to-date medical records. Reliable and comprehensive access to medical information enables healthcare professionals to make informed and robust care decisions. To address these issues, we developed PatientCare, an innovative collaborative web platform that manages and digitizes patient medical records. Using QR codes, PatientCare offers rapid and technological management of medical data, ensuring secure access to information anytime, anywhere. In addition, PatientCare integrates artificial intelligence to assist in medical diagnosis, thus improving emergency management and the quality of care provided. This revolutionary

solution aims to strengthen the efficiency, safety and quality of care in Algeria.

Key words: Patient records, QR code, Web interface, Mammography, diagnostic support system, deep learning.

الملخص

تواجه الجزائر العديد من التحديات في قطاع الصحة خاصة فيما يتعلق بإدارة السجلات الطبية للمرضى. يمكن أن تؤدي الأخطاء الشائعة، مثل المعلومات المفقودة أو غير الصحيحة، بالإضافة إلى الوصول المحدود إلى البيانات بين متخصصي الرعاية الصحية، وعدم كفاية البنية التحتية وانتهاكات أمن البيانات، إلى عواقب وخيمة، تتراوح من الإصابات إلى الإعاقة، أو حتى الوفاة. لضمان رعاية فعالة وأمنة، من الضروري الاحتفاظ بسجلات طبية دقيقة وحديثة. يتيح الوصول الموثوق و الشامل الى المعلومات الطبية لمختصي الرعاية الصحية اتخاذ قرارات رعاية مستنيرة و قوية . و لمعالجة هذه المشكلات قمنا بتطوير PatientCare منصة ويب تعاونية مبتكرة لإدارة السجلات الطبية للمرضى ورقمتها. وباستخدام الرموز QR، يوفر PatientCare إدارة سريعة وتكنولوجية للبيانات الطبية، مما يضمن الوصول الآمن إلى المعلومات في أي وقت و في أي مكان . بالإضافة الى ذلك Patient Care يدمج الذكاء الاصطناعي للمساعدة في التشخيص الطبي و بالتالي تحسين ادارة الطوارئ و جودة الرعاية المقدمة. و يهدف هذا الحل الثوري إلى تعزيز كفاءة الرعاية و سلامتها و جودتها في الجزائر.

Table Des Matières

Introduction générale	13
-----------------------------	----

Chapitre I : Système d'information hospitalier

I.1 –Introduction.....	15
I.2-Problématique	15
I.2.1- Système d'information SI.....	15
I.2.2- Système information hospitalier	16
I.2.3-Dossier patient électronique.....	16
I.3- Les solutions existants.....	18
I.3.1-Les applications Desktop.....	18
I.3.2 -La carte magnétique	20
I.3.3- Les applications mobiles	22
I.3.4- Les application Web	23
I.4.-Comparaison entre les solutions	24
I.5- Le QR code.....	28
I.5.1- Définition.....	28
I.5.2 –Principe de fonctionnement de code QR	29
I.5.3 –L'utilisation des codes QR dans la gestion médicale	29
I.6- Conclusion.....	30

Chapitre II : Solution innovante

II.1 – Introduction.....	32
II.2- présentation de la solution innovante	32
<u>Partie I : Démarche Technologique et Approche pour la gestion des DossiersPatient</u>	
II.3-Les fonctionnalités du Patientcare.....	32
II.4-Les missions du patientCare.....	35
II.5-Les systèmes d'aide au diagnostic.....	37
II.6–L'intelligence artificielle et son impact dans le diagnostic médical.....	38
II.7-Le deep learning	38
II.7.1- Les réseaux de neurones convolutives	39
II.7.2-Les couches de réseaux de neurones convolutives	40

Partie II : Utilisation du Deep learning pour la détection du cancer du sein

II.8- L'anatomie du sein.....	42
II.8.1- Le cancer du sein	42
II.8.2- La classification du cancer du sein.....	43
II.9- La détection des cancers mammaires.....	43
II.10- Exploration des deux types de base de données	44
II.10.1 – La base de données public DDSM	44
II.10.2 –La base de données collectée	45
II.11–Méthodes Proposées	45
II.11.1Prétraitement	46
II.11.2-Augmentation des données	47
II.11.3- La Classification.....	48
II.11.3.1-VGG-NET	48
II.11.3.2-Custom CNN	50
II.11.3.3-Modèle Mobile Net	50
II.11.3.4-Modèle Autokeras.....	51
II.12- Les hyper paramètres d'apprentissage.....	51
II.13 –Les critères d'évaluations.....	52
II.14-Conclusion	52

Chapitre III : Expérimentation, Résultats et Discussion

III.1	Introduction	55
III.2	La conception de la base de données	55
III.3	Langage de programmation.....	56
III.3.1	Javascript	56
III.3.2	Python.....	56
III.4-Environnement de programmation		57
III.4.1-Visuel studio code		57
III.4.2-Kaggle		57
III.5- Description de l'interface graphique		58
III.6.- Evaluation des modèles de deep learning		62
III.7-Comapraison des résultats avec l'état sumélaire		64
III.7.1- Etat de l'art		64

III.7.2 – La comparaison.....	64
III.8-Discussion des résultats.....	65
III.9-Conclusion	65

Chapitre IV : Le processus de création d’une start-up dans le secteur de la santé public avec la mise en place d’un site web

IV.1– Les informations relatives au projet	68
IV.1.1-L’équipe de projet.....	68
IV.2– L’idée du projet (La solution proposée)	70
IV.3– Les valeurs proposées et l’objectifs du projet.....	70
IV.3.1 – les valeurs proposées.....	70
IV.3.2 – L’objectif du projet.....	71
IV.4– Le processus de réalisation	71
IV.5–La segmentation du marché et l’intensité des concurrents	72
IV.5.1 – Les segments du marché.....	72
IV.5.2 –L’intensité de la concurrence de ce projet.....	72
IV.6Les stratégies marketing du projet	73
IV.7- Les partenaires	73
IV.8–Le plan financier du projet et business model canvas (BMC).....	74
IV.8.1-Les couts et les charges.....	74
IV.8.2-Le financement du projet	75
IV.8.3-Le chiffre d’affaires et les revenus.....	75
IV.9–Le procédé de prestation du service	77
Conclusion générale	78
Perspectives.....	79
Bibliographie.....	80

Liste des figures

Figure I.1 : Le système d'information	16
Figure I.2 : Exemple d'interface d'Epic system	19
Figure I.3 : Les composants principaux de carte.....	21
Figure I.4 : Fonctionnement d'un système carte.....	21
Figure I.5 : Processus de la conception de l'application	23
Figure I.6 : Exemple d'interface du dossier électronique médical DEM.....	23
Figure II.1 : Processus de gestions des cas d'urgence.....	33
Figure II.2 : Schéma des droits d'accès pour les médecins	34
Figure II.3 : Schéma des droits d'accès pour les paramédicaux	34
Figure II.4 : Schéma des droits d'accès pour les administrateurs.....	35
Figure II.5 : Schéma de la relation entre l'IA et machine learning et le deep learning	39
Figure II.6 : Anatomie du sein.....	42
Figure II.7 : Le trajet de la tumeur dans le sein	43
Figure II.8 : La répartition des images de la base public.....	44
Figure II.9 : Schéma de classification des images collecté	45
Figure II.10 : Organigramme du processus de notre modèle	46
Figure II.11 : Etape de prétraitement.....	47
Figure II.12 : Exemple d'application de l'augmentation des données	48
Figure II.13 : Architecture du VGG 16, VGG 19	49
Figure II.14 : Architecture MobileNet.....	50
Figure III.1 : logo du FireBase	56
Figure III.2 : Logo du JavaScript.....	56
Figure III.3 : Logo du Python.....	56
Figure III.4 : Interface de l'environnement Visuel code.....	57
Figure III.5 : Logo de l'environnement Kaggle.....	58
Figure III.6 : Interface d'authentification.....	58
Figure III.7 : Interface Dashboard Administrateurs.....	59
Figure III.8 : Inetrface dédié aux administrateurs pour la création des comptes users	59
Figure III.9: Interface d'accueil médecin... ..	60
Figure III.10 : Création des dossiers patient.....	60

Figure III.11 : Génération des codes Qr.....	61
Figure III.12 : Interface du système intégré d'aide au diagnostic.....	62

Liste des tableaux

Tableau I.1 : La comparaison entre les solution existants	24
Tableau II.1 La sous répartition des images de la base de données	45
Tableau II.2 : Les hyper paramètres du chaque modèle	51
Tableau III.1 : Expérimentation des résultats des modèles dans la méthode binaire	62
Tableau III.2 : Expérimentation des résultats des modèles dans la méthode multi classes ...	63
Tableau III.3 : L'état de l'art	64
Tableau IV.1 : Le processus de la réalisation.....	71
Tableau IV.2 : La table des couts	74
Tableau IV.3 : Revenu Annuel optimiste (Année N)	75
Tableau IV.4: Revenu Annuel optimiste (Année N+1)	75
Tableau IV.5 : Revenu Annuel pessimiste (Année N).....	76
Tableau IV.6 : Revenu Annuel pessimiste (Année N+1)	76
Tableau IV.7 : BMC	77

Liste des acronymes

Si : Système d'information
DPE : dossier patient électronique
CAD : système aide au diagnostic
SIH : système d'information hospitalier
DME : dossier médical électronique
QR : Réponse rapide
RX : Rayon X
TDM : Tomodensitométrie
IRM : Imagerie par résonnance magnétique
CHU : Centre universitaire hospitalier
IA : Intelligence artificielle
CNN : Réseaux de neurones convolutif
CON : couche de convolution
RELU : couche de correction
Pool : Couche de pooling
FCL : couches entièrement connecter
DDSM : Digital Database for Screening Mammography
Matlab : Matrix Laboratory
Fp : faux positif
Fn : faux négatif
VP : vrai positif
VN : Vrai négatif
ACC : Exactitude
Te : temps d'entraînement
Se : sensibilité
Sp : spécificité
IoU : Indice de Jaccard
BMC : business model Canvas

Introduction générale

Dans un contexte où la technologie transforme profondément le secteur de la santé, notre projet de fin d'études propose une solution innovante pour la gestion des dossiers patients (DP) en utilisant les QR codes, intégrant également un système d'aide au diagnostic (CAD).

La gestion des dossiers patients représente un défi crucial pour les établissements de santé. L'accès rapide et sécurisé aux informations médicales est essentiel pour une prise en charge efficace des patients. En utilisant les QR codes, notre solution permet une gestion simplifiée et sécurisée des DPE. Chaque patient reçoit un QR code unique qui, lorsqu'il est scanné, donne accès instantanément à son dossier médical complet, facilitant ainsi le travail des professionnels de santé et améliorant la continuité des soins.

En parallèle, notre site web intègre un système d'aide au diagnostic basé sur des techniques avancées de deep learning. Ce système analyse les données médicales pour fournir des indications diagnostiques, aidant les médecins à prendre des décisions éclairées. Les réseaux des neurones convolutifs (CNN) permettent d'extraire et d'analyser des caractéristiques complexes à partir des données médicales, améliorant ainsi la précision et la rapidité des diagnostics.

Notre projet vise à améliorer la gestion des dossiers médicaux et le diagnostic médical, en combinant les QR codes et les algorithmes de deep learning pour offrir une solution intégrée et efficace.

Notre mémoire est structuré en quatre chapitres distincts :

- Le premier chapitre explore le système d'informations hospitalier, en examinant ses composantes et son rôle crucial dans la gestion des données médicales et des opérations hospitalières.

- Le deuxième chapitre se concentre sur notre solution innovante, détaillant notre approche et les technologies développées pour répondre aux défis spécifiques du domaine de la santé.

- Le troisième chapitre traite de l'utilisation du deep learning pour la détection du cancer du sein, en incluant une analyse approfondie d'un cas d'étude spécifique, les expérimentations réalisées, les résultats obtenus et leur pertinence.

-Le quatrième chapitre aborde le processus de création d'une startup dans le secteur de la santé publique, En mettant l'accent sur la conception et le déploiement d'un site web intégré à notre solution, visant à améliorer l'accès et la gestion des services de santé.

Chapitre I :

Système d'information hospitalier

I.1 Introduction

Le système de santé comprend un vaste réseau d'organisations et de ressources dédiées aux soins, englobant une gamme étendue de services allant de la pédiatrie aux soins aux personnes âgées. Au cours du XXe siècle, ces systèmes ont contribué à améliorer la santé mondiale, influençant profondément la vie quotidienne dans tous les pays, qu'ils soient riches ou pauvres. Le système hospitalier, composé d'établissements publics et privés tels que les hôpitaux, cliniques et centres de soins, joue un rôle essentiel dans la prise en charge médicale et la promotion de la santé publique. Pour optimiser les soins et la sécurité des patients, ainsi que la communication entre les professionnels de santé, il est crucial de développer des systèmes d'informations hospitaliers efficaces et de former les personnels médicaux à leur utilisation. Bien que l'Algérie ait mis en place des systèmes de santé informatisés pour améliorer la gestion des établissements de santé, des défis persistent et nécessitent des solutions adaptées.

Dans ce chapitre, nous nous concentrons en générale sur les systèmes de santé informatisée et sur leur méthodologie appliquée en Algérie précisément, et surtout sur les problèmes aux que ils ont conforté. A la fin on proposera des solutions implacables et utilisables.

I.2 Problématique

I.2.1 Le système d'information SI

Le système d'information (SI) est un ensemble complexe et interconnecté de composants comprenant des logiciels, du matériel, des données, des personnes et des procédures. Il vise à recueillir, stocker, traiter, diffuser et gérer l'information au sein d'une organisation pour soutenir ses opérations, sa prise de décision et sa gestion globale. En d'autres termes, le SI est une infrastructure stratégique qui permet aux organisations de gérer et d'exploiter leurs données de manière efficace pour atteindre leurs objectifs. Il englobe toutes les technologies, les processus et les ressources humaines nécessaires à la gestion de l'information au sein d'une entité donnée [1].

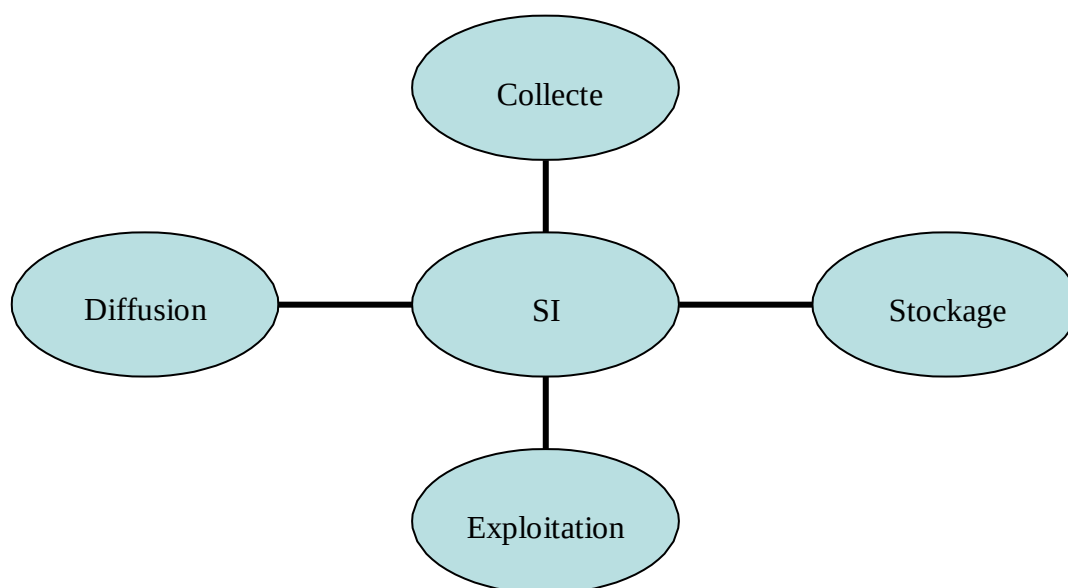


Figure I.1 : Le système d'information

I.2.2 Le système d'information Hospitalier :

Un système d'information hospitalier (SIH) est un ensemble d'applications technologiques utilisées pour la gestion et l'administration des opérations hospitalières. Il vise à assurer la communication entre les prestataires de soins et à gérer des informations comme les antécédents médicaux des patients et les horaires des médecins. Le SIH permet de stocker les informations de manière sécurisée, d'analyser les tendances de santé communautaire, et contribue à améliorer la qualité des soins, les résultats médicaux et à réduire les erreurs et les coûts. Il est crucial pour les petites et moyennes organisations de soins de santé, permettant une gestion efficace des données des patients [2].

I.2.3 Le dossier patient électronique (DME) :

Un dossier médical électronique (DME) est une version numérique des informations médicales d'un patient, incluant des données administratives, médicales et paramédicales. Il permet aux professionnels de la santé de stocker, partager et accéder facilement à des informations telles que les tests médicaux, résultats, ordonnances, allergies, radiographies, comptes rendus, notes de consultation et informations de facturation. En fournissant des données précises et à jour, le DME améliore la qualité des soins médicaux. [3].

Pour assurer une prise en charge efficace et sécurisée des patients, la gestion des dossiers médicaux est essentielle. Les erreurs dans la gestion des dossiers médicaux, telles que les informations manquantes ou incorrectes, peuvent entraîner des erreurs médicales, avec des

Conséquences graves pour les patients, y compris des blessures, des handicaps ou même la mort. Il est crucial de maintenir des dossiers médicaux

Précis et à jour afin que les professionnels de la santé puissent accéder aux informations dont ils ont besoin pour faire des choix éclairés et robustes en matière de soin.

En Algérie, la gestion des dossiers médicaux fait face à plusieurs problèmes :

1. Accessibilité : Les patients rencontrent des difficultés pour accéder à leurs dossiers médicaux, que ce soit en format électronique ou papier, avec des délais d'attente prolongés.

2. Qualité : Les dossiers médicaux peuvent contenir des erreurs, des informations manquantes ou incorrectes, ce qui compromet la prise en charge des patients et augmente le risque d'erreurs médicales.

3. Informatique : L'informatisation des dossiers médicaux offre des avantages comme l'accès immédiat aux informations et la réduction des erreurs manuscrites, mais peut être mal mise en œuvre en raison des réticences du personnel médical.

En outre, il existe de nombreux défis dans la gestion du stockage des dossiers médicaux, tels que la qualité de leur entretien, leur archivage pour une durée indéterminée et leur transition vers des systèmes informatisés.

1. Qualité de l'archivage : Problèmes de remplissage, de classement, d'entretien et d'accès aux informations, impactant la qualité et l'intégrité des dossiers et, par conséquent, la qualité des soins.

2. Archivage à long terme : Les dossiers médicaux doivent être conservés indéfiniment, posant des problèmes de gestion et de stockage physique, surtout pendant la transition vers les systèmes informatisés.

3. Transition vers les systèmes informatisés : L'automatisation des dossiers médicaux est difficile pour certains établissements de santé, nécessitant des investissements significatifs en ressources humaines, formation et infrastructure informatique.

En somme, La gestion des dossiers médicaux en Algérie rencontre des difficultés en termes d'accessibilité, de qualité, d'informatisation, et de l'archivage à long terme. Ces problèmes compromettent la qualité des soins et la sécurité des patients. Il est crucial d'améliorer la gestion des dossiers médicaux pour garantir la sécurité et l'accessibilité des informations médicales, afin d'assurer des soins optimaux [4].

I.3 Les solutions existantes

Chaque année, dans le monde la fréquence de la numérisation des secteurs public augmente, et surtout en santé. Le prestataire de soins de santé tente de numériser les dossiers de patient pour rendre la qualité des soins meilleur, et L'information sera facilement accessible. Ils existent plusieurs approches utilisées au cours de cette dernière décennie, on distingue :

I.3.1 Les applications desktop :

Un logiciel de gestion de dossiers patient (Dossier Patient Informatisé, DPI) est un logiciel qui permet de créer, de mettre à jour et de classer les dossiers des patients. Il sert à stocker les données médicales des patients et facilite l'accès aux informations pour les professionnels de la santé. Les logiciels de gestion de dossiers patient peuvent inclure des fonctionnalités telles que la gestion des médicaments, la génération de rapports personnalisés, l'intégration avec les systèmes de facturation et la communication facile entre les professionnels de la santé et les patients.

Un logiciel de gestion de dossiers patient peut également inclure des fonctionnalités telles que le suivi des patients, la gestion des prescriptions, la gestion des rendez-vous et la gestion des factures.

Ces logiciels peuvent être utilisés dans diverses institutions de santé, telles que les hôpitaux, les cliniques et les cabinets médicaux, pour améliorer l'efficacité des soins de santé et faciliter la communication entre les patients et les professionnels de la santé.

- L'Algérie dispose de ce type d'application, mais à d'autres fins ; Comme Tels que les applications de rédaction d'ordonnances et la gestion des rendez-vous et autres

Pour cela, En prend comme exemple d'études les logiciels d'Epic système



Epic système :

Epic système, le leader américain du développement des logiciels des dossiers médicaux électroniques [5]. Cette entreprise est largement utilisée dans le secteur mondial de la santé, pas seulement aux Etats unis mais aussi en Australie ; au pays Européen, en Asie et au Moyenorient [6].

Parmi les logiciels les plus connus d'Epic Système on a [7] :

- Epic care Ambulatory
- Epic care Inpatient
- Epic care Radiant
- Epic care Beaker

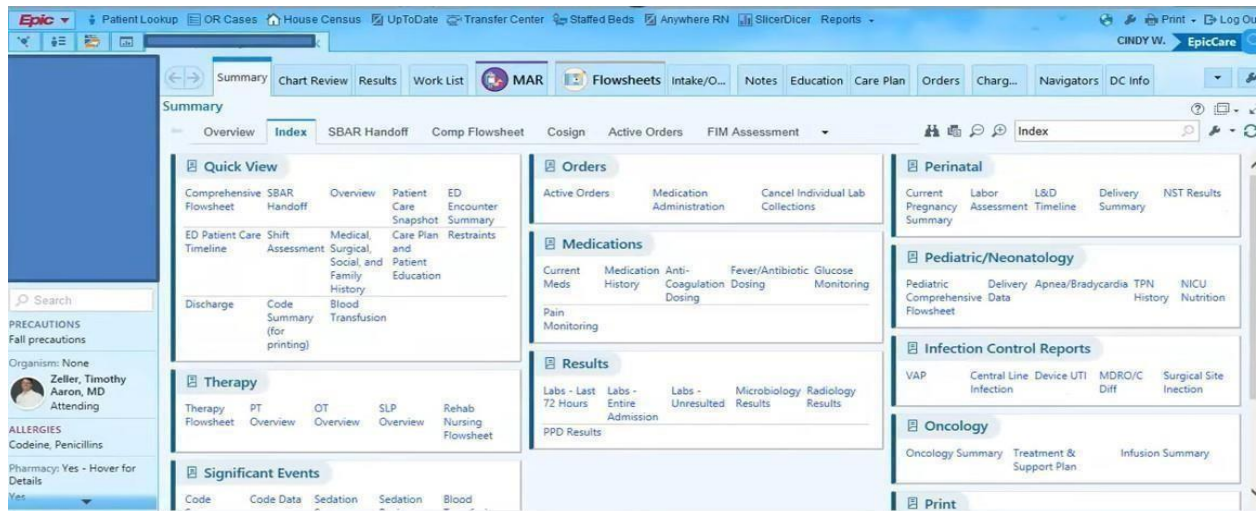


Figure I.2 : Exemple d'interface d'Epic system

-La sécurité des données :

Epic a mis en œuvre plusieurs mesures de sécurité pour protéger les données stockées dans ses systèmes.

Les principales pratiques de sécurité incluent :

- **Cryptage des données** : Les données sont cryptées pendant leur transmission et leur stockage pour les protéger contre l'accès non autorisé.
- **Contrôle d'accès** : Des contrôles stricts sont en place pour s'assurer que seuls les utilisateurs autorisés peuvent aux informations sensibles. Cela comprend l'utilisation de systèmes d'authentification, de permissions basées sur les rôles et d'audits de l'activité des Utilisateurs [8].

En plus de ces pratiques, Epic utilise également d'autres mesures de sécurité, telles que :

- Des pare-feu pour protéger les systèmes contre les intrusions.
- Des logiciels de détection des intrusions pour identifier les activités suspectes.
- Des sauvegardes régulières des données pour assurer la continuité des opérations en cas de sinistre.

Epic s'engage à protéger les données de ses clients et met en œuvre des mesures de sécurité rigoureuses pour y parvenir [9].

I.3.2. La carte de santé magnétique :

La solution cartographique est un support d'information utilisé dans le domaine de santé, sont représenté sous formes d'une carte plastique en format standard. Ces cartes utilisent des différentes technologies telles que l'embossage, la piste magnétique et la piste optique, microprocesseur.

Elles peuvent stocker différents types d'informations (médical, numéro de sécurité sociale) correspondant à divers niveaux de confidentialité.

C'est une carte à puce en plastiques dans laquelle est scellé un composant à mémoire électronique sous forme d'une puce. Elle est constituée principalement d'un microprocesseur ou bien aussi un microcalculateur assure le stockage et la sécurité des informations de santé du patient. La puce est composée de ces éléments [10] :

✓ Le C.P.U : c'est l'unité de traitement centrale. C'est un microprocesseur 8 bits qui exécute le programme contenu dans la mémoire ROM et assure la gestion physique et logique des échanges entre le lecteur et la carte ainsi que l'exécution d'algorithmes secrets (DES par exemple).

✓ La mémoire ROM (Read Only Memory) : elle contient le programme de base inscrit par procédé de masquage lors de la fabrication. Le programme est appelé "masque". C'est un véritable système d'exploitation.

Le contenu de cette mémoire est inaccessible (grâce au procédé de fabrication). Il est donc inaltérable et non dupli câble.

➤ **La mémoire RAM (Random Access Memory) :** c'est une mémoire de travail. Elle contient les résultats intermédiaires. Elle est inaccessible de l'extérieur.

➤ **La mémoire EPROM ou EEPROM :**

✓ **EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) :** c'est la mémoire qui va contenir toutes les informations qui seront utilisées pendant le cycle de vie de la carte, les codes secrets, les fichiers de données. A la différence des mémoires précédentes, le contenu n'est pas fixé à la fabrication. Les données inscrites dans cette mémoire ne sont pas effaçables. Une fois cette mémoire saturée, la carte meurt.

✓ **EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) :** elle a les mêmes fonctionnalités que l'EPROM. La différence est que l'EEPROM est effaçable

Électriquement [11].

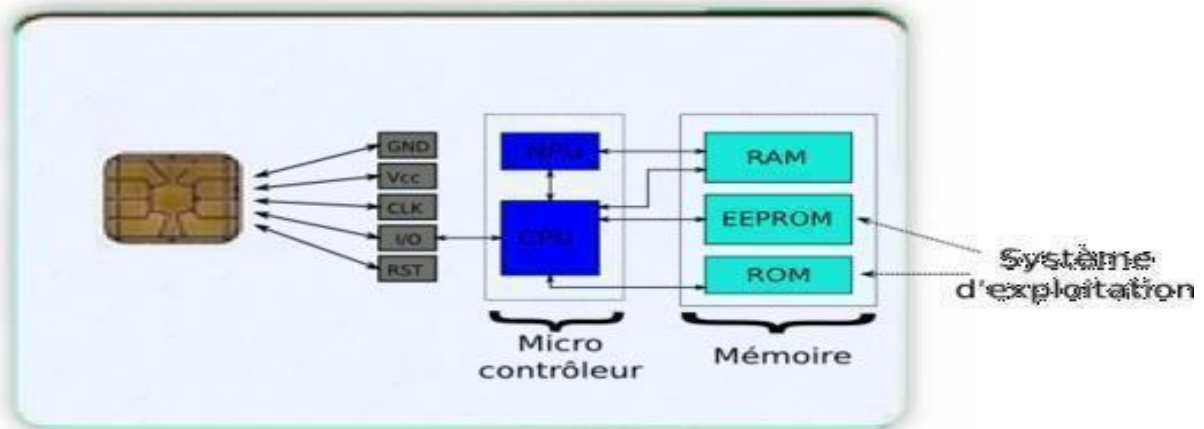


Figure I.3 : Les composants principaux de carte à puce

Il existe plusieurs catégories des cartes patientes :

- ✓ La carte mutuelle assurabilité
- ✓ La carte d'hospitalisation
- ✓ La carte médicale d'urgence
- ✓ La carte population types
- ✓ Carte pathologies précises

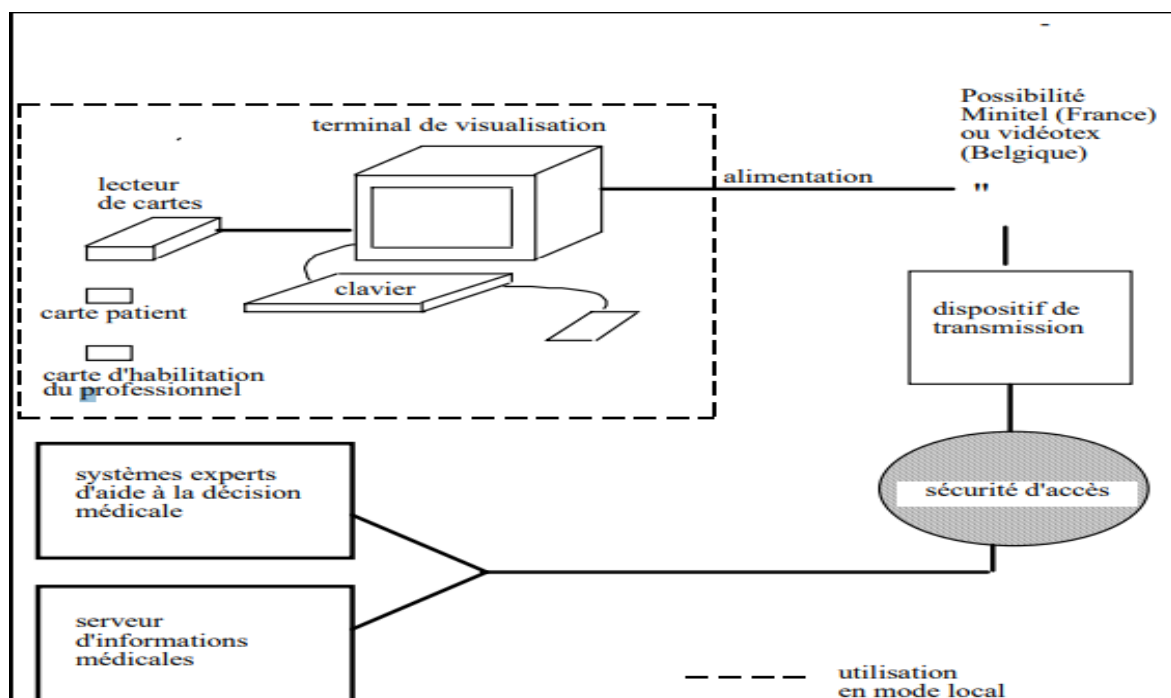


Figure I.4 : fonctionnement d'un système carte

➤ La carte vitale :

C'est l'une des cartes de santé les plus connues au monde : la carte vitale en France. La carte Vitale modernise l'accès aux soins en France, en facilitant la prise en charge et le suivi des consommations médicales pour les assurés. Est une carte à puce qui offre des Fonctionnalités supplémentaires, [12] telles que :

- ✓ Stockage d'un dossier médical minimalisé elle peut stocker un dossier médical minimalisé, comprenant des informations telles que les médicaments, les allergies et les vaccinations.
- ✓ Télétransmission des feuilles de soins : elle permet de télétransmettre les soins directement au système d'information de l'Assurance Maladie, ce qui simplifie et accélère le traitement des demandes de remboursement.
- ✓ Signature électronique : elle peut être utilisée pour signer des documents électroniques, tels que des certificats médicaux ou des ordonnances électroniques [13].

L'Algérie a également eu recours à la technologie des cartes à puce pour stocker les informations sur les patients (dossier patient) en 2021 : Carte de Soin ; Mais cela n'a pas été mis en œuvre.

I.3.3 Les applications mobiles :

La tendance des applications mobiles à imprégner la technologie

Mondiale, jusqu'à son intégration dans le domaine de santé, plusieurs pays ont développé des applications mobiles pour la gestion des dossiers médicaux électroniques.

En prend exemple d'étude l'application << Journalen >> Suédoise.

-Les fonctionnalités de l'application :

- Accès aux dossiers médicaux : elle permet d'autonomiser les patients en leur donnant un accès facile et transparent à leurs informations de santé y compris les tests d'analyses, les vaccinations, les diagnostics
- Communication avec les professionnels de santé : l'application permet aux utilisateurs de se communiquer avec les professionnels de santé, poser des questions, renouvellements des ordonnances.
- Historiques des soins de santé : Les utilisateurs peuvent consulter

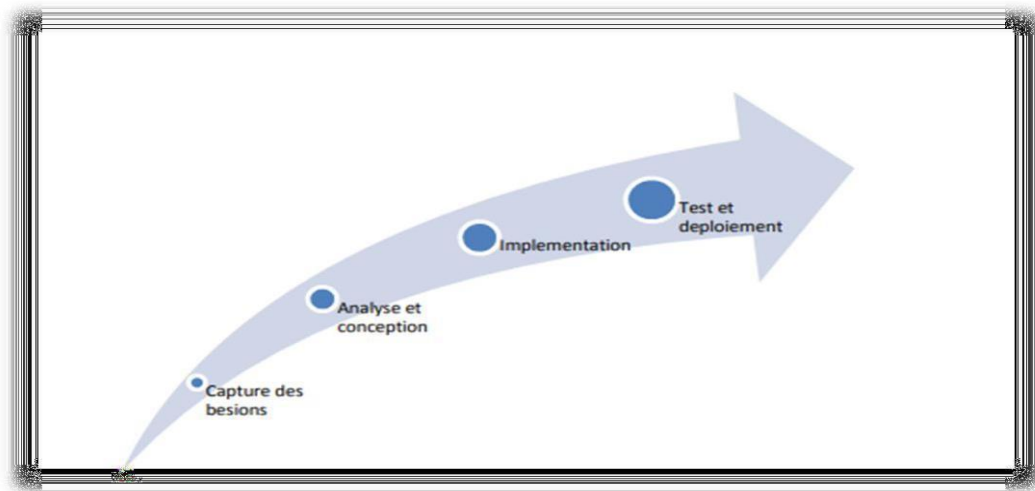


Figure I.5 : Processus de Conception de l'Application de Suivi de l'Histoire des Soins de Santé

I.3.4 Les applications Web :

L'utilisation des sites web pour la gestion des dossiers patients (DPI) est en plein essor dans le monde entier, offrant de nombreux avantages aux professionnels de la santé et aux patients.



Le Dossier Electronique Médical (DEM) :

Pour notre étude nous avons pris comme exemple le dossier électronique médical en Algérie (DEM) : est un outil numérique qui permet de centraliser et de sécuriser l'ensemble des informations médicales d'un patient. Il s'agit d'un dossier unique et évolutif qui accompagne le patient tout au long de son parcours de soins [14].

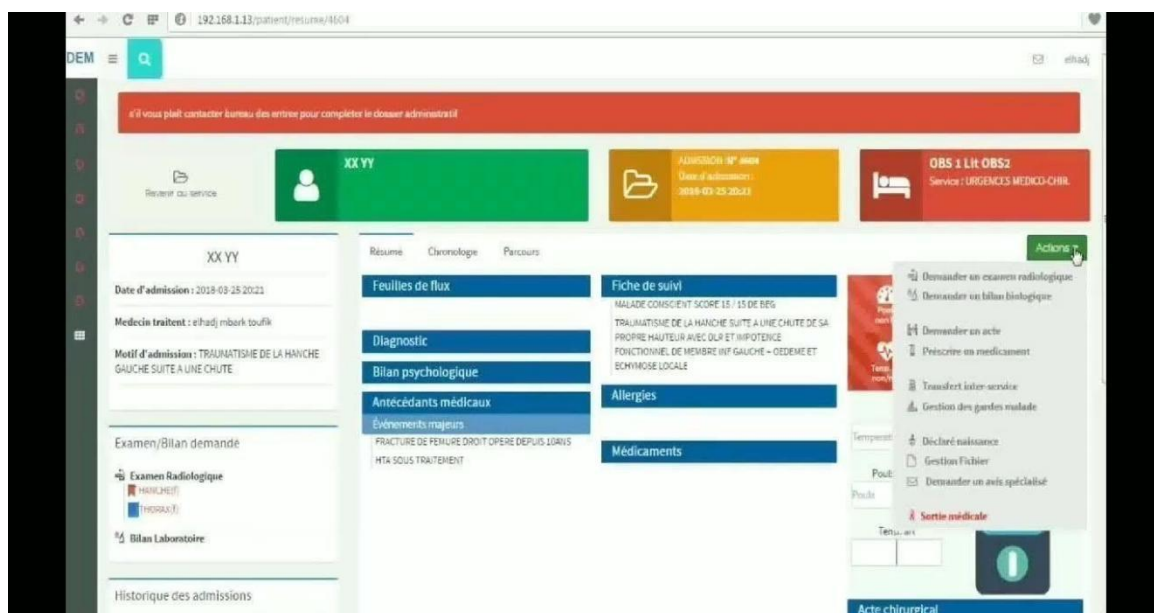


Figure I.6 : Exemple d'Interface du Dossier Électronique Médical (DEM)

-Les fonctionnalités du DEM en Algérie :

- Centralisation des informations médicales : Le DEM regroupe l'ensemble des informations médicales d'un patient Pendant la période de traitement uniquement [14].
- Sécurisation des données : Le DEM est hébergé sur des serveurs sécurisés et l'accès aux informations est protégé par des mots de passe et des systèmes d'authentification renforcés [15].
- Accessibilité des informations : Le DEM est accessible aux professionnels de santé autorisés, ce qui permet une meilleure coordination des soins et une prise en charge plus efficace du patient [16].
- La gestion des lits et les chambres dans les hôpitaux.
- La gestion des rendu-vous.
- Priorité au traitement en fonction de la gravité de la maladie (cas d'urgence).

I.4 La comparaison entre les solutions :

Le tableau suit résume les avantages et les inconvénients de chacune des applications existantes dans le marché.

Tableau I.1 : la comparaison entre les solutions existantes

Les technologies	Ses avantages	Ses inconvénients
Les applications desktop << Epic système >>	- Large base des clients. 2- Interopérabilité : Epic Systeme offre des solutions qui permettent le partage, l'échange et l'accès aux données, ce qui peut améliorer la coordination des soins et leurs continuités - Automatisation des flux de travail : Les solutions Epic System offrent des fonctionnalités d'automatisation des flux de travail, ce qui peut	Accessibilité : 1-Manque de mobilité : Les applications desktop ne sont accessibles que sur un ordinateur fixe, limitant leur utilisation à un seul endroit. Mise à jour : Les mises à jour doivent être téléchargées et installées manuellement par l'utilisateur, ce qui peut être fastidieux et entraîner des problèmes de compatibilité. Sécurité : Risque de piratage : Les applications desktop peuvent être plus vulnérables aux attaques informatiques que les solutions web ou mobiles.

	améliorer l'efficacité et la productivité des établissements de santé.	Stockage des données : Les données sensibles des patients peuvent être stockées localement sur l'ordinateur, ce qui pose des risques en cas de perte l'appareil. Compatibilité : 5-Systèmes d'exploitation : Les applications desktop peuvent ne pas être compatibles avec tous les systèmes d'exploitation, ce qui peut limiter leur utilisation. Logiciels tiers : Des logiciels tiers peuvent être nécessaires pour l'installation et l'exécution de l'application, ce qui peut entraîner des problèmes de compatibilité et de sécurité. Coût : Licences : Certaines applications desktop nécessitent l'achat de licences, ce qui peut représenter un coût supplémentaire pour les professionnels de la santé. Matériel informatique: L'utilisation d'applications desktop peut nécessiter un ordinateur puissant, ce qui peut représenter un investissement initial important.
La carte de santé	1- Stockage sécurisé des Informations médicales. 2- Facilité d'accès aux données médicales. 3- Facilite la coordination des soins entre les différents professionnels	1- Risques liés à la technologie :la perte de données en cas dedysfonctionnement ou de piratage. 2- Dépendance à la technologie :La fiabilité de la carte de santé avec puce dépend de la disponibilité et du bon fonctionnement de la technologie, ce qui

	de santé impliqués dans le traitement d'un patient.	peut poser des défis dans les environnements où l'infrastructure technologique est limitée.
Les applications mobiles	1- Facilité d'accès aux informations médicales. 2- Partage sécurisé des informations médicales. 3-Amélioration de la communication : En facilitant la communication et le partage d'informations médicales, l'application peut contribuer à améliorer la communication entre les patients et les professionnels de santé, ce qui est essentiel pour une prise en charge efficace.	Confidentialité et sécurité des données : 1- Risque de piratage : Les données sensibles des patients stockées sur les appareils mobiles peuvent être compromises en cas de perte ou de vol du téléphone, ou victimes de cyberattaques. 2- Partage des données : Il est important de se renseigner sur la manière dont les Applications collectent, utilisent et partagent les données des utilisateurs, car certaines peuvent les partager avec des tiers à des fins commerciales. 3- Manque de transparence : Il n'est pas toujours clair pour les patients comment leurs données sont utilisées et protégées. Fiabilité et qualité des informations : 4- Applications non réglementées : Il existe de nombreuses applications mobiles médicales non réglementées, ce qui peut poser des problèmes de fiabilité et de qualité des informations fournies. 5- Diagnostic inexact : Certaines applications prétendent analyser des symptômes et fournir des diagnostics, ce qui peut être dangereux et conduire à des décisions médicales inappropriées. 6- Informations non personnalisées : Les applications mobiles ne peuvent pas remplacer l'avis d'un professionnel de la

		Santé et ne peuvent pas fournir de conseils personnalisés en fonction de l'état de santé individuel du patient. Accessibilité et ergonomie 7- Fracture numérique : Les personnes n'ayant pas accès à un smartphone ou ne maîtrisant pas les technologies numériques peuvent être exclues de l'utilisation de ces applications. 8- Coût des appareils et internet : L'utilisation l'application mobile peut nécessiter un smartphone et un accès à Internet, ce qui peut représenter un obstacle pour certaines personnes. 9- Ergonomie des interfaces : Les interfaces des applications mobiles ne sont pas toujours intuitives et peuvent être difficiles à utiliser pour certains patients ou professionnels de la santé.
Les applications web	1- Amélioration de l'efficacité : Les sites web de DPI permettent aux professionnels de santé d'accéder rapidement et facilement aux informations médicales des patients, ce qui peut améliorer l'efficacité des soins. 2- Amélioration de la qualité des soins : Un	1- Coût : La mise en place et la maintenance d'un site web de DPI peuvent être coûteuses, en particulier pour les petites pratiques médicales. 2- Acceptation des patients : Certains patients peuvent être réticents à utiliser un site web de DPI, en particulier les personnes âgées ou celles qui ne sont pas à l'aise avec la technologie.

	accès plus facile aux informations médicales des patients peut conduire à une meilleure prise de décision clinique et à une meilleure qualité des soins. 3- Réduction des coûts : Les sites web de DPI peuvent aider à réduire les coûts en particulier le besoin de papier et en améliorant l'efficacité administrative. 4- Accessibilité accrue : Les patients peuvent accéder à leurs dossiers médicaux depuis n'importe où dans le monde, ce qui peut être particulièrement utile pour les patients vivant dans des zones rurales ou éloignées.	
--	--	--

I.5 Le code QR

I.5.1 Définition :

Un code QR (Quick Response) est un type de code-barres à deux dimensions, inventé en 1994 par la société japonaise Denso Wave pour étiqueter des pièces automobiles [17]. Les codes QR peuvent stocker des informations et les rendre accessibles rapidement, d'où leur nom "réponse rapide ». Ils sont utilisés dans Les codes QR se composent de deux éléments principaux [18] :

- Matrice : Un motif dans un carré, composé de points et de lignes en noir et blanc, qui

Contient les informations.

□ Code : Un ensemble de données codées dans la matrice, qui peut inclure jusqu'à 4 296 caractères alphanumériques ou 7 089 chiffres décimaux, selon le niveau de correction des erreurs choisi.

Chaque appareil photo, qu'il s'agisse d'un smartphone ou d'une tablette, peut lire et traiter les codes QR avec une application correspondante. Les codes QR peuvent être créés gratuitement en ligne avec des générateurs de codes QR, tels que The QR Code Generator [18].

I.5.2 Son principe

Les codes QR peuvent stocker jusqu'à 7 089 caractères numériques, 4 296 caractères alphanumériques, bien au-delà de la capacité du code-barres (une douzaine de caractères).

I.5.3 L'utilisation des codes QR dans la gestion médicale

Les codes QR peuvent être utilisés dans le dossier patient pour diverses applications, notamment pour améliorer l'efficacité des soins de santé et faciliter la communication entre les patients et les professionnels de la santé [19]. Voici Quelques utilisations des codes QR dans le dossier patient :

- Gestion des médicaments et des dosages : Les cliniques, les hôpitaux et les pharmaciens peuvent utiliser des codes QR pour suivre l'administration des médicaments, tels que leur dosage, le moment, la quantité, etc.
- Gestion des prescriptions : Les pharmaciens peuvent utiliser des codes QR pour suivre les ordonnances et prévenir les erreurs de médicament, en s'assurant que les patients reçoivent les bons médicaments.
- Accès rapide aux informations utiles : Les codes QR peuvent fournir un accès rapide aux informations utiles pour les patients, tels que des liens vers des vidéos d'examens médicaux, des informations sur les médicaments, les instructions et les dosages.
- Éducation des patients : Les codes QR peuvent être utilisés pour enregistrer et accéder à des documents éducatifs tels que des films pratiques sur la gestion de leur santé.
- Les codes QR peuvent être utilisés pour suivre les patients dans le cadre de la santé, en leur fournissant des informations sur leur état de santé et les traitements qu'ils reçoivent.
- Les codes QR peuvent être utilisés pour permettre aux patients de payer leurs médicaments sans utiliser de cartes de crédit et d'assurance, en scannant un code QR pour recevoir des factures et des reçus par e-mail.
- Réservation de rendez-vous : Les codes QR peuvent être utilisés pour permettre aux patients

De réserver des rendez-vous avec des professionnels de la santé en scannant un code QR sur un site Web ou une application mobile.

I.6 Conclusion

Malgré les obstacles connus dans l'infrastructure de santé, l'Algérie essaie toujours à numériser sa base structurelle de santé. Pour cela, notre projet innovant intitulé sur la prise en charge automatique des dossiers médicaux des patients dans les hôpitaux algériens par la technologie du QR code a pour but de résoudre les problèmes existants déjà dans nos hôpitaux et d'organiser et de développer la structure de santé en Algérie.

Chapitre II

La solution innovante

II.1 Introduction

La numérisation des dossiers médicaux des patients représente un enjeu majeur pour le secteur de la santé. La transition vers des dossiers médicaux numériques offre des avantages considérables en termes de gestion efficace des informations, de réduction des erreurs médicales et d'amélioration de la coordination des soins. Elle permet également un accès rapide et sécurisé aux données médicales, ce qui est essentiel pour garantir des soins de qualité et répondre aux besoins des patients de manière proactive.

Pour répondre à ces défis cruciaux, nous proposons une solution innovante : PatientCare. Cette initiative vise à optimiser la gestion des dossiers médicaux et à intégrer des technologies avancées pour améliorer l'accès, la précision et la sécurité des informations médicales.

II.2 Présentation de la solution innovante

PatientCare est une solution innovante conçue pour relever les défis de la numérisation des dossiers médicaux dans le secteur de la santé. Ce projet vise à améliorer l'efficacité des soins en offrant une approche moderne et intégrée pour la gestion des informations médicales.

PatientCare se décline en deux volets principaux :

1- Optimisation de la gestion des dossiers médicaux : Cette partie du projet utilise des QR codes pour simplifier l'accès aux informations des patients, facilitant ainsi leur gestion quotidienne et garantissant une sécurité accrue des données.

2-Support au diagnostic médical avec le deep learning : Ce volet intègre des technologies avancées pour aider à la détection précoce du cancer du sein, offrant des outils puissants pour un diagnostic plus précis et une meilleure prise en charge des patients.

À travers ces deux axes, PatientCare propose une solution complète pour moderniser la gestion des dossiers médicaux et améliorer le diagnostic des maladies.

Partie I : Démarche Technologique et Approche pour la gestion des Dossiers Patients

II.3 Les fonctionnalités du PatientCare

➤ Consultation des dossiers patients à distance

PatientCare est principalement fait pour faciliter l'accès aux dossiers médicaux des patients, même en déplacement, Cela en offrant la possibilité de consulter les dossiers des patients à distance via une base de données nationale consolidée, Et éviter la nécessité de transférer des dossiers papier, ce qui permet de gagner du temps et de réduire les coûts. Ainsi il

Assure que les professionnels de santé puissent accéder aux informations médicales nécessaires, même en cas de déplacement du patient ou de dysfonctionnement du lecteur de QR code.

➤ **Traitement de cas d'urgence**

L'application web a pour but de Simplifier l'accès aux informations médicales des patients en situation d'urgence, en utilisant la technologie QR code pour attribuer un code unique à chaque patient. Et aussi il permet au personnel autorisé de scanner ce code pour accéder instantanément aux dossiers médicaux. Afin de réduire les délais de recherche et de traitement des données médicales, diminuant ainsi les risques d'erreurs et de pertes de vies humaines.

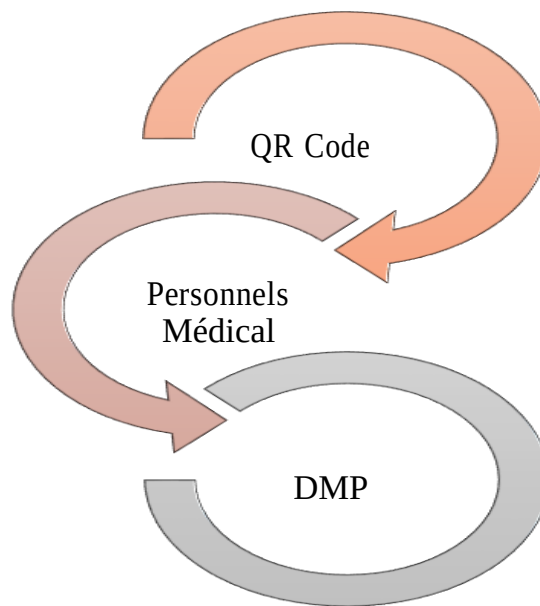


Figure II.1 : Processus de gestion des cas d'urgence

➤ **Sécurisation des données :**

Pour garantir une confidentialité totale et efficace des dossiers des patients, PatientCare octroie un accès restreint à l'information à des groupes spécifiques de personnes, avec des niveaux d'autorisation limités.

A- Les médecins :

Le médecin a le droit d'accéder, de consulter et d'ajouter des informations concernant ses patients afin de diagnostiquer et de traiter leurs maladies. De plus, il est habilité à apporter des modifications si nécessaires, notamment en cas d'erreurs dans les informations.

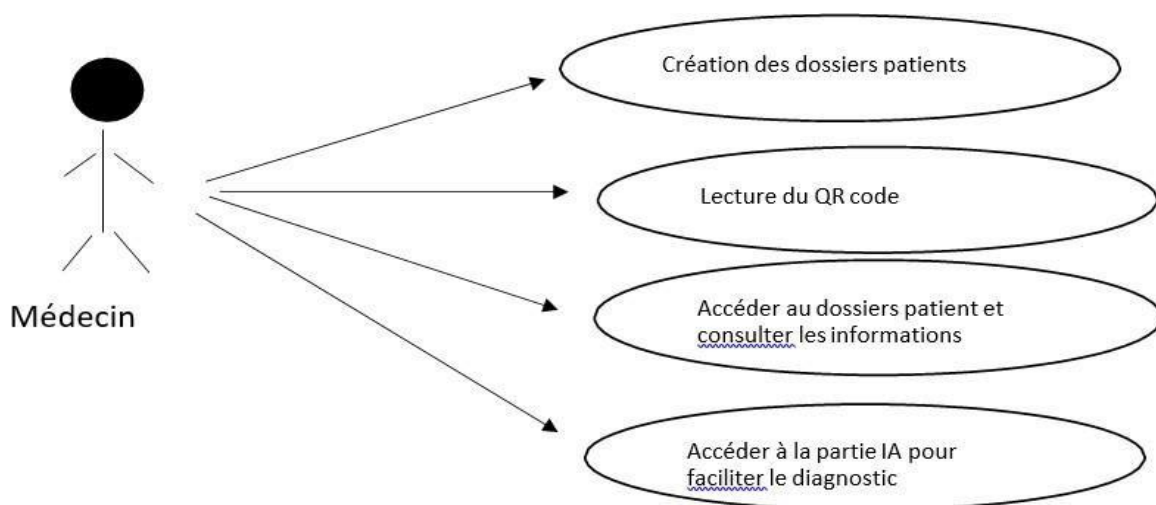


Figure II.2 : Schéma des droits d'accès pour les Médecin

B- Corps Paramédical :

Les travailleurs paramédicaux tels que les infirmiers, infirmières assistantes, manipulateurs, analystes médicaux, assistants médicaux et secrétaires accompagnant le médecin. Ils jouent un rôle essentiel dans la constitution des dossiers électroniques des patients dans leur lieu de travail. Leurs responsabilités incluent :

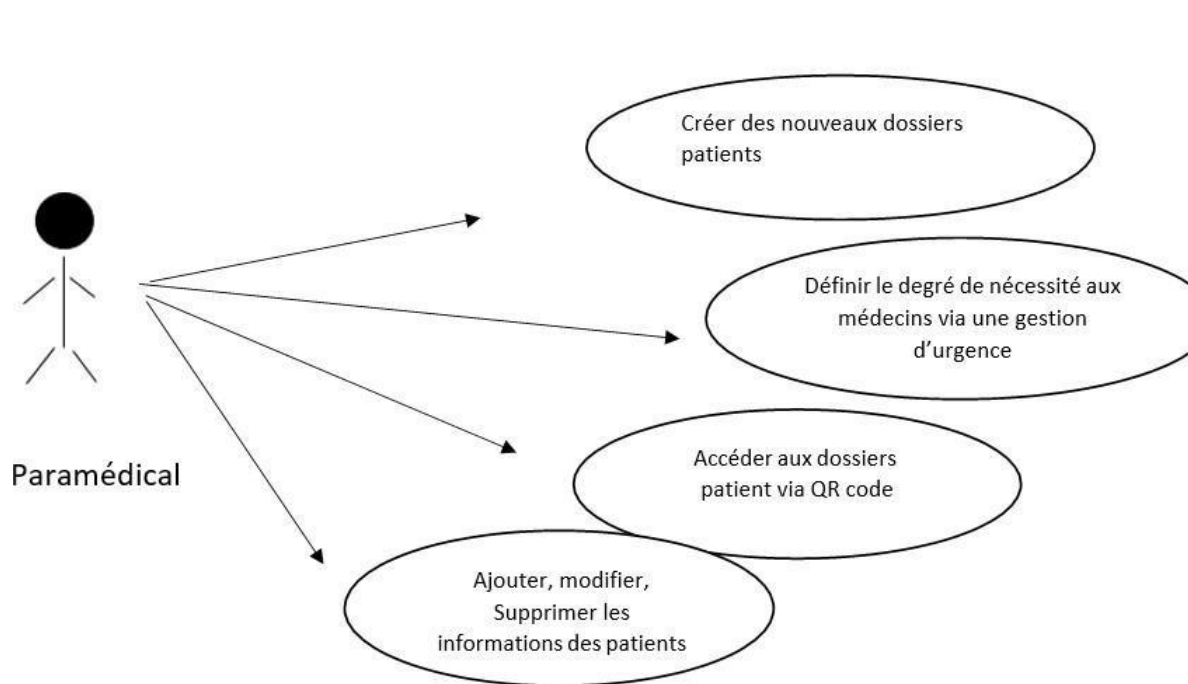


Figure II.3 : Schéma des droits d'accès pour les personelles paramédicaux

C- Les administrateurs :

Les employés administratifs, tels que le personnel de réception et d'orientation, sont autorisés à utiliser le logiciel PatientCare, mais avec des restrictions. Ils ont les capacités suivantes :

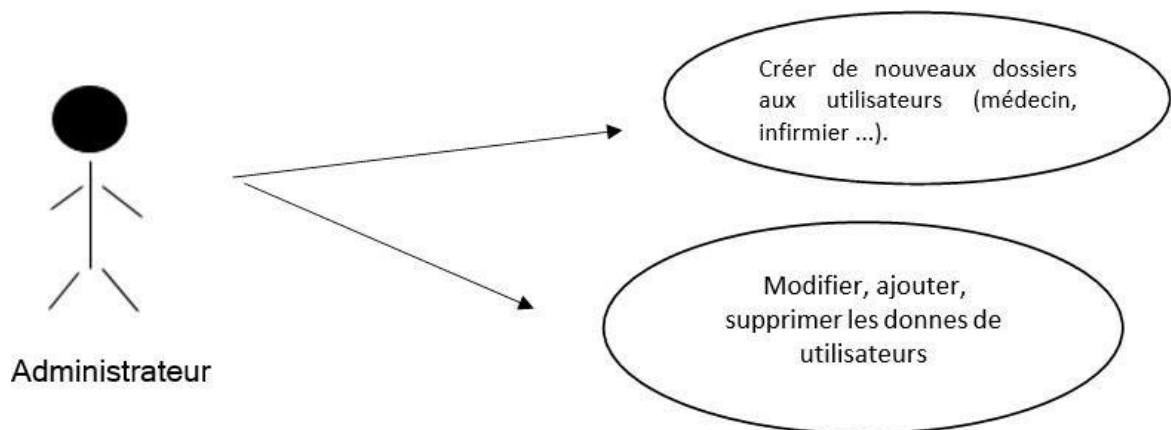


Figure II.4 : Schéma des droits d'accès pour les administrateurs

➤ **Intégration et Interopérabilité :**

PatientCare Facilite l'intégration avec d'autres systèmes de santé et garantir une collaboration fluide et efficace :

a. PatientCare s'intègre de manière transparente avec les systèmes d'information des hôpitaux, cliniques et autres établissements de santé. Cette intégration permet un partage fluide et sécurisé des informations médicales, assurant ainsi une continuité des soins.

b. Il facilite la collaboration entre les professionnels de la santé et assurant la conformité avec les réglementations sur la protection des données.

II. 4 Les missions du PatientCare :

➤ **Création de QR Codes Personnalisés :**

PatientCare permet la création facile et rapide de code QR personnalisés pour chaque patient, contenant des informations médicales cruciales telles que les antécédents médicaux, les traitements en cours et les allergies.

➤ **Lecture Facile et Rapide :**

Grâce à son interface conviviale et à sa fonction de lecture de QR code intégrée, les professionnels de la santé peuvent accéder instantanément aux informations médicales d'un

Patient en scannant simplement le code à l'aide de leur appareil mobile ou de leur ordinateur.

➤ **Assistance au Diagnostic avec l'IA :**

PatientCare intègre l'intelligence artificielle pour analyser les images médicales et proposer des recommandations aux professionnels de santé. Cette fonctionnalité vise à améliorer la qualité des soins et à réduire les erreurs en offrant des analyses prédictives et des suggestions basées sur les images médicales disponibles.

II.5 Les systèmes d'aide au diagnostic :

Les systèmes d'aide au diagnostic (CAD), également connus sous le nom de détection assistée par ordinateur, sont des programmes informatiques conçus pour assister les médecins dans l'interprétation des images médicales, telles que

Les radiographies(RX), les tomodensitométries (TDM) et les images par résonance magnétique (IRM). Utilisant des algorithmes complexes, ces systèmes analysent les images pour détecter des anomalies potentielles qui pourraient indiquer des maladies. Les résultats de cette analyse sont ensuite fournis aux médecins sous forme de marquages ou d'alertes, contribuant ainsi à améliorer la précision et l'efficacité des diagnostics.

On distingue principalement deux types de systèmes CAD :

- ✓ **Systèmes d'aide à la détection (CADE)** : Ces systèmes se concentrent sur l'identification des anomalies dans les images médicales et les signalent aux médecins pour une analyse plus approfondie.
- ✓ **Systèmes d'aide au diagnostic (CADx)** : Allant au-delà de la simple détection, ces systèmes attribuent un score de probabilité à chaque anomalie détectée, indiquant la probabilité que l'anomalie soit réellement cancéreuse ou cliniquement significative.

Les systèmes CAD exploitent principalement des algorithmes d'intelligence artificielle (IA) et d'apprentissage profond, tels que le deep Learning. Ces technologies permettent d'analyser de vastes quantités de données et de reconnaître des schémas complexes dans les images médicales, ce qui améliore considérablement la capacité des systèmes à détecter des anomalies subtiles et difficiles à repérer. Grâce à l'apprentissage automatique, les systèmes CAD peuvent continuellement s'améliorer et devenir plus précis au fil du temps, en intégrant de nouvelles données et en affinant leurs modèles prédictifs. L'utilisation de l'IA et du deep Learning permet également de réduire le taux de faux positifs (FP) et de fournir des résultats plus fiables aux médecins, ce qui contribue à une meilleure prise en charge des patients.

II.6 L'intelligence artificielle et son impact dans le diagnostic médical :

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique visant à développer des systèmes capables de réaliser des tâches humaines, telles que l'apprentissage et le raisonnement. Depuis les années 1950, l'IA a évolué pour inclure des techniques comme le Machine Learning et le Deep Learning [31].

En médecine, l'IA est utilisée pour automatiser le diagnostic des maladies en analysant des données médicales. Nous avons choisi d'utiliser les Réseaux de Neurones Convolutifs (CNN), un type de deep learning, pour leur capacité à analyser des images médicales et à détecter des signes de cancer du sein.

II.7Le deep learning

L'apprentissage en profondeur (deep learning) est une technique avancée d'intelligence artificielle dérivée de l'apprentissage automatique. Il permet aux machines de traiter des données complexes et d'en tirer des conclusions en s'inspirant de l'architecture du cerveau humain.

Cette méthode repose sur des réseaux de neurones artificiels organisés en couches multiples. Chaque couche effectue des transformations des données, imitant le traitement de l'information dans le cerveau par les neurones et les synapses. Grâce à cette structure, l'apprentissage en profondeur est capable de détecter des motifs complexes dans les données brutes [24].

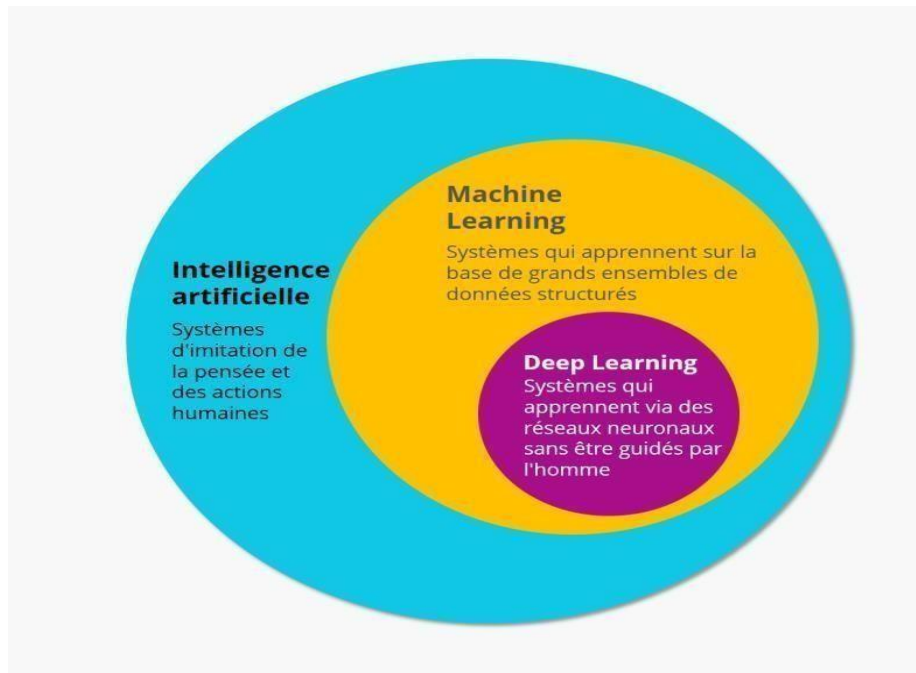


Figure II.5 : Schéma de la Relation entre Intelligence Artificielle, Machine Learning et DeepLearning

Les méthodes d'apprentissage profond ont récemment transformé le domaine de la vision par ordinateur, en apportant des innovations dans des domaines variés comme la reconnaissance faciale, la détection d'objets et le traitement d'images médicales. Ces avancées sont dues aux améliorations en puissance de calcul et à l'accès à de vastes bases de données annotées.

Pour notre projet, nous avons choisi d'utiliser les Réseaux de Neurones Convolutifs (CNN), un modèle de deep learning efficace pour l'analyse des images médicales. Les CNN permettent d'extraire des caractéristiques essentielles des mammographies, contribuant ainsi à un diagnostic plus précis du cancer du sein.

II.7.1 es réseaux de neurones convolutifs :

Les réseaux de neurones convolutifs (CNN) sont des modèles avancés de réseaux de neurones artificiels, comprenant généralement plus de cinq couches cachées. Ils sont composés de multiples couches interconnectées qui traitent les données à différents niveaux d'abstraction. Les couches inférieures extraient des caractéristiques simples des données d'entrée, tandis que les couches supérieures combinent ces caractéristiques pour former des représentations plus complexes et abstraites. Ces réseaux ont grandement amélioré l'analyse des images médicales et la détection des pathologies, surpassant souvent les capacités humaines pour certaines tâches complexes. Les CNN utilisent des algorithmes de rétro-

Propagation pour ajuster les paramètres internes et améliorer les représentations couche par couche.

Un CNN est typiquement constitué de couches de convolution et de pooling. La couche de convolution applique des filtres pour extraire des caractéristiques de l'image, tandis que la couche de pooling réduit la taille de l'image en conservant les informations essentielles. Ces couches alternent souvent pour produire une hiérarchie de caractéristiques, où les premières couches détectent des éléments simples comme des bords, et les couches plus profondes identifient des motifs et des formes complexes. La sortie finale de la dernière couche de convolution est aplatie en un vecteur de caractéristiques, qui est ensuite utilisé par des couches entièrement connectées pour des tâches de classification ou de segmentation. Le réseau est entraîné par un algorithme de rétro-propagation du gradient, ajustant les poids des connexions pour minimiser la fonction de perte et améliorer la précision des prédictions [20].

II.7.2 Les couches de réseaux de neurones convolutifs :

Les couches d'un CNN sont cruciales pour que le modèle effectue des tâches complexes sur les images, chaque couche ayant un rôle spécifique. Les principales couches comprennent la couche de convolution, la couche d'activation, la couche de pooling et la couche entièrement connectée. D'autres couches, comme la couche de déconvolution, la couche de normalisation et la couche de régularisation, sont également utilisées pour des tâches spécifiques comme la segmentation. Nous décrirons en détail ces différentes couches dans les sections suivantes.

➤ La couche de convolution (CONV) :

La couche de convolution dans un CNN est l'élément clé pour extraire des caractéristiques locales à partir d'images d'entrée en appliquant des filtres de Petite taille (généralement 3x3 ou 5x5) via une opération de convolution. Chaque filtre interagit avec l'image en multipliant ses coefficients par les valeurs de l'image et en additionnant les produits pour générer une nouvelle valeur, enregistrée dans une carte de caractéristique. Les couches de convolution successives capturent des caractéristiques de bas niveau puis de haut niveau. Les hyper paramètres tels que la taille et le nombre de filtres, le pas (stride) et le remplissage à zéros (zero padding) doivent être fixés au début. Ces paramètres contrôlent la taille et la profondeur de la sortie, ainsi que la façon dont le filtre se déplace sur l'image. Ils sont cruciaux pour garantir un bon fonctionnement et une performance optimale du modèle.

➤ **La couche de Pooling (POOL) :**

Le pooling, une technique de sous-échantillonnage essentielle aux CNN, réduit la taille spatiale des cartes de caractéristiques tout en conservant les informations clés, ce qui diminue le nombre de paramètres et le temps de calcul. Il est souvent recommandé d'ajouter une couche de pooling après une couche de convolution pour prévenir le sur-apprentissage et renforcer la robustesse. Cette méthode divise l'image d'entrée en fenêtres de taille $n \times n$ pixels, sélectionnant une valeur par fenêtre selon le type de pooling choisi : le max-pooling retient la valeur maximale, tandis que le pooling moyen conserve la valeur moyenne. Les tailles de fenêtre typiques sont de 2×2 ou 3×3 .

➤ **La couche de correction RELU :**

La couche de correction ReLU, une fonction d'activation non linéaire couramment utilisée dans les CNN, remplace les valeurs négatives de l'entrée par zéro tout en préservant les valeurs positives. Elle est graphiquement représentée par une ligne droite à partir de l'origine, avec les valeurs négatives réduites à zéro. Ses principaux avantages sont sa simplicité de calcul, son introduction de non-linéarité favorisant l'apprentissage des relations complexes, et sa capacité à accélérer l'apprentissage par rapport à d'autres fonctions d'activation comme la sigmoïde.

➤ **La couche entièrement connecté (FCL) :**

La couche entièrement connectée (FCL), placée à la fin d'un CNN, transforme les caractéristiques extraites en un vecteur de sortie pour des tâches comme la classification ou la régression. Chaque neurone de la couche FC est relié à tous les neurones de la couche précédente. Le nombre de neurones dépend de la complexité de la tâche. Elle est généralement suivie d'une fonction d'activation, comme Softmax, qui normalise les sorties pour produire une distribution de probabilités, permettant de sélectionner la classe avec la probabilité la plus élevée comme prédiction finale [21] [22].

➤ **La couche de normalisation :**

La normalisation est une technique d'entraînement de réseaux de neurones très profonds qui standardise les entrées d'une couche pour chaque mini-lot. Cela a pour effet de stabiliser le processus d'apprentissage et de réduire considérablement le nombre d'époques de formation nécessaires pour former des réseaux profonds [20] [23].

➤ La couche de régularisation :

Il est courant d'insérer une couche de dropout entre chaque couche dense d'un réseau de neurones. Le dropout est une technique de régularisation destinée à lutter contre le sur-apprentissage. Son principe consiste à désactiver aléatoirement un pourcentage de neurones dans une couche à chaque itération. Cette désactivation aléatoire aide à prévenir la surspécialisation des neurones, limitant ainsi l'apprentissage excessif et favorisant une meilleure généralisation du modèle [24].

Partie II : Utilisation du Deep Learning pour la Détection du Cancer du Sein

II.8 L'anatomie du sein :

L'anatomie du sein est une structure complexe dédiée à la production de lait chez la femme. Elle comprend principalement la glande mammaire, responsable de la production du lait via ses lobules et canaux lactifères. Le tissu adipeux offre un soutien et une isolation, tandis que le tissu conjonctif soutient la glande et contient des vaisseaux sanguins, lymphatiques et nerfs. La peau protège le sein et le mamelon, entouré par l'aréole pigmentée, est le point central du sein. De plus, le sein contient des ganglions lymphatiques pour filtrer la lymphe, des vaisseaux sanguins pour l'apport en oxygène et nutriments, et des nerfs pour la sensation.

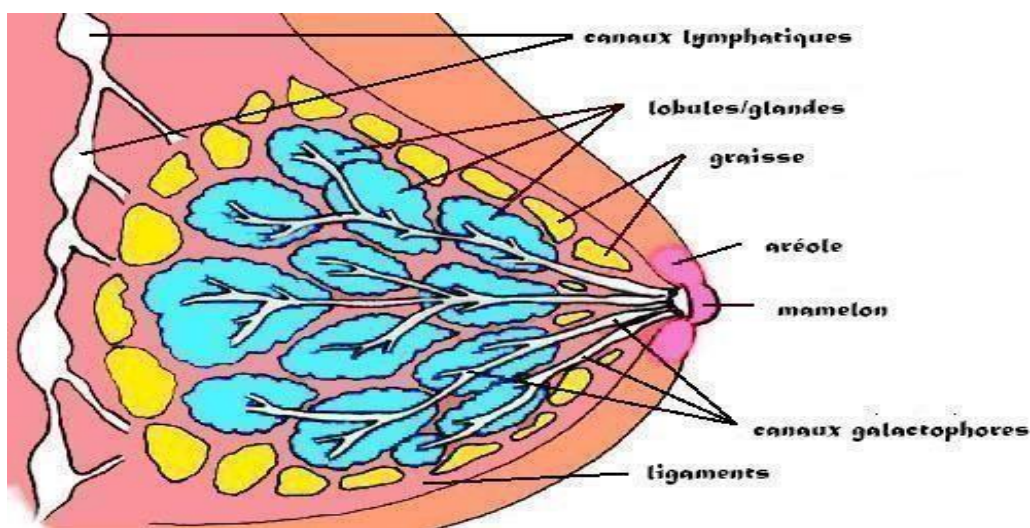


Figure II.6 : Anatomie du sein

II .9.1 Le cancer du sein :

Le cancer du sein est une maladie caractérisée par la prolifération incontrôlée de cellules malignes dans les tissus mammaires. Les cellules cancéreuses peuvent se développer dans les lobules, où le lait est produit, ou dans les canaux, qui transportent le lait vers le mamelon, La

science le divise en deux catégories distinctes : le cancer invasif et non invasif. Chacune de ces catégories comprend d'autres sous-catégories en fonction de la région du sein où le cancer est localisé[25].

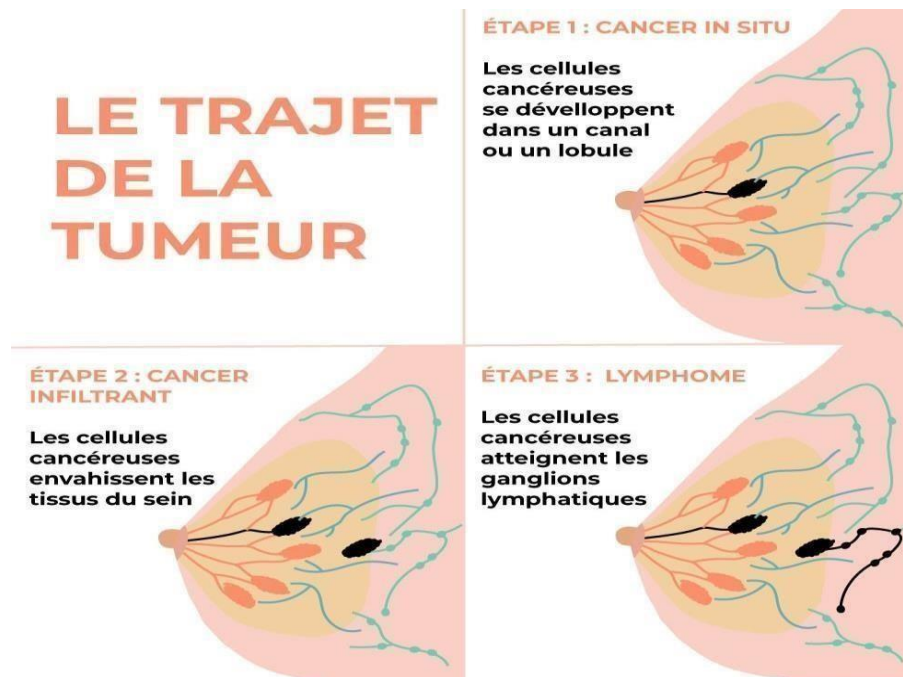


Figure II.7 : Le trajet de la tumeur dans le sein

II.9.2 Classification du cancer du sein :

Pour prévenir toute ambiguïté concernant les expressions utilisées pour identifier un cancer, les conclusions médicales relatives à une suspicion de malignité sont organisées de la manière suivante [26] :

- 1- Normal** : Aucune présence de cancer ou de tumeur, l'anomalie détectée correspond à une autre pathologie.
- 2- Bénin** : Tumeur non menaçante pour le corps et non susceptible de se propager.
- 3- In situ** : Tumeur sans propagation mais représentant un risque potentiel de métastase future pour le corps.
- 4-Invasif** : Tumeur avec propagation, constituant une menace pour le corps en raison de son potentiel de métastase.

II.9.3 La détection des cancers mammaires :

La détection précoce du cancer du sein est essentielle pour améliorer les taux de survie et les résultats des traitements. Bien que la mammographie soit l'étalon-or pour le dépistage, elle peut produire des résultats ambigus nécessitant des évaluations supplémentaires avec des

Techniques telles que l'échographie et l'IRM mammaire. En plus de ces méthodes traditionnelles, l'intelligence artificielle (IA) est devenue un outil puissant dans la détection du cancer du sein. Utilisant des algorithmes sophistiqués, les systèmes d'IA analysent les images médicales pour aider les radiologues à identifier les signes de cancer, détecter les tumeurs, évaluer leur malignité et guider les décisions de traitement. Parmi ces méthodes, le Deep Learning se distingue particulièrement. Dans cette partie, nous allons explorer les modèles utilisés, les techniques employées ainsi que les différentes bases de données sur lesquelles nous avons travaillé pour améliorer la détection du cancer du sein.

II.10 Exploration de Deux Types de Bases de Données :

II.10.1 La base de données publique DDSM :

La base de données publique DDSM (Digital Database for Screening Mammography) est un ensemble d'images de mammographies numériques annotées, accessible gratuitement pour des fins de recherche et d'éducation. Créée par le Breast Cancer Screening Program du Cancer Center de l'Université de Rochester aux États-Unis, elle constitue une ressource précieuse pour la communauté scientifique.

Le DDSM comprend plus de 4 000 images de mammographies de femmes ayant participé à des dépistages du cancer du sein. Chaque image est accompagnée d'annotations détaillées précisant la présence et le type d'anomalies mammaires, telles que des tumeurs, des calcifications ou des distorsions architecturales.

Pour notre recherche, nous avons utilisé un ensemble des images

Classées selon trois catégories : normale, bénigne et maligne.

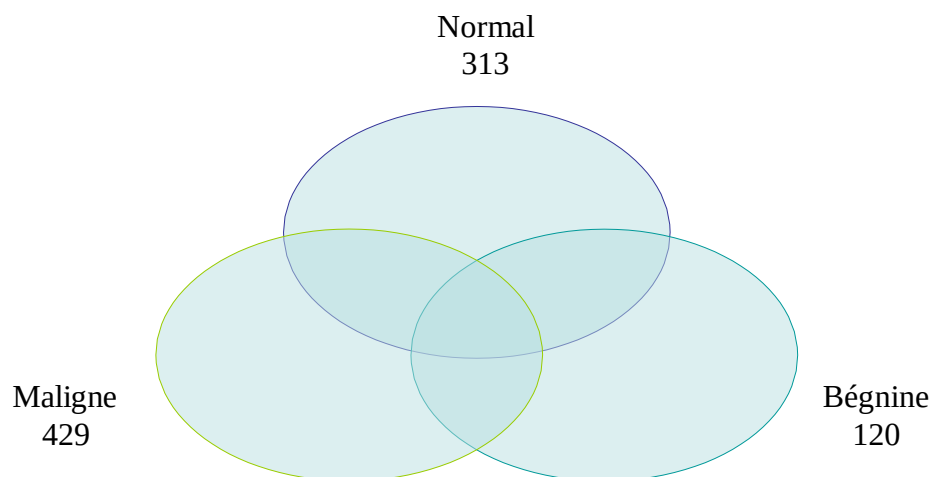


Figure II.8 : La répartition des images de la base publique

Pour exploiter ces images, nous avons subdivisé chaque catégorie en deux sous-catégories en fonction de leur orientation, CC et MLO.

Table II.1 : la sous répartition des images de base de données

	CC		MLO	
Malignes	214	430	215	429
Bénigne	61		56	
Normal	155		158	

II.10.2 La base de données collectée :

Dans le cadre de cette étude, des images de mammographies ont été acquises auprès d'une clinique spécialisée en mammographie, le Centre d'Image Médical Docteur LARBI, situé à Kharrouba, Mostaganem. Cette clinique dispose d'un des appareils mammographies les plus sophistiqués, le GIOTTO IMAGES 3DL, offrant une haute résolution et permettant un diagnostic de qualité. La sélection de cette clinique s'est faite selon des critères stricts, incluant la qualité avancée des images ainsi que le respect rigoureux des normes de sécurité et de sûreté.

Nous avons sélectionné 91 dossiers de patients provenant de ce centre d'imagerie, avec chaque dossier comprenant entre 1 et 4 images par patient.

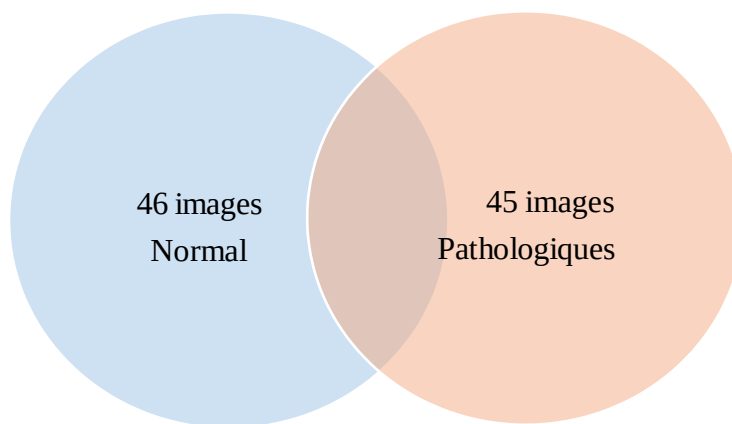


Figure II.9 : schéma de classification de l'image collectée

Il est important de noter que cette annotation n'est pas garantie, car elle a été réalisée sans l'observation des médecins.

II.11 Méthodes proposées

Le développement d'un système d'aide au diagnostic (CAD) pour la détection automatique du cancer du sein est crucial pour le diagnostic précoce, le suivi de l'évolution et la vérification

De l'efficacité du traitement. Récemment, ces systèmes ont démontré leur efficacité grâce à la disponibilité de variété de bases d'images et à l'émergence de nouvelles techniques plus performantes.

Notre système CAD proposé pour la détection des masses mammaires est composé de trois étapes :

- 1) **Prétraitement** : cette étape consiste à détecter la région d'intérêt et à filtrer les images.
- 2) **Augmentation des données (data augmentation)** : cette étape vise à augmenter le nombre des images pour améliorer les performances du modèle.
- 3) **Classification** : cette étape finale permet de distinguer entre un cas normal et un cas pathologique en utilisant l'apprentissage par L'organigramme ci-dessous présent notre système développé pour la détection et la classification du cancer du sein.

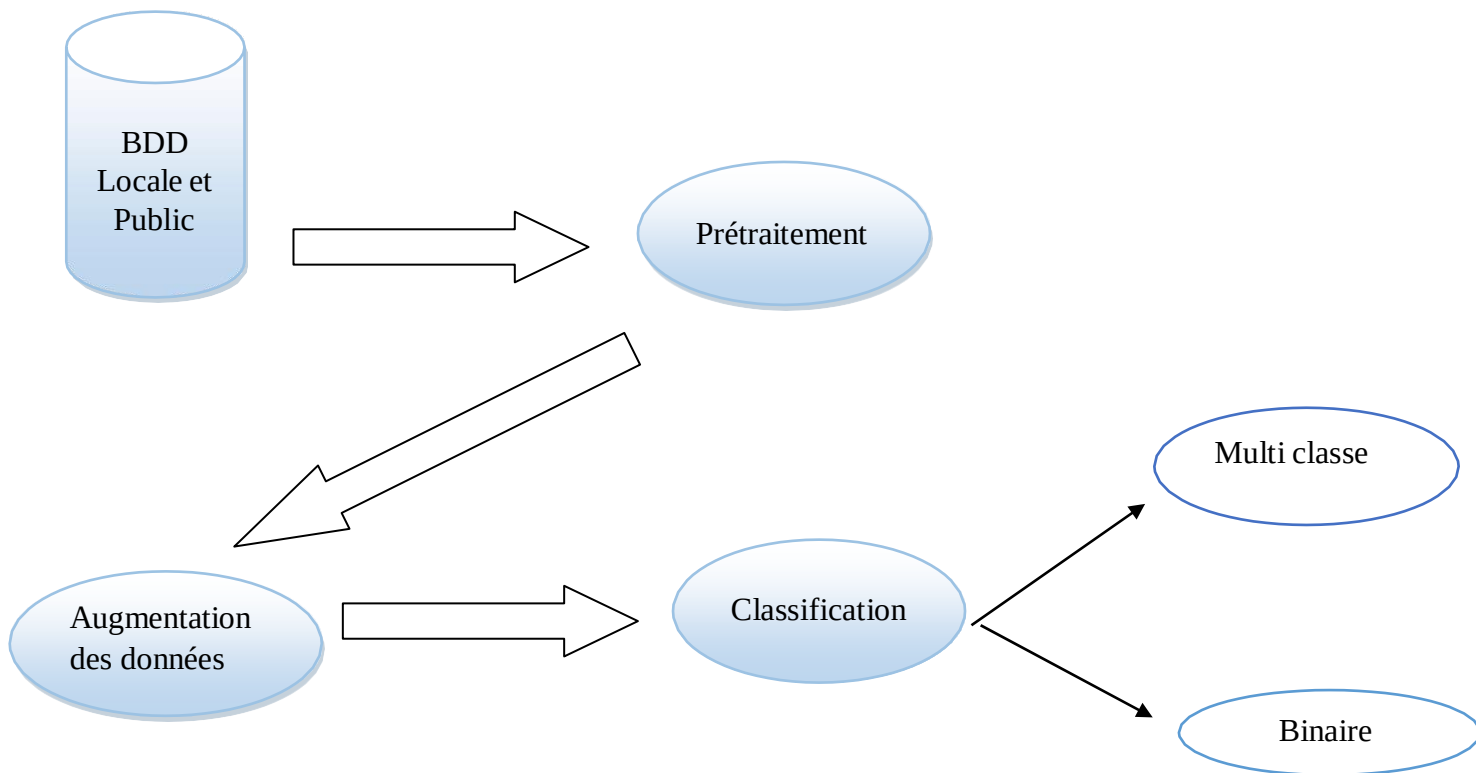


Figure II.10 : Organigramme du processus de notre modèle

II.11.1 Le prétraitement :

Dans le cadre de notre modèle CNN pour la détection des masses mammaires sur des images mammographies, l'étape de prétraitement est cruciale pour améliorer la qualité des données en éliminant le bruit et en mettant en évidence les régions d'intérêt. Nous utilisons des images mammographies collectées à partir de bases de données publiques et appliquons une

Série de techniques de traitement d'image pour optimiser ces images avant de les soumettre à notre modèle.

Le processus de prétraitement commence par la lecture et le recadrage partiel de l'image pour éliminer les bordures non pertinentes. Ensuite, un seuillage est appliqué pour segmenter les zones d'intérêt en fonction de leur intensité. Les trous présents dans les régions segmentées sont remplis, et les petits objets indésirables sont supprimés à l'aide de la fonction « `bwareaopen` ». Enfin, l'image binaire résultante est multipliée avec l'image originale pour conserver uniquement les régions significatives, préparant ainsi des données propres et pertinentes pour l'entraînement du modèle CNN.

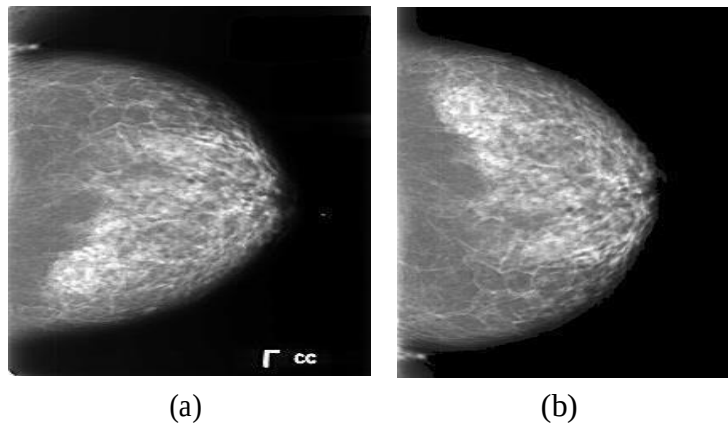


Figure II.11 : Etape de prétraitement, (a) image originale ; (b) image prétraitée.

II.11.2 Augmentation des données :

Le manque des données annotées rend un réseau de neurones profond moins précis. Cependant, l'augmentation des données consiste à créer artificiellement de nouvelles données en apportant des modifications subtiles aux données existantes. Une augmentation de la taille de notre base de données nous permet de renforcer notre apprentissage ce qui peut rendre notre modèle plus robuste aux variations de l'ensemble d'entrée. L'augmentation des données permet aussi d'éviter le problème de sur-ajustement. Cette étape peut être réalisée à l'aide de transformations géométriques (rotation, translation, zoom), textuelles (filtrage, amélioration de contraste) etc.

Dans notre cas nous avons appliqué deux techniques pour augmenter le nombre d'images qui sont :

- ✓ Rotation avec deux angles différents 45 et 75 degrés.
- ✓ L'augmentation floue, appliquer un filtre de flou à une image pour créer une version légèrement floue.

Dans notre étude, ces techniques sont appliquées pour augmenter les images d'apprentissage provenant de nos deux bases de données : la base publique DDSM et notre propre base de données locale collectée. Ces images sont destinées à l'entraînement de nos modèles, utilisant une répartition standard où 80 % des images sont dédiées à l'apprentissage et 20 % au test.

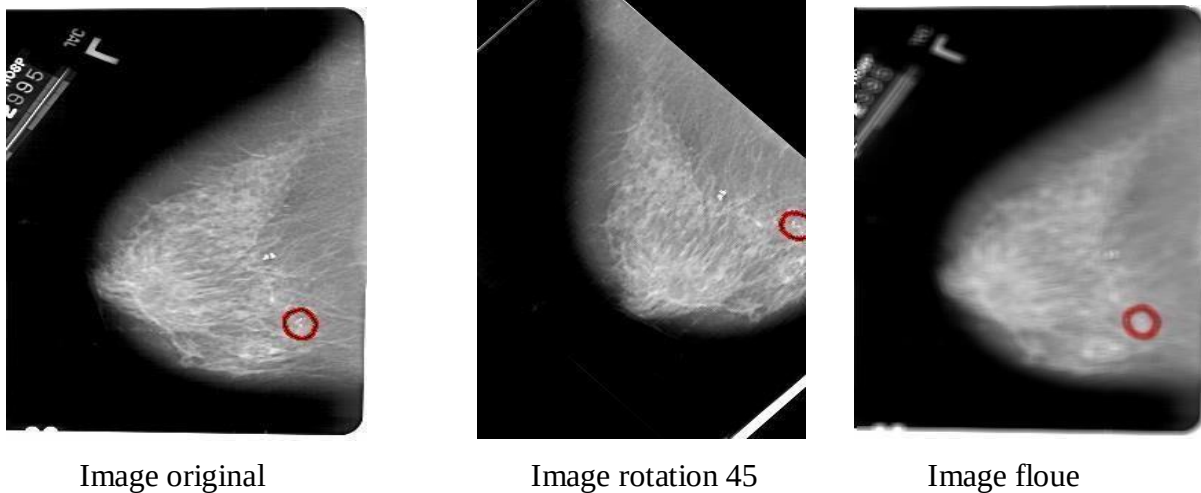


Figure II.12 : Exemple d'application de l'augmentation des données

II.11.3 La classification :

Dans cette étape nous avons effectué 2 types de classification : binaire et multi classe en utilisant 5 modèles de deep learning : VGG16, VGG 19, MobileNET, CNN standard et Autokeras pour distinguer les images en binaire (normal ou pathologique) ou bien de classer les images comme normale, maligne ou bénigne.

II.11.3.1 VGG_NET

VGGNet est une famille d'architectures de réseaux de neurones convolutifs (CNN) développée par le Visual Geometry Group (VGG) de l'université d'Oxford. Ces architectures se distinguent par leur profondeur, avec des versions telles que VGG16 et VGG19, qui ont respectivement 16 et 19 couches de poids. Elles sont largement utilisées pour la classification d'images et ont été entraînées sur des ensembles de données massifs comme Image Net. VGGNet se caractérise par l'utilisation de filtres de petite taille (3x3) dans ses couches de convolution, suivis de couches de max pooling pour réduire les dimensions spatiales. Cette approche de conception simple mais profonde a montré des performances solides dans la reconnaissance d'objets dans des images de haute résolution, bien que son coût en termes de ressources computationnelles soit plus élevé en raison de sa profondeur [29].

❖ VGG 16 :

Le modèle VGG16, généralement composé de 13 couches de convolution et de 3 couches entièrement connectées, est largement utilisé pour la classification d'images grâce à son entraînement sur des ensembles de données volumineux tels qu'Image Net. Dans notre approche, nous avons personnalisé le VGG16 pour la classification d'images mammographiques. Nous avons désactivé l'apprentissage des couches du modèle de base et ajouté des couches supplémentaires telles que le pooling moyen global, une couche entièrement connectée de 1024 neurones avec activation ReLU, une couche de dropout à 50%, et une dernière couche de sortie avec une activation sigmoïde pour la classification binaire. Le modèle a été compilé avec l'optimiseur Adam et la fonction de perte binaire cross-entropie, permettant ainsi une classification efficace des images mammographiques.

❖ VGG 19 :

VGG19 est une architecture de réseau de neurones convolutifs avancée, plus profonde que VGG16, avec 19 couches de poids comprenant 16 couches de convolution et 3 couches entièrement connectées. Conçu pour traiter des ensembles de données volumineux comme Image Net, VGG19 excelle dans l'extraction de caractéristiques complexes des images. Pour notre projet, nous avons adapté VGG19 en retirant les couches de classification finales et en ajoutant des composants spécifiques. Le modèle inclut une couche de pooling moyen global pour condenser les caractéristiques extraites, une couche dense de 1024 neurones avec activation ReLU pour approfondir les représentations des données, et une couche de dropout à 50% pour éviter le sur apprentissage. Enfin, une couche de sortie avec activation sigmoïde permet de distinguer entre deux classes : Normal et Anormal.

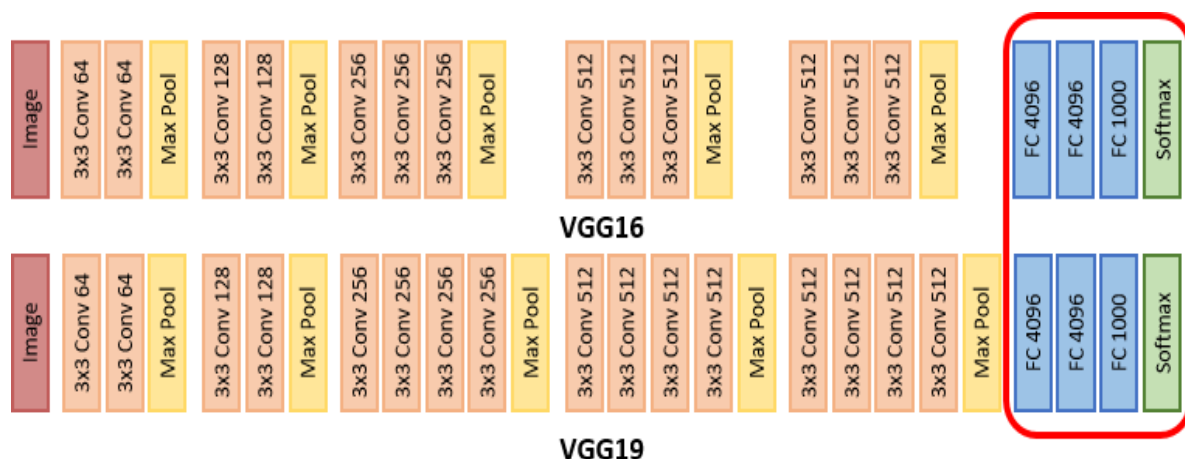


Figure II.13 : L'architecture VGG16 et VGG19.

II.11.3.2 Custom CNN :

Nous avons conçu un modèle de réseau de neurones convolutifs (CNN) personnalisé pour la classification des images mammographiques en deux catégories : Normal et Pathologique. Ce modèle commence par une couche de normalisation des images en les redimensionnant et en les mettant à l'échelle, suivie de plusieurs couches convolutives et de max-pooling pour extraire les caractéristiques visuelles des images. Le modèle utilise une couche de dropout à trois niveaux différents (15%, 20%, et 25%) pour réduire le risque de sur apprentissage en régularisant le réseau pendant l'entraînement.

Après les couches convolutives, les caractéristiques extraites sont aplaties pour être traitées par une couche dense de 1024 neurones avec activation ReLU, permettant au modèle de capturer des représentations plus abstraites des données. La couche de sortie utilise une activation sigmoïde pour effectuer la classification en deux classes.

II.11.3.3 Mobile Net :

MobileNET est une architecture de réseau neuronal convolutif (CNN) conçue pour une utilisation efficace sur des appareils mobiles et embarqués, caractérisée par une faible utilisation de ressources computationnelles tout en maintenant des performances élevées. Développée par Google, MobileNET utilise des techniques telles que la convolution profonde à séparation de canaux pour réduire le nombre de paramètres et l'empreinte mémoire du modèle, tout en conservant une bonne capacité de représentation des caractéristiques des images. Cette architecture est souvent utilisée pour des tâches de classification et de détection d'objets sur des appareils mobiles avec des contraintes de puissance de calcul et de mémoire [31].

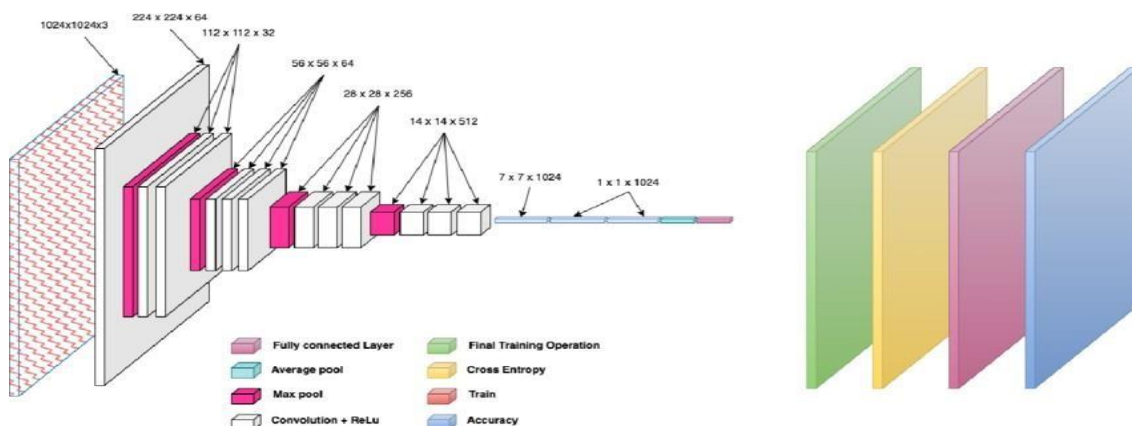


Figure II.14 : Architecture du modèle Mobile Net

Pour la classification des images mammographiques, nous avons développé un modèle personnalisé basé sur MobileNET. Ce modèle commence par une normalisation des images, suivi du modèle MobileNET pré-entraîné sans la couche de classification finale. Nous avons intégré une couche de pooling moyen global pour extraire des caractéristiques pertinentes, une couche dense de 1024 neurones avec activation ReLU pour enrichir l'apprentissage des données, et une couche de dropout à 50 % pour prévenir le sur apprentissage. La classification est réalisée via une couche de sortie avec activation sigmoïde.

II.11.3.4 Modèle Autokeras :

Autokeras est une bibliothèque open-source d'apprentissage automatique (AutoML) développée par Data Lab. de Texas A&M University. Elle offre une interface conviviale et abstraite pour simplifier le processus de création et de formation de modèles d'apprentissage automatique, en utilisant des techniques d'optimisation automatique des hyper paramètres et de sélection de modèles. Autokeras utilise des algorithmes d'optimisation bayésienne et d'optimisation de grille pour trouver les meilleurs hyper paramètres pour les modèles sélectionnés automatiquement. Cette bibliothèque est conçue pour être flexible et extensible, permettant aux utilisateurs de créer rapidement des modèles d'apprentissage automatique performants sans nécessiter une expertise approfondie en apprentissage automatique ou en programmation avancée.

Pour notre modèle custom CNN personnalisé, contient les couches suivantes : une couche d'entrée, une couche de conversion en float32, une couche de normalisation, des couches de convolution (Conv2D), une couche de pooling (MaxPooling2D), des couches de dropout (Dropout), une couche de flatten, une couche entièrement connectée (Dense) et une couche de classification.

II.12 Les hyper paramètres d'apprentissage :

Voici un résumé des principaux hyper paramètres des modèles utilisés pour la classification des images mammographiques, permettant de comparer les différentes configurations expérimentales.

Tableau II.2 : les hyper paramètres du chaque modèle.

Modèle	Nb d'épochs	Batch size	Optimiseur	Taille du filtre
VGG 16, VGG 19 et MOBILE NET	50	32	Adam	3*3
CUSTOM CNN	100	32	Adam	3*3

II.13 Critères de Performance et Évaluation :

Les critères de performance sont des mesures quantitatives pour évaluer l'efficacité d'un modèle ou d'un algorithme en comparant les prédictions aux valeurs réelles. Ces mesures incluent les vrais positifs, faux positifs, vrais négatifs et faux négatifs, enregistrés dans une matrice de confusion qui aide à évaluer la performance du modèle.

- Vrai Positif (VP) : donnée positive classée comme positive.
- Faux Positif (FP) : donnée négative classée comme positive.
- Vrai Négatif (VN) : donnée négative classée comme négative.
- Faux Négatif (FN) : donnée positive classée comme négative.

À partir de ces quatre paramètres, diverses métriques d'évaluation peuvent être calculées, telles que l'exactitude (accuracy), le rappel (recall), l'AUC (aire sous la courbe ROC), l'indice de Jaccard (IoU), la sensibilité, la spécificité et la précision. Chaque métrique est plus significative pour des tâches spécifiques. Il est donc crucial de choisir les métriques d'évaluation appropriées en fonction du problème étudié et du type de modèle utilisé pour obtenir une évaluation fiable et précise de la performance du modèle. [20]

✓ **L'exactitude (Accuracy Acc) :** indique le pourcentage des cas correctement classés par rapport au nombre total des cas dans l'ensemble de données.

$$\text{Acc} = (\text{VP} + \text{VN}) / (\text{VP} + \text{VN} + \text{FP} + \text{FN}) \quad (1)$$

✓ **La sensibilité (Se) ou rappel :** est le pourcentage des cas positifs classés comme positifs.

$$\text{Se} = \text{VP} / (\text{VP} + \text{FN}) \quad (2)$$

✓ **La spécificité (Sp) :** est le pourcentage des cas négatifs classés comme négatifs.

$$\text{Sp} = \text{VN} / (\text{VN} + \text{FP}) \quad (3)$$

II.14 Conclusion

Ce chapitre a présenté notre approche innovante pour la gestion des dossiers patients électroniques et l'intégration d'un système d'aide au diagnostic du cancer du sein. Nous avons montré comment l'utilisation des QR codes améliore l'efficacité des soins en facilitant l'accès aux informations médicales, et comment les techniques de deep learning, avec les architectures VGG16, VGG19, un modèle de CNN personnalisé et MobileNet, peuvent être adaptées pour le diagnostic des images mammographiques.

Nous avons exploré et comparé ces modèles en mettant en lumière leurs configurations spécifiques et leurs hyper paramètres, révélant les forces et les limites de chaque approche pour le diagnostic précoce du cancer du sein.

Le prochain chapitre se concentrera sur les technologies utilisées pour réaliser ces deux volets du projet et analysera les résultats obtenus, en explorant les perspectives futures pour l'amélioration des soins de santé.

Chapitre III

Expérimentation, Résultats et Discussion

III.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté notre approche pour la gestion des dossiers patients électroniques et l'intégration d'un système d'aide au diagnostic du cancer du sein. Nous avons mis en évidence l'importance des QR codes pour un accès rapide et sécurisé aux informations médicales, ainsi que l'utilisation des techniques de deep learning, avec des modèles tels que VGG16, un CNN personnalisé et MobileNet, pour l'analyse des images mammographiques.

Dans ce chapitre, nous allons examiner en détail les technologies et les outils utilisés pour le développement de notre plateforme web innovante. Nous décrirons le processus de création et les étapes de mise en œuvre de la plateforme, ainsi que les matériels et les méthodes employés. En outre, nous présenterons le cas d'étude de notre système d'aide au diagnostic, en détaillant les méthodes de développement et en discutant des résultats obtenus. Cela nous permettra de valider l'efficacité de notre solution et d'explorer ses perspectives pour l'avenir des systèmes d'analyse médicale basés sur l'apprentissage automatique.

III.2 La conception de la base de données :

La conception de la base de données constitue le socle de notre plateforme web, car elle permet de stocker et de gérer efficacement les informations médicales des patients ainsi que les données relatives aux utilisateurs et aux diagnostics. Nous avons également intégré notre back end avec l'API de notre modèle de deep learning, ce qui permet une interaction fluide entre la gestion des données et le système d'aide au diagnostic.

Pour cela Nous avons adopté une architecture de base de données non relationnelle, utilisant Firebase comme un système de gestion de base de données.

Firestore est une base de données No SQL flexible et évolutive, entièrement gérée par Google. Idéale pour les applications mobiles et web, elle simplifie le stockage et la récupération de données structurées, avec une synchronisation en temps réel entre plusieurs appareils. Firestore se distingue par sa structure flexible de documents JSON imbriqués, son évolutivité automatique adaptée à la charge de travail, sa synchronisation instantanée des modifications de données, ses règles de sécurité personnalisables pour contrôler les permissions, et ses requêtes puissantes permettant un filtrage et un tri efficaces des données.



Figure III.1 : Logo du FireBase

III.3 Langage de Programmation :

III.3.1 JavaScript :

JavaScript est un langage de script essentiel pour le développement web, utilisé principalement pour ajouter des fonctionnalités interactives aux pages Web. Il permet de créer des animations, des effets visuels et de modifier le contenu des pages en temps réel sans rechargement. Ce langage réagit aux actions des utilisateurs et est pris en charge par tous les navigateurs modernes. Sa simplicité d'apprentissage en fait un outil accessible aux débutants comme aux développeurs expérimentés, idéal pour une grande variété d'applications Web.



Figure III.2 : logo du langage JavaScript

III.3.2 Python

Python est un langage de programmation de haut niveau. Il est connu pour Sa syntaxe simple, sa sémantique dynamique et son fort support pour les Paradigmes de programmation orientée objet, fonctionnelle et procédurale. Il a été créé en 1991 et est depuis devenu l'un des langages de programmation les plus populaires en usage aujourd'hui. Il est utilisé pour une variété d'applications, y compris le développement web, la science des données et l'apprentissage automatique.

Nous avons utilisé Python pour la partie aide au diagnostic de notre projet. Ce choix nous a permis de tirer parti des bibliothèques d'apprentissage automatique et de traitement des données, facilitant ainsi l'analyse et l'interprétation des résultats médicaux.



Figure III.3 : Logo du langage Python.

III.4 Environnement de Programmation

III.4.1 Visuel studio code

Visual Studio Code (VS Code) est un éditeur de code gratuit et open source développé par Microsoft, disponible sur Windows, MacOS et Linux. Il est très apprécié des développeurs pour sa prise en charge de nombreux langages de programmation, comme JavaScript, Python, et C++. Sa grande extensibilité permet d'ajouter facilement des fonctionnalités via des extensions, comme la coloration syntaxique, le débogage et le contrôle de version. Léger et performant, VS Code fonctionne sur toutes les plateformes majeures et intègre des outils essentiels tels que l'auto-complétion et le refactoring de code, ce qui en fait un choix polyvalent pour les développeurs de tous niveaux.

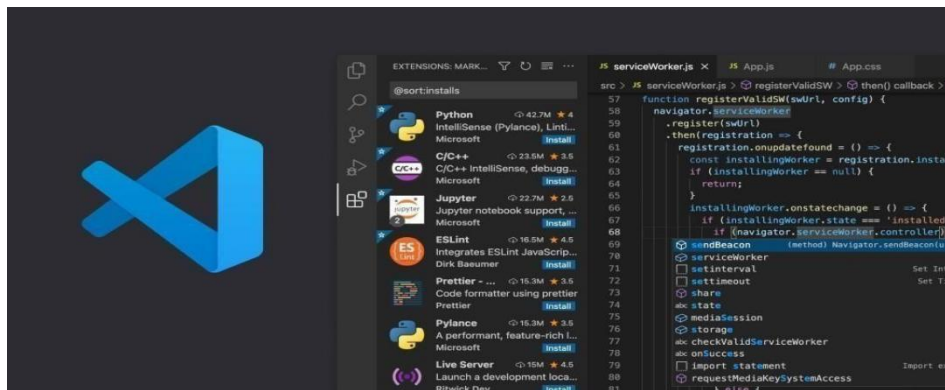


Figure III.4 : Interface de l'environnement visuel code.

III.4.2 Kaggle

Kaggle est une plateforme spécialisée dans la science des données et l'apprentissage automatique, offrant des environnements de calcul puissants, des ensembles de données diversifiés et des outils de collaboration. Pour notre projet, nous avons tiré parti de Kaggle pour programmer et entraîner le modèle de deep learning dédié à l'aide au diagnostic du cancer du sein. La plateforme nous a fourni des notebooks interactifs pour le développement de notre code, des ressources de calcul hautement performantes, ainsi que des opportunités de collaboration avec la communauté de data scientists.

En particulier, nous avons utilisé les GPU NVIDIA Tesla P100 de Kaggle, qui offrent une performance exceptionnelle avec 3584 cœurs CUDA et 16 Go de mémoire HBM2, permettant des temps d'acquisition rapides et une accélération significative des calculs. Ces caractéristiques nous ont permis de réduire considérablement le temps de traitement des données et d'entraînement du modèle, assurant une efficacité optimale tout au long du projet.



Figure III.5 : logo du Kaggle

III.5 Description de l'interface graphique du PatientCare

L'interface graphique de notre plateforme PatientCare a été conçue pour offrir une expérience utilisateur intuitive et efficace. Elle permet aux utilisateurs, qu'ils soient patients, médecins ou administrateurs, d'interagir facilement avec les différentes fonctionnalités du système. Grâce à une organisation claire et à un design ergonomique, chaque utilisateur peut accéder rapidement aux informations et outils dont il a besoin. Voici une description détaillée des principales composantes de l'interface graphique de PatientCare :

1- interface d'authentification :

La Page d'Authentification est la première interface de notre site web, PatientCare, et sert de porte d'entrée pour les utilisateurs de la plateforme. Elle affiche le logo de notre site web et donne accès à une page de connexion dédiée aux trois types d'utilisateurs : Médecins, Aides-Soignants et Utilisateurs, permettant l'entrée de leur email et mot de passe. En outre, la page présente une brève explication du rôle de la plateforme PatientCare et fournit des informations sur notre équipe, permettant ainsi aux utilisateurs de nous contacter en cas de problème ou de dysfonctionnement du système.

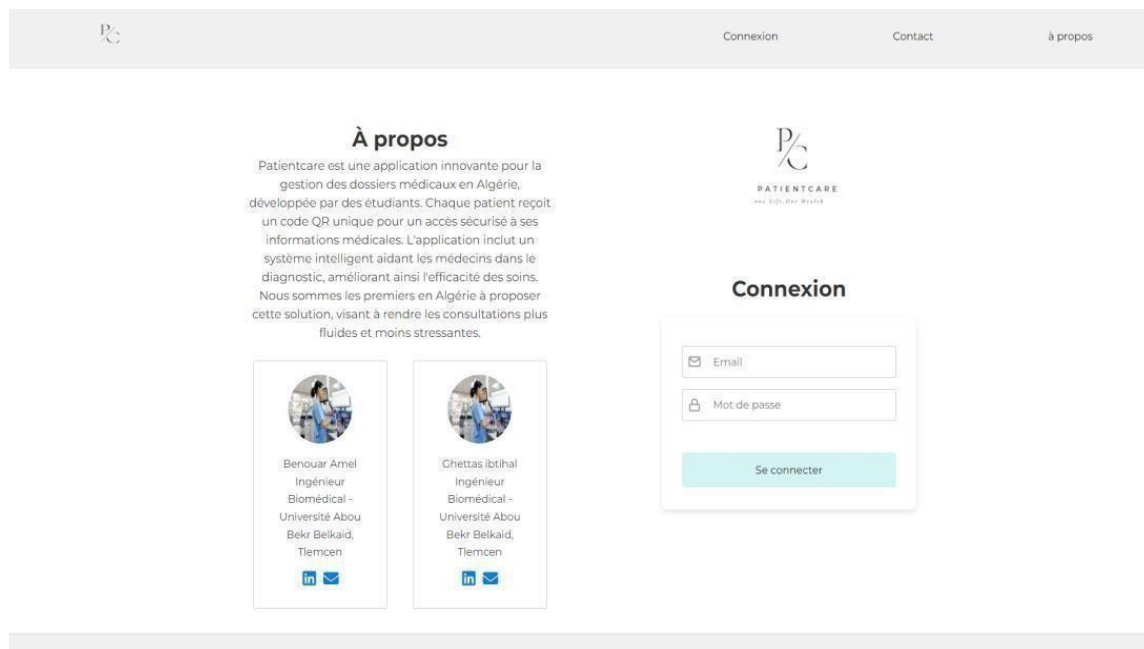


Figure III.6 : Interface d'authentification

2- Interface administrateurs

Après la Page d'Authentification, les Administrateurs accèdent à la page du Dashboard, qui se distingue par un affichage personnalisé avec leur nom. Cette interface est spécialement conçue pour les Administrateurs et offre plusieurs fonctionnalités importantes : un bouton permet d'enregistrer de nouveaux utilisateurs et de créer des comptes pour les Médecins et les Aides-Soignants, tandis qu'un autre bouton donne accès à la liste des utilisateurs ayant déjà des comptes sur le site. De plus, les Administrateurs peuvent consulter et modifier leur propre compte personnel en cas d'erreurs.

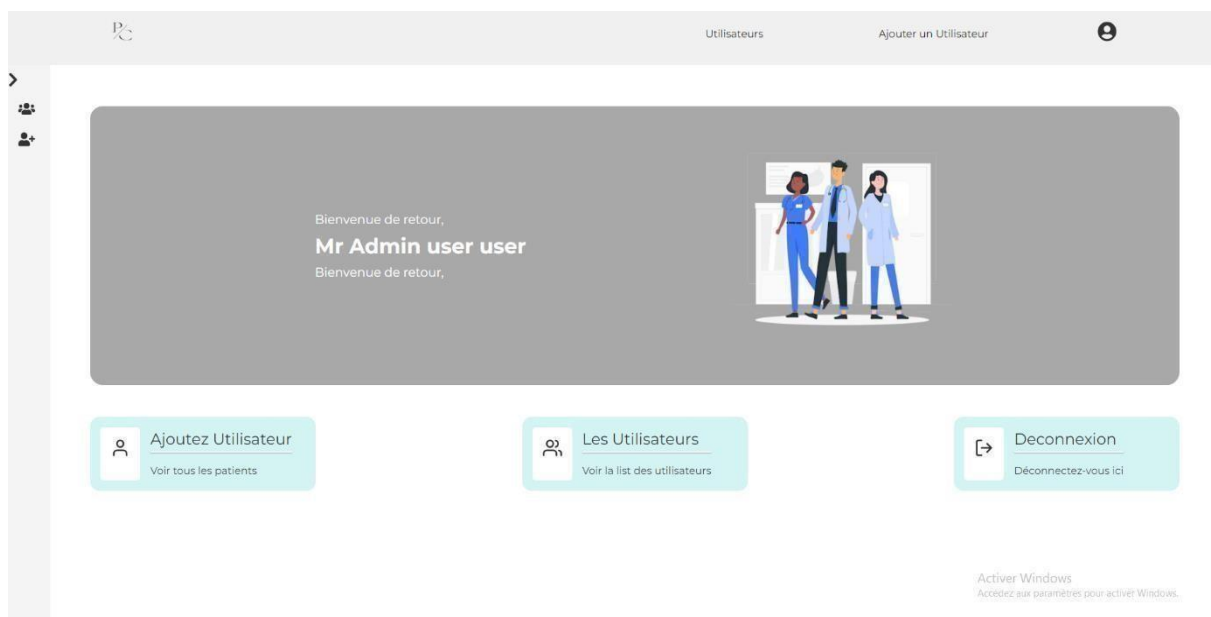


Figure III .7 : Interface du Dashboard administrateurs

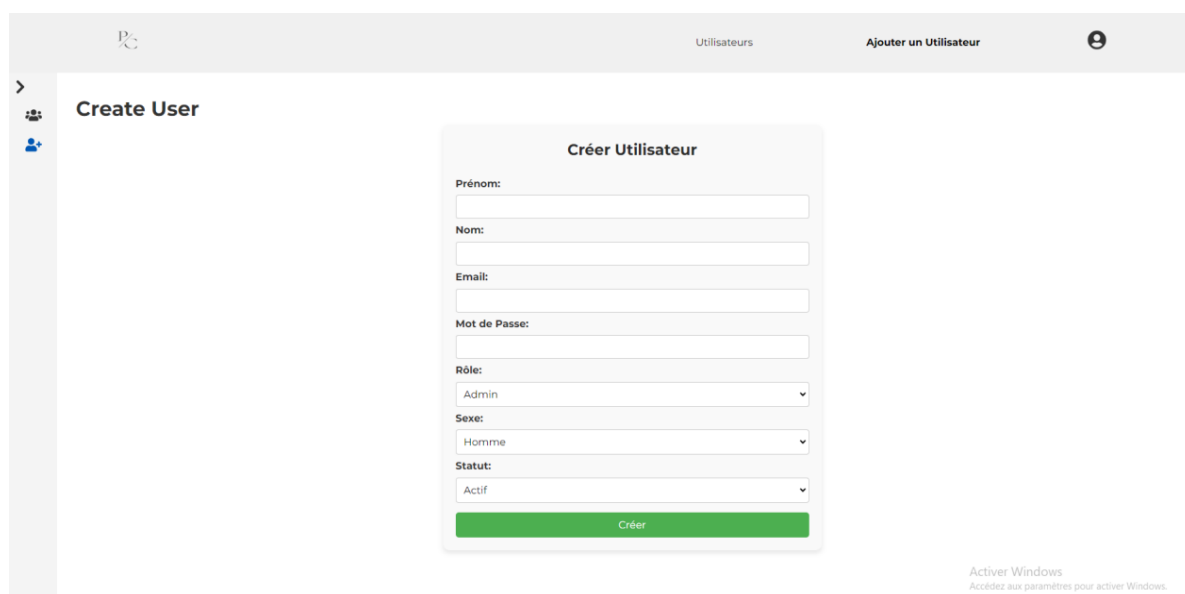


Figure III.8 : Interface administrateurs pour la création des comptes user

3- Espace médecin

Cette page, accessible aux médecins après la Page d'Accueil, offre plusieurs fonctionnalités essentielles. Elle permet aux médecins d'ajouter des patients en saisissant leurs informations personnelles et médicales, telles que les données personnelles, les allergies médicamenteuses, les maladies chroniques, les examens radiologiques et les analyses. Ils peuvent également consulter la liste des patients enregistrés sur la plateforme et scanner le code QR de chaque patient pour accéder à son dossier médical complet.

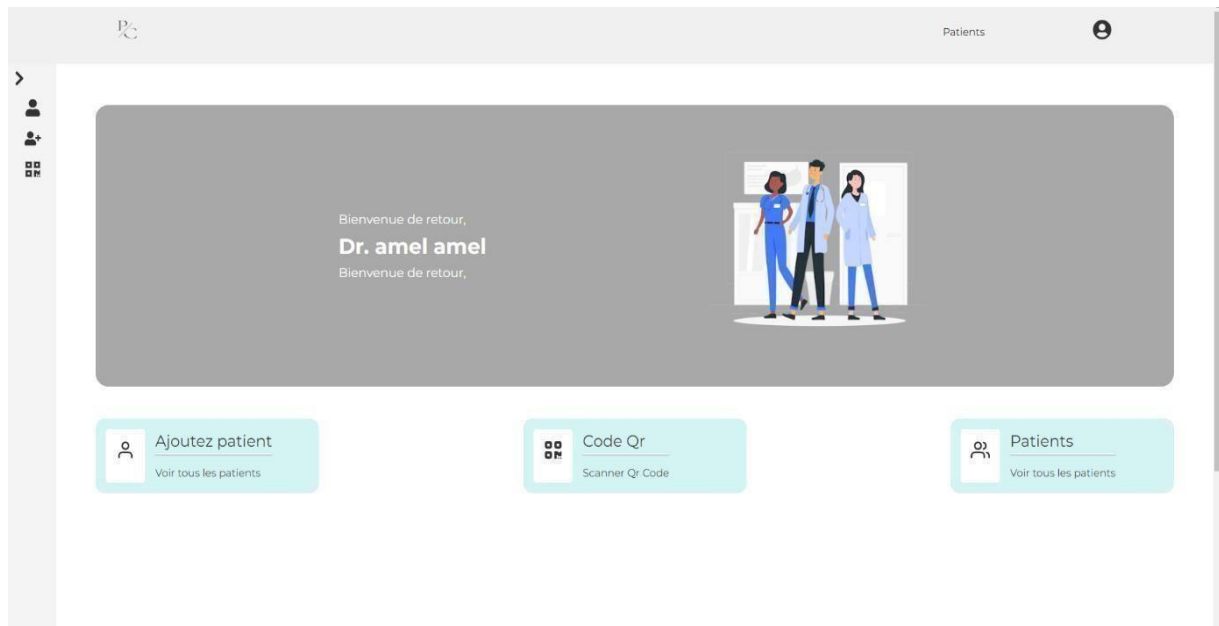


Figure III.9 : page d'accueil médecin.

Figure III.10 : création du dossier patient

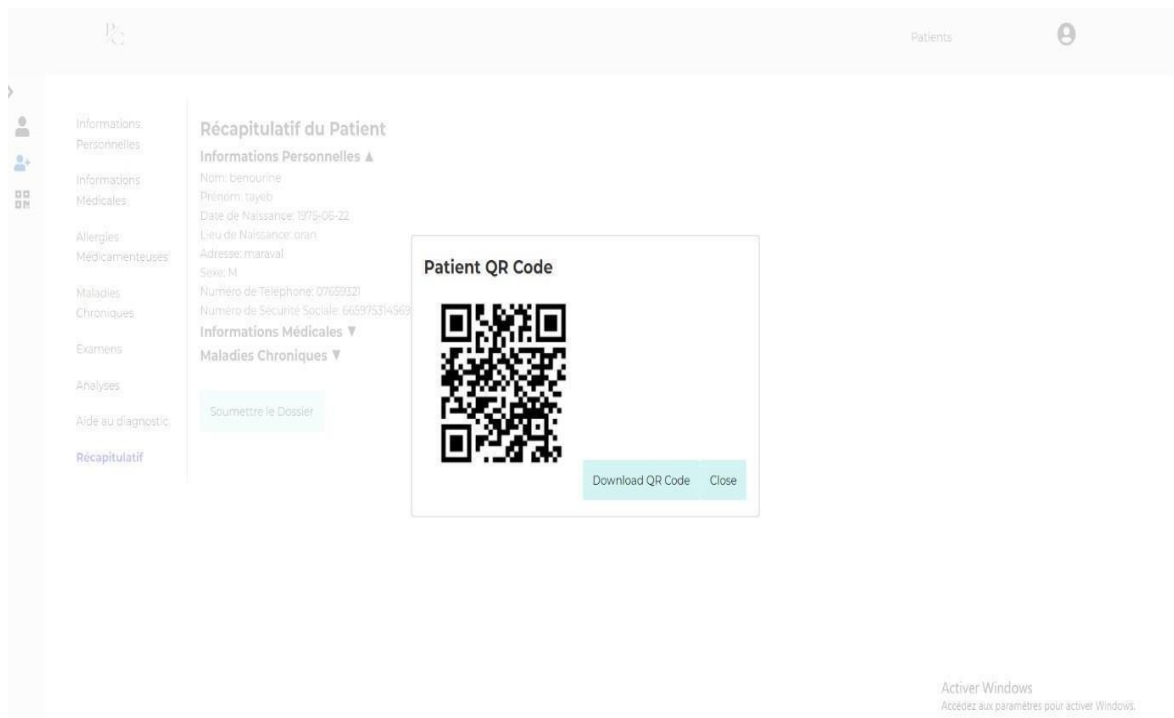


Figure III.11 : génération des Code QR

➤ **Similarité d'utilisation :**

Les fonctions exercées par le médecin sur ce site sont largement similaires à celles d'un assistant médical, à l'exception du système de diagnostic, réservé Exclusivement à l'interface du médecin. Cela garantit que les médecins ont accès à des outils spécialisés pour interpréter les données médicales et fournir des diagnostics précis aux patients.

4- Système d'aide au diagnostic

En outre, l'interface propose un système d'aide au diagnostic spécifiquement dédié à la détection du cancer du sein. Ce système permet aux médecins de télécharger des images mamographiques des patientes et de les soumettre à un algorithme de classification avancé, basé sur des techniques d'intelligence artificielle. L'objectif est de fournir une analyse préliminaire des images, en identifiant des signes potentiels de cancer du sein et en émettant des recommandations sur les anomalies observées. Ce processus vise à faciliter le diagnostic précoce de la maladie en offrant des alertes sur des conditions de santé suspectes et en aidant les médecins à interpréter les résultats des examens. L'interface est conçue pour être à la fois intuitive et fonctionnelle, permettant aux médecins de visualiser les images mamographiques, d'examiner les résultats de l'analyse et de comparer ces résultats avec les images originales pour une évaluation plus précise et complète des cas cliniques.

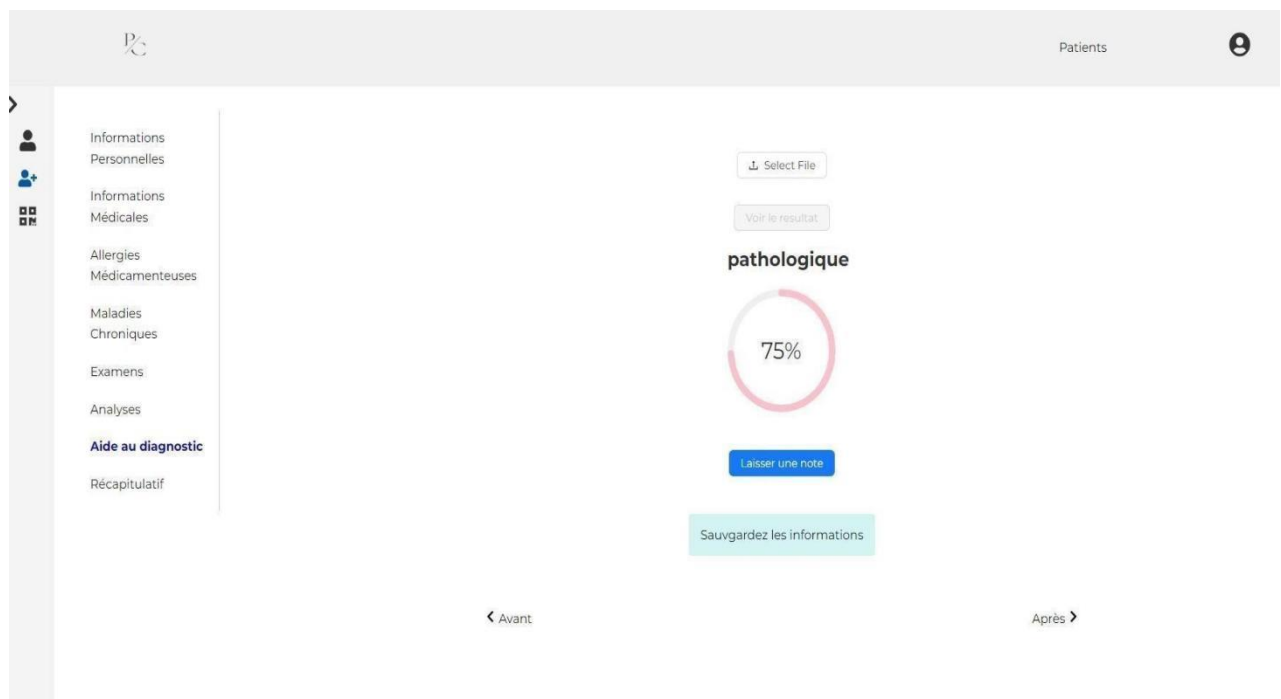


Figure III.12 : Interface du système intégré d'aide au diagnostic

Par la suite, nous présenterons les résultats obtenus de nos modèles de deep learning appliqués à la détection du cancer du sein en utilisant deux approches : la classification binaire et la classification multi-classe. Nous comparerons les performances de ces modèles en analysant les résultats obtenus et en les confrontant à ceux d'autres études existantes dans la littérature. Cette comparaison nous permettra d'évaluer l'efficacité et la pertinence de nos modèles dans le contexte de la détection précoce du cancer du sein et d'identifier les améliorations possibles pour une meilleure précision diagnostique.

III.6 Évaluation des Modèles CNN pour le Diagnostic du Cancer du Sein :

1- Classification binaire

Tableau III.1 : expérimentation des résultats des modèles dans la méthode binaire

Modèle	TE	ACC	cls	préc	rapp	F1	spécifi
Autokeras	59.68	0.875	0	0.8485	0.9180	0.8819	0.8305
			1	0.9074	0.8305	0.8673	0.9180
			Moyenne	0.8775	0.875	0.8747	
	67.26	0.883	0	0.8507	0.9344	0.8906	0.8305

Custom CNN			1	0.9	0.8	0.8	0.9344
			Moyenne	0.8870	0.8833	0.8829	
VGG 16	57.45	0.883	0	0.8615	0.9180	0.8889	0.8475
			1	0.9091	0.8475	0.8772	0.9180
			Moyenne	0.8849	0.8833	0.8831	
VGG 19	67.25	0.892	0	0.875	0.9180	0.896	0.8644
			1	0.9107	0.8644	0.887	0.9180
			Moyenne	0.8926	0.8917	0.8916	
Mobile Net	29.54	0.717	0	0.6421	1.0	0.7821	0.4237
			1	1.0	0.4237	0.5952	1.0
			Moyenne	0.8181	0.7167	0.6902	

2- Méthode multi classes

Tableau III.2 : Expérimentation des modèles dans la méthodes multi classes

Modèle	Te	ACC	cls	Préc	rapp	F1	spécifi
Autokeras	75.15	0.8195	0	0.69	0.75	0.72	0.8319
			1	0.58	0.89	0.71	0.7541
			2	0.89	0.48	0.63	0.9612
			Moyenne	0.7375	0.6864	0.6793	
Custom CNN	73.86	0.8346	0	0.87	0.83	0.85	0.9457
			1	0.86	0.86	0.86	0.9167
			2	0.78	0.81	0.80	0.8889
			Moyenne	0.8360	0.8346	0.8350	
VGG 16	71.01	0.8346	0	0.78	0.93	0.84	0.8804
			1	0.89	0.86	0.88	0.9405
			2	0.84	0.72	0.77	0.9333
			Moyenne	0.8392	0.8346	0.8332	
VGG19	76.77	0.8496	0	0.97	0.88	0.92	0.9891
			1	0.83	0.88	0.85	0.8929
			2	0.77	0.79	0.78	0.8889
			Moyenne	0.8544	0.8496	0.8510	
	33.60	0.3308	0	0.33	1.00	0.49	0.0761

Mobile Net			1	0.43	0.06	0.11	0.9524
			2	0.00	0.00	0.00	1.0000
			Moyenne	0.2582	0.3308	0.1908	

III.7 Comparaison des résultats avec l'état de l'art

III.7.1 Etat de l'art

Plusieurs études se sont penchées sur l'utilisation du Deep Learning pour la détection précoce du cancer du sein. Une recherche menée en 2023 par des chercheurs de l'Université de Washington à Saint-Louis, aux États-Unis, ont examiné l'efficacité des techniques traditionnelles dans les applications automatisées et professionnelles en mammographie [27]. Cette étude a révélé un taux de détection compris entre 97% et 99% sur deux bases de données publiques, DDSM et INBREAME. De plus, une étude menée par R. Sathesh Raaja en 2022 a démontré que l'utilisation de modèles de Deep Learning sur des images mammographies permettait une détection plus précise des lésions malignes, avec un taux de réussite de 98% sur la base de données publique DDSM [28]. En 2019, l'étudiante Boumehdi. N a également travaillé sur un système d'aide au diagnostic pour son projet de fin d'études, utilisant une base de données publique DDSM. Ses travaux ont abouti à un taux de réussite de 93% dans la détection des lésions Cancéreuses [29].

Tableau III.3 : l'état de l'art

Auteurs	Base de données	Méthodes de travail	le taux de classification
1- chercheurs de l'Université de Washington à Saint-Louis	DDSM	Classification	99%
3- Boumehdi. N	DDSM	Classification	93%
Nos résultats	DDSM	Classification	89,26%

III.7.2 La comparaison

D'après l'observation des résultats obtenus par d'autres chercheurs ayant travaillé avec la même base de données que nous, nous pouvons conclure que notre résultat est optimiste. Par exemple, les chercheurs de l'Université de Washington à Saint-Louis ont obtenu des taux de

détection compris entre 97% et 99% sur les bases de données DDSM, tandis que R. Sathesh Raaja a atteint un taux de 98% sur DDSM, et Boumehdi. N a rapporté un taux de 93%. Ces résultats suggèrent que nous aurions pu atteindre des performances similaires, voire supérieures, si nous avions eu accès à une base de données plus large et à une annotation précise réalisée par des spécialistes. Malgré ces limitations, notre résultat reste satisfaisant, tant pour les études multi-classes que pour les études binaires.

III.8 Discussion des résultats

Dans notre analyse des résultats, nous avons examiné en détail les performances de chaque modèle CNN testé pour le diagnostic du cancer du sein. Auto Keras a obtenu une précision moyenne de 0.8775, mais a montré des variations notables entre les classes 0 (non-cancer) et 1 (cancer), ce qui a soulevé des discussions sur l'équilibre entre les classes. En revanche, Custom CNN et VGG19 se sont distingués par leurs scores respectifs de 0.8870 et 0.8926, démontrant une meilleure capacité à généraliser sur les deux classes et une précision plus élevée.

En particulier, dans le cas de l'étude multi-classes, les résultats montrent également des différences notables entre les modèles. Auto Keras a obtenu une précision moyenne de 0.8195, avec une précision de 0.69 pour la classe 0, 0.58 pour la classe 1, et 0.89 pour la classe 2. Custom CNN a surpassé Auto Keras avec une précision moyenne de 0.8346, atteignant 0.87 pour la classe 0, 0.86 pour la classe 1, et 0.78 pour la classe 2. VGG16 a obtenu une précision moyenne de 0.8346, avec des résultats de 0.78 pour la classe 0, 0.89 pour la classe 1, et 0.84 pour la classe 2. Enfin, VGG19 a maintenu sa performance supérieure avec une précision moyenne de 0.8496, atteignant 0.97 pour la classe 0, 0.83 pour la classe 1, et 0.77 pour la classe 2.

Nous avons attribué ces différences de performance aux architectures spécifiques des modèles, en soulignant que VGG19, avec sa profondeur accrue, semble mieux adapté à la complexité des données d'imagerie médicale, offrant ainsi une précision moyenne supérieure et un rappel plus équilibré entre les classes. C'est pourquoi nous avons choisi d'intégrer VGG19 dans notre plateforme pour notre étude.

III.9 Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons exploré en détail les aspects techniques de notre système d'aide au diagnostic du cancer du sein. Nous avons examiné les langages de programmation employés pour l'interface avec la base de données, analysé les résultats

obtenus par le modèle CNN pour le diagnostic, et décrit les principales interfaces de notre plateforme. Ces éléments démontrent que notre système est non seulement fonctionnel mais également efficace, offrant une solution innovante pour la gestion des dossiers patients en Algérie. En intégrant le modèle VGG19, nous avons optimisé les performances du diagnostic, confirmant ainsi le potentiel de notre approche pour améliorer la qualité des soins et la précision des diagnostics.

Chapitre IV

**Le processus de création d'une
startup dans le secteur de la
santé public avec la mise en
place d'un site web**

Le cas pratique du projet

IV.1 Les informations relatives au projet :

IV.1.1 L'équipe du projet :



L'encadrement :

Ce présent projet est encadré par Mm Hamza Cherif Souad et Co-encadré par Mm Kazi Tani Lamia.

Ci-après leurs curriculums vitaux :

Hamza Cherif Souad :

-Juin 2022 : Poste de Maître de Conférences classe B

Département de Génie Biomédical, filière Informatique Biomédical Université de Tlemcen, Algérie.

-Décembre 2018 : Poste de Maître-assistant classe A

Département de Génie Biomédical, filière Informatique Biomédical Université de Tlemcen, Algérie.

-Décembre 2015 : Poste de Maître-assistant classe B

Département de Génie Biomédical, filière Informatique Biomédical Université de Tlemcen, Algérie.

-2011-2015 : Fonction d'Ingénieur d'État en Informatique, exerçant les tâches d'administrateur de serveur web, au Niveau du Centre des Ressources Informatiques, Université de Tlemcen, Algérie.

-2008-2011 : Fonction de Chargée d'études Audit et d'assistante du Directeur Général chargée de l'Audit, au niveau de l'Office de Promotion et de Gestion Immobilière (OPGI) Tlemcen, Algérie.

-2007-2008 : Fonction d'Ingénieur d'État en Informatique pour la réalisation des SIG « Système d'Information Géographique », au niveau de SPA URBAT Tlemcen,Algérie.

Kazi Tani Lamia :

-20 décembre 2009 - en cours : Enseignante-Chercheuse en Informatique à l'Université de Tlemcen, Algérie.

-01 septembre 1998 - 30 juin 2004 : Ingéniorat en Informatique, Université de Tlemcen, Algérie.

-01 septembre 2004 - 01 juin 2007 : Magistère en Informatique, Université de Tlemcen,

Algérie.

-01 septembre 2015 - 20 mai 2020 : Doctorat en Sciences en Informatique, Université Oran1, Oran, Algérie.

-01 juin 2020 - 02 novembre 2022 : Habilitation Universitaire, Université de Tlemcen, Tlemcen, Algérie. Site web : www.univ-tlemcen.



Les porteuses du projet :

Benouar Karima Amel :

-2018 - 2022 : Licence en Électronique et Maintenance Biomédicale Faculté de Technologie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.

-Décembre 2021 - Mai 2022 : Manipulatrice en Radiologie Clinique Elite Médical, Mostaganem.

Technicienne en radiologie chevronnée, maîtrisant l'acquisition précise d'images médicales et contribuant à des diagnostics fiables grâce à une expertise en scanner et radiologie conventionnelle.

-Décembre 2023 : Stage de fin d'études Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Mostaganem.

Contribué essentiellement au service de gestion et maintenance des équipements médicaux, garantissant un environnement opérationnel optimal pour des soins de qualité.

Ghetas Ibtihal :

-2019-2022 : Licence en Électronique et Maintenance Biomédicale Accédez à la majorité des équipements médicaux pour divers services hospitaliers. Faculté de Technologie, Université Abou Bekr_Belkaid, Tlemcen.

-2019-2020 : Stage pratique au sein d'un service de maintenance dans l'EPH d'ILLIZI.

-2021-2022 : Stage pratique au sein d'un service d'imagerie dans l'EPH d'ILLIZI.

-2021-2022 : Stage pratique au Clinique 'Abd El Ali' Tlemcen.

-2023-2024 : Stage de fin d'étude au Centre d'imagerie 'El Amel' Touggourt.

IV.2 L'idée du projet (Solution proposée)

En tant que passionnées par l'innovation technologique et la transformation digitale, et engagé dans l'amélioration du secteur de la santé en Algérie, on a eul'idée de porter un projet de numérisation des dossiers patients. Cette initiative

Visa à moderniser notre système de santé et à améliorer la qualité des soins prodigués aux patients.

L'idée a pris forme en collaborant avec l'incubateur et le Centre I2Ede l'universitéAbou Bekr Belkaid, Tlemcen, où on prépare actuellement notre thèse de master 2 en imagerie médicale, dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275 du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique concernant la préparation du diplôme Label /startup.

La concrétisation de ce projet repose sur l'utilisation des nouvelles technologies et des solutions numériques avancées. Elle consiste à mettre en place un système numérique centralisé et sécurisé pour la gestion des dossiers patients. Ce système inclura une plateforme web, permet le partage des données via un QR code, ainsi une interconnexion supérieure entre les professionnels de la santé dans différentes wilayas, en adoptant aussi un système aide au diagnosticpour faciliter la tâche aux urgences.

L'objectif de ce projet innovant, considéré comme essentiel pour l'amélioration de notre système de santé, est de faciliter l'accès aux dossiers médicaux, D'améliorer la coordination des soins et de promouvoir une gestion plus efficace et sécurisée des informations médicales.

IV.3 Les valeurs proposées et l'objectif du projet

IV.3.1 Les valeurs proposées :

Notre projet proposera plusieurs valeurs comme suit :

- ❖ Numérisation et digitalisation des dossiers patients dans les hôpitauxalgériens.
- ❖ La gestion automatique des patients dans les établissements de santépublics via la technologie QR code.
- ❖ La satisfaction des patients grâce à l'évaluation et l'amélioration desprestations dans nos hôpitaux.
- ❖ Première application médicale, conçue afin d'éliminer les dossiers papiers
- « Zéro papiers ».
- ❖ La facilité du stockage et archivage des images médicales.
- ❖ La transmission et le partage des informations entre les professionnels de santé.

- ❖ Interconnexion entre différentes wilayas.
- ❖ L'utilisation de l'intelligence artificielle pour un système aide au diagnostic, qui permet de faciliter la gestion des urgences.

IV.3.2 L'objectif du projet :

➤ A court terme

- Le lancement réussi de notre produit en assurant ses fonctionnalités
- Faire les partenariats avec les acteurs locaux.
- La vente du produit avec une acquisition d'un nombre initiale considérable des utilisateurs

➤ A long terme

- Elargir l'utilisation de l'application sur tout le territoire algérien.
- L'intégration du Cloud computing dans notre système pour le stockage et l'archivage.
- Ajouter d'autre fonctionnalités sur notre logiciel comme : la gestion des RDV, gestion des lits
- Création d'une application mobile dédiée au patient.

IV.4 Processus de réalisation

La réalisation de projet se passera par les étapes suivantes :

Tableau IV.1 : Processus de réalisation

			Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
1		Etudes de Marché et documentation sur le projet	✓	✓	✓				
2		La conception de l'architecture d'application et la collections des données		✓	✓				
3		La création de la base de données et la réflexionsur la conception			✓				
4		Le développement de application			✓	✓			
5		La réalisation du prototype				✓			
6		Finalisation de l' application					✓	✓	

IV.5 La segmentation du marché et l'intensité du concurrence

IV.5.1 Les segments du marché

➤ Le marché potentiel

Toute personne intéressée par l'amélioration du système de santé en Algérie, qu'elle soit sur le plan national ou international, découvrira un immense potentiel dans notre projet. L'innovation et la sécurité offertes par nos services inciteront les professionnels de santé et les patients à adopter notre application pour tirer parti des fonctionnalités disponibles. Nous visons à atteindre une part de marché locale de 30% dans la première phase de notre déploiement.

➤ Le marché Cible

- Les fonctionnaires de la santé publique (les hôpitaux, SAMU, CHU, polyclinique).
- Les établissements de santé privé (centre d'imagerie, laboratoire d'analyses, clinique privées...).
- Les établissements de santé militaire.

Le choix de ce marché cible n'est pas arbitraire ; il repose sur une étude préalable comprenant des sondages réalisés auprès des professionnels de la santé qui ont montré un intérêt marqué pour notre initiative. Premièrement, pour les avantages pratiques et organisationnels que notre projet offre, et deuxièmement, pour l'amélioration de la gestion des dossiers médicaux.

Ces professionnels, qu'ils soient des hôpitaux publics, des services d'urgence médicale (SAMU), des centres hospitalo-universitaires (CHU), des polycliniques, des établissements de santé privés (comme les centres d'imagerie, les laboratoires d'analyses, et les cliniques privées), ou des établissements de santé militaires, sont les principaux utilisateurs visés par notre projet.

IV.5.2 L'intensité de la concurrence de ce projet

Dans le secteur de santé au niveau de L'Algérie, est le site web DEM qui est agréé par le Ministère de la Santé.

Le dossier électronique du patient (DEM) en Algérie est un projet en cours de développement visant à créer un système national de gestion des dossiers médicaux informatisés. Lancé en 2015 par le ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière.

✓ **Les points fort du DEM :**

Le DEM a pour objectif d'améliorer la qualité des soins en offrant aux professionnels de santé un accès sécurisé et instantané aux informations médicales des patients. La première phase du projet a consisté en la mise en place d'un pilote dans un hôpital de chaque wilaya. Le DEM algérien permettra aux professionnels de santé de consulter les déclarations médicales des patients, de prescrire des médicaments et des examens sur le même site, de suivre l'évolution de l'état de santé des patients, et de partager des informations médicales avec d'autres professionnels de santé dans le cas d'hospitalisation.

✓ **Les points faibles du DEM :**

- Coût élevé du projet.
- Formation des professionnels de santé.
- Confidentialité des données des patients.
- L'absence d'interconnexion entre les wilayas.
- Manque de sauvegarde et d'archivage à long terme.
- Suivi temporaire limité à la durée d'hospitalisation.
- Le manque des informations médicales.

IV.6 La stratégie marketing du projet

Notre stratégie de sensibilisation des clients à nos services repose sur une communication étendue en utilisant tous les canaux disponibles. Nous nous appuyons sur les réseaux sociaux les plus populaires actuellement (Facebook, Instagram, YouTube, et LinkedIn), ainsi que sur les médias traditionnels en diffusant des spots publicitaires à la radio et à la télévision, et en publiant des articles dans les journaux et magazines spécialisés.

De plus, notre stratégie inclut des partenariats avec des acteurs socio- économiques tels que les hôpitaux, les cliniques privées, et d'autres établissements de santé.

Notre politique tarifaire sera compétitive par rapport à celle de nos concurrents, en mettant l'accent sur le rapport qualité/prix.

L'application que nous proposons permet d'enregistrer les doléances et réclamations des clients, afin de répondre rapidement et d'adapter nos offres à leurs attentes.

IV.7 Les partenaires

La réalisation et la réussite de notre projet nécessitent la collaboration de plusieurs partenaires clés. Parmi eux, l'incubateur de l'université de Tlemcen, qui assure un

accompagnement complet à travers les différentes étapes du projet grâce à des formations spécifiques. Les centres de recherche du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique contribueront à nos travaux en créant un cadre favorable à la recherche.

Nos partenaires socio-économiques incluent les directions de la santé publique, les cliniques privées, les entreprises de radiologie, ainsi que les entités militaires et les institutions de sécurité sociale comme la CNAS et la CASNOS. Leur soutien sera particulièrement précieux lors du lancement du projet et pour assurer son succès à long terme.

IV.8 Le plan financier business model canvas BMC

IV.8.1 Les coûts et les charges

- ☐ Développeur 60000 .00 DZ/ Par mois
- ☐ Salaire du personnels (2 employées) 60000.00dz /par personnes
- ☐ Matériels informatiques 80000.00 Dz
- ☐ Matériels bureautique 90000.00 Dz
- ☐ Marketing et la publicité (Stand, sponsoring, panneau publicitaire)30000.00DZ
- ☐ Les charges (eau, électricité..... 3000.00 Dz /Par trimestre
- ☐ Lecteur QR code 170000.00 DZ /10 Unités
- ☐ La finition de l'application et la mise en place 100000.00 DZ
- ☐ Intégration du Cloud 60000.00 Dz /Par mois

Tableau IV.2 : La table des coûts

Les Articles	Montant mensuels
Salaire développeur	720000.00 Dz
Salaire employées	1440000.00 Dz
Matériels informatiques	80000.00 Dz
Matériels Bureautiques	90000.00 Dz
Marketing et publicité	360000.00 Dz
Les charges	12000.00 Dz
Lecteur QR code	170000.00DZ
La finition de l'application et la mise en place	100000.00 Dz
Intégration du Cloud	720000.00
TOTAL	3692000.00 Dz

IV.8.2 Le financement du projet

Notre projet innovant sera financé par l'ASF (Alegria startup funds).

IV.8.3 Le chiffre d'affaire et les revenus

A. Le scénario optimiste :

Le prix de la prestation a été estimé à 450 000,00 DZD, avec une option de 17 000,00 DZD pour un lecteur de code QR par client. Notre méthode de vente sera trimestrielle, les trois premiers trimestres connaissant une évolution par un seul client, tandis que le dernier trimestre est resté stable.

** Année N :

Tableau IV.3 : Revenu annuel optimiste

Les trimestres	Chiffre d'affaires Prévisionnels
[Janvier ,Fevrier,Mars]	467000.00 DZ
[Avril , Mai , Juin]	934000.00DZ
[Juillet , Aout, Septembre]	141000.00 DZ
[Octobre,Novembre,Décembre]	141000.00 Dz
Total	423000.00 Dz

**Année N+1

Le prix de la prestation a été estimé à 450 000,00 DZD, avec une option de 17 000,00 DZD pour un lecteur de code QR par client. Notre méthode de vente sera trimestrielle, les deux premiers trimestres évoluant par un client pour chaque trimestre, tandis que les deux derniers trimestres évoluent par deux clients pour chaque trimestre.

Tableau IV.4 : Revenu annuel optimiste Année +1

Les trimestres	Chiffre d'affaires prévisionnels
[Janvier ,Fevrier,Mars]	934000.00 DZ
[Avril , Mai , Juin]	141000.00 DZ
[Juillet , Aout, Septembre]	282000.00 DZ
[Octobre,Novembre,Décembre]	423000.00 DZ
Total	934000.00 DZ

B. Le scénario pessimiste :**** Année N**

Le prix de la prestation a été estimé à 450 000,00 DZD, avec une option de 17 000,00 DZD pour un lecteur de code QR par client. Notre méthode de vente sera trimestrielle, avec deux clients durant le trimestre.

Tableau IV.5 : Revenu annuel pessimiste année N

Les trimestres	Chiffre d'affaires Prévisionnels
[Janvier, Février, Mars]	934000.00 DZ
[Avril, Mai, Juin]	934000.00DZ
[Juillet, Aout, Septembre]	934000.00 DZ
[Octobre, Novembre, Décembre]	934000.00 Dz
Total	373600.00 Dz

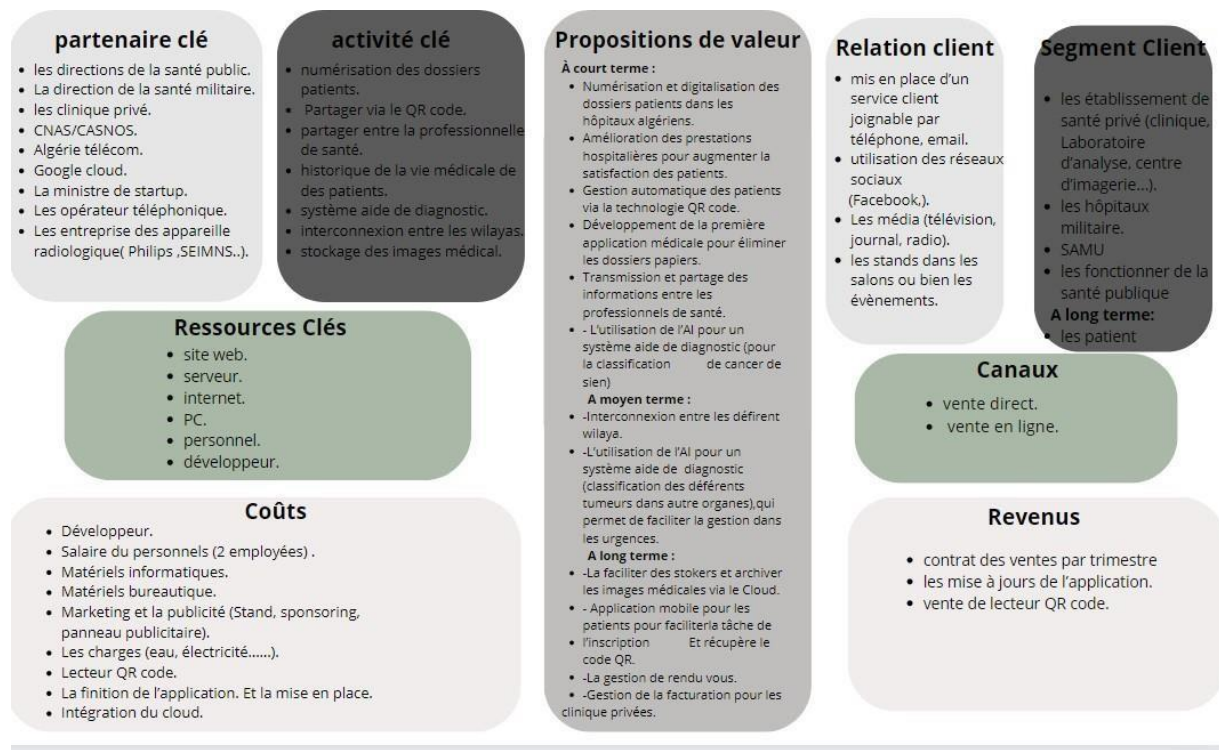
**** Année N+1**

Le prix de la prestation a été estimé à 450 000,00 DZD, avec une option de 17 000,00 DZD pour un lecteur de code QR par client. Notre méthode de vente sera trimestrielle, avec un client par trimestre, totalisant quatre clients pour l'année complète.

Tableau IV.6 : Revenu annuel pessimiste année+1

Les trimestres	Chiffre d'affaires Prévisionnels
[Janvier, Février, Mars]	467000.00 DZ
[Avril, Mai, Juin]	934000.00DZ
[Juillet, Aout, Septembre]	141000.00 DZ
[Octobre, Novembre, Décembre]	186800.00 Dz
Total	467000.00 Dz

Tableau IV.7 : BMC



IV.9 Le processus de prestation de service :

Notre projet consiste à fournir des prestations et des services en suivant des étapes qui ne sont pas compliquées car c'est une application caractérisée par la facilité d'utilisation comme suit :

- La mise en place de l'application dans Google.
- Création des comptes avec un email et mot de passe (Médecin, paramédical, administrateur).
- Connexion à l'application.
- Consulter les différentes rubriques relatives à nos services.
- Création des dossiers patients.
- Transmission de QR code via l'email ou imprimez-le

Conclusion générale

Ce travail de thèse avait pour objectif de moderniser le secteur de la santé en Algérie en développant un système innovant pour la numérisation des dossiers médicaux et en utilisant le deep learning pour le diagnostic du cancer du sein.

Dans le premier chapitre, nous avons exploré le système d'information hospitalier, en examinant ses composantes et en mettant en évidence son rôle dans la gestion des données médicales et des opérations hospitalières. Cette étude a fourni une base solide pour notre projet.

Le deuxième chapitre a présenté notre solution pour la numérisation des dossiers patients et le soutien au diagnostic du cancer du sein. Nous avons expliqué les technologies employées et comment elles ont été intégrées pour créer une plateforme moderne et fonctionnelle, améliorant ainsi la gestion des informations médicales et offrant un outil utile pour les professionnels de santé.

Dans le troisième chapitre, nous avons exploré l'application du deep learning pour le diagnostic du cancer du sein. Nous avons comparé les performances de différents modèles et identifié le modèle le plus efficace, tout en présentant les interfaces du système et leur rôle dans le processus de diagnostic.

En conclusion, ce projet a réalisé une avancée significative dans la modernisation des pratiques médicales en Algérie. Les résultats montrent que notre système est efficace pour le diagnostic du cancer du sein et que notre approche technologique est prometteuse pour l'avenir du secteur de la santé.

Perspectives

1. Augmenter la précision du modèle en explorant de nouvelles techniques d'apprentissage et en utilisant des données plus diversifiées.
2. Tester le système en milieu clinique et l'adapter en fonction des retours des utilisateurs.
3. Étendre notre approche à d'autres domaines de la médecine ou à d'autres pathologies.
4. Améliorer les processus de gestion des dossiers médicaux dans d'autres contextes géographiques.
5. Adapter notre système pour le diagnostic d'autres types de cancers.
6. Concevoir des interfaces plus intuitives et accessibles pour les médecins et les patients.
7. Mettre en œuvre des protocoles de sécurité avancés pour protéger les informations sensibles des patients.
8. Explorer des solutions pour intégrer PatientCare avec des systèmes de gestion hospitalière existents.

Bibliographie

- [1] Laudon, Kenneth C., and Jane P. Laudon. "Management Information systems: Managing the Digital Firm." Pearson Education, 2016.
- [2] Ammenwerth, E., and Rigby, M. "Evidence-based health informatics: promoting safety and efficiency through scientific methods and ethical policy." IOS Press, 2016.
- [3] Page OPS Les dossiers médicaux électroniques et l'importance de la manière de les documenter URL([https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55411/OPSEIHIS21022_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y/site web](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55411/OPSEIHIS21022_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y/site%20web)).
- [4] González, G. J., & Silva, A. C. (2015). Low-Cost Breast Cancer Screening with a Digital Mammography System. PubMed Central. Retrieved July 12, 2024, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4607326/>
- [5] TrustRadius. (n.d.). Epic Reviews. TrustRadius. Retrieved July 12, 2024, from <https://www.trustradius.com/products/epic/reviews?q=consist>.
- [6] Epic Systems Corporation. (n.d.). Epic Systems. Epic Systems Corporation. from <https://www.epic.com/>.
- [7] Epic Systems Corporation. (n.d.). Learn about Epic. Epic Systems Corporation., from <https://www.getepic.com/learn/>.
- [8] Epic Systems Corporation. (n.d.). Epic User Communities. Epic Systems Corporation. from <https://www.getepic.com/collection/169646/community>.
- [9] EHR Guide. (n.d.). Epic Reviews. EHR Guide. Retrieved July 12, 2024, from <https://ehrguide.org/ehr-reviews/epic-reviews/>.
- [10] Université de Montréal. (n.d.). Carte UdeM. Université de Montréal. <https://registraire.umontreal.ca/etudes-et-services/carte-udem/>.
- [11] Service-Public.fr. (2021, March 31). Le dossier médical partagé (DMP). La Direction de l'information légale et administrative. from <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F36151>.
- [12] Ministère de la Santé et de la Prévention. (n.d.). Système de santé : médico-social et social. Ministère de la Santé et de la Prévention. from <https://sante.gouv.fr/systeme-de-sante/systeme-de-sante/article/systeme-de-sante-medico-social-et-social/>.
- [13] World Health Organization. (2000). Report on the World Health Organization's Commission on Macroeconomics and Health. World Health Organization. from https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA53/fa4.pdf.

- [14] Hospihub. (2023, April 7). Numérisation du secteur de la santé : Les hôpitaux algériens se lancent dans la mise en place du Dossier Électronique Médical. Hospihub. from <https://www.hospihub.com/actualites/les-hopitaux-algeriens-se-lancent-dans-la-mise-en-place-du-dossier-electronique-medical>.
- [15] Centre de Développement des Technologies Avancées. (n.d.). Dossier électronique médical en Algérie : Des avancées notables mais des défis persistent. Centre de Développement des Technologies Avancées. from <https://www.cdta.dz/fr/valorisation/produits-de-la-recherche-et-developpement/logiciels/systeme-de-gestion-dossier-medical-electronique/>.
- [16] Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière. (2020). Plan national de développement du système d'information sanitaire 2020-2025. Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme hospitalière. from <http://planif.sante.gov.dz/>.
- [17] Wikipedia contributors. (2024, June 24). QR code Wikipedia, The Free Encyclopedia. from https://en.wikipedia.org/wiki/QR_code.
- [18] IONOS. (2023, December 8). Qu'est-ce qu'un QR code ? Digital Guide IONOS. from <https://www.ionos.fr/digitalguide/web-marketing/vendre-sur-internet/quest-ce-quun-qr-code/>.
- [19] QR Code Generator. (n.d.). QR Code Generator. from <https://www.the-qrcode-generator.com/>.
- [20] Elaouaber, Z. A. (2023). Système d'aide au diagnostic pour la détection automatique du glaucome et de la rétinopathie diabétique (Thèse de doctorat, Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen, Faculté de Technologie).
- [21] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press.
- [22] Patterson, J., & Gibson, A. (2018). Deep Learning en action : la référence du praticien. OREILLY.
- [23] Dumoulin, V., & Visin, F. (2016). A guide to convolution arithmetic for deep learning. ArXiv preprint arXiv:1603.07285.
- [24] Kies, R., & Krim, S. (2021). Extraction du réseau rétinien par la méthode de deep learning pour l'aide au diagnostic en ophtalmologie (Mémoire de Master 2, Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen, Faculté de Technologie). from <http://dspace1.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/17169/1/Ms.GBM.Kies%2bKrim.pdf>.
- [25] Ricco Rakotomalala “deep learning –Perceptrons simples et multicouches-” Université Lumière lyon 2”, avril 2016.
- [26] Institut National du Cancer. (n.d.). Anatomie du sein. République Française. from <https://www.e-cancer.fr/Patients-et-proches/Les-cancers/Cancer-du-sein/Anatomie-du-sein>.

- [27] Ouadah, N. A., & Ouahiani, N. E. H. (2023). Détection du cancer du sein par l'apprentissage profond (Mémoire de Master 2, Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen, Faculté de Technologie). from [http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/21653/1/Detection du cancer de sein par l'apprentissage profond.pdf](http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/21653/1/Detection%20du%20cancer%20de%20sein%20par%20l'apprentissage%20profond.pdf).
- [28] Université de Washington à Saint-Louis. (2023, August 11). L'application des techniques traditionnelles dans les applications automatisées et les applications professionnelles en mammographie. from <https://www.em-consulte.com/article/121287/la-mammographie-numerique-technique-applications-e>.
- [29] Raja, S. (2023). Breast cancer detection and diagnosis using hybrid deep learning architecture. Biomedical Signal Processing and Control, 82, 104558. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.104558>.
- [30] Boumehdi, N. C. D. (2019). Réalisation d'un système d'aide au diagnostic des images mammographies basé sur le Cloud (Mémoire de Master, Université de Tiaret). from <http://dspace.univ-tiaret.dz/bitstream/123456789/5277/1/TH.M.INF.FR.2019.09.pdf>.
- [31] Del Vescovo, E., Cecconi, M., & Wexler, D. (2011). Automated breast cancer detection: A review of the existing systems and future perspectives. Pattern Recognition, 44(11), 2782-2795. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2011.05.014>.