

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية  
الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

**En : GENIE BIOMEDICAL**

**Spécialité : Imagerie Médicale**

**Par : DAHASSE Fares - BENCHEIKH Taha Yassine - Malfi Djawed**

**Sujet**

**L'aide à la décision dans la radiologie**

Soutenu publiquement, le 13 / 06 / 2024 , devant le jury composé de :

Mme RERBAL Souhila	MCA	Université de Tlemcen	Président
Mme KORTI Amel	MCA	Université de Tlemcen	Examineur
M MANSRI Nabil	Docteur	CHU de Tlemcen	Examineur
M SOULIMAN Sofian	Prof	Université de Tlemcen	Examineur
M HAMZA CHERIF Lotfi	Prof	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire 2023-2024

## Résumé

L'aide à la décision dans la radiologie, notamment en mammographie et en scanner thoracique, est devenue essentielle grâce aux progrès de l'intelligence artificielle. Dans la mammographie, les algorithmes peuvent détecter automatiquement les anomalies telles que les masses et les microcalcifications, permettant ainsi une détection précoce du cancer du sein et une priorisation des cas à risque. De même, dans le scanner thoracique, les systèmes d'aide à la décision aident à identifier et à caractériser les nodules pulmonaires, les infections et les embolies, facilitant ainsi le diagnostic et la planification préopératoire. En intégrant l'intelligence artificielle dans le processus de diagnostic radiologique, la précision, la rapidité et la fiabilité des diagnostics sont améliorées, offrant ainsi une meilleure prise en charge des patients et des résultats plus favorables.

## ملخص

تعتبر المساعدة في اتخاذ القرار في مجال الطب الشعاعي، خاصة في التصوير الشعاعي للثدي والمسح الضوئي للصدر، أمراً أساسياً بفضل تقدمات الذكاء الاصطناعي. في التصوير الشعاعي للثدي، يمكن للخوارزميات كشف التشوهات تلقائياً مثل الكتل والتصلبات الدقيقة، مما يتيح الكشف المبكر عن سرطان الثدي وترتيب الحالات ذات المخاطر. وبالمثل، في المسح الضوئي للصدر، تساعد أنظمة المساعدة في اتخاذ القرار في تحديد وتوصيف الأورام الرئوية، والالتهابات، والتخثرات، مما يسهل التشخيص والتخطيط الجراحي المسبق. من خلال دمج الذكاء الاصطناعي في عملية التشخيص الشعاعي، يتم تحسين دقة، وسرعة، وموثوقية التشخيصات، مما يوفر رعاية أفضل للمرضى ونتائج أكثر إيجابية.

## Resume :

Decision support in radiology, particularly in mammography and chest CT scans, has become essential thanks to advances in artificial intelligence. In mammography, algorithms can automatically detect anomalies such as masses and microcalcifications, enabling early detection of breast cancer and prioritization of high-risk cases. Similarly, in chest CT scans, decision support systems help identify and characterize pulmonary nodules, infections, and embolisms, thereby facilitating diagnosis and preoperative planning. By integrating artificial intelligence into the radiological diagnostic process, the accuracy, speed, and reliability of diagnoses are improved, offering better patient care and more favorable outcomes.

# Remercîments

*Au nom d'Allah,  
Seigneur de l'univers.*

*Nous remercions tous d'abord Dieu, qui nous a aidé à terminer nos études universitaires avec succès et qui nous a donné le courage et la volonté de réaliser ce modeste travail.*

*Je donne nos chaleureuses salutations à nos parents pour leur patience et pour être restés à nos côtés par l'attention et la prière.*

*J'adresse nos sincères remerciements à notre encadreur «Mr. HAMZA CHERIF Lotfi» qui nous a donné des conseils et des idées tout au long de notre période de recherche.*

*Sans oublier tous nos enseignants, amis et collègues que nous considérons comme notre deuxième famille.*

## *Table des matières*

Résumé .....	2
Liste des figures .....	7
<b>CHAPITRE01: .....</b>	<b>8</b>
1.1 Introduction : .....	8
1.2 Anatomie du sein : .....	9
1. Mamelon et aréole : .....	9
2. Tissu glandulaire : .....	9
3. Tissu adipeux : .....	9
4. Tissu conjonctif : .....	10
5. Glandes axillaires : .....	10
6. Vaisseaux sanguins et lymphatiques : .....	10
7. Fascia thoraco-mammaire : .....	10
8. Muscles pectoraux : .....	10
1.3 Anatomie des poumons : .....	11
1. Localisation et structure générale : .....	11
2. Division des poumons : .....	11
3. Bronches et arbre bronchique : .....	11
4. Alvéoles pulmonaires : .....	11
5. Vascularisation : .....	12
6. Pleura et espace pleural : .....	12
7. Diaphragme : .....	12
8. Nerfs et vaisseaux sanguins : .....	12
1.4 Dépistage du cancer des poumons.....	13
1. Imagerie médicale : .....	13
2. Biopsie : .....	13
3. Cytologie des crachats : .....	13
4. Bronchoscopie : .....	13
5. Analyse d'ADN tumoral : .....	13
1.5 Dépistage du cancer des seins .....	13
1. Auto-examen des seins : .....	13
2. Examen clinique des seins : .....	14
3. Mammographie : .....	14
4. Échographie mammaire : .....	14

5.IRM mammaire : .....	14
6.Biopsie : .....	14
1.6 Objectifs de notre projet .....	14
1. <b>**Améliorer la précision du diagnostic : **</b> .....	14
2. <b>**Faciliter le triage et la priorisation des cas .....</b>	15
3. <b>**Optimiser les protocoles d'imagerie .....</b>	15
1.7 Importance de l'apprentissage dans le domaine médicale.....	15
2. <b>**Recherche médicale : **</b> .....	15
<b>Chapitre 2 : Contexte technique et informatique.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Introduction :.....</b>	<b>17</b>
1. <b>**Diagnostic Précis**</b> : .....	17
2. <b>**Détection Précoce des Maladies**</b> : .....	17
3. <b>**Suivi de l'Évolution des Maladies**</b> : .....	17
4. <b>**Planification et Guidage des Interventions Chirurgicales**</b> : .....	17
5. <b>**Évaluation des Réponses aux Traitements**</b> : .....	18
Précision Améliorée : .....	18
2.3 Le traitement des images médicales : .....	19
Acquisition des images médicales.....	19
Prétraitement .....	19
Échantillonnage .....	21
La quantification : .....	22
2.4 Application des filtres : .....	23
2.5 Flou gaussien.....	25
2.6 Transformation en ondellete:.....	26
2.7 Segmentation : .....	27
2.8 Apprentissage Profond avec des Réseaux de Neurones Convolutionnels (CNN) :.....	29
2.9 Choix d'architecture par rapport à la mammographie : .....	31
<b>Chapitre 3 : Réalisation (application) .....</b>	<b>35</b>
3.1 Introduction : .....	35
3.2 Fonctionnalités: .....	35
1.Visualisation ,Traitement et segmentation des Images : .....	35
• 2.Analyse Avancée.....	36
• 5.Archivage de Diagnostics Médicaux .....	36
• 6.Modèles Intelligents pour l'Aide à la Décision .....	36
3.9 Conclusion:.....	42



## Liste des figures

Figure 1.1 : Ct-scan.....	9
Figure 1.2 : Anatomie du sein .....	11
Figure 1.3 : Anatomie des poumons .....	12
Figure 2.1 : Image mammographique au niveau de gris .....	26
Figure 2.2: Filtre de sobel .....	29
Figure 2.3: Segmentation par region growing .....	30
Figure 2.4: Architecture densenet169 .....	34
Figure 3.1: Diagramme MLD.....	41

# CHAPITRE01:

## 1.1 Introduction :

Les images médicales jouent un rôle crucial dans le diagnostic, le traitement et le suivi des patients dans le domaine de la médecine moderne. Depuis les premières radiographies jusqu'aux technologies d'imagerie numérique avancées telles que l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) et la TEP (Tomographie par Émission de Positons), l'imagerie médicale a révolutionné la manière dont les professionnels de la santé diagnostiquent et traitent les maladies. Cependant, avec l'essor rapide des techniques d'imagerie, le volume et la complexité des données d'imagerie produites ont considérablement augmenté, posant des défis significatifs en termes d'analyse et d'interprétation.

Le traitement d'images médicales, qui englobe un large éventail de méthodes et d'algorithmes pour extraire des informations utiles à partir d'images médicales, est devenu un domaine de recherche actif et en constante évolution. L'objectif principal du traitement d'images médicales est de fournir des outils et des techniques permettant d'améliorer la visualisation, l'interprétation et l'analyse des données d'imagerie, afin d'aider les professionnels de la santé à prendre des décisions plus précises et plus éclairées.

Dans ce mémoire, nous explorerons les principales techniques de traitement d'images médicales, en mettant l'accent sur leur application dans le contexte du diagnostic et du suivi des maladies. Nous examinerons également les défis spécifiques associés au traitement d'images médicales, tels que la segmentation des structures anatomiques, la détection des lésions et la classification des tissus pathologiques. En outre, nous discuterons des avancées récentes dans le domaine, notamment l'utilisation de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage profond pour améliorer les performances des algorithmes de traitement d'images.

Enfin, nous aborderons les implications cliniques et pratiques du traitement d'images médicales, en mettant en évidence ses avantages potentiels en termes de précision diagnostique, de planification thérapeutique et de suivi des patients. En combinant les connaissances théoriques avec des études de cas et des exemples concrets, ce mémoire vise à fournir une vue d'ensemble approfondie et éclairante du domaine du traitement d'images médicales et de son impact sur la pratique médicale contemporaine.





Figure 1.1 : Ct-scan

## 1.2 Anatomie du sein :

Le sein est un organe pair situé sur la paroi antérieure de la poitrine chez les femmes et, dans une moindre mesure, chez les hommes. L'anatomie du sein est complexe, comprenant plusieurs structures importantes qui contribuent à sa fonction et à sa physiologie. Voici une description détaillée des composantes anatomiques du sein :

### 1. Mamelon et aréole :

- Le mamelon est la petite protubérance située au centre du sein.
- L'aréole est la zone pigmentée de peau qui entoure le mamelon.

### 2. Tissu glandulaire :

- Le tissu glandulaire du sein est composé de lobules et de canaux lactifères.
- Les lobules sont les unités de production de lait.
- Les canaux lactifères transportent le lait des lobules vers le mamelon pendant l'allaitement.

### 3. Tissu adipeux :

- Le sein contient également une quantité significative de tissu adipeux, qui donne sa forme et son volume au sein.

#### **4. Tissu conjonctif :**

- Le tissu conjonctif soutient et relie les structures du sein, y compris les lobules et les canaux lactifères.

#### **5. Glandes axillaires :**

- Les glandes axillaires, ou ganglions lymphatiques axillaires, sont situées dans l'aisselle.  
- Ils jouent un rôle crucial dans le drainage lymphatique du sein et sont souvent impliqués dans la détection et la propagation du cancer du sein.

#### **6. Vaisseaux sanguins et lymphatiques :**

- Le sein est vascularisé par des artères et des veines qui fournissent des nutriments et de l'oxygène aux tissus.  
- Le système lymphatique du sein draine le liquide lymphatique excédentaire et joue un rôle dans la défense immunitaire.

#### **7. Fascia thoraco-mammaire :**

- Le fascia thoraco-mammaire est une couche de tissu conjonctif qui recouvre les muscles pectoraux et le sein, assurant un soutien structurel et une intégrité anatomique.

#### **8. Muscles pectoraux :**

- Les muscles pectoraux, notamment le grand pectoral et le petit pectoral, se trouvent sous le sein et contribuent à son support et à sa mobilité.

Cette anatomie complexe du sein est importante à comprendre pour l'évaluation clinique des anomalies mammaires, la réalisation d'exams d'imagerie diagnostique tels que la mammographie et l'échographie mammaire, ainsi que pour la chirurgie mammaire et les interventions médicales.

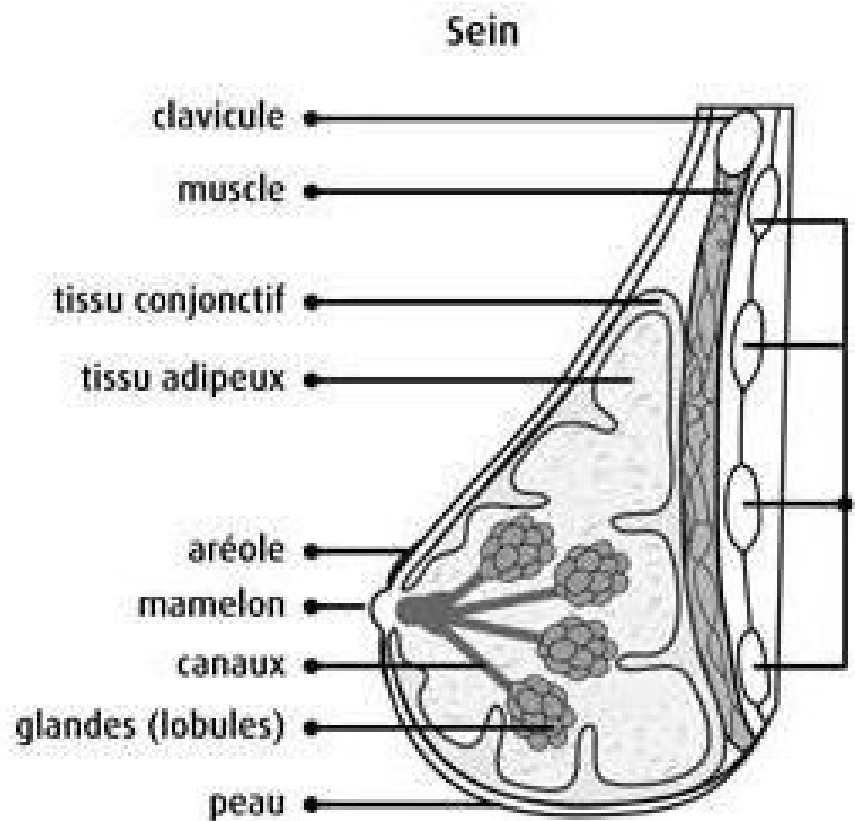


Figure 1.2 : Anatomie du sein

### 1.3 Anatomie des poumons :

#### 1. Localisation et structure générale :

- Les poumons sont des organes respiratoires situés dans la cavité thoracique, de part et d'autre du médiastin.
- Ils sont enveloppés dans une membrane appelée la plèvre, qui comprend une couche viscérale attachée à la surface des poumons et une couche pariétale tapissant la paroi thoracique interne.

#### 2. Division des poumons :

- Les poumons sont divisés en lobes : le poumon droit comporte trois lobes (supérieur, moyen et inférieur) tandis que le poumon gauche en comporte deux (supérieur et inférieur).
- Cette asymétrie est due à la présence du cœur du côté gauche.

#### 3. Bronches et arbre bronchique :

- Les bronches principales se ramifient à partir de la trachée pour pénétrer dans chaque poumon, où elles se subdivisent ensuite en bronches lobaires, segmentaires et sous-segmentaires.
- L'ensemble de ces conduits forme ce qu'on appelle l'arbre bronchique.

#### 4. Alvéoles pulmonaires :

- Les alvéoles pulmonaires sont de petites structures en forme de sac situées à l'extrémité des bronchioles.

- Elles sont le site principal des échanges gazeux, où l'oxygène est absorbé dans le sang et le dioxyde de carbone est expulsé.

### 5. Vascularisation :

- Les poumons sont richement vascularisés par les artères pulmonaires (pour la circulation du sang désoxygéné vers les poumons) et les veines pulmonaires (pour la circulation du sang oxygéné vers le cœur).

### 6. Pleura et espace pleural :

- La plèvre entoure les poumons et les sépare de la paroi thoracique.  
- L'espace entre les deux feuillets de la plèvre est l'espace pleural, qui contient un liquide pleural permettant la lubrification et la réduction de la friction pendant la respiration.

### 7. Diaphragme :

- Le diaphragme est le principal muscle respiratoire situé sous les poumons.  
- Il se contracte pendant l'inspiration, s'aplatissant pour augmenter le volume thoracique et permettre l'entrée d'air dans les poumons.

### 8. Nerfs et vaisseaux sanguins :

- Les poumons sont innervés par le système nerveux autonome, notamment par le nerf vague, qui régule la respiration et d'autres fonctions pulmonaires.  
- Les vaisseaux sanguins des poumons jouent un rôle essentiel dans la filtration et l'échange de gaz entre l'air inspiré et le sang circulant dans les capillaires alvéolaires.

Cette anatomie complexe des poumons est fondamentale pour comprendre la physiologie respiratoire, les mécanismes de la respiration et les maladies pulmonaires, ainsi que pour l'interprétation des examens d'imagerie pulmonaire tels que la radiographie thoracique et la tomodensitométrie.

## HUMAN LUNG ANATOMY

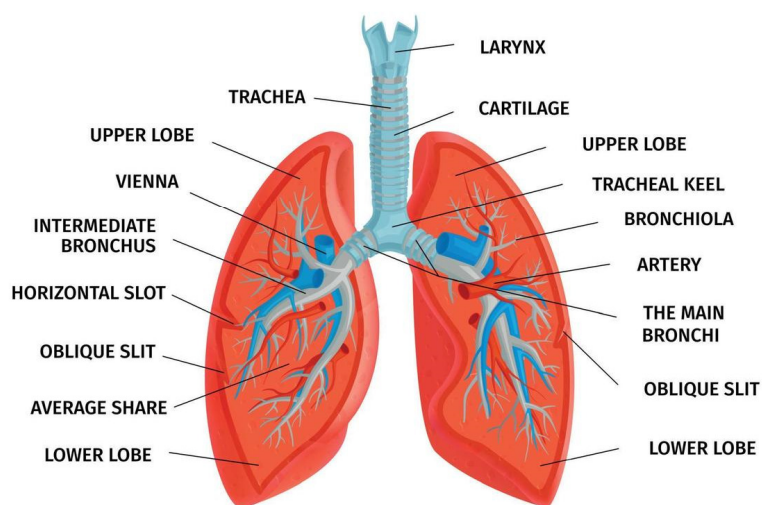


Figure 1.3 : Anatomie des poumons.

## **1.4 Dépistage du cancer des poumons**

Le cancer du poumon peut être détecté à travers plusieurs méthodes et techniques, souvent utilisées de manière complémentaire. Voici les principales approches de dépistage et de diagnostic du cancer du poumon :

### **1.Imagerie médicale :**

- La radiographie pulmonaire est souvent la première étape du dépistage du cancer du poumon. Cependant, elle peut ne pas être assez sensible pour détecter de petites lésions.
- La tomodensitométrie (TDM) thoracique est une technique d'imagerie plus sensible et spécifique pour détecter les anomalies pulmonaires, y compris les tumeurs cancéreuses. La TDM permet également de déterminer la taille, la localisation et l'extension des lésions.

### **2. Biopsie :**

- Une biopsie est nécessaire pour confirmer le diagnostic de cancer du poumon. Différents types de biopsies peuvent être réalisés, tels que la biopsie à l'aiguille, la biopsie par aspiration, la biopsie par excision ou la biopsie chirurgicale. Ces procédures consistent à prélever un échantillon de tissu pulmonaire suspect pour examen microscopique afin de déterminer s'il s'agit de cellules cancéreuses.

### **3.Cytologie des crachats :**

- Dans certains cas, les cellules cancéreuses du poumon peuvent être détectées dans les crachats des patients. Cependant, cette méthode de dépistage n'est pas aussi sensible que la biopsie et peut ne pas toujours être concluante.

### **4. Bronchoscopie :**

- La bronchoscopie est une procédure dans laquelle un tube mince et flexible équipé d'une caméra est inséré dans les voies respiratoires pour examiner l'intérieur des poumons. Cette procédure permet non seulement de visualiser les lésions suspectes, mais aussi de prélever des échantillons de tissu pour une biopsie.

### **5.Analyse d'ADN tumoral :**

- Les tests d'analyse de l'ADN tumoral peuvent être réalisés sur des échantillons de tissu ou de sang pour rechercher des mutations génétiques associées au cancer du poumon. Ces tests peuvent aider à guider le choix des traitements ciblés et à prédire la réponse au traitement.

Il est important de souligner que le dépistage et le diagnostic du cancer du poumon doivent être supervisés par des professionnels de la santé spécialisés dans ce domaine. Les méthodes de dépistage et de diagnostic sont souvent utilisées de manière séquentielle en fonction des symptômes du patient, des résultats des tests précédents et des recommandations cliniques. Un diagnostic précoce du cancer du poumon est crucial pour un traitement efficace et de meilleurs résultats pour les patients.

## **1.5 Dépistage du cancer des seins**

Le diagnostic du cancer du sein peut être réalisé à travers plusieurs méthodes et techniques, souvent utilisées de manière complémentaire. Voici les principales approches de diagnostic :

### **1.Auto-examen des seins :**

- Les femmes peuvent effectuer régulièrement un auto-examen des seins pour détecter toute anomalie, telle qu'une masse, une bosse, un changement de taille ou de forme du sein, ou des

changements au niveau de la peau ou du mamelon. Bien que l'auto-examen des seins puisse aider à la détection précoce, il ne constitue pas une méthode de diagnostic définitive.

## **2. Examen clinique des seins :**

- Les médecins effectuent un examen clinique des seins lors d'une consultation médicale. Cet examen implique la palpation des seins pour détecter toute masse, bosse ou autre anomalie. Un examen clinique des seins est souvent réalisé en combinaison avec d'autres tests de dépistage.

## **3.Mammographie :**

- La mammographie est une radiographie spéciale du sein qui peut détecter les anomalies précoces et les tumeurs avant qu'elles ne soient détectables par palpation. C'est l'un des outils les plus efficaces pour dépister le cancer du sein chez les femmes asymptomatiques. La mammographie est recommandée à intervalles réguliers pour le dépistage chez les femmes d'un certain âge ou présentant certains facteurs de risque.

## **4. Échographie mammaire :**

- L'échographie mammaire utilise des ondes sonores pour produire des images des tissus mammaires. Elle peut être utilisée pour évaluer une anomalie détectée lors d'un examen clinique ou d'une mammographie, en fournissant des informations supplémentaires sur la nature de la masse, sa taille et sa composition.

## **5.IRM mammaire :**

- L'IRM mammaire utilise des champs magnétiques et des ondes radio pour produire des images détaillées des tissus mammaires. Elle peut être recommandée pour les femmes présentant un risque élevé de cancer du sein ou pour évaluer des cas complexes où la mammographie et l'échographie ne fournissent pas suffisamment d'informations.

## **6.Biopsie :**

- La biopsie consiste à prélever un échantillon de tissu suspect du sein pour examen microscopique afin de déterminer s'il s'agit de cellules cancéreuses. Il existe plusieurs types de biopsies, y compris la biopsie à l'aiguille, la biopsie par aspiration, la biopsie par excision et la biopsie chirurgicale.

Ces méthodes de diagnostic sont souvent utilisées de manière séquentielle, en commençant par des tests de dépistage tels que la mammographie et en progressant vers des tests diagnostiques plus spécifiques, tels que la biopsie, en fonction des résultats et des besoins individuels de chaque patiente. Il est important de souligner que le diagnostic et le traitement du cancer du sein doivent être supervisés par des professionnels de la santé spécialisés dans ce domaine.

## **1.6 Objectifs de notre projet**

L'aide à la décision en radiologie vise à fournir aux radiologues et aux professionnels de la santé des outils et des ressources pour améliorer la qualité et la précision de leurs diagnostics et de leurs décisions thérapeutiques. Voici quelques-uns des principaux objectifs de l'aide à la décision en radiologie :

**1. \*\*Améliorer la précision du diagnostic :\*\*** Les systèmes d'aide à la décision peuvent aider les radiologues à interpréter les images radiographiques en fournissant des analyses

automatisées, des mesures quantitatives et des comparaisons avec des cas similaires. Cela peut contribuer à réduire les erreurs d'interprétation et à améliorer la détection des anomalies.

**2. \*\*Faciliter le triage et la priorisation des cas : \*\*** Dans les environnements cliniques où les volumes d'imagerie sont élevés, les outils d'aide à la décision peuvent aider à trier et à prioriser les cas en fonction de leur gravité potentielle. Cela permet de garantir que les cas les plus urgents sont traités en priorité.

**3. \*\*Optimiser les protocoles d'imagerie : \*\*** Les systèmes d'aide à la décision peuvent recommander des protocoles d'imagerie personnalisés en fonction des symptômes du patient, de son histoire médicale et de son profil de risque. Cela peut aider à réduire l'exposition aux rayonnements et à minimiser les examens redondants ou inutiles.

**4. \*\*Faciliter la prise de décision thérapeutique : \*\*** En fournissant des informations complètes sur les résultats radiologiques, les systèmes d'aide à la décision peuvent aider les cliniciens à choisir les meilleures options de traitement pour leurs patients. Cela peut inclure des recommandations sur les options chirurgicales, les traitements médicamenteux ou les interventions thérapeutiques.

**5. \*\*Promouvoir la collaboration interdisciplinaire : \*\*** Les systèmes d'aide à la décision peuvent faciliter la collaboration entre les radiologues, les oncologues, les chirurgiens et d'autres professionnels de la santé en fournissant un accès centralisé aux données d'imagerie, aux rapports de résultats et aux recommandations de traitement.

**6. \*\*Améliorer l'efficacité et la productivité : \*\*** En automatisant certaines tâches d'analyse et d'interprétation des images, les systèmes d'aide à la décision peuvent aider à accélérer le processus de diagnostic, réduisant ainsi le temps nécessaire pour obtenir des résultats et pour prendre des décisions thérapeutiques.

## **1.7 Importance de l'apprentissage dans le domaine médicale**

### **1. \*\*Prise de décision clinique : \*\***

- **\*\*Amélioration de la précision diagnostique : \*\*** L'apprentissage automatique permet de développer des modèles prédictifs capables d'analyser de grandes quantités de données médicales, y compris des images, pour aider à diagnostiquer les maladies avec une précision accrue. Ces modèles peuvent détecter des schémas subtiles ou complexes qui peuvent échapper à l'œil humain, ce qui améliore la précision du diagnostic.

- **\*\*Aide à la décision personnalisée : \*\*** En analysant les caractéristiques spécifiques des patients, leurs antécédents médicaux et les résultats des tests, l'apprentissage automatique peut aider à recommander des traitements personnalisés et des plans de soins adaptés à chaque individu. Cela contribue à une prise de décision clinique plus éclairée et à des soins plus efficaces.

- **\*\*Détection précoce des complications : \*\*** Les modèles d'apprentissage automatique peuvent être formés pour surveiller en continu les données médicales des patients et détecter les signes précoces de complications ou de détérioration de l'état de santé. Cela permet une intervention précoce et une gestion proactive des risques pour améliorer les résultats cliniques.

### **2. \*\*Recherche médicale : \*\***

- **\*\*Analyse de données volumineuses : \*\*** L'apprentissage automatique permet d'analyser rapidement et efficacement de vastes ensembles de données médicales, y compris des images, pour identifier des modèles, des tendances et des associations qui peuvent éclairer la recherche

médicale. Cela facilite la découverte de nouvelles connaissances et la génération d'hypothèses pour de futures études.

- **\*\*Identification de biomarqueurs : \*\*** En analysant des ensembles de données complexes, l'apprentissage automatique peut aider à identifier des biomarqueurs précoces de maladies, des facteurs de risque potentiels et des indicateurs de l'efficacité des traitements. Ces informations sont précieuses pour le développement de nouveaux tests de diagnostic et de nouvelles thérapies.

- **\*\*Modélisation de maladies et de traitements : \*\*** Les modèles d'apprentissage automatique peuvent être utilisés pour simuler le développement de maladies, l'efficacité des traitements et les résultats cliniques. Cela permet de tester virtuellement différentes hypothèses et stratégies de traitement avant leur application chez les patients, ce qui peut accélérer le processus de recherche translationnelle.

En résumé, l'apprentissage automatique joue un rôle essentiel dans l'analyse des données médicales, y compris les images, en fournissant des outils puissants pour la prise de décision clinique et la recherche médicale. En exploitant la puissance des algorithmes d'apprentissage automatique, il est possible de transformer les données médicales en informations cliniquement significatives, ce qui améliore les soins aux patients, accélère les avancées médicales et sauve des vies.



# Chapitre 2 : Contexte technique et informatique

## 2.1 Introduction :

L'imagerie médicale joue un rôle crucial dans le diagnostic, le suivi et le traitement des maladies. En effet, les images médicales permettent aux professionnels de la santé d'observer les structures anatomiques internes du corps humain avec une grande précision, ce qui leur permet de détecter les anomalies, d'évaluer l'étendue des lésions et de suivre l'évolution des maladies au fil du temps. Le traitement d'images médicales, quant à lui, est une étape essentielle de ce processus, car il permet de préparer, d'améliorer et d'analyser les images obtenues à partir de diverses modalités d'imagerie telles que la radiographie, l'échographie, l'IRM, la TDM et la TEP-scan.

L'importance du traitement d'images médicales réside dans plusieurs aspects clés :

### 1. **\*\*Diagnostic Précis\*\*** :

- Le traitement d'images médicales permet d'extraire des informations détaillées des images obtenues à partir des différentes modalités d'imagerie. Cela permet aux radiologues et aux médecins spécialistes d'identifier avec précision les anomalies, les lésions et les pathologies présentes dans les tissus et les organes du corps humain.

### 2. **\*\*Détection Précoce des Maladies\*\*** :

- En permettant une visualisation détaillée des structures internes du corps, le traitement d'images médicales contribue à la détection précoce des maladies. Cela est particulièrement crucial dans le cas des cancers et des maladies chroniques, où une détection précoce peut significativement améliorer les chances de guérison et de survie des patients.

### 3. **\*\*Suivi de l'Évolution des Maladies\*\*** :

- Les images médicales prises à différents moments permettent de suivre l'évolution des maladies et des traitements. Le traitement d'images médicales facilite cette tâche en permettant la comparaison et l'analyse précise des images au fil du temps, aidant ainsi les médecins à évaluer l'efficacité des traitements et à ajuster les protocoles thérapeutiques en conséquence.

### 4. **\*\*Planification et Guidage des Interventions Chirurgicales\*\*** :

- Avant une intervention chirurgicale, le traitement d'images médicales est utilisé pour planifier l'opération, en permettant aux chirurgiens de visualiser les structures anatomiques avec précision et de définir les meilleures approches chirurgicales. Pendant l'intervention, l'imagerie médicale en temps réel peut également être utilisée pour guider le chirurgien dans la réalisation de procédures complexes.

## **5. \*\*Évaluation des Réponses aux Traitements\*\* :**

- Le traitement d'images médicales est également crucial pour évaluer les réponses des patients aux traitements, en permettant aux médecins de visualiser les changements dans les tissus et les organes induits par les thérapies. Cela permet d'ajuster les traitements en fonction de la réponse individuelle de chaque patient.

L'automatisation et l'assistance dans l'interprétation des images médicales : sont des éléments essentiels pour améliorer la précision et l'efficacité des diagnostics. Ces approches apportent plusieurs avantages significatifs :

### **Précision Améliorée :**

- L'automatisation permet d'appliquer des algorithmes sophistiqués pour analyser les images médicales avec une précision et une objectivité accrue. Ces algorithmes peuvent détecter des détails subtils ou des modèles complexes qui pourraient échapper à l'œil humain, permettant ainsi une détection plus précoce des anomalies ou des pathologies.

### **Réduction de la Variabilité Interprétative :**

- L'interprétation manuelle des images médicales peut varier d'un praticien à l'autre en raison de différences subjectives dans l'observation et l'interprétation. L'automatisation réduit cette variabilité en appliquant des critères objectifs et des algorithmes reproductibles, assurant ainsi une interprétation plus cohérente des images.

### **Gains de Temps et d'Efficacité :**

- Les systèmes automatisés peuvent analyser rapidement de grandes quantités d'images, ce qui permet de gagner du temps pour les radiologues et les médecins. Cela leur permet de se concentrer davantage sur les cas complexes ou sur les aspects cliniquement significatifs des images, améliorant ainsi l'efficacité du processus diagnostique.

### **Aide à la Décision Clinique :**

- Les systèmes d'assistance à la décision fournissent des informations supplémentaires aux praticiens pour les aider dans leur diagnostic. Ils peuvent fournir des scores de risque, des suggestions de diagnostic ou des options de traitement basées sur l'analyse des images et des données cliniques, renforçant ainsi la confiance dans les décisions cliniques prises.

### **Détection Précoce et Prise en Charge Rapide :**

- En identifiant rapidement les signes précoces de maladies ou de complications, l'automatisation permet une prise en charge précoce des patients. Cela peut conduire à des interventions plus rapides et à une meilleure gestion des conditions médicales, ce qui peut améliorer les résultats pour les patients.

### **Optimisation des Ressources :**

- L'automatisation peut aider à optimiser l'utilisation des ressources médicales en identifiant les cas nécessitant une attention immédiate et en priorisant les examens ou les interventions en conséquence. Cela contribue à une utilisation plus efficace des équipements d'imagerie et des services médicaux.

## 2.3 Le traitement des images médicales :

### Acquisition des images médicales

L'acquisition des images médicales est une étape essentielle dans le processus d'imagerie médicale, où les images sont capturées à partir de diverses modalités d'imagerie telles que la radiographie, l'échographie, la tomodensitométrie (TDM), l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la tomographie par émission de positrons (TEP), etc. Cette étape revêt une grande importance car la qualité et la pertinence des images obtenues ont un impact direct sur la précision du diagnostic et sur le traitement approprié des patients.

### Prétraitement

Les étapes typiques de prétraitement des images médicales sont essentielles pour préparer les images en vue d'une analyse ultérieure. Voici une description de ces étapes :

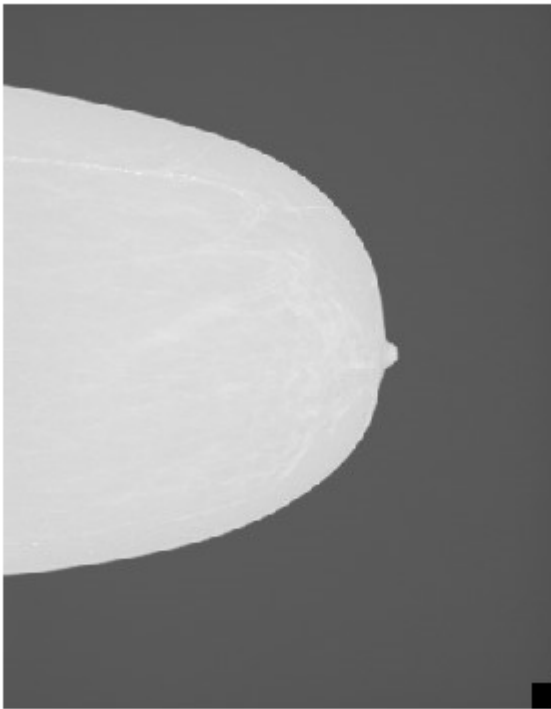
#### 1. Conversion en Niveaux de Gris :

- Cette étape consiste à convertir les images couleur en images en niveaux de gris. Dans de nombreux cas, les informations pertinentes pour le diagnostic se trouvent dans l'intensité lumineuse des pixels plutôt que dans leur couleur. La conversion en niveaux de gris simplifie l'analyse en réduisant la complexité de l'image. MATLAB fournit une fonction `rgb2gray` pour effectuer cette conversion.

`%convertir l'image en niveau de gris`

`Image=rgb2gray(img) ;`

**Image DICOM Originale**



**Figure 2.1**

2. **\*\*Normalisation\*\*** :

- La normalisation des images médicales vise à égaliser les niveaux d'intensité des pixels afin de corriger les variations dues à l'éclairage, aux conditions d'acquisition ou aux caractéristiques de l'appareil. Cela garantit une comparaison plus juste entre différentes images et facilite l'analyse quantitative. MATLAB propose différentes méthodes de normalisation, notamment la normalisation min-max et la normalisation par histogramme égalisé.

```
Img_normalise=imadjust(img,[min(min(img)),max(max(img))],[0,1]);
```

3. **\*\*Recadrage\*\*** :

- Le recadrage consiste à extraire une région d'intérêt spécifique de l'image. Cette étape est souvent utilisée pour éliminer les parties indésirables de l'image, telles que les bordures, les annotations ou les artefacts. Le recadrage peut également être utilisé pour uniformiser la taille des images, facilitant ainsi leur traitement ultérieur. En MATLAB, cette opération peut être effectuée en définissant une zone de sélection avec la fonction ROI ou en spécifiant les coordonnées de la région à extraire.

**Fonction roi :**

```
% Définir la région d'intérêt (ROI) à recadrer
```

```
% Vous pouvez définir la ROI en cliquant et en faisant glisser la souris sur l'image
```

```
roi = round(getPosition(imrect)); % Récupère les coordonnées de la ROI
```

```
% Recadrer l'image en fonction de la ROI  
img_recadre = imcrop(img, roi);
```

### **Méthode manuelle**

```
% Coordonnées du coin supérieur gauche de la ROI  
x = 100;          y = 100;  
% Largeur et hauteur de la ROI  
width = 200;     height = 150;  
% Définir la ROI  
roi = [x, y, width, height];  
% Recadrer l'image en fonction de la ROI  
img_recadre = imcrop(img, roi);
```

#### 4. **\*\*Réduction du Bruit\*\*** :

- La réduction du bruit est une étape importante pour améliorer la qualité des images en éliminant les perturbations indésirables qui peuvent compromettre le diagnostic. Il existe différentes techniques de réduction du bruit, notamment les filtres linéaires et non linéaires. Les filtres linéaires, tels que le filtre de moyenne et le filtre gaussien, sont efficaces pour lisser l'image et réduire le bruit de faible amplitude. Les filtres non linéaires, comme le filtre médian, sont plus efficaces pour supprimer le bruit impulsionnel ou "sel et poivre". MATLAB offre une gamme de fonctions pour appliquer ces filtres de réduction de bruit, comme `imfilter` pour les filtres linéaires et `medfilt2` pour le filtre médian.

### **Échantillonnage**

Le théorème de Shannon-Nyquist, également connu sous le nom de théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon, est un principe fondamental dans le domaine du traitement du signal, affirmant qu'un signal continu peut être parfaitement récupéré à partir de ses échantillons si la fréquence d'échantillonnage est au moins deux fois plus élevée que la fréquence maximale du signal.

En d'autres termes, pour que le processus d'échantillonnage soit sans perte d'information, la fréquence d'échantillonnage doit être suffisamment élevée pour capturer tous les détails du signal. Cette condition est souvent exprimée mathématiquement par la relation :

$$f_s \geq 2f_{\text{max}}$$

Où :

-  $f_s$  est la fréquence d'échantillonnage (en Hz),

-  $f_{\text{max}}$  est la fréquence maximale du signal (en Hz).

Si cette condition n'est pas respectée, des phénomènes de repliement spectral (aliasing) se produisent, ce qui entraîne une perte d'information et une distorsion du signal échantillonné.

Par exemple, dans le cas des images, le théorème de Shannon-Nyquist stipule que pour échantillonner correctement une image sans perte de détails, la distance entre les pixels (la résolution spatiale) doit être choisie de manière à ce que chaque détail de l'image soit capturé par au moins deux pixels dans chaque direction.

### Code matlab :

```
% Définir le facteur de sous-échantillonnage (par exemple, 2 pour réduire de moitié)
echelle = 2;

% Effectuer l'échantillonnage en respectant le théorème de Shannon-Nyquist
img_echantillonnee = imresize(img, 1/echelle);

% Afficher la taille de l'image échantillonnée
[rows_resized, cols_resized, ~] = size(img_echantillonnee);

fprintf('Taille de l'image échantillonnée : %d x %d\n', rows_resized, cols_resized);
```

### La quantification :

est le processus de réduction de la plage dynamique d'un signal continu en un ensemble de valeurs discrètes. En d'autres termes, elle consiste à attribuer à chaque échantillon d'un signal une valeur qui appartient à un ensemble discret de valeurs. La quantification est souvent utilisée dans la numérisation des signaux analogiques, tels que les images ou les signaux audio, afin de les rendre manipulables par des systèmes numériques.

Réduction du nombre de niveaux de gris : Les images mammographiques originales peuvent avoir une profondeur de bits élevée, par exemple 12 bits par pixel, ce qui donne une large gamme de niveaux de gris (4096 niveaux). Cependant, pour des raisons de stockage et de traitement, ces images sont souvent quantifiées à un nombre de bits inférieur, par exemple 8 bits par pixel. cela réduit le nombre de niveau de gris à 256 ce qui est suffisant pour la visualisation et l'analyse.

Normalisation des intensités : La normalisation des intensités est souvent utilisée pour ajuster la plage dynamique des niveaux de gris de l'image, de manière à ce que les structures d'intérêt soient bien visualisées. Cela implique de mettre en évidence les régions d'intérêt tout en supprimant le bruit de fond.

Seuillage : Le seuillage est une technique de quantification qui consiste à diviser l'image en deux parties en fonction d'un seuil prédéfini. Les pixels dont l'intensité est supérieure au seuil sont considérés comme appartenant à une classe (par exemple, les tissus), tandis que ceux dont l'intensité est inférieure appartiennent à une autre classe (par exemple, l'arrière-plan). Cela peut être utile pour segmenter les régions d'intérêt dans l'image, par exemple pour détecter des anomalies comme des masses ou des micro-calcifications.

Quantification des caractéristiques extraites : Dans certains cas, des caractéristiques spécifiques extraites de l'image, telles que la texture ou la densité des tissus, peuvent être quantifiées pour aider à la classification des lésions.

Réduction de la résolution spatiale : Dans certains cas, une réduction de la résolution spatiale de l'image peut être appliquée pour diminuer la taille de l'image tout en conservant les informations essentielles. Cela peut être utile pour réduire la taille des données et faciliter le stockage et le traitement.

% Réduire le nombre de niveaux de gris à 256

```
img_mammo_quantifiee = uint8(double(img_mammo_gray) * (255 /  
max(img_mammo_gray(:))));
```

% Enregistrer l'image quantifiée

```
imwrite(img_mammo_quantifiee, 'mammographie_quantifiee.jpg');
```

## 2.4 Application des filtres :

Dans notre programme on a utilisé filtre de sobel est un opérateur de détection de contours largement utilisé en traitement d'images pour détecter les contours horizontaux et verticaux dans une image. Il est particulièrement efficace pour souligner les contours dans les images en niveaux de gris.

Le filtre de Sobel consiste en deux noyaux de convolution, l'un pour détecter les contours horizontaux et l'autre pour les contours verticaux. Ces noyaux sont conçus pour calculer les approximations des dérivées partielles de l'image par rapport aux axes x (horizontal) et y (vertical).

Voici les noyaux de Sobel typiques :

Pour la détection des contours horizontaux (gradient vertical) :

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Pour la détection des contours verticaux (gradient horizontal) :

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

L'application de ces noyaux de Sobel à une image par convolution produit deux images résultantes : une image représentant les gradients horizontaux (contours verticaux) et une image représentant les gradients verticaux (contours horizontaux). Ces deux images peuvent ensuite être combinées pour obtenir l'image finale des contours, généralement en calculant la magnitude du gradient à chaque pixel :

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Code matlab :

```
% Appliquer le filtre de Sobel pour détecter les contours horizontaux et verticaux
```

```
sobel_horizontal = [-1, -2, -1; 0, 0, 0; 1, 2, 1];
```

```
sobel_vertical = [-1, 0, 1; -2, 0, 2; -1, 0, 1];
```

```
% Appliquer les filtres de Sobel
```

```
img_filtree_horizontal = conv2(double(img_gray), sobel_horizontal, 'same');
```

```
img_filtree_vertical = conv2(double(img_gray), sobel_vertical, 'same');
```

```
% Calculer le gradient total (magnitudes)
```

```
gradient_total = sqrt(img_filtree_horizontal.^2 + img_filtree_vertical.^2);
```

```
% Normaliser les valeurs de gradient total pour les afficher
```

```
gradient_total = gradient_total / max(gradient_total(:)) * 255
```



## Edge-Detected Image Using Sobel Filter

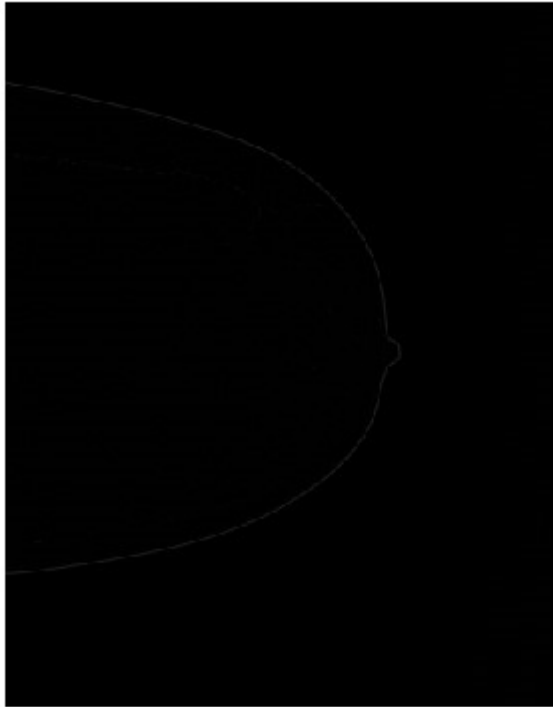


Figure2.2

### 2.5 Flou gaussian

Le flou gaussien est une technique de filtrage d'image qui consiste à appliquer un filtre basé sur une fonction gaussienne. Cette fonction gaussienne est utilisée comme noyau de convolution pour atténuer les hautes fréquences dans une image, ce qui a pour effet de lisser l'image et de réduire le bruit

Plus précisément, le flou gaussien agit en calculant la moyenne pondérée des valeurs de pixels voisins autour de chaque pixel de l'image, en utilisant une distribution gaussienne comme poids. Les pixels voisins plus éloignés du pixel en cours ont un poids plus faible, tandis que ceux qui sont plus proches ont un poids plus fort.

Mathématiquement, le flou gaussien est défini par la formule suivante :

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

$G(x,y)$  est la valeur de la fonction de la fonction gaussienne à la position  $(x,y)$ .

$\sigma$  est l'écart type de la gaussienne ,qui contrôle la largeur de la clauche gaussienne.

$x$  et  $y$  sont les coordonnes relatives des pixels par rapport au pixel en cours.

En pratique, le flou gaussien est souvent applique en utilisant des filtres de convolution prédéfinis pour simplifier le processus, ces filtres sont bases sur la fonction gaussienne et sont utilisés pour effectuer la convolution avec l'image entrée

Code matlab :

```
sigma = 2; % Écart-type du filtre gaussien
blurred_image = imgaussfilt(sobel_combined, sigma);
```

## 2.6 Transformation en ondelette:

La transformation en ondelettes est une technique de décomposition d'une image en différentes échelles de fréquences, ce qui permet de capturer à la fois les détails fins et les structures globales de l'image. Voici quelques raisons pour lesquelles on utilise souvent une transformation en ondelettes avec 2 niveaux (appelée décomposition en deux niveaux) :

1. Réduction du bruit : La transformation en ondelettes permet de séparer les détails fins du bruit, ce qui permet de réduire le bruit tout en conservant les contours et les structures importantes de l'image. En utilisant deux niveaux de décomposition, on peut obtenir une représentation de l'image avec une séparation plus fine entre les détails et le bruit.
2. Compression d'image : La décomposition en ondelettes permet de compresser l'image en conservant les informations importantes. Les coefficients d'ondelettes qui capturent les détails fins peuvent être quantifiés avec une plus grande précision, tandis que les coefficients qui représentent les structures globales de l'image peuvent être quantifiés avec une précision moindre. En utilisant deux niveaux de décomposition, on peut obtenir une représentation plus compacte de l'image tout en préservant les détails essentiels.
3. Extraction de caractéristiques : Les différentes échelles de fréquences obtenues par la transformation en ondelettes peuvent être utilisées pour extraire des caractéristiques importantes de l'image. Par exemple, les contours peuvent être extraits à partir des coefficients d'ondelettes de haute fréquence, tandis que les textures peuvent être extraites à partir des coefficients d'ondelettes de basse fréquence. En utilisant deux niveaux de décomposition, on peut obtenir une représentation plus détaillée des caractéristiques de l'image.
4. Réduction de la résolution : La décomposition en ondelettes avec deux niveaux permet également de réduire la résolution de l'image tout en préservant les informations importantes. Cela peut être utile pour réduire la taille de l'image tout en maintenant sa qualité visuelle, ce qui est particulièrement important dans les applications nécessitant un stockage ou une transmission efficace des images.

Code matlab :

```
% Choisir l'ondelette et le nombre de décompositions
ondelette = 'db1'; % Daubechies d'ordre 1
niveaux = 2; % Nombre de niveaux de décomposition

% Décomposition en ondelettes
[C, S] = wavedec2(image, niveaux, ondelette);

% Analyser les coefficients d'ondelettes
[coeff_h, coeff_v, coeff_d] = detcoef2('all', C, S, niveaux);

% Obtenir l'approximation à la résolution la plus basse
coeff_a = appcoef2(C, S, ondelette, niveaux);

% Reconstruire l'image à partir des coefficients d'ondelettes
image_reconstruite = waverec2(C, S, ondelette);
```

## 2.7 Segmentation :

Le processus de segmentation par "croissance de région" (region growing) est une technique de segmentation d'images qui consiste à segmenter une image en groupant des pixels similaires en régions ou en zones connectées. Voici les étapes typiques du processus de segmentation par région growing :

Initialisation :

- Choix des graines initiales : Sélection de points de départ, souvent appelés graines, à partir desquels la segmentation commencera. Ces graines peuvent être choisies manuellement par l'utilisateur ou automatiquement en fonction de certaines caractéristiques de l'image.

- Initialisation des régions : Chaque pixel de l'image est attribué à une région distincte, généralement en lui assignant un identifiant de région ou une étiquette.

2. Croissance de région :

- À partir des graines initiales, le processus de croissance de région se propage en ajoutant progressivement des pixels voisins à chaque région en fonction de certains critères de similarité.

- Pour chaque région en cours de croissance, les pixels voisins sont examinés un par un.

- Si la valeur de similarité entre le pixel voisin et les pixels déjà inclus dans la région est inférieure à un seuil prédéfini, le pixel voisin est ajouté à la région.

- Ce processus se répète jusqu'à ce que tous les pixels voisins satisfassent le critère de similarité ou que la région atteigne une taille maximale prédéfinie.

1. Arrêt :

- Le processus de croissance de région continue jusqu'à ce que tous les pixels de l'image soient attribués à une région.

- Il peut y avoir plusieurs critères pour déterminer quand arrêter la croissance de région, tels que :

- Atteinte d'une taille maximale de région.

- Atteinte d'un nombre maximal d'itérations.

- Atteinte d'une variation minimale de similarité entre les pixels ajoutés.

- Atteinte d'une variation minimale de l'intensité des pixels ajoutés.

2. Post-traitement :

- Après la segmentation, des étapes de post-traitement peuvent être nécessaires pour améliorer la qualité des résultats.

- Cela peut inclure l'élimination des régions indésirables, la fusion des régions proches, le lissage des contours, etc.

Code matlab :

```
% Affichage de la taille de l'image
```

```
[rows, cols] = size(I_double);
```

```
disp(['Taille de l'image : ' num2str(rows) 'x' num2str(cols)]);
```

```
% Trouver le point de départ
```

```
x = round(cols/2);
```

```
y = round(rows/2);
```

```
% Critère d'homogénéité
```

```
homog = 0.15;
```

```
% Application de l'algorithme de croissance de régions
```

```
I_seg = regiongrow(I_double, x, y, homog);
```



**Figure2.3:Image segmentee par region growing**

## **2.8 Apprentissage Profond avec des Réseaux de Neurones Convolutionnels (CNN) :**

L'utilisation de l'apprentissage profond, en particulier des réseaux de neurones convolutionnels (CNN), représente une avancée majeure dans le domaine de l'analyse d'images médicales. Clearview Diagnostics intègre cette technologie de pointe pour améliorer la précision des diagnostics et faciliter l'interprétation des images radiologiques.

**CNN et TensorFlow :** Les réseaux de neurones convolutionnels sont particulièrement adaptés à la tâche de classification et de segmentation d'images, ce qui en fait un choix idéal pour l'analyse radiologique. En utilisant TensorFlow, une bibliothèque d'apprentissage automatique open-source, les modèles CNN peuvent être mis en œuvre de manière efficace et évolutive dans Clearview Diagnostics.

**Modèles Pré-entraînés :** TensorFlow propose une multitude de modèles CNN pré-entraînés sur de grandes bases de données d'images, comme ImageNet. Ces modèles pré-entraînés capturent des caractéristiques visuelles générales qui peuvent être transférées et adaptées à des tâches spécifiques, telles que la détection de tumeurs ou d'anomalies dans les images radiologiques.

### **Architecture de réseaux de neurones convolutionnels (CNN)**

Clearview Diagnostics évalue les performances des architectures de CNN en utilisant à la fois le jeu de données standard ImageNet et une base de données personnalisée spécifique au domaine médical. Cette approche permet de comparer les capacités des modèles à généraliser à des tâches spécifiques du domaine médical tout en bénéficiant de l'apprentissage sur des

ensembles de données diversifiés.

### 1. VGG (VGGNet) :

- Points Forts :
  - Adaptabilité : VGG présente une architecture simple et uniforme qui peut être facilement adaptée à des bases de données personnalisées, tout en conservant des performances solides sur ImageNet.
  - Polyvalence : En utilisant VGG pré-entraîné sur ImageNet comme point de départ, les performances du modèle peuvent être améliorées en effectuant un fine-tuning sur la base de données médicales personnalisée.

### 2. ResNet (Residual Network) :

- Points Forts :
  - Généralisation : ResNet a démontré une capacité exceptionnelle à généraliser sur des ensembles de données diversifiés, ce qui en fait un choix robuste pour l'apprentissage à partir de bases de données médicales personnalisées tout en conservant des performances élevées sur ImageNet.
  - Transfert de Connaissances : En utilisant des modèles ResNet pré-entraînés sur ImageNet comme point de départ, les performances du modèle peuvent être rapidement améliorées en effectuant un fine-tuning sur la base de données médicales spécifiques.

### 3. Inception (GoogLeNet) :

- Points Forts :
  - Échelle d'Extraction de Caractéristiques : Les modules Inception d'Inception permettent d'extraire des caractéristiques à différentes échelles spatiales, ce qui est particulièrement bénéfique pour l'analyse d'images médicales où les structures anatomiques peuvent varier en taille et en forme.
  - Capacité à Généraliser : Inception a montré sa robustesse et sa capacité à généraliser sur une variété de tâches et de jeux de données, ce qui en fait un choix solide pour l'apprentissage sur des ensembles de données diversifiés.

### 1. DenseNet (Densely Connected Convolutional Networks) :

- Points Forts :
  - Connaissance des Relations Locales : DenseNet favorise le partage d'informations entre toutes les couches du réseau, ce qui lui permet de capturer efficacement les relations locales entre les caractéristiques des images radiologiques, aidant ainsi à détecter des anomalies subtiles.
  - Utilisation Efficace des Ressources : DenseNet parvient à obtenir de bonnes performances sur ImageNet tout en réduisant le nombre de paramètres nécessaires, ce qui le rend attrayant pour l'apprentissage sur des bases de données médicales personnalisées.

En combinant l'apprentissage sur ImageNet et sur une base de données personnalisée spécifique au domaine médical, Clearview Diagnostics évalue et sélectionne les architectures de CNN qui offrent les meilleures performances en termes de précision et de généralisation pour les tâches cliniques spécifiques auxquelles l'application est destinée.

## **Interprétation des résultats :**

Le choix d'architecture de réseaux de neurones convolutionnels (CNN) par rapport aux examens radiologiques doit tenir compte de plusieurs facteurs clés. Notamment la sensibilité, la précision et la spécificité:

- **Sensibilité** : La sensibilité mesure la capacité du modèle à détecter les cas positifs, c'est-à-dire les cas où une anomalie est présente. Une sensibilité élevée est cruciale pour garantir qu'aucune anomalie ne passe inaperçue, réduisant ainsi les faux négatifs et permettant une détection précoce du maladie.
- **Spécificité** : La spécificité mesure la capacité du modèle à exclure les cas négatifs, c'est-à-dire les cas où aucune anomalie n'est présente. Une spécificité élevée est importante pour réduire les faux positifs, ce qui évite les diagnostics incorrects et les interventions inutiles.
- **Précision** : La précision mesure la proportion de cas correctement classés parmi tous les cas classés positifs par le modèle. Une précision élevée indique que le modèle fait peu d'erreurs lors de la classification des cas positifs, ce qui renforce la confiance dans les résultats fournis par le modèle.

## **2.9 Choix d'architecture par rapport à la mammographie :**

### **Definition de l'architucure Densenet169 :**

DenseNet est un type de réseau de neurones convolutionnels qui utilise des connexions denses entre les couches, à travers des blocs denses, où nous connectons toutes les couches (avec des tailles de carte de caractéristiques correspondantes) directement les unes aux autres.

Le modèle densenet-169 est l'un des modèles du groupe DenseNet conçus pour effectuer la classification d'images. La principale différence avec le modèle densenet-121 est la taille et la précision du modèle. Le densenet-169 est plus grand, avec environ 55 Mo de taille contre environ 31 Mo pour le modèle densenet-121.

L'architecture DenseNet169 est composée de plusieurs types de couches, notamment des couches convolutionnelles, de pooling maximal, denses et de transition. De plus, l'architecture utilise deux fonctions d'activation, à savoir Relu et SoftMax.

Chaque architecture se compose de quatre blocs denses avec un nombre variable de couches. Par exemple, le DenseNet-121 a [6,12,24,16] couches dans les quatre blocs denses, tandis que le DenseNet-169 a [6, 12, 32, 32] couches. La couche de convolution est la première couche du modèle DenseNet, à partir de laquelle CNN a obtenu le nom de réseau de neurones convolutionnels. DenseNet est une architecture flexible applicable à une variété d'applications

de vision par ordinateur, notamment la classification d'images, l'identification d'objets et la segmentation sémantique.

Après cela, les éléments avec des valeurs négatives sont convertis en zéro en utilisant la fonction ReLU. En raison de la croissance rapide des technologies d'apprentissage en profondeur, la génération automatique de descriptions d'images est un problème intéressant en vision par ordinateur et en génération de langage naturel.

Cet algorithme de classification est une méthode d'apprentissage supervisé et nécessite un répertoire d'images étiquetées.

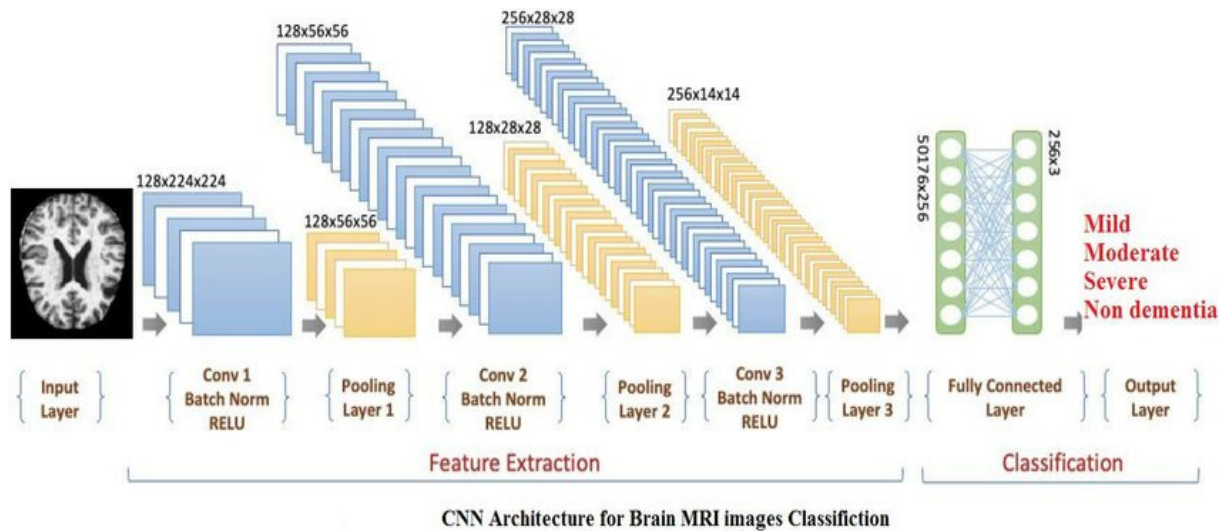
La classe DenseNet est disponible dans Keras pour faciliter le transfert d'apprentissage. DenseNet, (Densely Connected Convolutional Networks) est une famille de réseaux de neurones convolutionnels (CNN) qui utilise un schéma de connectivité dense entre les couches, permettant une meilleure réutilisation des caractéristiques et un flux de gradient dans tout le réseau.

Les différentes couches d'un CNN. Il existe quatre types de couches pour un réseau de neurones convolutionnels : la couche de convolution, la couche de pooling, la couche de correction ReLU et la couche entièrement connectée.

La couche de convolution est le bloc de construction central d'un CNN, et c'est là que se déroule la majorité des calculs. Elle nécessite quelques composants, qui sont les données d'entrée, un filtre et une carte de caractéristiques. Les couches sont disposées de manière à détecter d'abord des motifs plus simples (lignes, courbes, etc.) et des motifs plus complexes (visages, objets, etc.) plus loin. En utilisant un CNN, on peut permettre aux ordinateurs de voir.

Source: <https://www.linkedin.com/pulse/densenet-169-passline-mary-favqc>





**Figure2.4**

Source: [https://www.researchgate.net/figure/DenseNet-169-Architecture-As-shown-in-figure-2-the-CNN-model-has-three-layers-naming-the\\_fig1\\_368530980](https://www.researchgate.net/figure/DenseNet-169-Architecture-As-shown-in-figure-2-the-CNN-model-has-three-layers-naming-the_fig1_368530980)

### Pourquoi Densenet169 :

Après avoir développé et entraîné le modèle utilisant l'architecture DenseNet avec des couches supplémentaires et un calendrier de taux d'apprentissage adaptatif, nous avons obtenu une précision de classification de 76,13 %. Bien que ce résultat soit prometteur, il n'atteint pas encore le seuil de précision souhaité pour une utilisation clinique optimale dans l'analyse des mammographies.

La décision de choisir DenseNet était basée sur sa capacité éprouvée à extraire des caractéristiques discriminantes à partir d'images médicales, en particulier lorsqu'il est pré-entraîné sur des ensembles de données vastes tels qu'ImageNet. En ajoutant des couches supplémentaires telles que des convolutions 2D, des couches de mise en commun moyenne, des couches denses, des couches de normalisation par lots, et des couches de largage, nous avons renforcé la capacité du modèle à apprendre des représentations pertinentes pour la tâche de classification des mammographies.

De plus, l'utilisation d'un calendrier de taux d'apprentissage adaptatif a permis au modèle d'ajuster dynamiquement son taux d'apprentissage en fonction de l'évolution des gradients et de la performance du modèle au fil du temps, contribuant ainsi à améliorer la stabilité et la convergence de l'apprentissage.

Cependant, avec une précision de classification de 76,13 %, le modèle ne satisfait pas pleinement aux exigences de précision souhaitées. Cela indique que des améliorations supplémentaires sont nécessaires.

En conclusion, bien que DenseNet avec les améliorations apportées ait démontré une bonne performance, des efforts supplémentaires sont nécessaires pour atteindre la précision clinique requise pour l'analyse des mammographies.

### **Base de Données utilisé dans l'apprentissage :**

Pour ce projet, nous avons travaillé avec une base de données composée de 400 patients. Chaque patient dispose de quatre images de mammographies, couvrant les différentes vues nécessaires pour un diagnostic complet (CC et MLO pour chaque sein). Cette collection d'images représente une base de données riche et diversifiée, essentielle pour entraîner et évaluer notre modèle de diagnostic automatisé.

### **Collecte des Données**

La collecte des données a été réalisée de manière rigoureuse et systématique. Les images de mammographies ont été obtenues directement auprès de centres de radiologie partenaires, assurant ainsi une qualité et une diversité d'images représentatives des cas cliniques réels. Chaque image a été soigneusement vérifiée pour garantir qu'elle respecte les standards cliniques en termes de qualité et de résolution.

### **Annotation des Données**

L'annotation des images a été effectuée en se basant sur les comptes rendus médicaux des patients. Chaque image a été associée aux informations de diagnostic fournies par les radiologues dans leurs rapports cliniques. Ce processus a impliqué la collaboration étroite avec des radiologues expérimentés pour s'assurer que les annotations soient précises et reflètent fidèlement les observations cliniques.

### **Classification des Données**

Les images ont été classées en quatre catégories distinctes pour refléter les différents diagnostics possibles :

1. Malignant (Malin) : Les images présentant des signes de cancer du sein.
2. Benign (Bénin) : Les images présentant des anomalies bénignes nécessitant un suivi.
3. Benign Without Call Back (Bénin sans rappel) : Les images présentant des anomalies bénignes ne nécessitant pas de suivi supplémentaire.
4. Normal : Les images ne présentant aucune anomalie.

### **Composition de la Base de Données**

- Nombre de Patients : 400
- Nombre Total d'Images :1600 (4 images par patient)
- Types d'Images : Vues CC (Craniocaudale) et MLO (Médiolatérale Oblique) pour chaque sein
- Sources des Données :Centres de radiologie partenaires

- Processus d'Annotation : Basé sur les comptes rendus médicaux des patients, validé par des radiologues expérimentés

- Catégories :

- Malignant (Malin)

- Benign (Bénin)

- Benign Without Call Back (Bénin sans rappel)

- Normal

### **-Conclusion**

Cette base de données personnalisée, classée en quatre catégories diagnostiques, a été essentielle pour le développement et la validation de notre modèle DenseNet. En assurant une collecte et une annotation précises des données, nous avons pu fournir au modèle un ensemble d'apprentissage riche en informations cliniques pertinentes. Cela a permis une meilleure généralisation et une performance accrue dans l'analyse des mammographies, facilitant ainsi la détection et la classification précises des différentes conditions cliniques.

## Chapitre 3 : Réalisation (application)

### **3.1 Introduction :**

Dans le cadre de ce chapitre, on va focaliser sur l'analyse en profondeur de Clearview Diagnostics, une application desktop qu'on a réalisé. Ce choix s'est imposé en raison de son importance cruciale dans le domaine de la radiologie, ainsi que des défis techniques stimulants qu'elle représente. Comprendre les rouages de Clearview Diagnostics est indispensable pour évaluer son efficacité, sa pertinence et son impact potentiel sur ses utilisateurs.

Mon objectif ultime est de fournir une vue d'ensemble exhaustive de Clearview Diagnostics, en mettant en lumière ses points forts, ses lacunes et les implications qu'elle entraîne pour ses utilisateurs et les développeurs.

### **3.2 Fonctionnalités:**

Clearview Diagnostics offre une panoplie de fonctionnalités conçues pour répondre aux besoins spécifiques des professionnels de la radiologie pour améliorer la précision des diagnostics.

**1. Visualisation ,Traitement et segmentation des Images :** L'une des fonctionnalités principales de Clearview Diagnostics est sa capacité à visualiser et à traiter des images radiologiques avec une haute résolution et une grande précision. Les utilisateurs peuvent explorer les images avec facilité pour une analyse approfondie.

Clearview Diagnostics intègre des algorithmes avancés de segmentation automatique pour identifier et isoler automatiquement les structures anatomiques pertinentes, réduisant ainsi le temps nécessaire à l'analyse et améliorant la cohérence des résultats.

- **2.Analyse Avancée :** Clearview Diagnostics propose des outils d'analyse avancée, tels que la fusion d'images multi-modales, la reconstruction 3D et la quantification des lésions, permettant aux radiologues d'obtenir des informations détaillées pour des diagnostics précis et des plans de traitement efficaces.

- **3.Importation des images radiologiques:** L'application est compatible avec les systèmes d'archivage et de communication d'images (PACS), ce qui permet aux utilisateurs d'importer et d'exporter facilement des images radiologiques vers et depuis d'autres systèmes médicaux, facilitant ainsi la gestion des données et la collaboration interinstitutionnelle. Clearview Diagnostics offre aussi une capacité d'importer des images du mémoire de matériel d'une façon direct en cas de manque de logiciel PACS.

- **4.Sécurité et Confidentialité :** La sécurité des données et la confidentialité des patients sont des priorités essentielles pour Clearview Diagnostics. L'application intègre des fonctionnalités de cryptage des données, de contrôle d'accès, management des rôles et de journalisation des activités pour garantir la conformité aux normes de sécurité et de confidentialité les plus strictes.

- **5.Archivage de Diagnostics Médicaux :** Clearview Diagnostics permet également l'archivage sécurisé des diagnostics médicaux, offrant aux praticiens un moyen efficace de stocker et de gérer les rapports de diagnostic pour une référence future et une analyse longitudinale des cas.

- **6.Modèles Intelligents pour l'Aide à la Décision :** En plus des fonctionnalités traditionnelles, Clearview Diagnostics intègre des modèles intelligents basés sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage automatique pour fournir une assistance à la décision aux radiologues. Ces modèles peuvent aider à identifier les anomalies, à proposer des diagnostics différentiels et à recommander des protocoles de traitement basés sur des données cliniques et des données de référence.

- **7.Support Client :** Clearview Diagnostics offre un support client réactif pour répondre aux questions, résoudre les problèmes et fournir une assistance technique aux utilisateurs.

En analysant ces fonctionnalités, nous pouvons apprécier la valeur ajoutée de Clearview Diagnostics dans le domaine de la radiologie, en offrant aux professionnels des outils puissants pour une analyse précise, une prise de décision éclairée et des soins de qualité pour les patients.

### **3.4 Architecture Technique :**

L'architecture technique de Clearview Diagnostics repose sur une combinaison judicieuse de technologies pour offrir des fonctionnalités avancées tout en assurant une performance optimale et une expérience utilisateur fluide. Voici un aperçu des composants clés de son architecture :

- **Interface Utilisateur :** Clearview Diagnostics utilise JavaFX pour son interface utilisateur (UI). JavaFX est une plateforme moderne et flexible qui permet de créer des interfaces utilisateur riches et interactives, offrant ainsi aux utilisateurs une expérience intuitive lors de la visualisation et du traitement des images radiologiques.

- **Modèles Intelligents :** Les fonctionnalités d'assistance à la décision de Clearview Diagnostics reposent sur des modèles intelligents développés avec TensorFlow, une bibliothèque open-source d'apprentissage automatique développée en Python. Ces modèles exploitent les techniques d'intelligence artificielle pour analyser les images radiologiques, détecter les anomalies et fournir des recommandations de diagnostic aux radiologues.

- **Traitement d'Images:** MATLAB est utilisé pour le traitement d'images avancé dans Clearview Diagnostics. Grâce à ses nombreuses fonctionnalités et bibliothèques spécialisées, MATLAB permet d'effectuer des opérations de prétraitement, de segmentation et d'analyse d'images avec une grande précision et efficacité, ce qui est essentiel pour une interprétation précise des images radiologiques.

- **Intégration des Composants :** L'architecture de Clearview Diagnostics repose sur une intégration harmonieuse de ses composants JavaFX, TensorFlow (Python) et MATLAB. Des interfaces de programmation d'application (API) bien définies sont utilisées pour permettre la communication et l'échange de données entre les différentes parties de l'application, assurant ainsi une collaboration efficace et transparente entre les fonctionnalités.

- **Gestion des Données et Sécurité :** La gestion des données et la sécurité des informations médicales sont des aspects critiques de l'architecture de Clearview Diagnostics. Les données d'imagerie sont stockées de manière sécurisée et conformes aux réglementations en matière de confidentialité et de sécurité des données médicales. Des mécanismes de cryptage, de contrôle d'accès et de journalisation sont mis en place pour garantir l'intégrité et la confidentialité des données des patients.

### 3.5 Base de données pour l'application :

#### Description de la Base de Données

La base de données clearview est structurée en trois tables principales : users, patient, et exam.

#### Table users :

id\_user : Identifiant unique de l'utilisateur (clé primaire, auto-incrément).

firstname : Prénom de l'utilisateur.

lastname : Nom de famille de l'utilisateur.

username : Nom d'utilisateur unique.

password : Mot de passe de l'utilisateur.

role : Rôle de l'utilisateur (par exemple, radiologue, administrateur).

### **Table patient :**

id\_patient : Identifiant unique du patient (clé primaire, auto-incrément).

p\_first : Prénom du patient.

p\_last : Nom de famille du patient.

birthday : Date de naissance du patient.

### **Table exam :**

id\_exam : Identifiant unique de l'examen (clé primaire, auto-incrément).

exam\_date : Date de l'examen.

path : Chemin d'accès à l'image de l'examen.

diagnosis : Diagnostic associé à l'examen.

comment : Commentaires supplémentaires sur l'examen.

id\_patient : Identifiant du patient (clé étrangère référençant patient(id\_patient)).

### **Modèle Logique des Données (MLD)**

Ce modèle conceptuel et logique des données garantit une structure de base de données cohérente et bien définie pour l'application ClearView Diagnostics, permettant une gestion efficace des utilisateurs, des patients, et des examens

#### **Utilisateur (User)**

Identifiant (id\_user)

Prénom (firstname)

Nom (lastname)

Nom d'utilisateur (username)

Mot de passe (password)

Rôle (role)

## Patient

Identifiant (id\_patient)

Prénom (p\_first)

Nom (p\_last)

Date de naissance (birthday)

## Examen (Exam)

Identifiant (id\_exam)

Date de l'examen (exam\_date)

Chemin d'accès (path)

Diagnostic (diagnosis)

Commentaire (comment)

Identifiant du patient (id\_patient)

## Relations :

Un patient peut avoir plusieurs examens (relation 1 entre Patient et Exam).

Chaque examen est associé à un seul patient (référence à id\_patient dans Exam).

Un utilisateur peut être responsable de plusieurs examens (relation 1 entre User et Exam).

Chaque examen est associé à un seul utilisateur (référence à id\_user dans Exam).

## Le diagramme MLD :

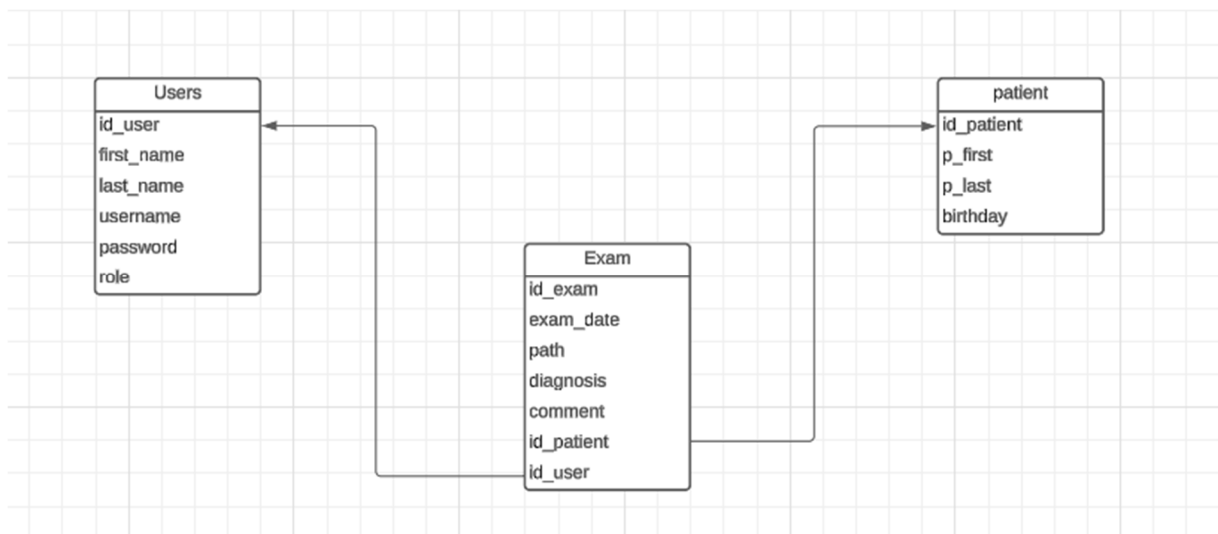


Figure3.1: représentation de la base de données en MLD

### 3.6 Interface Utilisateur

Clearview Diagnostics offre une interface utilisateur sophistiquée qui adopte un thème sombre pour améliorer le confort visuel des radiologues et des professionnels de la santé lors de longues sessions de travail. Voici comment le thème sombre est intégré dans l'interface :

- **Contraste Élevé et Lisibilité** : Le thème sombre de Clearview Diagnostics présente un contraste élevé entre le texte et l'arrière-plan, ce qui améliore la lisibilité des informations affichées à l'écran. Les éléments visuels sont soigneusement calibrés pour garantir une visibilité optimale, même dans des conditions de faible luminosité.

- **Réduction de la Fatigue Oculaire** : En adoptant un thème sombre, Clearview Diagnostics vise à réduire la fatigue oculaire des utilisateurs, en particulier lorsqu'ils travaillent dans des environnements peu éclairés ou pendant de longues périodes. La conception épurée et sans éblouissement contribue à maintenir le confort visuel et la concentration des utilisateurs.

- **Aspect Professionnel et Moderne** : Le thème sombre confère à l'interface utilisateur une esthétique professionnelle et moderne, en alignement avec les normes de conception actuelles et les préférences des utilisateurs pour des interfaces élégantes

- **Conservation de l'Énergie** : En utilisant un thème sombre, Clearview Diagnostics contribue également à économiser de l'énergie sur les appareils équipés d'écrans OLED, grâce à la réduction de la luminosité nécessaire pour afficher les informations à l'écran pour une performance qui dure plus longtemps.

- **Interface Intuitive et Réactive** : L'interface utilisateur est conçue de manière à être intuitive et réactive, offrant une expérience utilisateur fluide et sans heurts. Les menus et les commandes sont disposés de manière logique, facilitant la navigation et l'accès aux fonctionnalités essentielles de l'application.

- **Visualisation des Images Radiologiques** : L'interface permet aux utilisateurs de visualiser les images radiologiques de manière claire et détaillée avec une exploration plus fluide.

- **Personnalisation et Configuration** : Clearview Diagnostics offre des options de personnalisation et de configuration pour répondre aux besoins spécifiques des utilisateurs. Les préférences utilisateur peuvent être ajustées pour adapter l'interface à leurs préférences individuelles et à leurs flux de travail.

En combinant une conception réfléchie, des fonctionnalités intuitives et une facilité



d'utilisation, l'interface utilisateur de Clearview Diagnostics contribue à optimiser le flux de travail des radiologues, à améliorer l'efficacité des diagnostics et à garantir des soins de qualité pour les patients.

### 3.7 Tests et Validation :

Clearview Diagnostics est soumis à des processus de test et de validation rigoureux pour garantir sa fiabilité, sa précision et sa sécurité. Voici les principales méthodes de test et de validation utilisées :

- **Tests Fonctionnels** : Des tests fonctionnels sont effectués pour vérifier que chaque fonctionnalité de l'application fonctionne comme prévu. Cela inclut la vérification de la visualisation des images, des outils d'annotation, de la segmentation automatique, etc.
- **Tests de Performance** : Des tests de performance sont réalisés pour évaluer la réactivité et la rapidité de l'application dans différentes situations. Cela comprend des tests de chargement d'images, de traitement d'images et de réponse aux actions de l'utilisateur.
- **Tests de Stress** : Des tests de stress sont effectués pour évaluer la robustesse de l'application face à des charges de travail élevées ou des conditions inhabituelles. Cela permet de s'assurer que l'application continue de fonctionner de manière fiable même dans des situations extrêmes.
- **Tests de Sécurité** : Des tests de sécurité sont réalisés pour identifier et corriger les éventuelles vulnérabilités de l'application. Cela comprend la vérification de la sécurité des données, l'authentification des utilisateurs et la protection contre les attaques potentielles.
- **Tests d'Intégration** : Des tests d'intégration sont effectués pour vérifier que tous les composants de l'application fonctionnent correctement ensemble. Cela inclut l'intégration des interfaces utilisateur, des algorithmes de traitement d'images et des modèles intelligents.

En combinant ces méthodes de test et de validation, Clearview Diagnostics s'efforce de fournir une solution robuste et fiable pour l'analyse radiologique, répondant ainsi aux normes les plus élevées en matière de qualité et de sécurité des soins de santé.

### Cas d'Utilisation de Clearview Diagnostics

Clearview Diagnostics est conçu pour répondre aux besoins variés des professionnels de la radiologie et des praticiens de la santé. Voici quelques cas d'utilisation illustrant comment l'application est utilisée dans des scénarios cliniques :

**1. Diagnostic Radiologique** : Un radiologue utilise Clearview Diagnostics pour visualiser et analyser des images radiologiques, telles que des radiographies, des scanners CT et des IRM. L'application offre des outils avancés d'annotation et de mesure pour aider le radiologue à identifier les anomalies et à poser des diagnostics précis.

**2. Suivi de la Progression de la Maladie** : Un oncologue utilise Clearview Diagnostics pour

suivre la progression de la maladie chez un patient atteint de cancer. L'application permet de comparer les images radiologiques prises à différents moments pour évaluer l'efficacité du traitement et ajuster le plan de soins en conséquence.

**3. Planification Préopératoire :** Un chirurgien utilise Clearview Diagnostics pour planifier une intervention chirurgicale complexe. L'application permet de visualiser les structures anatomiques en 3D, d'identifier les zones à risque et de simuler différentes approches chirurgicales pour optimiser les résultats de l'intervention.

**4. Formation Médicale :** Les étudiants en médecine utilisent Clearview Diagnostics comme outil d'apprentissage pour étudier l'anatomie et les pathologies radiologiques. L'application offre une plateforme interactive pour explorer les images radiologiques et comprendre les concepts médicaux de manière pratique.

**6. Éducation des Patients :** Un médecin utilise Clearview Diagnostics pour expliquer les résultats des examens radiologiques à un patient. L'application permet de visualiser les images de manière claire et compréhensible, aidant ainsi le patient à mieux comprendre son état de santé et les options de traitement disponibles.

En couvrant une gamme diversifiée de cas d'utilisation, Clearview Diagnostics s'adresse à un large éventail de professionnels de la santé et contribue à améliorer les soins aux patients grâce à une analyse radiologique précise et efficace.

### **3.9 Conclusion:**

En conclusion, Clearview Diagnostics représente une solution innovante et indispensable pour répondre aux besoins croissants des centres de radiologie en matière d'efficacité, de précision et de qualité des soins. Grâce à ses fonctionnalités avancées d'analyse des images, d'assistance à la décision et d'archivage, l'application permet d'optimiser les processus diagnostiques, de réduire les délais de traitement et d'améliorer la prise en charge des patients.

En adoptant Clearview Diagnostics, les centres de radiologie peuvent bénéficier d'une plateforme technologique moderne qui leur permet de rester à la pointe de la médecine diagnostique. En offrant une interface conviviale, une sécurité renforcée et des fonctionnalités personnalisables, l'application s'adapte aux besoins spécifiques de chaque centre et de chaque radiologue, tout en garantissant une conformité stricte aux normes de sécurité et de confidentialité des données médicales.

En définitive, Clearview Diagnostics représente bien plus qu'une simple application de radiologie ; c'est un partenaire essentiel dans la prestation de soins de santé de qualité, en permettant aux professionnels de la santé de prendre des décisions éclairées, précises et rapides, pour le bien-être et la santé des patients.

# Business Model Canvas

# BMC

Date de dépôt : 06/06/2024

N° de projet :

Faculté/Institut : faculté de technologie Abu Bakr Belkaid Tlemcen

Département : Génie biomédicale

Nom du projet: Clearview diagnostics

Encadrant 1 :Mr.HAMZA-CHERIF Lotfi

Etudiants : - DAHASSE Fares

- BENCHEIKH Taha Yassine
- MALFI Djawed

Année universitaire : 2023/2024

## **1- Proposition de valeur (Value Proposition) القيمة المقترحة**

a. Quels problèmes résolvons-nous pour nos clients ?

Clearview Diagnostics automatise l'analyse des images radiologiques, réduisant les erreurs humaines, accélérant les diagnostics et améliorant la précision pour les diagnostics de cancer et autres maladies

b. Quels besoins de nos clients satisfont nos produits ou services ?

Notre technologie répond au besoin crucial d'exactitude et de rapidité dans les diagnostics médicaux, offrant des analyses fiables et rapides.

c. En quoi notre offre est-elle différente de celle de nos concurrents ?

Contrairement à nos concurrents, Clearview Diagnostics intègre des fonctionnalités d'apprentissage automatique avancées et de visualisation 3D pour une meilleure interprétation des images

d. Quelles est notre proposition unique de valeur ?

Clearview Diagnostics est le seul système qui offre des diagnostics automatisés intégrés directement aux systèmes PACS des hôpitaux, avec une précision et une vitesse supérieure

## **2- Segments de clients (Customer Segment) انواع العملاء :**

a. Quels sont nos clients principaux ?

Hôpitaux et cliniques, radiologues, et techniciens en imagerie médicale.

b. Quels sont les différents segments de clients que nous visons ?

Établissements de santé publics et privés, centres de recherche en oncologie, et cabinets de radiologie indépendants.

c. Quels sont les besoins spécifiques de chaque segment de clients ?

Diagnostic rapide pour urgences médicales, analyse détaillée pour recherches cliniques, et formations continues pour les professionnels de santé

d. Comment pouvons-nous catégoriser nos clients en groupes distincts ?

Établissements de santé par taille et type, radiologues par spécialité, et régions géographiques.

### **3- Relation avec les clients (Consumer Relationships) علاقة مع العملاء :**

a. Quel type de relation chaque segment de clients attend-il de nous ?

Support continu, mise à jour régulière du logiciel, et formations pour l'utilisation optimale du système.

b. Comment entretenons-nous actuellement les relations avec nos clients ?

Assistance clientèle 24/7, mise à jour logicielle automatique, et sessions de formation périodiques

c. Comment pouvons-nous améliorer ou personnaliser nos interactions avec nos clients ?

Personnalisation des interfaces utilisateur selon les préférences des radiologues, et feedback régulier pour l'amélioration du produit.

### **4-Canaux de distribution ( Channels) قنوات التوزيع :**

a- Par quels canaux nos clients veulent-ils être atteints ?

Vente directe aux hôpitaux, partenariats avec des distributeurs de matériel médical, et présentations lors de conférences médicales.

b- Quels canaux sont les plus efficaces pour atteindre chaque segment de clients ?

Présentations en personne pour les grandes institutions, webinaires et démonstrations en ligne pour atteindre un public plus large.

c- Comment pouvons-nous intégrer différents canaux pour améliorer l'expérience clients ?

Combiner les démonstrations en personne avec des supports en ligne pour une formation approfondie et un support continu

### **5-Partenaires clés (Key Partnerships) الشراكة الرئيسية:**

a. Qui sont nos partenaires clés ?

Développeurs de logiciels AI, fabricants d'équipement médical, universités pour la recherche

b. Quels sont les partenariats qui nous aident à réduire les coûts, à accéder à de nouvelles ressources ou à améliorer notre proposition de valeur ?

Collaboration avec les universités pour la recherche et le développement, alliances avec des fabricants pour intégrer notre logiciel à leur matériel.

c. Comment pouvons-nous aligner nos intérêts avec ceux de nos partenaires ?

Partage de données de recherche, co-développement de nouvelles fonctionnalités, et partage des revenus avec les distributeurs.

### **6-Activités clés (Key Activities) : الأنشطة الرئيسية:**

a. Quelles sont les actions principales que nous devons entreprendre pour livrer notre proposition de valeur ?

Développement logiciel, tests cliniques, formations et support client.

b. Quelles sont les opérations essentielles pour notre entreprise ?

Maintenance du logiciel, mise à jour des bases de données de diagnostic, et gestion de la relation client

c. Quelles sont les activités qui créent le plus de valeur pour nos clients ?

Amélioration continue de l'algorithme IA pour une précision accrue, personnalisation des fonctionnalités selon les retours des utilisateurs

### **7- Ressources clés (Key resources) : الموارد الرئيسية:**

a. Quels sont nos actifs matériels, immatériels et humains essentiels ?

Équipe de développeurs en IA, brevets de logiciels, partenariats stratégiques.

b. Quels sont les outils, les technologies ou les partenariats dont nous avons besoin pour réussir ?

Technologies avancées en machine learning, infrastructures cloud pour le stockage des données.

c. Quels sont les principaux avantages concurrentiels de nos ressources ?

Technologie brevetée, expertise en IA appliquée à l'imagerie médicale.

## **8- Charges et coûts (Coste structure) : التكاليف**

- a. Quels sont les coûts fixes et variables associés à notre modèle économique ?

Développement logiciel, support client, marketing et ventes.

- b. Quels sont les coûts les plus importants pour notre entreprise ?

R&D pour l'amélioration continue de l'IA et les mises à jour de sécurité.

- c. Comment pouvons-nous réduire les coûts ou améliorer l'efficacité de nos opérations ?

Automatisation des mises à jour, utilisation de technologies open source où possible

## **9- Revenus (Revenue) : مصادر الدخل**

- a. Quels produits ou services nos clients sont-ils prêts à payer ?

Licences logicielles, frais de service pour la maintenance et le support, formations personnalisées.

- b. Quels sont les différents moyens par lesquels nous pouvons générer des revenus ?

Ventes directes, abonnements pour des mises à jour et support étendu, partenariats stratégiques.

- c. Quel est notre modèle de tarification ?

Basé sur le type d'institution (taille, type), tarifs préférentiels pour les longs contrats, options de paiement flexibles

# Business Model Canevas : BMC

## Partenaires clés Key Partnerships الشراكة الرئيسية

Hôpitaux et cliniques, radiologues, et techniciens en imagerie médicale.

## Activités clés Key Activities الأنشطة الرئيسية

Maintenance du logiciel, mise à jour des bases de données de diagnostic, et gestion de la relation client

## Proposition de valeur Value Proposition القيمة المقترحة

Clearview Diagnostics est le seul système qui offre des diagnostics automatisés intégrés directement aux systèmes PACS des hôpitaux, avec une précision et une vitesse supérieure

## Relation clients Consumer Relationship علاقة مع العملاء

Support continu, mise à jour régulière du logiciel, et formations pour l'utilisation optimale du système.

## Ressources clés Key resources الموارد الرئيسية

Technologie brevetée, expertise en IA appliquée à l'imagerie médicale.

## Canaux de distribution Channels قنوات التوزيع

Vente directe aux hôpitaux, partenariats avec des distributeurs de matériel médical, et présentations lors de conférences

## Canaux de distribution Channels قنوات التوزيع

Combiner les démonstrations en personne avec des supports en ligne pour une formation approfondie et un support continu.

## Coûts Coste structure التكاليف

. R&D pour l'amélioration continue de l'IA et les mises à jour de sécurité.