



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département 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 : **ABAD ISMAIL**

---

**CLASSIFICATION DES IMAGES  
MAMMOGRAPHIQUES PAR RESEAU DE  
NEURONES**

---

**Soutenu le 26/06/2018 devant le Jury**

Mr.	Behadada Omar	<i>MCB</i>	Université de Tlemcen	Président
Mr.	Lazouni Mohamed El amine	<i>MCB</i>	Université de Tlemcen	Examineur
Mme.	Benchaib Yasmine	<i>MCB</i>	Université de Tlemcen	Encadreur

**Année universitaire 2017-2018**

## DEDICACE

Louage à dieu, Seigneur des mondes ;

C'est toi que nous adorons et de toi que nous implorons secours ;

Que la paix et la bénédiction soit sur son dernier envoyé ;

A mes parents, aux être qui sont les plus chères au monde et auxquels  
je ne saurais jamais exprimer ma gratitude et ma reconnaissance en  
quelques lignes, Je les dédié ce modeste travail, que dieu le tout  
puissant les protège.

Pour ton amour, ton affection et ton soutien, pour ton courage et ton  
sacrificie, je te dédié, pour la deuxième et mille fois, ma très chère mère,  
un résultat modeste de la bienveillance et tes longues années de  
patience.

A toute ma famille ;

A mes grands-parents.

A mon très cher frère NOUR EL DINNE et mes chères sœurs

A tout la famille **ABAD**.

## Remerciement

Avant toute chose nous tenons à remercier **Dieu** pour  
l'accomplissement de ce projet.

Ma haute gratitude, mes profonds respects, mes sincères  
remerciements et reconnaissances à mon encadreur madame BEN  
CHAIB YASMINE pour sa patience, ses judicieux conseils, son aide  
et ses encouragements.

Je tiens à remercier également tous les professeurs, L'administration  
et le personnel du centre de calcul qui ont contribué à forger mes  
connaissances et à assister notre formation.

Tous mes respect et mes remerciements vont vers les membres du jury  
qui vont pleinement consacrer leur temps et leur attention afin  
d'évaluer mon travail, qui espère le sera à la hauteur de leur attente.  
Je n'omettrai pas de remercier mes collègues de la promotion chacun  
par son nom.

Au terme de ce modeste travail je tiens à remercier chaleureusement et  
respectivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la  
réalisation de ce modeste projet de fin d'étude.

## Sommaire

Dédicace.....	1
Remerciement.....	2
Introduction générale.....	8
Chapitre 1 : contexte médical	
1.1. Introduction .....	9
1.2. Le cancer du sein .....	10
1.2.1. Qu'est-ce qu'un sein ?.....	10
1.2.2. Qu'est-ce qu'un cancer ?.....	11
1.2.3. Qu'est-ce qu'un cancer du sein ?.....	12
1.2.3.1. Les types de cancer du sein .....	12
1.2.4. Connait-on les causes d'un cancer du sein ?.....	12
1.2.4.1. Les mastopathies bénignes .....	12
1.2.4.2. L'état hormonal.....	12
1.2.4.3. L'alimentation, l'obésité .....	13
1.2.4.4. Les traitement hormonaux .....	13
1.2.4.4.1. Pour les contraceptifs oraux (CO).....	13
1.2.4.4.2. Pour le traitement hormonal substitutif de la ménopause (THS).....	13
1.2.4.5. Les risques familiaux.....	13
1.2.4.5.1. Simple susceptibilité familiale.....	13
1.2.4.5.2. Prédisposition génétique forte.....	13
1.3. Le diagnostic de cancer du sein .....	14
1.3.1. Qu'est-ce qu'un dépistage ?.....	14
1.3.2. Comment être sûr du diagnostic de cancer du sein ?.....	14
1.3.3. Qu'est-ce qu'une mammographie ? .....	15
1.4. Les différents traitements du cancer du sein.....	18
1.4.1. La chirurgie.....	18
1.4.2. La radiothérapie.....	19
1.4.3. La chimiothérapie.....	19
1.4.4. Les anticorps monoclonaux.....	20
1.4.5. L'hormonothérapie.....	21
1.5. Conclusion.....	22
Chapitre 2 : Méthodes de traitements d'images	
2.1. Introduction .....	23
2.2. Filtre médian adaptatif.....	25
2.2.1. Qu'est-ce qu'un filtre médian et ce qu'il fait ?.....	25
2.2.2. Qu'est-ce que le bruit ?.....	28
2.2.2.1. Modèles de bruit .....	28
2.2.3. Filtrage médian adaptatif .....	30
2.2.3.1. Objectif .....	30
2.2.3.2. Comment ça marche ?.....	30
2.2.3.3. Notation .....	30

2.2.3.4. Algorithme.....	30
2.2.3.5. Explication .....	31
2.2.3.6. Avantages.....	31
2.3. Gaussien Mixture Model (GMM).....	33
2.3.1. Clustering k-means.....	33
2.3.1.1. Algorithme de clustering K-means.....	33
2.3.1.2. K-means en action.....	34
2.3.2. Mélange gaussien et EM .....	35
2.3.2.1. Modèle de mélange.....	35
2.3.2.2. Mélange gaussien .....	35
2.3.2.3. Algorithme d'EM .....	36
2.3.2.4. Algorithme EM pour un mélange gaussien à deux composants.....	37
2.3.3. Algorithme EM pour les problèmes généraux de données manquantes.....	39
2.3.3.1. L'algorithme d'EM.....	39
2.4. Modèle de champ aléatoire de Markov caché (HMRF-EM).....	39
2.4.1. Algorithme EM.....	40
2.4.2. Estimation du PAM.....	42
2.4.3. Segmentation de l'image de préservation du bord antérieur.....	43
2.5. Conclusion.....	45
 Chapitre 3 : Caractérisation, classification et interface	
3.1. Introduction.....	44
3.2. Importance du sujet .....	44
3.3. La base d'images .....	44
3.4. Méthodologie .....	45
3.5. caractérisation .....	45
3.5.1. Prétraitement.....	45
3.5.2. Segmentation.....	46
3.5.3. Analyse de texture.....	47
3.5.3.1. Matrice de co-occurrence.....	48
3.5.3.2. Extraction des descripteurs de haralick.....	48
3.6. Réseaux de neurone probabiliste.....	50
3.7. Interface.....	52

Conclusion.....	55
Conclusion générale.....	56
Résumé .....	57
Bibliographie.....	58
Glossaire.....	59

## Liste des figures :

Figure 1 : Structure du sein (glande mammaire)

Figure2 : Cellules cancéreuses

Figure 3 : Les quatre secteurs du sein

Figure 4 : Le mammographe

Figure 5 : Cliché de mammographie

Figure 6 : Chirurgie conservatrice

Figure 7 : La radiothérapie

Figure 8 : Récepteurs hormonaux d'un cancer hormonosensible

Figure 9 : vision globale de traitement d'images.

Figure 10 :L'image originale

Figure 11 :L'image originale (4\*zoom)

Figure 12 : Masque 7\*7

Figure13 : Le filtre

Figure14 : La zone filtrée

Figure15 : Zoom (l'image originale)

Figure16 : L'image originale filtrée

Figure17 : Matrice de taille 5\*5

Figure18 : Image originale

Figure19 : Images et histogrammes résultant de l'ajout de bruit gaussien, Rayleigh et Gamma à l'image originale.

Figure20 : (suite) Images et histogrammes résultant de l'ajout de bruit Exponentiel, Uniforme et Sel & Poivre à l'image originale.

Figure 21 : Image corrompue par le bruit impulsif

Figure22 : Résultat de filtrage moyen arithmétique avec une probabilité de 0,1

Figure23 : Résultat du filtrage médian standard

Figure 24 : Résultat du filtrage médian adaptatif

Figure 25 : Données simulées dans l'avion, regroupées en trois classes (représentées par le rouge, le bleu et le vert) par Algorithme de clustering K-means

Figure 26 : Centroides initiaux

Figure 27 : Partition initiale

Figure 28 : Itération numéro 2

Figure 29 : Itération numéro 20

Figure30 : Itérations successives du clustering K-means algorithme pour les données simulées.

Figure 31 : courbes de mélange gaussien

Figure32 : Exemple de mélange.

Figure 33 : Algorithme EM : log-vraisemblance des données observées en tant que fonction du numéro d'itération

Figure 34 : Structure d'un neurone artificiel

Figure 35 : quelques images de la base d'images

Figure 36 : Résultat de filtrage.

Figure 37 : résultat de segmentation

Figure 38 : Neurone élémentaire à noyau

Figure 39 : Architecture d'un réseau PNN

Figure 40 : interface réalisée.

Figure 41 : résultat de filtrage

Figure 42 : résultat de la segmentation

Figure 43 : résultat de la classification

### Liste des tableaux

Tableau 1 :20 points de données fictifs utilisés dans l'exemple de mélange à deux composants de la figure 1.

Tableau 2 : itérations sélectionnées de l'algorithme EM pour l'exemple de mélange.



## INTRODUCTION GENERALE :

Le cancer du sein est le cancer le plus fréquent chez les femmes dans de nombreux pays. Diverses techniques d'intelligence artificielle ont été utilisées pour améliorer les procédures de diagnostic et pour aider les efforts du médecin.

A ce titre plusieurs travaux ont été effectués afin de développer des outils d'aide au diagnostic de cette maladie cancéreuse.

Les prélèvements, L'aspiration ou ponction cytologique : Une fine aiguille est introduite dans le sein sous contrôle échographique pour aspirer du liquide ou des cellules, dont l'analyse microscopique apportera des premiers éléments relatifs à la nature de la tumeur.

La cytologie est l'étude microscopique de cellules en dehors de toute organisation tissulaire. Elle fait appel à deux techniques de prélèvement : le frottis et la ponction. Cet examen de dépistage pourra être éventuellement complété par la réalisation d'une biopsie.

Dans le cadre de ce mémoire, nous implémentons un Système d'Aide au Diagnostic Médical basé sur des modèles de l'intelligence artificielle. Nous développons une application qui utilise les classes et les méthodes implémentées dans l'interface « Classification Des Images Mammographiques Par Réseau De Neurones », notamment, la classification par réseau de neurones et ce pour avoir une meilleure évaluation des résultats obtenus (**maligne, bénigne ou normal**).

Ce mémoire sera organisé en trois chapitres :

Dans le premier chapitre donne une description de l'anatomie du sein, le matériel employé pour son exploration et un bref aperçu sur les pathologies.

Le second chapitre portera sur les méthodes utilisées dans le traitement des images.

Le troisième chapitre est consacré à la méthodologie, la classification et l'interprétation des résultats obtenus.

## Chapitre 1 : contexte médical

### 1.1. Introduction :

Le cancer du sein est le premier cancer chez la femme à la fois dans les pays développés et dans les pays en développement. L'incidence du cancer du sein progresse dans le monde en développement du fait d'une plus longue espérance de vie, de l'augmentation de l'urbanisation et de l'adoption des modes de vie occidentaux.

Bien qu'une certaine réduction des risques puisse être obtenue par la prévention, les stratégies de ce type ne permettent pas d'éliminer la majorité des cancers du sein qui apparaissent dans les pays à revenu faible ou intermédiaire où la maladie est diagnostiquée à des stades très avancés. Par conséquent, le dépistage précoce afin d'améliorer l'issue de la maladie et les chances de survie reste le principal moyen de lutter contre le cancer du sein.

Le cancer du sein touche essentiellement les femmes, survenant 200 fois plus que chez l'homme. Ce type de cancer est la cause de décès par cancer la plus fréquente chez la femme. On recense 1,6 millions de nouveaux cas et 425 000 décès dans le monde en 2010.

## 1.2. Le cancer du sein

### 1.2.1 Qu'est-ce qu'un sein ?

Les seins jouent un rôle important dans la féminité et dans l'image que la femme a de son corps. La fonction biologique du sein est de produire du lait afin de nourrir un nouveau-né.

La structure du sein est complexe. Chaque sein (appelé aussi glande mammaire) est composé de quinze à vingt compartiments séparés par du tissu graisseux qui donne au sein la forme qu'on lui connaît. Chacun de ces compartiments est constitué de lobules et de canaux. Le rôle des lobules est de produire le lait en période d'allaitement ; les canaux transportent ensuite le lait vers le mamelon [1].

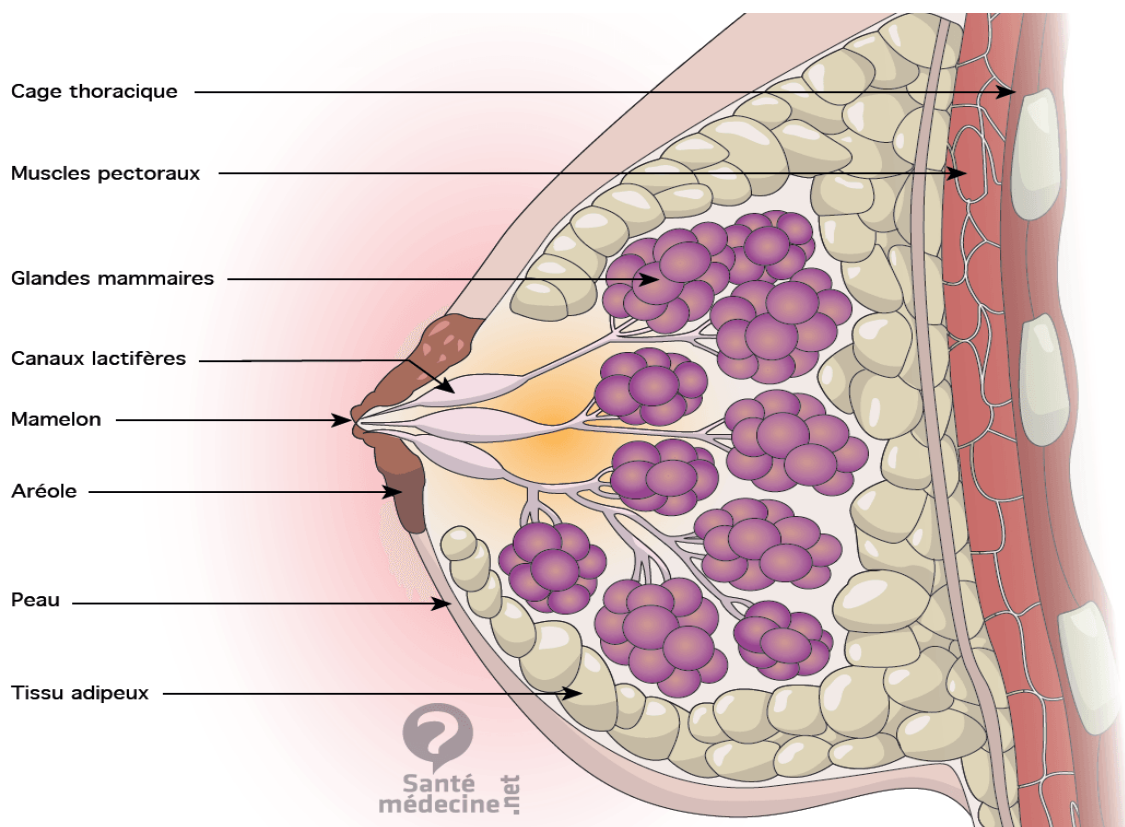


Figure 1 : Structure du sein (glande mammaire) [1].

### 1.2.2. Qu'est-ce qu'un cancer ?

Un cancer est une maladie de la cellule.

Une cellule cancéreuse est une cellule qui s'est modifiée. Habituellement, ces modifications sont réparées par l'organisme. Cependant, lorsque la cellule devient cancéreuse, elle perd ses capacités de réparation. Elle se met alors à se multiplier et finit par former une masse qu'on appelle tumeur maligne.

Les cellules des tumeurs malignes ont tendance à quitter leur tissu d'origine et à envahir les tissus voisins ; on parle de cancer infiltrant.

Certaines tumeurs restent dans leur tissu d'origine sans infiltrer les tissus voisins. On parle alors d'un cancer in situ (« resté en place »)

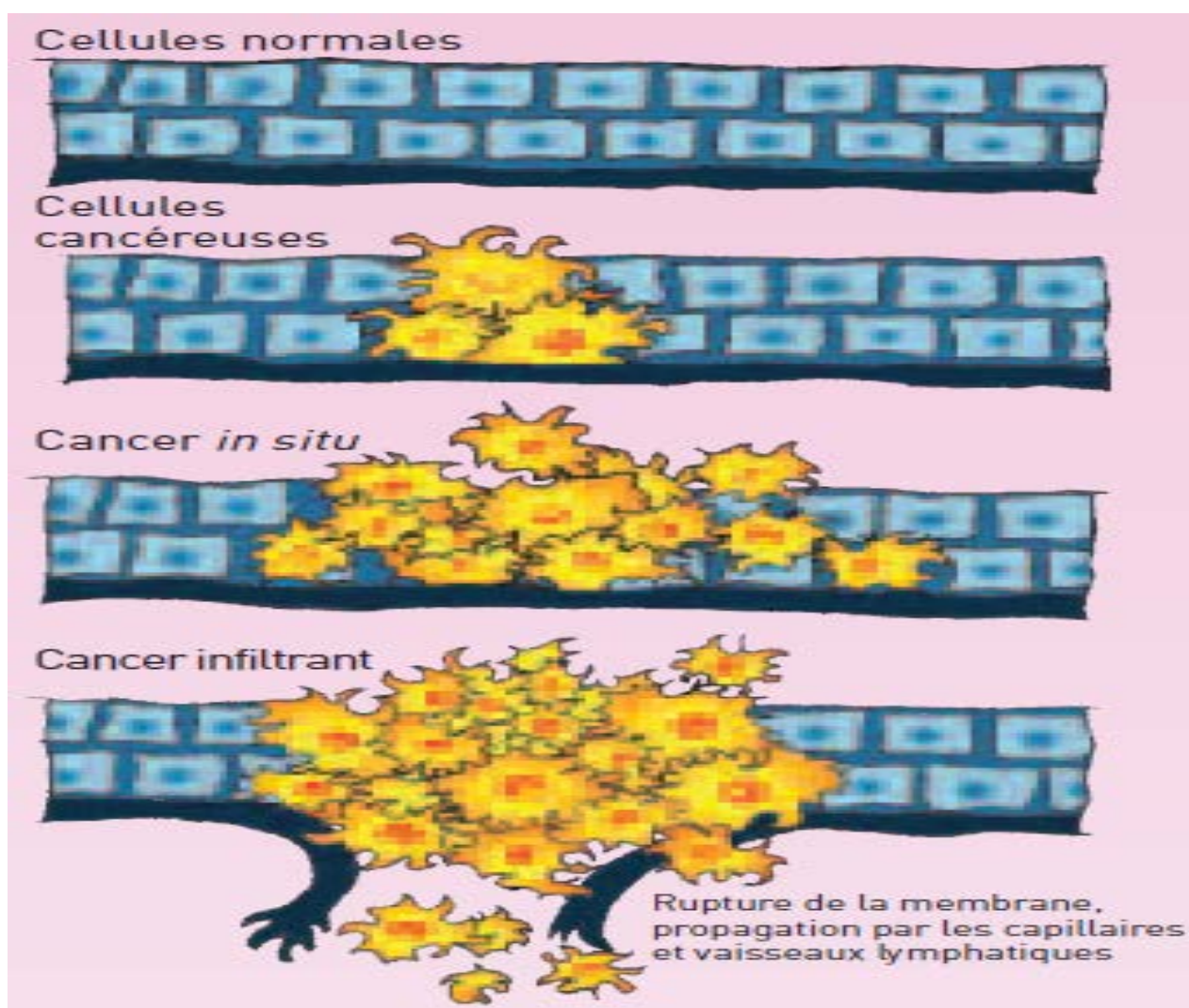


Figure 2 : Cellules cancéreuses

### 1.2.3. Qu'est-ce qu'un cancer du sein ?

Un cancer du sein est une tumeur maligne qui se développe au niveau du sein.

Le cancer du sein atteint des femmes à des âges différents, mais il se développe le plus souvent autour de 60 ans. Près de la moitié des cancers du sein sont diagnostiqués entre 50 et 69 ans. Ce cancer peut aussi apparaître chez l'homme, mais c'est extrêmement rare (moins de 1 % des cancers du sein).

#### 1.2.3.1. Les types de cancer du sein :

Il existe différents types de cancer du sein. Les plus fréquents (95 %) se développent à partir des cellules des canaux (cancer canalaire) et des lobules (cancer lobulaire). On les appelle des adénocarcinomes.

On distingue plusieurs situations :

- Lorsque les cellules cancéreuses ont infiltré le tissu qui entoure les canaux et les lobules, on parle de cancer ou carcinome infiltrant. Le cancer canalaire est le cancer infiltrant le plus fréquent. Huit cancers sur dix sont des cancers canaux infiltrants. Le cancer lobulaire infiltrant est plus rare. Les cancers infiltrants peuvent se propager vers les ganglions ou vers d'autres parties du corps. Les ganglions le plus souvent atteints par les cellules du cancer du sein se trouvent sous les bras, au niveau des aisselles ; on les appelle les ganglions axillaires. Le traitement des cancers infiltrants repose sur un traitement local (chirurgie, radiothérapie), associé dans certains cas à un traitement général (chimiothérapie, hormonothérapie)
- Lorsque les cellules cancéreuses se trouvent uniquement à l'intérieur des canaux ou des lobules, sans que la tumeur ait infiltré le tissu qui les entoure, on parle de cancer in situ :

- le cancer canalaire in situ ou carcinome canalaire in situ est le plus fréquent : huit cancers in situ sur dix sont des cancers canaux in situ. Ils sont le plus souvent découverts lors d'un dépistage systématique (une mammographie ou un examen des seins par le médecin) et quelquefois révélés par un écoulement de sang du mamelon ou un eczéma du mamelon. Il arrive que les cancers canaux in situ infiltrer les tissus voisins et deviennent des cancers infiltrants. Le traitement des cancers canaux in situ est un traitement local comme la chirurgie ou la radiothérapie.

### 1.2.4. Connait-on les causes d'un cancer du sein ?

Les causes du cancer du sein ne sont pas connues, mais on a pu identifier quelques facteurs de risque qui peuvent agir conjointement pour favoriser le développement d'un cancer [2] :

#### 1.2.4.1. Les mastopathies bénignes :

Certaines mastopathies bénignes ont une propension plus grande que d'autres à se transformer en cancer. Ces lésions bénignes, dont la majorité le restera, sont bien connues des médecins qui proposent aux femmes atteintes une simple surveillance et éventuellement un traitement chirurgical.

#### 1.2.4.2. L'état hormonal :

Comme facteurs de risque sont classiquement signalés une puberté précoce ou une ménopause tardive. De même, les femmes qui n'ont pas eu d'enfant, ou encore ayant eu leur première grossesse tardivement (après 30 ans), ont un risque sensiblement augmenté de développer un cancer du sein, par rapport à celles ayant eu un enfant avant 30 ans.

#### **1.2.4.3. L'alimentation, l'obésité :**

L'effet le plus net est celui de la quantité de calories absorbées : plus elle est élevée, plus le risque augmente ; il peut ainsi être multiplié par 1.5 ou 2 pour les consommations les plus élevées.

L'obésité, une consommation relativement importante d'alcool (équivalent de 1/2 l à 1 l de vin par jour), la faible consommation de fruits et de légumes sont également suspectées d'augmenter le risque, alors que l'exercice physique régulier serait protecteur. Mais toutes ces données ne sont valables que sur un plan statistique et non pas individuel.

#### **1.2.4.4. Les traitements hormonaux :**

##### **1.2.4.4.1. Pour les contraceptifs oraux (CO) :**

La somme des études faites aux Etats-Unis, conclut à une augmentation du risque (+ 14 %). Le risque serait un peu plus élevé (+ 20 %) pour les femmes ayant pris des CO pendant plus de 5 ans avant une première grossesse.

##### **1.2.4.4.2 Pour le traitement hormonal substitutif de la ménopause (THS) :**

Tous les THS ne semblent pas augmenter de la même façon le risque de cancer du sein. Des travaux récents ont mis en évidence un sur risque de cancer du sein chez les femmes ayant recours à un THS œstroprogestatif.

Pour le THS faisant appel aux œstrogènes seuls, des études sont encore nécessaires.

##### **1.2.4.5. Les risques familiaux :**

###### **1.2.4.5.1. Simple susceptibilité familiale :**

On retrouve plusieurs cas dans la famille, mais sans transmission systématique. Il s'agit plutôt de transmission de certains facteurs de risque : Hypo fécondité, tendance à avoir une mastopathie bénigne, obésité... Dans ces familles, les risques sont multipliés par 2 à 3.

###### **1.2.4.5.2. Prédisposition génétique forte :**

Dans environ 5 à 8 % des cas, un gène anormal, dit «muté» est susceptible d'être transmis d'une génération à l'autre. Dans ce cas, les risques encourus par les femmes d'une famille dans laquelle un gène prédisposant est présent (gène BRCA1 ou BRCA2) dépendent du fait qu'elles ont ou non hérité du gène anormal. Si elles n'ont pas le gène, leur risque est le même que celui des femmes n'ayant pas de prédisposition au cancer du sein ; mais parmi celles qui sont porteuses du gène, 7 à 8 sur 10 pourront développer un cancer du sein. On soupçonne cette transmission génétique si dans une même famille, on observe des cancers du sein, mais aussi parfois des ovaires, chez des femmes et plusieurs de leurs parentes proches, dont l'une au moins est du 1er degré (mère, sœur, fille). Ces cancers surviennent en règle générale dans la première partie de la vie. Si tel est le cas (et la preuve peut être apportée par un examen génétique), les parentes exposées doivent faire l'objet d'une surveillance



particulièrement étroite. Malheureusement, les tests de recherche d'un gène muté ne peuvent donner de certitude que s'ils sont positifs. C'est pourquoi cet acte demande réflexion et ne s'adresse qu'aux familles des femmes dont l'histoire signe une origine héréditaire confirmée par une consultation d'oncogénétique. Ces tests ne sont effectués que par des laboratoires spécialisés.

### **1.3. Le diagnostic de cancer du sein**

#### **1.3.1. Qu'est-ce qu'un dépistage ?**

Étant donné nos connaissances limitées sur les facteurs de risque, on ne peut, à l'heure actuelle, empêcher la survenue d'un cancer du sein.

En revanche, on peut le détecter lorsqu'il est de très petite taille (moins d'un cm de diamètre) grâce à la mammographie réalisée dans le cadre d'un suivi régulier. On peut ainsi accroître les chances de guérison, tout en bénéficiant de traitements moins lourds (moins de chirurgie mutilante, moins de chimiothérapie).

On appelle dépistage le fait de mettre en évidence, par la mammographie, un cancer encore «muet», c'est-à-dire sans signe extérieur de sa présence.

On sait en effet qu'un certain nombre de cancers peuvent être visibles sur une mammographie avant même de provoquer des symptômes.

Aujourd'hui, les médecins conseillent, les femmes entre 50 et 74 ans sont invitées à bénéficier, tous les deux ans, d'une mammographie.

Le dépistage mammographique a fait les preuves de son efficacité. Les résultats de nombreuses études ont montré qu'il permet de réduire la mortalité par cancer du sein de l'ordre de 30 % chez les femmes participant aux programmes de dépistage, par rapport à celles qui n'ont eu aucun dépistage.

Avant la ménopause (c'est-à-dire environ 50 ans), le dépistage systématique n'a pas fait les preuves de son efficacité car les anomalies suspectes sont plus difficiles à sélectionner, et les inconvénients (biopsies inutiles) paraissent supérieurs aux avantages.

#### **1.3.2. Comment être sûr du diagnostic de cancer du sein ?**

Le bilan diagnostique confirme que l'anomalie suspecte est bien un cancer. Il précise le type de cancer, évalue sa taille et détermine s'il s'est développé dans d'autres parties du corps.

Le diagnostic peut être réalisé par différents médecins spécialistes : gynécologue, sénologue, cancérologue ou encore médecin radiologue lors d'une mammographie.

Dans un premier temps, le médecin interroge la patiente sur ses antécédents médicaux, chirurgicaux et gynéco-obstétricaux, personnels et familiaux. Il lui pose des questions sur ses symptômes actuels qui le guident dans son diagnostic. Il est important de mentionner tous les symptômes repérés même s'ils ne correspondent pas systématiquement à un cancer.

Après l'entretien, le médecin réalise un examen physique approfondi et complet des seins.

L'examen physique prend en compte huit éléments :

##### **1.3.2.1. La taille de la tumeur :**

Le médecin demande à la patiente de s'allonger sur le dos. Le bras est relevé du côté du sein malade. Dans cette position, les seins sont plus étalés et plus faciles à palper. Si l'anomalie est palpable, le médecin évalue sa taille.

##### **1.3.2.2. La mobilité de la tumeur :**

Le médecin regarde ensuite si la tumeur bouge sous la peau ou si elle est fixée à la paroi thoracique ou à la peau.

### 1.3.2.3. La localisation de la tumeur :

Il est important de repérer l'endroit où la tumeur est localisée dans le sein. Cette information est nécessaire pour le choix des traitements. On distingue quatre secteurs différents.

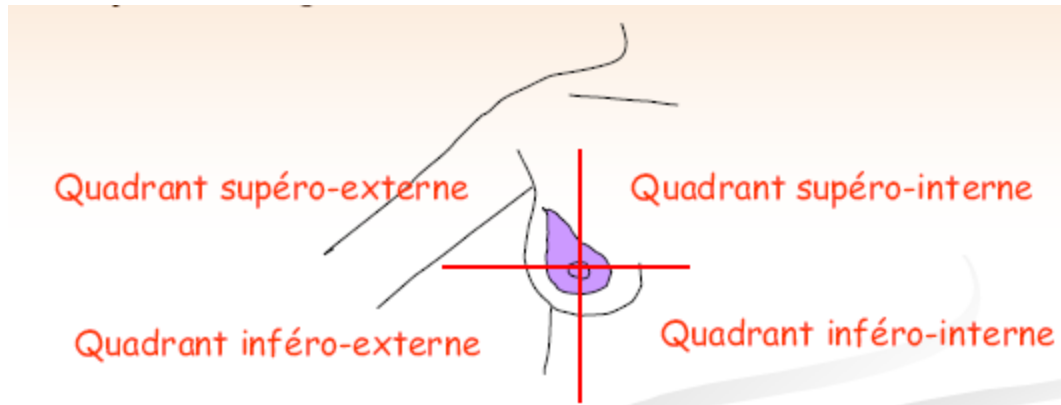


Figure 3 : Les quatre secteurs du sein

### 1.3.2.4. L'aspect de la peau :

On observe parfois une modification de la peau autour de la tumeur. Cette modification est variable : la peau peut être rouge (c'est ce qu'on appelle un érythème), écorchée (ulcérée), gonflée (on dit alors qu'il y a un œdème) ou encore être recouverte de petites boules dures (nodules). Elle peut également être plissée ou ridée.

### 1.3.2.5. La forme du mamelon et de l'aréole :

Le médecin recherche systématiquement s'il existe une déformation, une rétraction, une ulcération du mamelon ou de l'aréole. Ces modifications sont parfois accompagnées d'un écoulement au niveau du mamelon.

### 1.3.2.6. L'augmentation de la taille de la tumeur :

Le médecin demande à la patiente si elle a remarqué une augmentation de la taille de la tumeur.

### 1.3.2.7. La palpation des ganglions :

Le cancer du sein s'accompagne aussi parfois d'une augmentation de la taille des ganglions au voisinage du sein (dans ce cas, on parle d'adénopathie). Le médecin recherche systématiquement les ganglions anormaux en palpant les différents endroits où ils peuvent se trouver (essentiellement dans l'aisselle).

### 1.3.2.8. Les examens complémentaires :

En fonction de l'entretien et de l'examen physique, le médecin demande parfois des examens complémentaires pour confirmer le diagnostic.

- Les examens radiologiques
- Les prélèvements
- Les examens sanguins



### 1.3.3. La Mammographie :

#### 1.3.3.1. Définition :

Est une modalité de l'image médicale mettant en œuvre la radiographie des seins. Elle permet d'obtenir des images des tissus intérieurs et ainsi de détecter d'éventuelles anomalies, notamment des nodules, qui peuvent être signes d'un cancer du sein. Afin d'obtenir une meilleure résolution de contraste, la mammographie peut être réalisée au moyen d'une tomosynthèse en conjuguant des clients pris sous différents angles [3].



Figure 4 : Le mammographe

#### 1.3.3.2. Histoire :

En 1913, Albert Salomon, un chirurgien allemand, remarque qu'il est possible de distinguer différents types de cancer du sein en radiographiant des échantillons.

Un radiologue américain, Stafford L. Warren, reprend l'idée en 1930. En 1949, l'uruguayen Raul Leborgne insiste sur la nécessité de compresser le sein lors de l'examen pour identifier au mieux les lésions. Jacob Gershon-Cohen, radiologue à Philadelphie, réalise les premières mammographies préventives au milieu des années 1950 [4].

#### 1.3.3.3. La technique :

Pour réaliser cet examen, le manipulateur en électroradiologie médicale utilise un mammographe. Cet appareil se compose d'un générateur de rayons X de faible énergie (entre 20 et 50 keV) et d'un système de compression du sein. La radiographie était auparavant réalisée sur des films argentiques ou sur des systèmes de radiologie digitale de haute qualité.

L'examen consiste à compresser à tour de rôle les deux seins puis à les exposer à une faible dose de rayons X. La compression est obtenue par une pelote de compression

spécialement conçue pour ce type d'exploration et réglée pour qu'elle soit tolérable pour la patiente.

Cette compression permet l'étalement des tissus mammaires ce qui facilite la visualisation des structures du sein et la détection d'éventuels nodules via une augmentation du contraste au niveau de l'image obtenue. Elle permet également de réduire la dose de rayons X délivrée.



Figure 5 : Cliché de mammographie

## 1.4. Les différents traitements du cancer du sein :

Les traitements du cancer du sein consistent à enlever la tumeur et à supprimer toutes les cellules cancéreuses.

Ils ont pour but de :

- guérir la personne
- réduire le risque de récurrence
- augmenter la durée de vie de la personne malade
- améliorer la qualité de vie

Différents types de traitements sont effectués seuls ou associés entre eux.

### 1.4.1. La chirurgie :

La chirurgie est le traitement le plus anciennement utilisé pour soigner les cancers du sein. C'est un traitement standard.

La chirurgie du cancer du sein a quatre objectifs :

- Confirmer le diagnostic et préciser le stade d'évolution du cancer, notamment examiné si les ganglions ont été atteints par des cellules cancéreuses
- enlever la tumeur
- prélever et examiner certains ganglions
- conserver ou restaurer la taille et la forme du sein après l'ablation de la tumeur ou de la totalité du sein

Deux types de chirurgie peuvent être pratiqués : une chirurgie conservatrice ou une mastectomie (mammectomie) totale

#### 1.4.1.1. La chirurgie conservatrice :

A pour but d'enlever la totalité de la tumeur sans enlever la totalité du sein. On parle aussi de tumorectomie, d'exérèse, ou encore de mastectomie partielle. La tumeur est enlevée avec une large marge de tissu autour d'elle. Cette marge de sécurité limite ainsi le risque de récurrence. Le mamelon et l'aréole sont conservés (sauf pour certaines tumeurs, situées derrière le mamelon et l'aréole). Dans certains cas, l'analyse de la tumeur et du tissu autour d'elle montre que la marge de sécurité est insuffisante, le chirurgien est alors amené à proposer une seconde intervention. Elle est toujours associée à un examen des ganglions

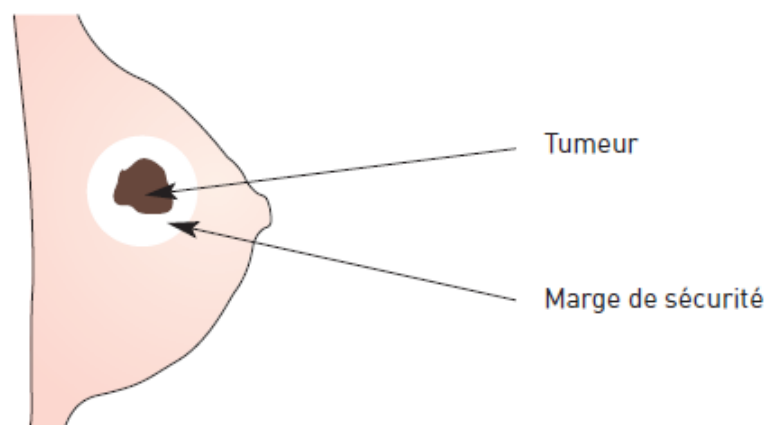


Figure 6 : Chirurgie conservatrice

Cette technique n'entraîne pas une déformation du sein trop importante.  
La chirurgie conservatrice s'accompagne toujours d'une radiothérapie

#### **1.4.1.2. La mastectomie totale :**

Consiste à enlever la glande mammaire dans son intégralité y compris l'aréole et le mamelon. Après cette intervention, le chirurgien prescrit une prothèse mammaire externe.

La reconstruction est possible environ un an après la fin du traitement de radiothérapie

#### **1.4.2. La radiothérapie :**

La radiothérapie est utilisée depuis de longues années pour traiter différents cancers. Elle consiste à recourir à des rayons X qui atteignent la tumeur et détruisent les cellules cancéreuses. Selon la zone et les organes de voisinage à traiter, les rayons utilisés sont différents (photons ou électrons). Ces divers types de rayons sont parfois associés entre eux. C'est pour cette raison que, pour un même traitement, une patiente peut être placée sous différents appareils : appareils de cobalthérapie ou accélérateurs linéaires.



Figure 7 : La radiothérapie

On effectue une radiothérapie en fonction du type de cancer et de son stade d'évolution. La radiothérapie est le plus souvent proposée après une chirurgie du sein (radiothérapie postopératoire). Elle a pour but de diminuer les risques que le cancer revienne localement au niveau de la paroi du thorax, de la cicatrice, du sein ou de certains ganglions, quel que soit le stade de la maladie. La radiothérapie est le plus souvent réalisée 3 à 6 semaines après la chirurgie.

Dans des cas particuliers, la radiothérapie est réalisée avant une chirurgie du sein (radiothérapie préopératoire). Elle a pour but de diminuer la taille de la tumeur et de proposer à la patiente, quand c'est possible, une chirurgie conservatrice si elle le souhaite.

Un traitement par radiothérapie traite et contrôle le cancer localement en évitant le plus possible les effets secondaires et les séquelles. Il doit garantir à la patiente des résultats esthétiques satisfaisants

#### **1.4.3. La chimiothérapie :**

Une chimiothérapie est un traitement qui agit dans l'ensemble du corps à l'aide de médicaments. Ces médicaments ont pour but de détruire les cellules cancéreuses ou de les empêcher de se multiplier.

La décision d'effectuer une chimiothérapie dépend des caractéristiques de chaque cancer. Une chimiothérapie complète un traitement chirurgical.

Une chimiothérapie se déroule en plusieurs cures, le plus habituellement sous forme de perfusions. Il existe de nombreux médicaments de chimiothérapie, souvent associés entre eux.

Une chimiothérapie adjuvante n'est pas proposée de façon systématique à toutes les patientes mais lorsque le cancer présente un risque de récurrence.

Le risque de récurrence dépend des caractéristiques du cancer et de l'âge de la patiente. On parle de facteurs pronostiques. Ces facteurs permettent de décider s'il faut faire un traitement médical adjuvant ou non.

Il existe sept facteurs pronostiques :

- Le nombre de ganglions envahis au niveau de l'aisselle
- le grade de la tumeur
- la taille de la tumeur
- la présence de récepteurs hormonaux dans les cellules de la tumeur
- les cellules cancéreuses qui circulent dans les vaisseaux
- l'expression d'une protéine particulière par les cellules cancéreuses : la protéine HER2
- l'âge de la patiente inférieur à 35 ans

Les médicaments les plus fréquemment utilisés sont :

- la doxorubicine (appelée aussi Adriamycine® ou Adriblastine®) et l'épirubicine (appelée aussi Farmorubicine®). Ce sont avec les taxanes, les médicaments de référence pour le traitement du cancer du sein
- les taxanes (docétaxel = Taxotère®, paclitaxel = Taxol®)
- le cyclophosphamide (appelé aussi Endoxan®)
- le fluoro-uracile (appelé aussi 5-FU)
- le méthotrexate

#### **1.4.4. Les anticorps monoclonaux :**

Les anticorps sont des protéines produites par les lymphocytes, cellules du système immunitaire qui protègent l'organisme contre les infections. Le rôle des anticorps est de neutraliser certaines substances chimiques, les antigènes, qu'ils reconnaissent comme n'appartenant pas à l'individu. Les anticorps sont importants pour lutter contre les infections et les cancers. Certains anticorps, appelés anticorps monoclonaux, peuvent être produits en laboratoire.

Un quart des tumeurs du sein possèdent à la surface de leurs cellules un grand nombre de protéines particulières appelées HER2 ou c-erb B2.

On dit que ces cellules surexpriment cette protéine (on parle aussi de surexpression ou d'amplification). HER2 est un facteur de croissance qui stimule la production de cellules cancéreuses.

De récentes études ont montré qu'un anticorps monoclonal, appelé

Trastuzumab empêche cette protéine d'agir en bloquant son récepteur.

La production des cellules cancéreuses est alors stoppée. Il est donc proposé comme traitement adjuvant chez des patientes atteintes d'un cancer du sein dont la tumeur possède beaucoup de protéines

HER2. Ce nouveau traitement réduit de 50 % environ le risque de récurrence dans les premières années.

### 1.4.5. L'hormonothérapie :

L'hormonothérapie est l'un des traitements du cancer du sein. C'est un traitement général qui agit dans l'ensemble du corps.

Certaines hormones secrétées par les ovaires stimulent la croissance des cellules cancéreuses. Une hormonothérapie vise à empêcher l'action de ces hormones ou à diminuer leur sécrétion afin de ralentir ou de stopper la croissance des cellules cancéreuses.

Il s'agit d'un traitement adjuvant qui complète le traitement local.

L'hormonothérapie du cancer du sein a deux objectifs :

- réduire le risque de récurrence dans le sein opéré, dans l'autre sein ou à distance (métastases)
- faciliter le traitement local du cancer. Lorsqu'une hormonothérapie est prescrite avant une chirurgie ou une radiothérapie, elle permet de diminuer la taille de la tumeur et facilite ainsi la chirurgie ou la radiothérapie. On parle alors d'hormonothérapie néoadjuvante.

Tous les cancers ne réagissent pas à l'action d'une hormonothérapie.

Pour réagir à une hormonothérapie, un cancer doit être hormonosensible, c'est-à-dire que les cellules de la tumeur doivent posséder des récepteurs hormonaux. Ces récepteurs détectent et captent les hormones qui passent dans le sang.

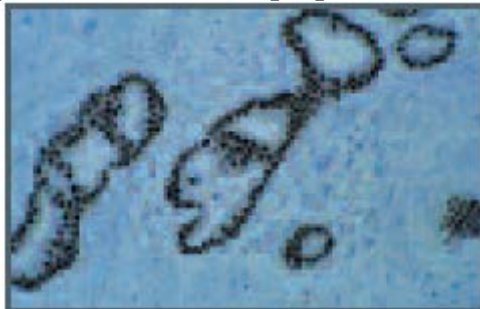


Figure 8 : Récepteurs hormonaux d'un cancer hormonosensible

La décision de proposer une hormonothérapie dépend :

- du fait que le cancer soit hormonosensible
- de l'âge de la femme et de son état hormonal (ménopausée ou non).
- de caractéristiques comme la présence de cellules cancéreuses dans les ganglions lymphatiques et les vaisseaux situés autour de la tumeur, la taille de la tumeur et son grade. On les appelle des facteurs de risque de récurrence métastatique
- de l'avis de la patiente

Chaque cancer est particulier et nécessite une hormonothérapie appropriée.

Il existe trois types d'hormonothérapie utilisés en traitement adjuvant :

- les antioestrogènes (le tamoxifène)
- les antiaromatases
- la suppression ovarienne chez les femmes non ménopausées

Certains effets secondaires d'une hormonothérapie sont semblables à ceux de la ménopause.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le contexte médical du cancer du sein,

- quelques définitions (sein, cancer, cancer du sein).
- les causes du cancer du sein.
- comment diagnostiquer le cancer du sein.
- les types de cancer du sein
- les différents traitements du cancer du sein.

## Chapitre 2 : Méthode de traitement d'images

### 2.1. Introduction :

une image numérique est une matrice de pixels repérés par leur coordonnées  $(x,y)$ . S'il s'agit d'une image couleur, un pixel est codé par 3 composantes (r,g,b) (chacune comprise au sens large entre 0 et 255), représentant respectivement les "doses" de rouge, vert et bleu qui caractérisent la couleur du pixel. S'il s'agit d'une image en niveau de gris, il est codé par 1 composante comprise au sens large entre 0 et 255, représentant la luminosité du pixel.

Avec la parole, l'image constitue l'un des moyens les plus importants qu'utilise l'homme pour communiquer avec autrui. C'est un moyen de communication universel dont la richesse du contenu permet aux êtres humains de tout âge et de toute culture de se comprendre.

C'est aussi le moyen le plus efficace pour communiquer, chacun peut analyser l'image à sa manière, pour en dégager une impression et d'en extraire des informations précises.

De ce fait, le traitement d'images est l'ensemble des méthodes et techniques opérant sur celles-ci, dans le but de rendre cette opération possible, plus simple, plus efficace et plus agréable, d'améliorer l'aspect visuel de l'image et d'en extraire des informations jugées pertinentes.

Dans ce cadre s'inscrit ce chapitre qui porte sur le développement d'une application permettant d'intégrer sous une seule interface graphique des outils de traitement et de manipulation d'images. Cette application sera développée sous Matlab

### Exemples de traitement d'images :

- Amélioration : augmenter la qualité de la perception visuelle qu'on a d'une image
- Restauration : compenser les dégradations (bruit, flou, ...)
- Compression : stocké et transférer efficacement
- Segmentation : de limiter les "objets"
- Reconstruction 3D : obtenir un volume à partir de plans (images)
- Représentation : modéliser
  - Bas niveau : texture, couleur, forme, etc.
  - Haut niveau : caractéristiques (*features*), apprentissage statistiques, graphes
- Analyse : convertir en informations
- Reconnaissance / Compréhension : identifier le contenu



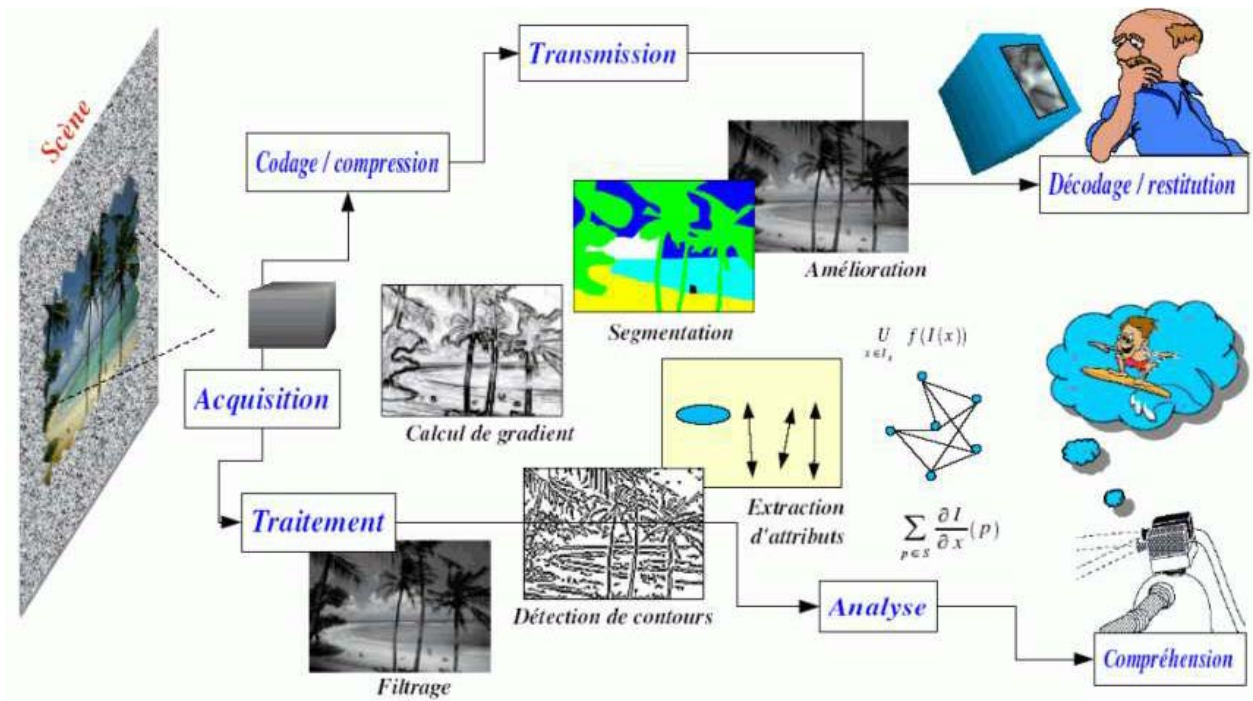


Figure 9 : vision globale de traitement d'images [5].

## 2.2. Filtre médian adaptatif :

### 2.2.1. Qu'est-ce qu'un filtre médian et ce qu'il fait ?

Le filtrage médian suit cette prescription de base. Le filtre médian est normalement utilisé pour réduire le bruit dans une image, un peu comme le filtre moyen. Cependant, il fait souvent un meilleur travail que le filtre moyen de préserver les détails utiles dans l'image. Cette classe de filtre appartient à la classe des filtres de lissage à préservation de contour qui sont des filtres non linéaires. Cela signifie que pour deux images  $A(x)$  et  $B(x)$  :

$$\text{median}[A(x) + B(x)] \neq \text{median}[A(x)] + \text{median}[B(x)]$$

Ces filtres lissent les données tout en conservant les détails petits et nets. La médiane est juste la valeur moyenne de toutes les valeurs des pixels dans le voisinage. Notez que ce n'est pas la même chose que la moyenne (ou moyenne) ; au lieu de cela, la médiane a la moitié des valeurs dans le voisinage plus grand et demi plus petit. La médiane est un «indicateur central» plus fort que la moyenne. En particulier, la médiane est à peine affectée par un petit nombre de valeurs discordantes parmi les pixels du voisinage. Par conséquent, le filtrage médian est très efficace pour éliminer différents types de bruit. La figure illustre un exemple de filtrage médian [6].

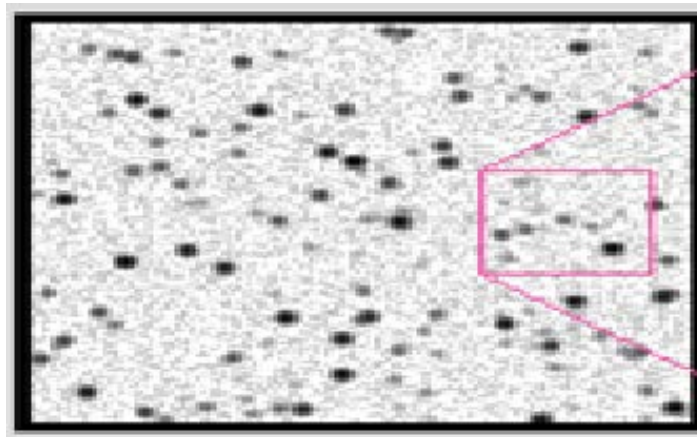


Figure 10 : L'image originale

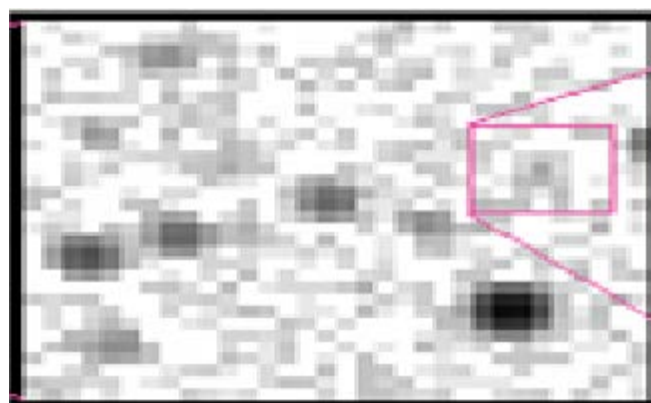


Figure11 : L'image originale (4\*zoom)

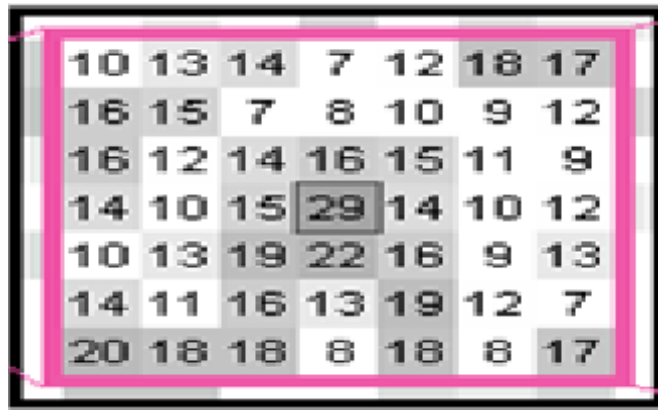


Figure12 : Masque 7\*7

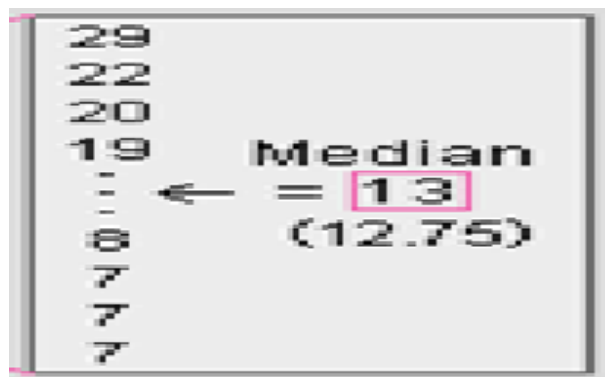


Figure13 : Le filtre

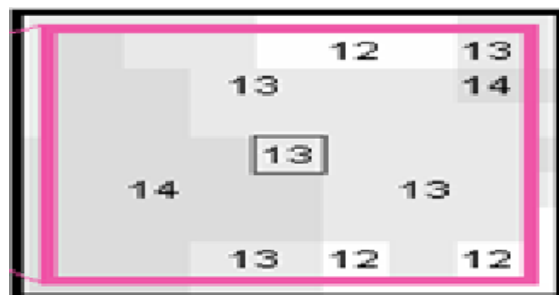


Figure14 : La zone filtrée



Figure15 : Zoom (l'image originale)

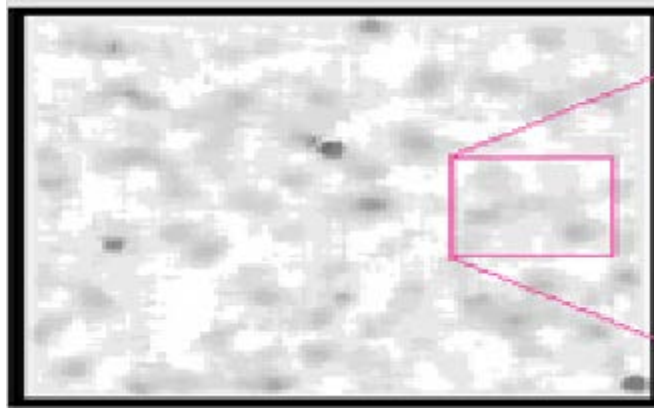


Figure16 : L'image originale filtrée

Comme le filtre moyen, le filtre médian considère tour à tour chaque pixel de l'image et regarde ses voisins proches pour décider s'il est représentatif ou non de son environnement. Au lieu de simplement remplacer la valeur de pixel par la moyenne des valeurs de pixels voisines, elle la remplace par la médiane de ces valeurs. La médiane est calculée en triant d'abord toutes les valeurs de pixels du voisinage environnant dans l'ordre numérique, puis en remplaçant le pixel considéré par la valeur du pixel intermédiaire. (Si le voisinage considéré contient un nombre pair de pixels, la moyenne des deux valeurs de pixel du milieu est utilisée.) La figure illustre un exemple de calcul.

123	125	126	130	140
122	124	126	127	135
118	120	150	125	134
119	115	119	123	133
111	116	110	120	130

Figure17 : Matrice de taille 5\*5

Les valeurs de voisinages :

115, 119, 120, 123, 124, 125, 126, 127 et 150

La valeur médiane est : 124

Calcul de la valeur médiane d'un voisinage de pixels. Comme on peut le voir, la valeur de pixel centrale de 150 est plutôt non représentative des pixels environnants et est remplacée par la valeur médiane : 124. Un voisinage carré de  $3 \times 3$  est utilisé ici --- les plus grands quartiers produiront un lissage plus sévère.

## 2.2.2. Qu'est-ce que le bruit ?

Le bruit est un signal indésirable. Le bruit est partout et nous devons donc apprendre à vivre avec. Le bruit est introduit dans les données via n'importe quel système électrique utilisé pour le stockage, la transmission et / ou le traitement. De plus, la nature jouera toujours un tour «bruyant» ou deux avec les données observées. Lorsque vous rencontrez une image corrompue par le bruit, vous souhaitez améliorer son apparence pour une application spécifique. Les techniques appliquées sont orientées application. De plus, les différentes procédures sont liées aux types de bruit introduits dans l'image. Quelques exemples de bruit sont : gaussien ou blanc, Rayleigh, Shot ou Impulse, périodique, sinusoïdal ou cohérent, non corrélé, et granulaire.

### 2.2.2.1. Modèles de bruit :

Le bruit peut être caractérisé par :

Fonction de densité de probabilité : gaussienne, uniforme, Poisson, etc.

Propriétés spatiales : corrélation

Propriétés de fréquence : bruit blanc vs bruit rose

Gaussian noise	$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$\mu,$	$\sigma^2$
Rayleigh noise	$p(z) = \frac{2}{b}(z-a)e^{-\frac{(z-a)^2}{b}} u(z-a),$	$\mu = a + \sqrt{\pi b/4},$	$\sigma^2 = \frac{b(4-\pi)}{4}$
Erlang (gamma) noise	$p(z) = \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!} e^{-az} u(z),$	$\mu = \frac{b}{a},$	$\sigma^2 = \frac{b}{a^2}$
Exponential noise	$p(z) = ae^{-az} u(z),$	$\mu = \frac{1}{a},$	$\sigma^2 = \frac{1}{a^2}$
Uniform noise	$p(z) = \frac{1}{b-a} [u(z-a) - u(z-b)],$	$\mu = \frac{a+b}{2},$	$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$
Poisson noise	$p(z) = \frac{e^{-\mu} \mu^z}{z!} u(z),$	$\mu$	$\sigma^2 = \mu$



Figure18 : Image originale

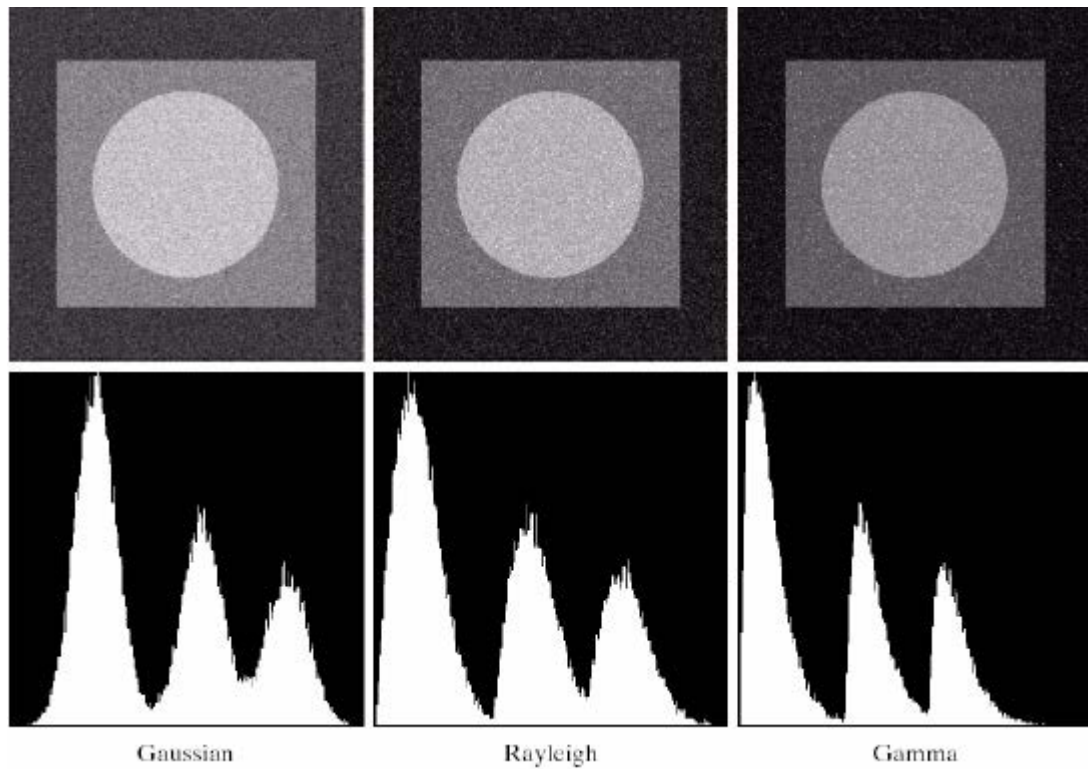


Figure19 : Images et histogrammes résultant de l'ajout de bruit gaussien, Rayleigh et Gamma à l'image originale.

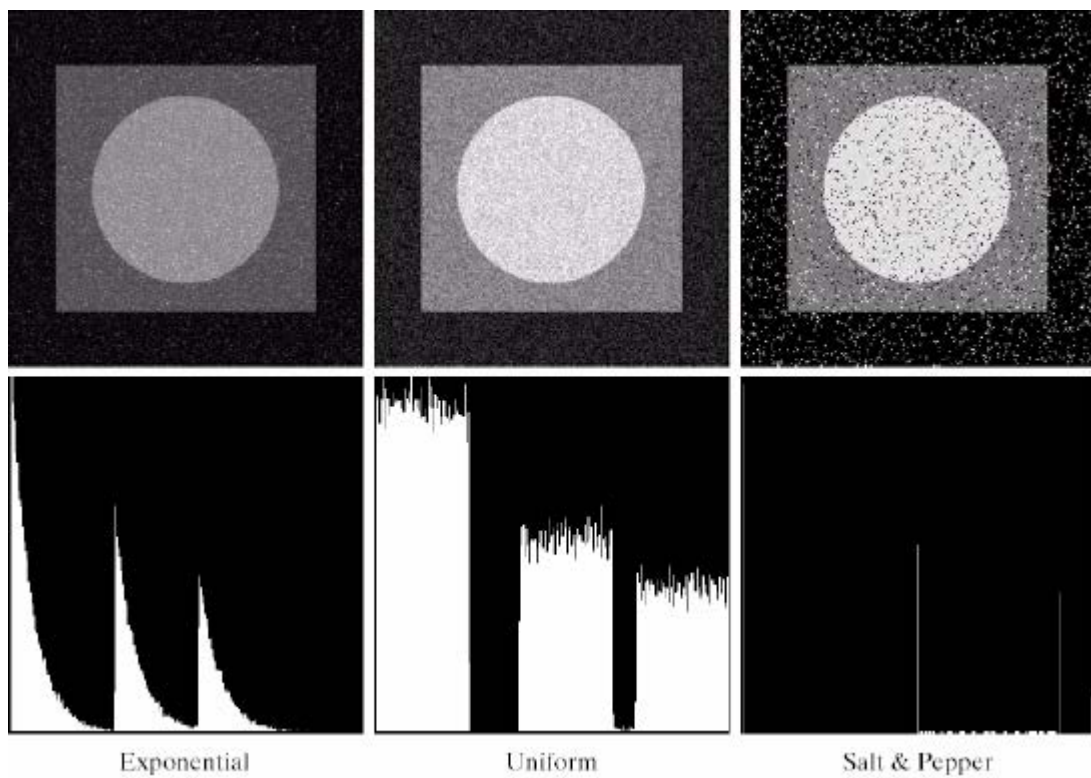


Figure20 : (suite) Images et histogrammes résultant de l'ajout de bruit Exponentiel, Uniforme et Sel & Poivre à l'image originale.

### 2.2.3. Filtrage médian adaptatif :

Par conséquent, le filtrage médian adaptatif a été largement appliqué en tant que méthode avancée par rapport au filtrage médian standard. Le filtre médian adaptatif effectue un traitement spatial pour déterminer quels pixels d'une image ont été affectés par le bruit impulsif. Le filtre médian adaptatif classe les pixels en tant que bruit en comparant chaque pixel de l'image à ses pixels voisins. La taille du quartier est réglable, ainsi que le seuil de comparaison. Un pixel qui est différent de la majorité de ses voisins, tout en n'étant pas structurellement aligné avec les pixels auxquels il est similaire, est étiqueté comme un bruit impulsif. Ces pixels de bruit sont ensuite remplacés par la valeur de pixel médiane des pixels dans le voisinage qui ont passé le test d'étiquetage de bruit.

#### 2.2.3.1. Objectif :

- Supprimer le bruit impulsif
- Lissage d'autres bruits
- Réduire la distorsion, comme l'amincissement excessif ou l'épaississement des limites d'un objet

#### 2.2.3.2. Comment ça marche ?

- Le filtre médian adaptatif change la taille de  $S_{xy}$  (la taille du voisinage) pendant le fonctionnement

#### 2.2.3.3. Notation :

$Z_{min}$  = valeur de niveau de gris minimum dans  $S_{xy}$

$Z_{max}$  = valeur maximale du niveau de gris dans  $S_{xy}$

$Z_{med}$  = médiane des niveaux de gris dans  $S_{xy}$

$Z_{xy}$  = niveau de gris aux coordonnées  $(x, y)$

$S_{max}$  = taille maximale autorisée de  $S_{xy}$

#### 2.2.3.4. Algorithme

Niveau A :  $A1 = Z_{med} - Z_{min}$

$A2 = Z_{med} - Z_{max}$

Si  $A1 > 0$  et  $A2 < 0$ , aller au niveau B

Sinon augmenter la taille de la fenêtre

Si la taille de la fenêtre  $< S_{max}$ , répétez le niveau A

Autre sortie  $Z_{xy}$



Niveau B :  $B1 = Z_{xy} - Z_{min}$

$B2 = Z_{xy} - Z_{max}$

Si  $B1 > 0$  et  $B2 < 0$ , sortie  $Z_{xy}$

Autre sortie  $Z_{med}$

### 2.2.3.5. Explication

Niveau A : Si  $Z_{min} < Z_{med} < Z_{max}$ , puis

- $Z_{med}$  n'est pas une impulsion

(1) aller au niveau B pour tester si  $Z_{xy}$  est une impulsion ...

AUTRE

- $Z_{med}$  est une impulsion

(1) la taille de la fenêtre est augmentée et

(2) le niveau A est répété jusqu'à ce que ...

(a)  $Z_{med}$  n'est pas une impulsion et va au niveau B ou

(b)  $S_{max}$  atteint : la sortie est  $Z_{xy}$

Niveau B : Si  $Z_{min} < Z_{xy} < Z_{max}$ , puis

- $Z_{xy}$  n'est pas une impulsion

(1) la sortie est  $Z_{xy}$  (distorsion réduite)

AUTRE

- soit  $Z_{xy} = Z_{min}$  ou  $Z_{xy} = Z_{max}$

(2) la sortie est  $Z_{med}$  (filtre médian standard)

- $Z_{med}$  n'est pas une impulsion (du niveau A)

### 2.2.3.6. Avantages

a. Le filtre médian standard ne fonctionne pas bien lorsque le bruit impulsif est une. Supérieur à 0,2, tandis que le filtre médian adaptatif peut mieux gérer ces bruits.

b. Le filtre médian adaptatif préserve le détail et le bruit lisse non impulsif, contrairement au filtre médian standard.

Voir les exemples de formes.



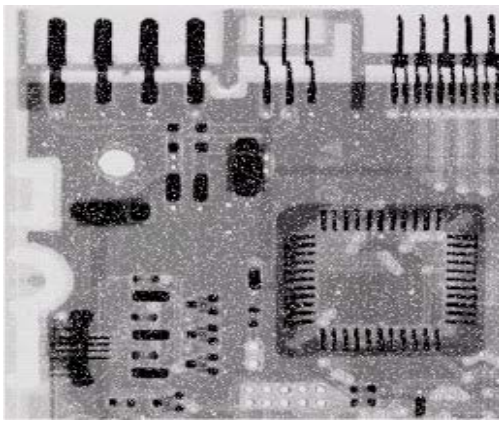


Figure21 : Image corrompue par le bruit impulsif

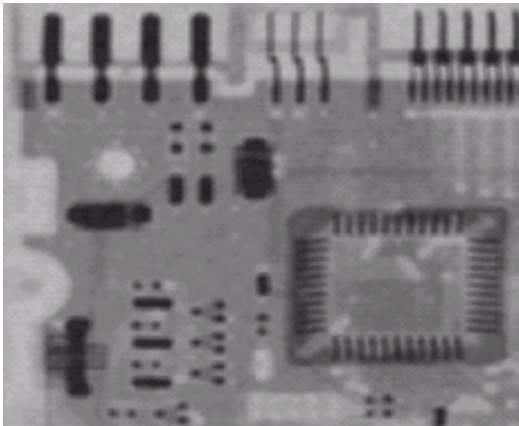


Figure22 : Résultat de filtrage moyen arithmétique avec une probabilité de 0,1

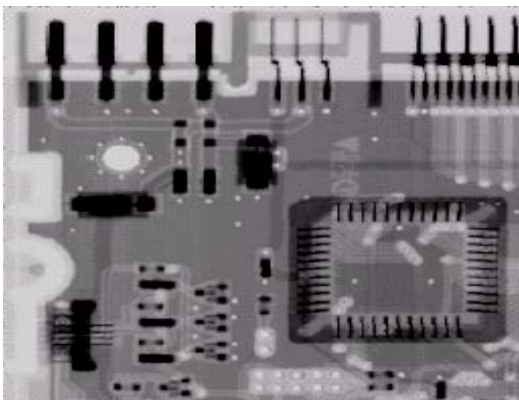


Figure23 : Résultat du filtrage médian standard

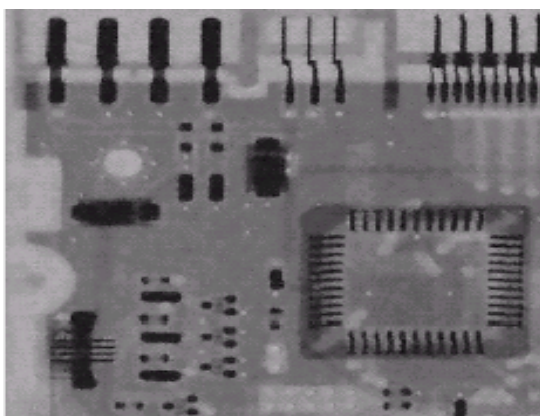


Figure 24 : Résultat du filtrage médian adaptatif

## 2.3. Gaussien Mixture Model (GMM) :

Est comme estimations de densité du noyau, mais avec un petit nombre de composants (plutôt qu'un composant par point de données [7]).

Il comporte trois (03) algorithmes :

- clustering k-means
- une version douce de k-means : algorithme EM (expectation-maximisation) pour le modèle de mélange gaussien
- Algorithme EM pour les problèmes généraux de données manquantes

### 2.3.1. Clustering k-means :

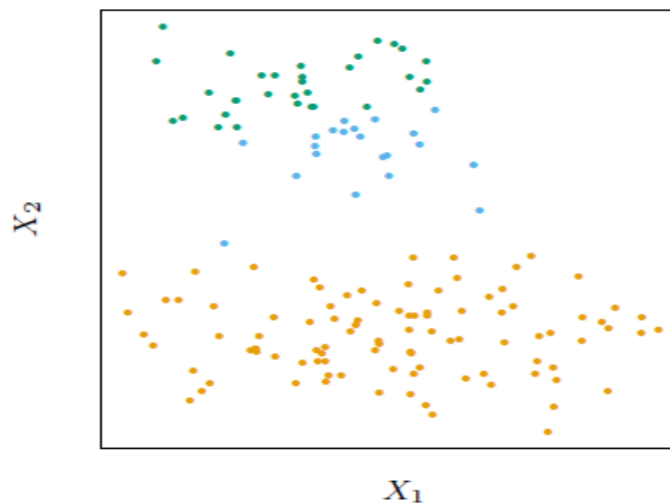


Figure 25 : Données simulées dans l'avion, regroupées en trois classes (représentées par le rouge, le bleu et le vert) par Algorithme de clustering K-means

#### 2.3.1.1. Algorithme de clustering K-means

- 1) Pour chaque point de données, le centre de cluster le plus proche (en distance euclidienne) est identifié.
- 2) Chaque centre de cluster est remplacé par moyenne coordonnée de tous les points de données qui sont les plus proches.
- Les étapes 1 et 2 sont alternées convergence. L'algorithme converge vers un local minimum de la somme intra-cluster de carrés.
- En général, on utilise plusieurs passages aléatoires début des suppositions, et choisit la solution avec le plus bas dans la somme des carrés des carrés.

### 2.3.1.2. K-means en action :

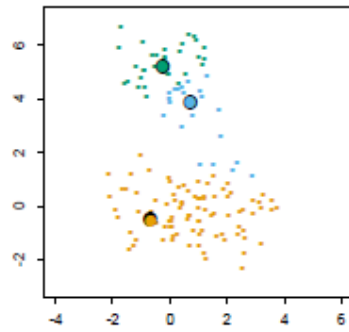


Figure 26 : Centroides initiaux

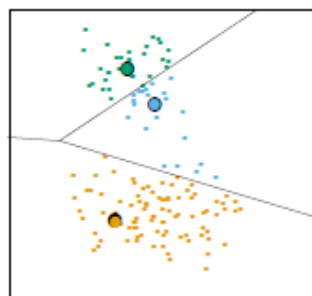


Figure 27 : Partition initiale

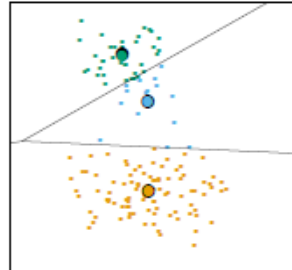


Figure 28 : Itération numéro 2

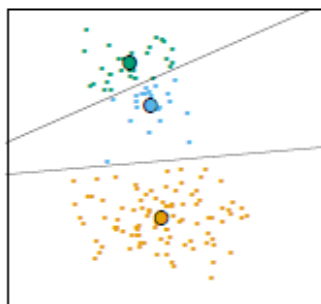


Figure 29 : Itération numéro 20

Figure30 : Itérations successives du clustering K-means algorithme pour les données simulées.

## 2.3.2. Mélange gaussien et EM :

### 2.3.2.1. Modèle de mélange :

$$f(x) = (1 - \pi)g_1(x) + \pi g_2(x)$$

### 2.3.2.2. Mélange gaussien :

$$g_j(x) = \phi_{\theta_j}(x), \theta_j = (\mu_j, \sigma_j^2)$$

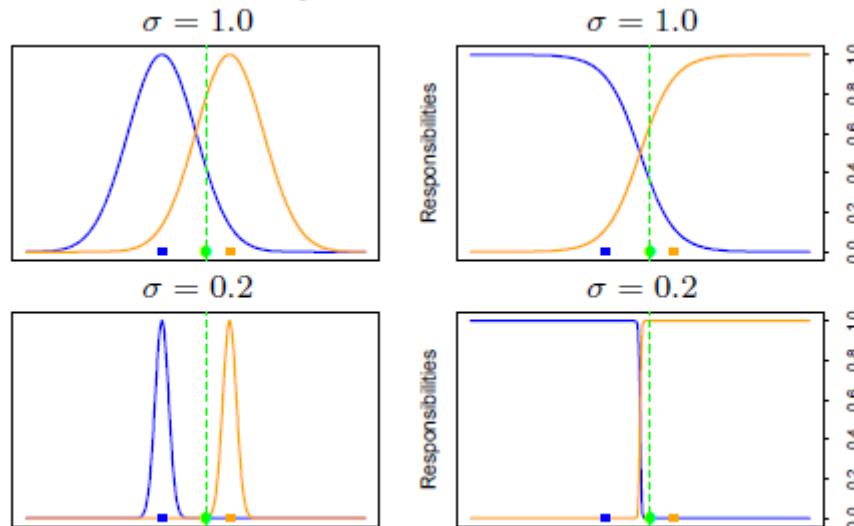


Figure 31 : courbes de mélange gaussien

### Description de courbes :

- Panneaux gauches : deux densités gaussiennes  $g_1(x)$  et  $g_2(x)$  (bleu et orange) sur la ligne réelle, et un point de données uniques (point vert) à  $x = 0,5$ . Les carrés colorés sont tracés à  $x = -1,0$  et  $x = 1,0$ , les moyennes de chaque densité.
- Panneaux droits : les densités relatives  $g_1(x) / (g_1(x) + g_2(x))$  et  $g_2(x) / (g_1(x) + g_2(x))$ , appelé les «responsabilités» de chaque groupe, pour ce point de données. Dans les panneaux supérieurs, le Gaussien écart-type  $\sigma = 1,0$ . dans les panneaux du bas  $\sigma = 0,2$ .
- L'algorithme EM utilise ces responsabilités pour faire une attribution "douce" de chaque point de données à chacun des deux groupes. Quand  $\sigma$  est assez grand, les responsabilités peuvent être près de 0.5 (elles sont 0.36 et 0,64 dans le panneau en haut à droite).
- Comme  $\sigma \rightarrow 0$ , les responsabilités  $\rightarrow 1$ , pour le cluster centre le plus proche du point cible, et 0 pour tous autres grappes. Cette affectation "difficile" est vu dans le panneau en bas à droite

### 2.3.2.3. Algorithme d'EM :

Modèle de mélange à deux composants

Le panneau gauche de la figure 1 montre un histogramme des 20 points de données fictifs dans le tableau 1.

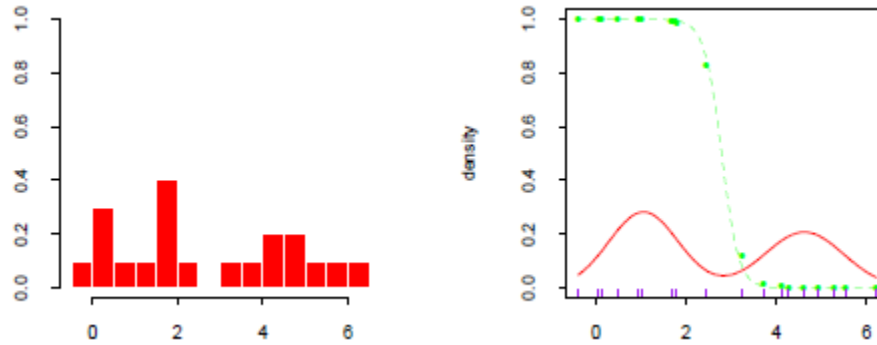


Figure32 : Exemple de mélange.

Panneau de gauche : histogramme des données. Panneau de droite : ajustement du maximum de vraisemblance des densités gaussiennes (rouge uni) et responsabilité (en pointillé vert) de la densité de la composante gauche pour l'observation  $y$ , en fonction de  $y$ .

Tableau 1 :

20 points de données fictifs utilisés dans l'exemple de mélange à deux composants de la figure 1.

-0.39	0.12	0.94	1.67	1.76	2.44	3.72	4.28	4.92	5.53
0.06	0.48	1.01	1.68	1.80	3.25	4.12	4.60	5.28	6.22

$$\begin{aligned}
 Y_1 &\sim N(\mu_1, \sigma_1^2), \\
 Y_2 &\sim N(\mu_2, \sigma_2^2), \\
 Y &= (1 - \Delta) \cdot Y_1 + \Delta \cdot Y_2,
 \end{aligned}$$

Où avec  $\Delta \in \{0, 1\}$

Soit  $\phi_\theta(x)$  désigné la densité normale avec des paramètres  $\theta = (\mu, \sigma^2)$ .

Alors la densité de  $y$  est :

$$g_Y(y) = (1 - \pi)\phi_{\theta_1}(y) + \pi\phi_{\theta_2}(y).$$

La log-vraisemblance de 1 jusqu'à  $N$  est :

$$\ell(\theta; \mathbf{z}) = \sum_{i=1}^N \log[(1 - \pi)\phi_{\theta_1}(y_i) + \pi\phi_{\theta_2}(y_i)].$$

La maximisation directe de  $\ell(\theta; \mathbf{z})$  est assez difficile numériquement, à cause de la somme des termes à l'intérieur le logarithme. Il y a, cependant, une plus simple approche. Nous considérons que latente n'est pas observée variables  $\Delta_i$  prenant les valeurs 0 ou 1 : si  $\Delta_i = 1$  alors  $Y_i$  vient du modèle 2, sinon il vient de modèle 1. Supposons que nous connaissions les valeurs du  $\Delta_i$ .

Alors la log-vraisemblance serait :

$$\begin{aligned} \ell_0(\theta; \mathbf{z}, \Delta) &= \sum_{i=1}^N [(1 - \Delta_i) \log \phi_{\theta_1}(y_i) + \Delta_i \log \phi_{\theta_2}(y_i)] \\ &\quad + \sum_{i=1}^N [(1 - \Delta_i) \log \pi + \Delta_i \log(1 - \pi)] \end{aligned}$$

Depuis les valeurs du  $\Delta_i$  Sont en réalité inconnus, nous procédons de manière itérative, en substituant pour chaque  $\Delta_i$  sa valeur attendue :

$$\gamma_i(\theta) = E(\Delta_i | \theta, \mathbf{z}) = \Pr(\Delta_i = 1 | \theta, \mathbf{z}),$$

Également appelé la responsabilité du modèle 2 pour observation  $i$ . Nous utilisons une procédure appelée l'algorithme d'EM.

#### 2.3.2.4. Algorithme EM pour un mélange gaussien à deux composants :

Faites des suppositions initiales pour les paramètres  $\hat{\mu}_1, \hat{\sigma}_1^2, \hat{\mu}_2, \hat{\sigma}_2^2, \hat{\pi}$

Étape d'attente : calculez les responsabilités

$$\hat{\gamma}_i = \frac{\hat{\pi} \phi_{\hat{\theta}_2}(y_i)}{(1 - \hat{\pi}) \phi_{\hat{\theta}_1}(y_i) + \hat{\pi} \phi_{\hat{\theta}_2}(y_i)}, \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Étape de maximisation : calculez les moyennes pondérées et variances

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_1 &= \frac{\sum_{i=1}^N (1 - \hat{\gamma}_i) y_i}{\sum_{i=1}^N (1 - \hat{\gamma}_i)}, & \hat{\sigma}_1^2 &= \frac{\sum_{i=1}^N (1 - \hat{\gamma}_i) (y_i - \hat{\mu}_1)^2}{\sum_{i=1}^N (1 - \hat{\gamma}_i)}, \\ \hat{\mu}_2 &= \frac{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_i y_i}{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_i}, & \hat{\sigma}_2^2 &= \frac{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_i (y_i - \hat{\mu}_2)^2}{\sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_i}, \end{aligned}$$

Et la probabilité de mélange

$$\hat{\pi} = \sum_{i=1}^N \hat{\gamma}_i / N.$$

Itérer ces étapes jusqu'à la convergence.

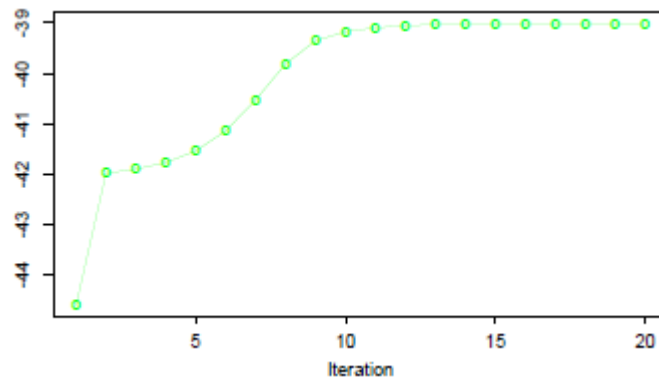


Figure 33 : Algorithme EM : log-vraisemblance des données observées en tant que fonction du numéro d'itération

Tableau 2 : itérations sélectionnées de l'algorithme EM pour l'exemple de mélange :

Itération	$\hat{\pi}$
1	0.485
5	0.493
10	0.523
15	0.544
20	0.546

Les estimations du maximum de vraisemblance final sont :

$$\hat{\mu}_1 = 4.62, \quad \hat{\sigma}_1^2 = 0.87,$$

$$\hat{\mu}_2 = 1.06, \quad \hat{\sigma}_2^2 = 0.77,$$

$$\hat{\pi} = 0.546.$$

### 2.3.3. Algorithme EM pour les problèmes généraux de données manquantes :

Nos données observées sont  $z$ , ayant une log-vraisemblance  $\ell(\theta; z)$  en fonction des paramètres  $\theta$ .

Les données latentes ou manquantes sont  $z^m$ , de sorte que là les données complètes sont  $t = (z, z^m)$  avec log-vraisemblance  $\ell_0(\theta; t)$ ,  $\ell_0$  basé sur la densité complète.

Dans le problème de mélange  $(z, z^m) = (y, A)$ .

#### 2.3.3.1. L'algorithme d'EM :

- L'algorithme EM1. Commencez avec des suppositions initiales pour les paramètres  $\theta^{(0)}$ .
- Étape d'attente : à la  $j$ 'ème étape, calculer

$$Q(\theta', \hat{\theta}^{(j)}) = E(\ell_0(\theta'; t) | z, \hat{\theta}^{(j)})$$

En fonction de l'argument fictif  $\theta'$ .

- Étape de maximisation : déterminer le nouveau estimateur  $\theta^{(j+1)}$  en tant que maximiseur de  $Q(\theta^{(j)})$  de  $\theta'$ .
- Itérer les étapes 2 et 3 jusqu'à la convergence.

### 2.4. Modèle de champ aléatoire de Markov caché (HMRF-EM) :

Les champs de Markov aléatoires (MRF) ont été largement utilisés pour problèmes de vision par ordinateur, tels que la segmentation d'image, reconstruction de surface et inférence de profondeur. Beaucoup de son succès attribue aux algorithmes efficaces, tels que modes conditionnels itérés, et sa prise en compte des deux "Fidélité des données" et "régularité du modèle" [8].

$$\mathbf{x}^* = \underset{\mathbf{x}}{\operatorname{argmax}} \{P(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta)P(\mathbf{x})\}. \quad (1)$$

Le cadre HMRF-EM a d'abord été proposé pour la segmentation des images IRM du cerveau [9]. Étant donné une image  $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_N)$  où chaque  $y_i$  est l'intensité d'un pixel, nous voulons déduire une configuration d'étiquettes  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_N)$  où  $x_i \in L$  et  $L$  est l'ensemble de toutes les étiquettes possibles. Dans un problème de segmentation binaire,  $L = \{0, 1\}$ . Selon le Critère MAP, nous recherchons l'étiquetage  $\mathbf{x}^*$  ce qui satisfait :

$$\begin{aligned} P(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta) &= \prod_i P(y_i|\mathbf{x}, \Theta) \\ &= \prod_i P(y_i|x_i, \theta_{x_i}), \end{aligned} \quad (2)$$



La probabilité a priori  $P(\mathbf{x})$  est une distribution de Gibbs, et la probabilité de probabilité conjointe est :

Où  $P(y_i | x_i, \theta_{x_i})$  est une distribution gaussienne avec des paramètres  $\theta_{x_i} = (\mu_{x_i}, \sigma_{x_i})$ .  
 $\theta_{x_i} = (\mu_{x_i}, \sigma_{x_i})$ .  $\Theta = \{\theta_l | l \in L\}$  est le jeu de paramètres, qui est obtenu par l'algorithme EM.

### 2.4.1. Algorithme EM :

$$\Theta = \{\theta_l | l \in L\}$$

$$\Theta = \{\theta_l | l \in L\}.$$

Nous utilisons l'algorithme EM pour estimer le jeu de paramètres

Nous décrivons l'algorithme EM par le Suivant :

1. Démarrer : Supposons que nous ayons un jeu de paramètres initial  $\Theta^{(0)}$ .
2. étape 1 : A l'i ème itération, nous avons  $\Theta^{(i)}$ , et nous calculons l'espérance conditionnelle :

$$\begin{aligned} Q(\Theta | \Theta^{(i)}) &= E \left[ \ln P(\mathbf{x}, \mathbf{y} | \Theta) | \mathbf{y}, \Theta^{(i)} \right] \\ &= \sum_{\mathbf{x} \in \chi} P(\mathbf{x} | \mathbf{y}, \Theta^{(i)}) \ln P(\mathbf{x}, \mathbf{y} | \Theta). \end{aligned} \quad (3)$$

Où  $\chi$  est l'ensemble de toutes les configurations possibles d'étiquettes.

3. étape 2 : Maintenant, maximisez  $Q(\Theta | \Theta^{(i)})$  pour obtenir la prochaine estimation :

$$\Theta^{(i+1)} = \underset{\Theta}{\operatorname{argmax}} Q(\Theta | \Theta^{(i)}). \quad (4)$$

Ensuite, laissez  $\Theta^{(i+1)} \rightarrow \Theta^{(i)}$  et répétez à partir de l'étape 1.

Soit  $G(z; \theta_l)$  une fonction de distribution gaussienne avec paramètres  $\theta_l = (\mu_l, \sigma_l)$ :

$$G(z; \theta_l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_l^2}} \exp\left(-\frac{(z - \mu_l)^2}{2\sigma_l^2}\right). \quad (5)$$

Nous supposons que la probabilité a priori peut s'écrire

$$P(\mathbf{x}) = \frac{1}{Z} \exp(-U(\mathbf{x})), \quad (6)$$

Où  $U(\mathbf{x})$  est la fonction d'énergie antérieure. Nous supposons également cette

$$\begin{aligned}
P(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta) &= \prod_i P(y_i|x_i, \theta_{x_i}) \\
&= \prod_i G(y_i; \theta_{x_i}) \\
&= \frac{1}{Z'} \exp(-U(\mathbf{y}|\mathbf{x})). \quad (7)
\end{aligned}$$

Avec ces hypothèses, l'algorithme HMRP-EM est donné au-dessous de :

1. Commencez avec le jeu de paramètres initial  $\Theta^{(0)}$ .
2. Calculez la distribution de vraisemblance  $P(t)$  ( $y_i | x_i, \theta_{x_i}$ ).
3. En utilisant le jeu de paramètres actuel  $\Theta^{(t)}$  pour estimer les étiquettes par estimation de MAP :

$$\begin{aligned}
\mathbf{x}^{(t)} &= \underset{\mathbf{x} \in \mathcal{X}}{\operatorname{argmax}} \{P(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta^{(t)})P(\mathbf{x})\} \\
&= \underset{\mathbf{x} \in \mathcal{X}}{\operatorname{argmin}} \{U(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta^{(t)}) + U(\mathbf{x})\}. \quad (8)
\end{aligned}$$

4. Calculer la distribution postérieure pour tout  $l \in L$  et tous pixels  $y_i$  :

$$P^{(t)}(l|y_i) = \frac{G(y_i; \theta_l)P(l|x_{N_i}^{(t)})}{P^{(t)}(y_i)}, \quad (9)$$

Où  $x_{N_i}^{(t)}$  est la configuration de voisinage de  $x$  (it), et

$$P^{(t)}(y_i) = \sum_{l \in L} G(y_i; \theta_l)P(l|x_{N_i}^{(t)}). \quad (10)$$

Notez ici nous avons

$$P(l|x_{N_i}^{(t)}) = \frac{1}{Z} \exp\left(-\sum_{j \in N_i} V_c(l, x_j^{(t)})\right) \quad (11)$$

5. Utilisez  $P^{(t)}(l | y_i)$  pour mettre à jour les paramètres :

$$\mu_i^{(t+1)} = \frac{\sum_i P^{(t)}(l|y_i)y_i}{\sum_i P^{(t)}(l|y_i)}, \quad (12)$$

$$(\sigma_i^{(t+1)})^2 = \frac{\sum_i P^{(t)}(l|y_i)(y_i - \mu_i^{(t+1)})^2}{\sum_i P^{(t)}(l|y_i)}. \quad (13)$$

## 2.4.2. Estimation du PAM :

Dans l'algorithme EM, nous devons résoudre pour  $\mathbf{x}^*$  cela minimise l'énergie totale postérieure

$$\mathbf{x}^* = \underset{\mathbf{x} \in \mathcal{X}}{\operatorname{argmin}} \{U(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta) + U(\mathbf{x})\} \quad (14)$$

Avec  $\mathbf{y}$  et  $\Theta$  donnés, où l'énergie de vraisemblance est

$$\begin{aligned} U(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta) &= \sum_t U(y_t|x_t, \Theta) \\ &= \sum_t \left[ \frac{(y_t - \mu_{x_t})^2}{2\sigma_{x_t}^2} + \ln \sigma_{x_t} \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

La fonction d'énergie antérieure  $U(\mathbf{x})$  a la forme

$$U(\mathbf{x}) = \sum_{c \in \mathcal{C}} V_c(\mathbf{x}), \quad (16)$$

Où  $V_c(\mathbf{x})$  est le potentiel de la clique et  $\mathcal{C}$  est l'ensemble de toutes cliques possibles.

Dans le domaine de l'image, nous supposons qu'un pixel a le plus 4 voisins : les pixels dans son 4-voisinage. Alors le potentiel de la clique est défini sur des paires de pixels voisins :

$$V_c(x_i, x_j) = \frac{1}{2}(1 - I_{x_i, x_j}), \quad (17)$$

Où

$$I_{x_i, x_j} = \begin{cases} 0 & \text{if } x_i \neq x_j \\ 1 & \text{if } x_i = x_j \end{cases}. \quad (18)$$

Nous avons développé un algorithme itératif à résoudre

$$\mathbf{x}^* = \underset{\mathbf{x} \in \mathcal{X}}{\operatorname{argmin}} \{U(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta) + U(\mathbf{x})\}$$

1. Pour commencer, nous avons une estimation initiale  $\mathbf{x}^{(0)}$ , qui est à partir de la boucle précédente de l'algorithme EM.

2. Avec  $\mathbf{x}^{(k)}$ , pour tout  $1 \leq i \leq N$ , nous trouvons

$$x_i^{(k+1)} = \underset{l \in \mathcal{L}}{\operatorname{argmin}} \{U(y_i|l) + \sum_{j \in \mathcal{N}_i} V_c(l, x_j^{(k)})\}. \quad (19)$$

3. Répétez l'étape 2 jusqu'à ce que  $U(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \Theta) + U(\mathbf{x})$  converge ou  $k$  maximum est atteint.

### 2.4.3. Segmentation de l'image de préservation du bord antérieur :

Pour utiliser la structure HMRF-EM pour la segmentation d'image, nous générons d'abord une segmentation initiale en utilisant k-means regroupement sur les intensités de niveaux de gris des pixels. La première segmentation fournit les étiquettes initiales  $x^{(0)}$  pour le MAP algorithme, et les paramètres initiaux  $\Theta^{(0)}$  pour l'algorithme EM. Ensuite, nous exécutons l'algorithme EM, et le résultat la configuration de l'étiquette  $x$  sera un résultat de segmentation raffiné. Maintenant, nous aimerions que notre segmentation préserve les bords obtenus par un algorithme de détection de bord, tel que 2 Détection de bord de Canny [9], détection de bord de Sarkar-Boyer [10], ou la détection de contour de Berkeley [11]. Supposons que nous avons une carte de bord binaire  $z$ , où  $z_i = 1$  si le  $i$  ème pixel est sur un bord, et  $z_i = 0$  sinon. Ensuite, nous modifions (19) a

$$x_i^{(k+1)} = \underset{l \in L}{\operatorname{argmin}} \{U(y_i|l) + \sum_{j \in N_i, z_j=0} V_c(l, x_j^{(k)})\}. \quad (20)$$

### 2.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a parlé sur le traitement d'images et les méthodes utilisés tel que :

- filtre médian adaptatif  
Définition, comment le utilisé importance de filtre et quelques exemples.
- La méthode de Gaussien Mixture Model (GMM)  
Définition, son intérêt et l'utilisation, et quelques exemples.
- Modèle de champ aléatoire de Markov caché (HMRF-EM)

## Chapitre 3 : Caractérisation, classification et interface

### 3.1. Introduction :

Ce chapitre contient deux axes : la caractérisation du tissu mammaire par le calcul de contraste, homogénéité, énergie et corrélation. Nous présentons d'abord les résultats obtenus pour la caractérisation des images mammographiques. Ensuite nous appliquons autres méthodes pour la caractérisation des tissus mammaires. Ensuite nous utilisons réseau de neurones pour la classification.

### 3.2. Importance du sujet :

En Algérie et dans le monde, le cancer est devenu une maladie mortelle et de plus en plus de personnes souffrent du cancer. Selon une enquête, une femme sur 30 souffre de cette maladie au cours de sa vie. Augmentation dans les cas de cancer du sein et une chose qui est très importante que si nous pouvons détecter le cancer à un stade précoce, il y a une augmentation des chances de guérir. Ainsi, ce projet jette les bases d'une automatisation de la détection du cancer. Que de plus en plus de gens peuvent l'obtenir en diagnostiquant tôt afin d'être guéri.

Les signes de détection sont les masses et les micro-grappes de calcification qui sont importantes dans la détection précoce du cancer du sein.

La calcification microscopique n'est rien d'autre que de minuscules dépôts minéraux dans le tissu mammaire. Ils ressemblent à de petites taches blanches. Ils peuvent ou peuvent ne pas être causés par le cancer.

Les masses peuvent être nombreuses, y compris les kystes (sacs remplis de liquide) et les tumeurs solides non cancéreuses, mais elles peuvent également être cancéreuses.

La difficulté dans la détection du cancer est que les anomalies des tissus mammaires normaux sont difficiles à lire en raison de leur apparence subtile et de leurs marges ambiguës. Des outils automatisés qui peuvent aider les radiologues à détecter précocement le cancer du sein.

De plus, nous avons classé le cancer en trois catégories après sa détection : Normal, Malin, Bénin.

### 3.3. La base d'images :

Comme nous nous intéressons aux pathologies liées au cancer du sein, nous avons utilisé la base de données MIAS de la société d'analyse d'images de mammographie. C'est une organisation des groupes de recherches sur les mammographies du royaume uni (United Kingdom) qui a développé cette base de données de mammographies numériques avec une résolution spatiale de 1024\*1024 pixels pour chaque image. La base MIAS est composée d'un total de 322 mammographies. Différents types de maladies sont présentées dans la base de données.

Les images comportent plusieurs pathologies et la base de données offre, pour chaque image des informations telles que le type de tissu, type d'anomalie (s'il y a lieu), la

gravité de l'anomalie ainsi que l'emplacement de l'anomalie. La figure 35 est exemple de coupes mammographiques [12].

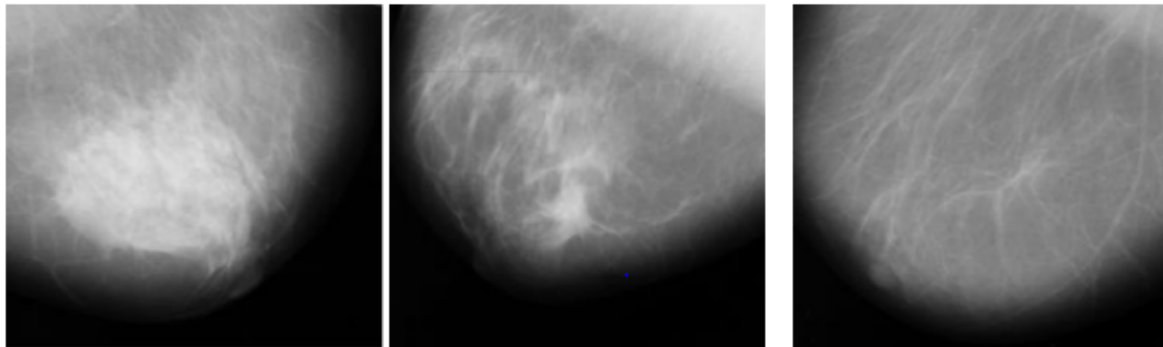


Figure 35 : quelques images de la base d'images

Entre 322 images de la base, nous choisissons 60 images :

- 20 normales
- 20 bénignes
- 20 malignes

### 3.4. Méthodologie :

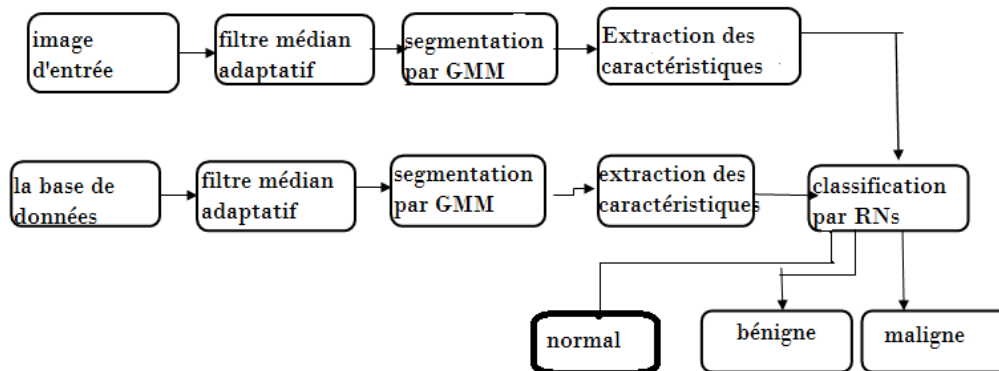


Schéma fonctionnel du projet :

### 3.5. Caractérisation :

#### 3.5.1. Prétraitement :

Nous avons utilisé un filtre moyen adaptatif pour supprimer le bruit de l'image, car il est meilleur parmi tous les filtres spatiaux distinguent les détails fins du bruit.

Le filtre Adaptive Médian effectue un traitement spatial pour déterminer quels pixels d'une image ont été affectés par Le filtre Adaptive Médian filtre les pixels en tant que bruit en comparant chaque pixel de l'image. À ses pixels voisins.

La taille du quartier est réglable, ainsi que le seuil de comparaison. Qui est différent de la majorité de ses voisins, tout en n'étant pas structurellement aligné avec Les pixels auxquels il est semblable sont étiquetés comme bruit impulsif.

Ces pixels de bruit sont ensuite remplacés par la valeur de pixel médiane des pixels dans le voisinage qui ont passé le test d'étiquetage du bruit. Nous convertissons d'abord l'image en image en niveaux de gris, puis appliquer un filtrage moyen adaptatif à l'image résultante, puis convertir l'image en non signé Entier 8 utilisant la fonction `unit8 ()`. De cette façon, nous avons prétraité l'image.

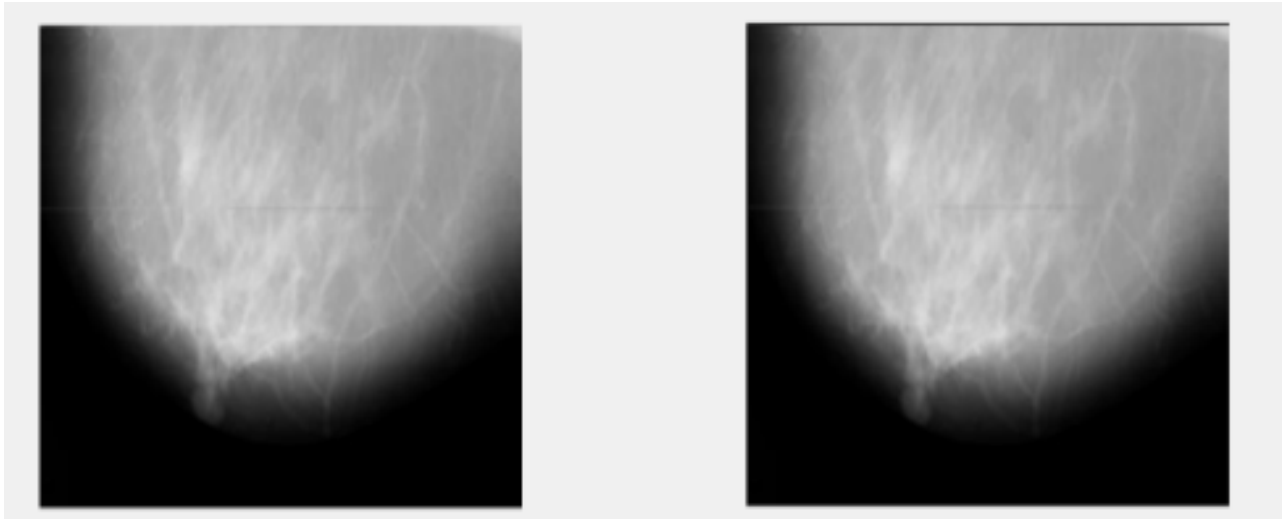


Figure 36 : Résultat de filtrage.

### 3.5.2. Segmentation :

Ensuite, nous avons effectué la segmentation GMM (Gaussien Mixture Model) sur l'image prétraite. Avec le nombre de régions 2 et le nombre de composants GMM 2 et le nombre maximum d'itérations 10. Nous a effectué une segmentation k-means avec  $k = 2$ . Puis nous avons implémenté HMRF-EM (Modèle de champ aléatoire de Markov caché) et son algorithme de prévision-maximisation.

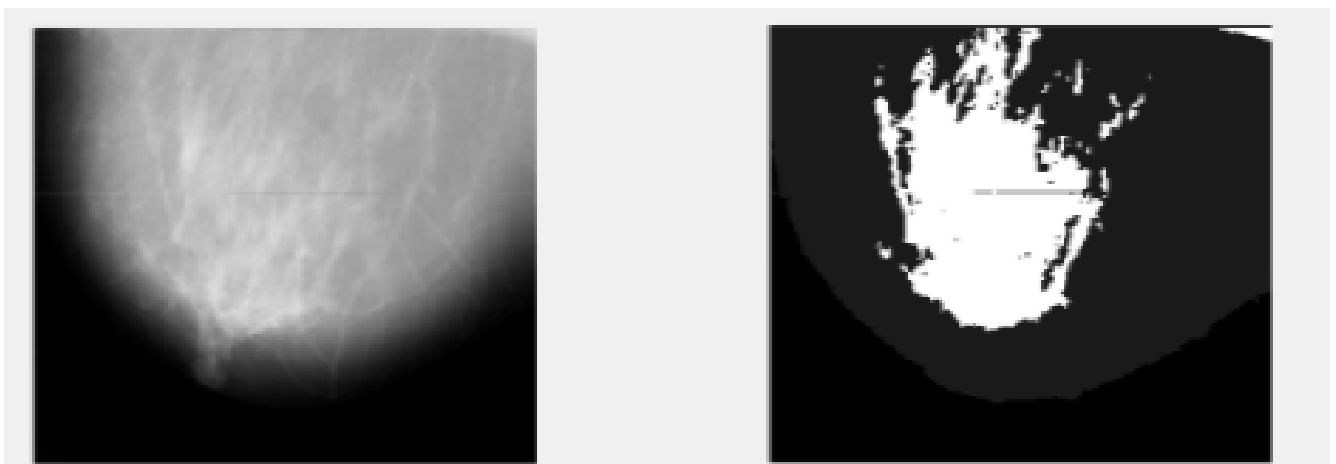


Figure 37 : résultat de segmentation

### 3.5.3. L'analyse de texture :

L'analyse de texture regroupe un ensemble de techniques permettant de quantifier les différents niveaux de gris présents dans une image en termes d'intensité et de distribution dans le but de calculer un certain nombre de paramètres caractéristiques de la texture à étudier.

#### 3.5.3.1. Matrice de co-occurrence :

La matrice de co-occurrence est largement utilisée dans l'analyse de texture. Elle est très facile à mettre en œuvre et donne de bons résultats sur plusieurs types de texture. Dans la plupart des applications, les images utilisées sont représentées en niveaux de gris et la matrice de co-occurrence est connue sous le nom GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix). La matrice de co-occurrence  $C$  d'un vecteur de déplacement  $(\Delta x, \Delta y)$  d'une image  $I$  de la taille  $(m \times n)$  est définie par la formule [13] :

$$C_{\Delta x, \Delta y}(x, y) = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^m \begin{cases} 1, & \text{si } I(p, q) = i \text{ et } I(p + \Delta x, q + \Delta y) = j \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

La méthode des matrices de cooccurrence exploite les relations qui existent entre les pixels de l'image dans une direction  $\theta$  et une distance donnée  $d$ . Il s'agit en fait de la probabilité de trouver, si on part d'un pixel de valeur  $i$ , un pixel de valeur  $j$  quand on se déplace en suivant un vecteur dans la direction  $\theta$  d'une distance  $d$ . [14]

Un important problème de ces matrices est leur manipulation. En effet, elles sont de taille imposante et utilisent un grand espace de mémoire, puisque le nombre d'éléments qui les composent est de  $N_g * N_g$  ( $N_g$  étant le nombre de niveaux de gris de l'image). C'est pour cette raison même que l'on procède à une étape de normalisation. [15].

La matrice de co-occurrence  $C$  d'un vecteur de déplacement  $(dx, dy)$ , d'une image  $P$  de taille  $M \times N$  est définie par la formule suivante:

#### 1- Initialisation :

$$\sum_{x=1}^{N_g} \sum_{y=1}^{N_g} C(x, y) = 0$$

Où  $N_g$  est la valeur maximale du niveau de gris de l'image  $P$

Nous utilisons la matrice de co-occurrence normalisée pour calculer :

#### 2- Remplissons de la matrice :

$$\sum_{x=1}^{N_g} \sum_{y=1}^{N_g} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \begin{cases} C(x, y) = 1 + C(x, y) & \text{si } p(i, j) = i \text{ et } p(i + dx, j + dy) = j \\ C(x, y) = C(x, y) & \text{sinon} \end{cases}$$

Généralement on ne calcule pas la matrice de co-occurrence sur l'image d'origine, mais plutôt sur l'image ayant subi une réduction des niveaux de gris. On réduit généralement le nombre de niveau de gris de 256 à 16,32 ou bien 64. Cette réduction



du nombre de niveaux de gris permet de de garder l'information nécessaire relative aux régions pertinentes de l'image, et surtout de supprimer tous les problèmes de bruits et autres déformations éventuelles qui sont présentes sur l'image.

### 3.5.3.2. Extraction des descripteurs de haralick :

Quatorze (14) descripteurs de textures basées sur le calcul des matrices de cooccurrences ont été proposés par haralick, Julesz, Gagalowicz et Weska [16].

#### 1. Le Contraste :

Ce paramètre a une valeur numérique importante si les  $p(i,j)$  sont concentrés hors diagonale.

Mesure les variations locales des niveaux de gris. Si elles sont importantes

$$CON = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_x} (i-j)^2 * p(i, j)$$

#### 2. énergie :

faible lorsque les  $p(i,j)$  ont des valeurs très proches et une grande valeur lorsque certaines valeurs sont grandes et d'autres petites

$$ENER = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_x} p(i, j)^2$$

#### 3. Corrélation :

Ce paramètre a une grande valeur quand les valeurs sont uniformément distribuées dans la matrice de co-occurrence et une faible valeur dans le cas contraire

$$COR = \frac{\sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_x} (i - \mu_x)(j - \mu_y) p(i, j)}{\sigma_x \sigma_y}$$

#### 4. Variance :

Donne l'écart carré moyen des niveaux de gris par rapport à la moyenne c.à.d. il mesure l'ampleur des variations d'intensité par rapport à la moyenne

$$VAR = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_x} (i - MOY)^2 * p(i, j)$$

#### 5. Homogénéité :

Est d'autant plus élevé que l'on retrouve souvent le même couple de pixels, ce qui est le cas lorsque le niveau de gris est uniforme ou quand il y a une périodicité spatiale.

Ce paramètre indique une mesure de l'uniformité des niveaux de gris de l'image

$$HOM = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_x} \frac{p(i, j)}{1 + (i - j)^2}$$

#### 6. Cluster Shade :

Le groupe de nuance mesure la distribution des niveaux de gris autour de la moyenne, avec une capacité de discrimination élevée à l'ordre 3

$$CSH = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_x} (i + j - MOY)^3 * p(i, j)$$

#### 7. Le Cluster Prominence :

$$CPN = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_x} (i + j - MOY)^4 * p(i, j)$$

## 8. Moyenne :

La moyenne est définie par la formule au-dessous, où est la somme des niveaux de gris des pixels d'image

$$\text{Moyenne} = \sum_{i=0}^{N_G-1} \sum_{j=0}^{N_G-1} Mc(i, j)$$

## 9. Entropie :

Faible si on a souvent les mêmes couples de pixels. C'est un indicateur de désordre.

$$\text{Entropy} = -\sum_{i,j} P(i, j) * \log(P(i, j))$$

## 10. Inertie

Plus la texture est contrastée, plus ce terme est grand

$$\text{Inertia} = \sum_{i,j} (i-j)^2 * P(i, j)$$

## 11. Probabilité Maximale :

C'est simplement la valeur maximale normalisée d'une des matrices ou de toutes les matrices de cooccurrence considérées.

$$\text{où } \mu_i = \sum_{i=0}^{N_G-1} i \sum_{j=0}^{N_G-1} Mc(i, j) \text{ (moyennes des lignes)}$$

$$\text{où } \mu_j = \sum_{j=0}^{N_G-1} j \sum_{i=0}^{N_G-1} Mc(i, j) \text{ (moyennes des colonnes)}$$

Où Mc est la matrice de cooccurrence

## 12. Inverse Variance :

Inverse variance donné par la formule au-dessous :

$$\text{Inverse Variance} = \sum_{i, j} \frac{P(i, j)}{(i - j)^2}$$

Avec P (i,j) est la valeur de niveau de gris de la pixel dont les coordonnées i et j .

### 13. Écart-type local :

L'écart-type mesure l'énergie locale d'une texture

$$\sigma_i^2 = \sum_{i=0}^{N_G-1} (i - \mu_i)^2 \sum_{j=0}^{N_G-1} Mc(i, j)$$

$$\sigma_j^2 = \sum_{j=0}^{N_G-1} (j - \mu_j)^2 \sum_{i=0}^{N_G-1} Mc(i, j)$$

### 14. Moment Différentiel inverse :

Plus on retrouve le même couple de pixels, plus cet indice est élevé, par exemple image uniforme, ou texture périodique dans le sens de la translation

$$\text{Moment Différentiel inverse} = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i - j)^2} P(i, j)$$

## 3.6. Réseaux de neurone probabiliste (Probabilistic Neural Network : PNN) :

Nous allons utiliser les PNN qui sont des réseaux de neurones probabilistes.

### 3.6.1. Définition :

Un réseau de neurones probabiliste (PNN) est basé sur le neurone à fonction radiale de base (appeler aussi noyau). Ce neurone calcule la distance entre l'entrée et son centre qu'il fait passer ensuite dans un non linéarité (figure 38). Dans ce modèle l'opération distance remplace l'opération produit scalaire des neurones formel [17].

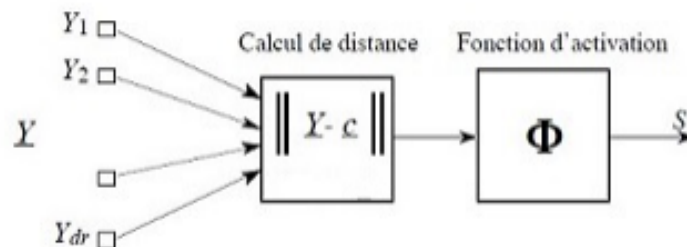


Figure 38 : Neurone élémentaire à noyau

La sortie S du neurone s'écrit sous la forme :

$$S = \phi(\| Y - c \|)$$

Les neurones à fonction radiale de base (RBF) utilisent des fonctions d'activation définies de  $\mathbb{R}$  vers  $\mathbb{R}^+$  qui sont symétrique radialement par rapport à un point (d'où la dénomination de neurone à fonctions radiales de base) parmi lesquelles on peut citer :

- fonction gaussien :

$$\phi(v) = \exp\left(-\frac{v^2}{2\beta^2}\right)$$

- fonction thin plate :

$$\phi(v) = v^2 \log(v)$$

- fonction multi quadratique :

$$\phi(v) = \sqrt{(v^2 + \beta^2)}$$

La fonction d'activation gaussienne est le plus utilisé. La valeur que prend sa sortie d'autant plus importante que l'entrée est plus proche de son centre et elle tend vers zéro lorsque la distance entrée-centre devient importante. Le paramètre  $\beta$  permet de contrôler la vitesse de décroissance de la fonction  $\phi$ . L'architecture d'un réseau PNN s'organise en deux couches seulement : une couche cachée et une couche de sortie. La première couche, constituée de  $N_c$  noyaux élémentaires effectue une transformation non linéaire de l'espace d'entrée. La seconde couche de sortie calcul une combinaison linéaire des sorties des noyaux élémentaires.

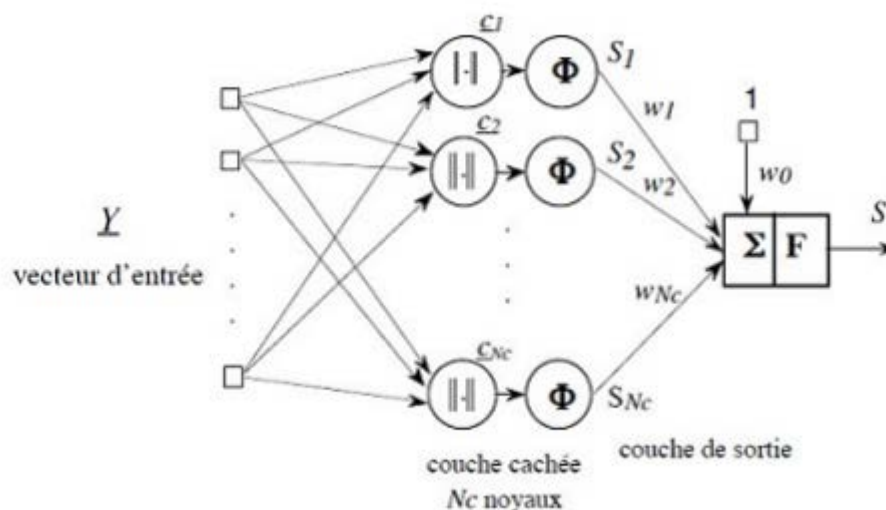


Figure 39 : Architecture d'un réseau PNN

### 3.6.1.2 Apprentissage :

Les paramètres ajustables dans un réseau PNN sont :

- la position des centres  $c_i$ .
- l'optimisation du nombre  $N_c$  de noyaux.
- valeur de l'écart-type  $\beta_i$  associés à chaque noyau (neurone)
- les poids de la couche de sortie  $w$ .

### 3.7. Interface :

Interface aide au diagnostic dédié à médecin.

Nous allons introduire image par image.

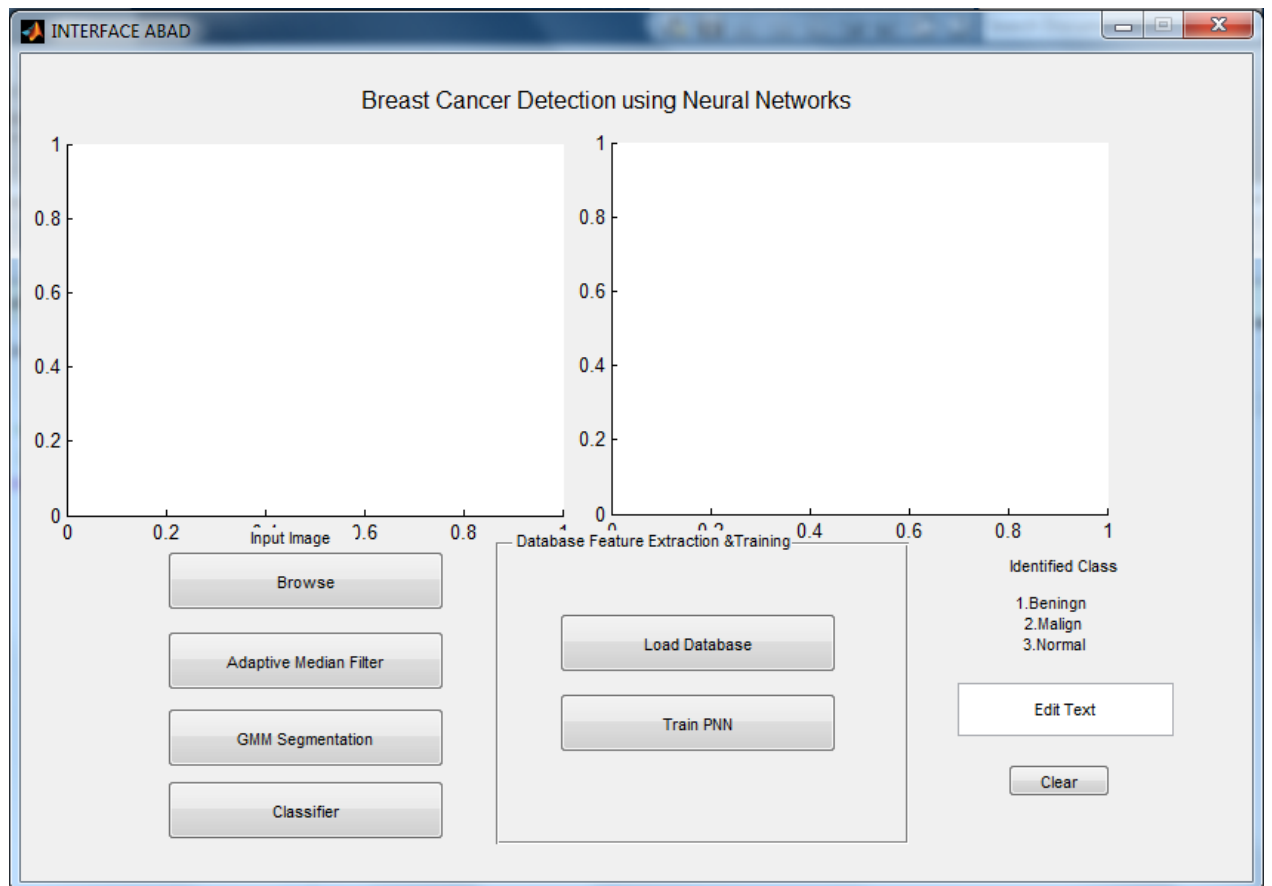


Figure 40 : interface réalisée.

La figure représente l'interface réalisée.

Avec Cinque boutons :

- Charger une image.
- Filtrer l'image par filtre médian adaptative.
- Segmenter l'image par la méthode GMM.

- Classer l'image.  
Ce bouton calcule les paramètres et fait la classification.
- Suppression des images et éditeur de texte de décision de classification

Et deux axes :

- Le premier axe pour l'affichage de l'image chargé
- Le deuxième axe pour l'affichage des images filtrées et les images segmentées.

Et un éditeur de texte pour l'affichage de résultat de classification

L'Apprentissage est effectué sur 30 images.

Le Test est fait sur les 30 images restantes.

### ➤ Filtrage :

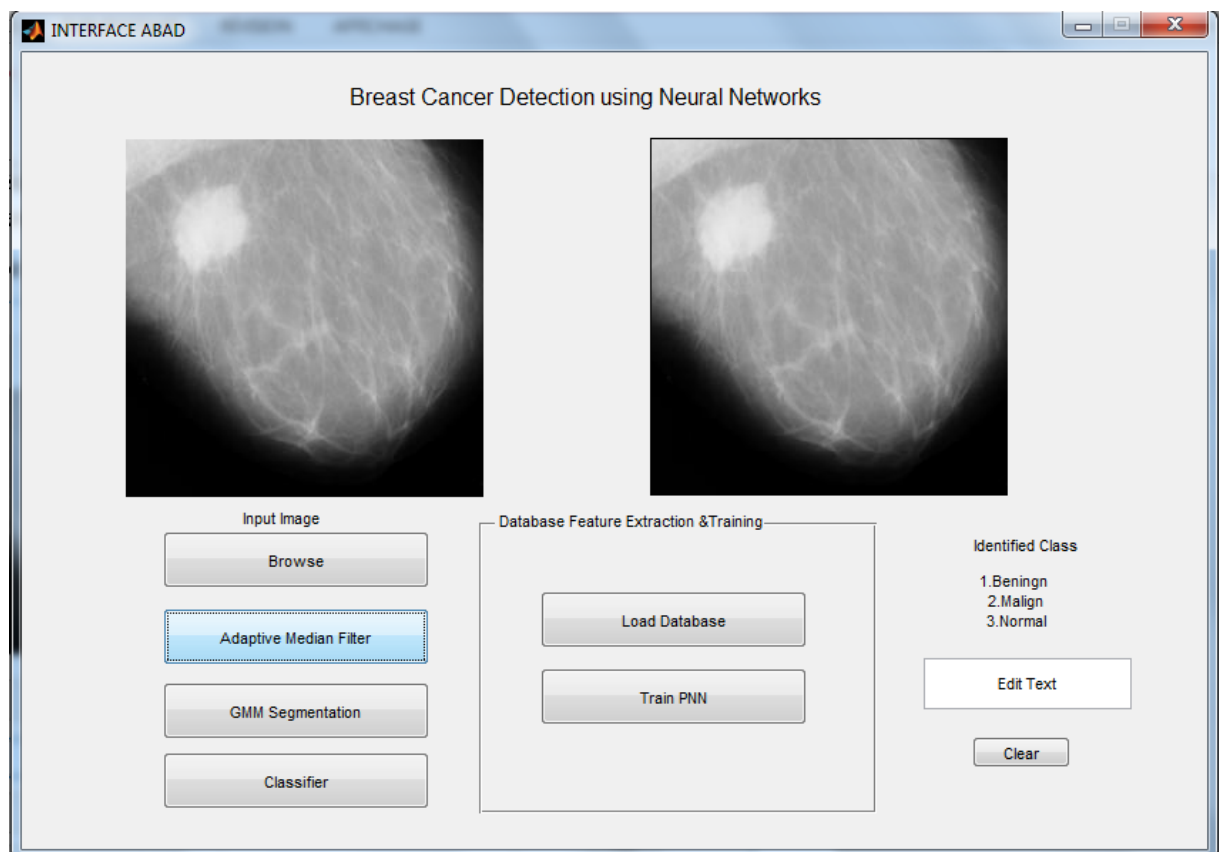


Figure 41 : résultat de filtrage.

La figure représente l'image chargée et son résultat après l'effectuation d'opération de filtrage par le filtre médian adaptative.

## ➤ Segmentation :

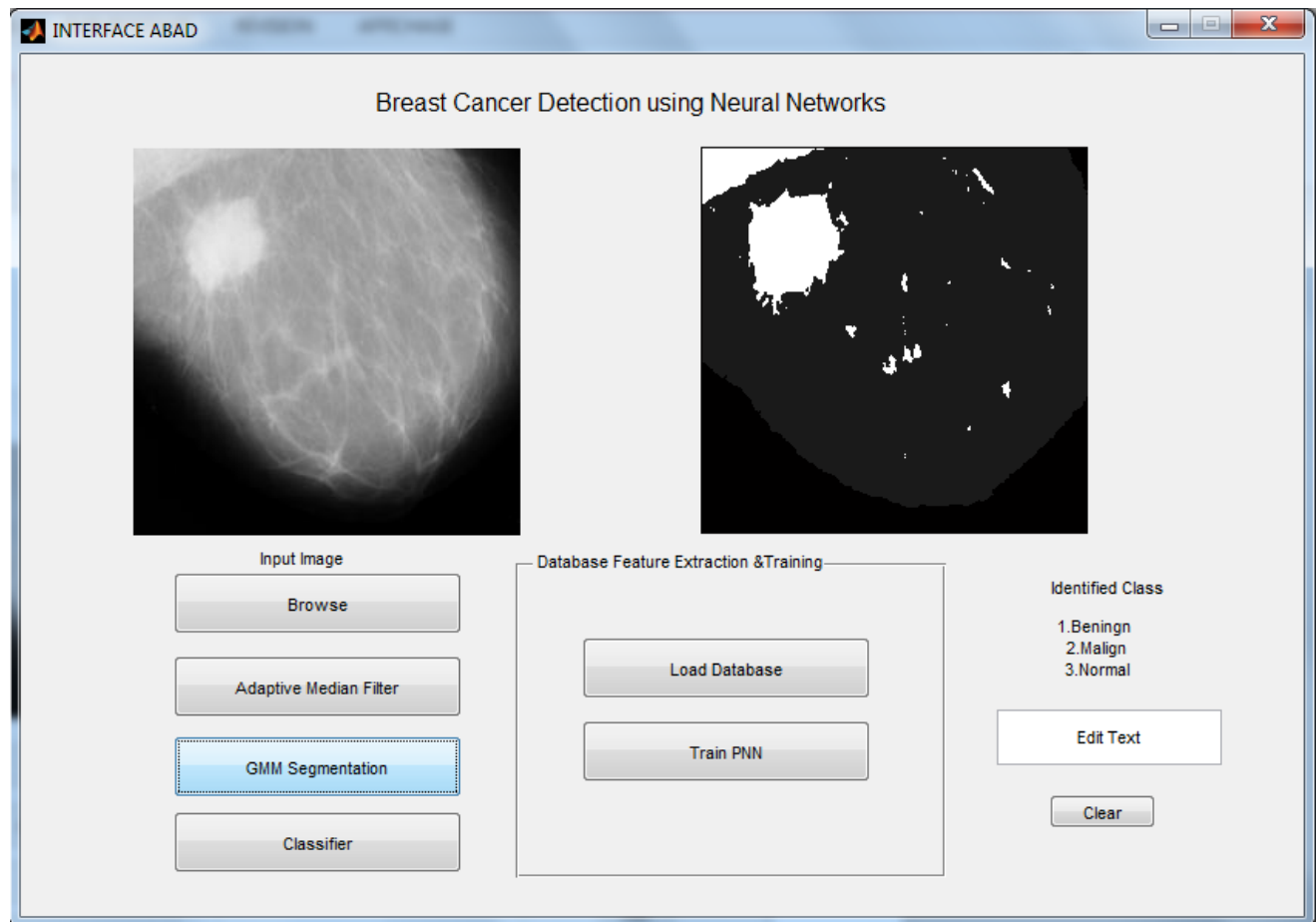


Figure 42 : résultat de segmentation.

La figure représente l'image chargée et son résultat après l'effectuation d'opération de segmentation par GMM sur l'image filtrée par le filtre médian adaptative.

➤ Résultat au médecin :

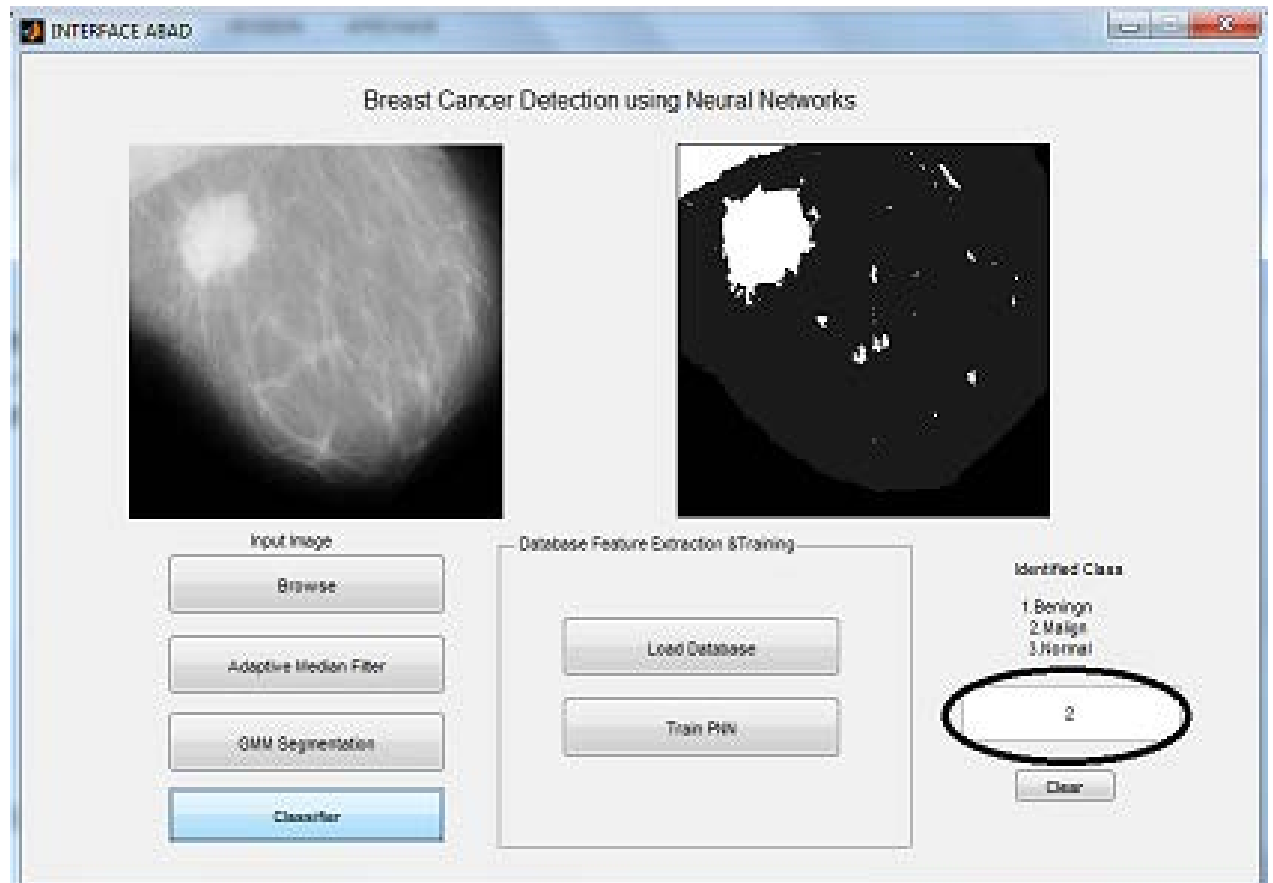


Figure 43 : résultat de classification.

La figure représente l'image chargée, son résultat après l'effectuation d'opération de segmentation par GMM sur l'image filtrée par le filtre médian adaptative et son décision de classification.

Après plusieurs expérimentations. Nous constatons que notre classifieur à un taux de classification de 100%.

### Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons créé une interface sous MATLAB, cette interface est dédiée au médecin pour l'aide au diagnostic.

L'interface propose des méthodes de traitement des images telles que : le filtrage par filtre médian adaptatif et la segmentation par GMM.

Après avoir fini avec le traitement d'images, vient l'étape d'extraction des paramètres pertinents qui seront utilisés comme entrée pour le PNN. Et nous effectuons un apprentissage la classification par réseau de neurone probabiliste nous a permis d'obtenir d'excellent résultats de reconnaissance des 3 cas ciblés (bénigne, maligne et normal).



## Conclusion générale :

Le cancer touche près de 40 000 personnes chaque année en Algérie dont environ 9 000 cas du cancer de sein. Une pathologie qui cause le décès de 3 500 femmes par ans, selon les informations rapportées dans le numéro un de la revue de l'association El Amel.

Dans ce mémoire de master nous avons traités des mammographies extraites de la base de données MIAS, contenant des cancers (bénigne et maligne). Notre objectif consistait à trouver un outil efficace pour la caractérisation de ces pathologies.

Nous avons d'abord, filtrons les images par filtre médian adaptatif pour l'élimination du bruit.

Après. Nous effectuons une segmentation par la méthode GMM (le modèle gaussien mixte).

Troisième étape est la partie de caractérisation, Nous avons utilisé les descripteurs de Haralick contient 14 paramètres.

Quatrième étape calculons les paramètres, après nous créons remplissons les paramètres dans un tableau.

La cinquième étape. Nous appliquons un algorithme d'apprentissages.

La sixième étape est l'étape de teste de notre algorithme.

La dernière étape, est l'étape de création d'une application dédiée aux utilisateurs (médecins) pour aide au diagnostic de cancer du sein.

## Résume :

Notre travail s'inscrit dans le domaine de l'imagerie médicale, et réalisé pour détecter le cancer, au niveau du sein.

Le cancer du sein est un cause majeure de mort chez les femmes.

Pour détecter ce cancer, nous analysons les images de mammographie par le traitement numérique, sur lequel, on extrait les caractéristiques par une méthode des descripteurs de haralick.

A la fin de notre travail, nous réalisons une interface graphique sous Matlab et une classification des images.

Mots-clés : cancer du sein, classification, Haralick.

## المخلص

عملنا هو في مجال التصوير الطبي، ونفذ للكشف عن السرطان على مستوى الثدي. سرطان الثدي هو السبب الرئيسي للوفاة في النساء. للكشف عن هذا السرطان، نقوم بتحليل صور التصوير الشعاعي للثدي من خلال المعالجة الرقمية، والتي نقوم فيها باستخلاص الخصائص من خلال طريقة لوصفات هاراليك. في نهاية عملنا، ندرك واجهة رسومية من ماتلاب وتصنيف الصور. الكلمات الرئيسية: سرطان الثدي، التصنيف، هاراليك.

## Abstract

Our work is in the field of medical imaging, and carried out to detect cancer at the breast level.

Breast cancer is a leading cause of death in women.

To detect this cancer, we analyze mammography images by digital processing, in which we extract the characteristics by a method of haralick descriptors.

At the end of our work, we realize a graphical interface of Matlab and a classification of images.

Keywords: breast cancer, classification, Haralick.

## Références Bibliographiques :

- [1] guide de comprendre den cancer du sein, institut national du cancer, 2002.
- [2] le cancer du sein, la ligue contre du cancer, avril 2013
- [3] [http://www.cadth.ca/media/pdf/131\\_digital\\_mammography\\_tr\\_f.pdf](http://www.cadth.ca/media/pdf/131_digital_mammography_tr_f.pdf)
- [4] <http://www.rim-radiologie.fr/mammographie-historique.php>
- [5] Séverine Dubuisson, fondements du traitement d'images, novembre 2006
- [7] SL&DM c Hastie & Tibshirani November 12, 2008
- [8] Quan Wang, HMRF-EM-image: implementation of the hidden markov random field model and its expectation-maximization algorithm, signal analysis and machine perception laboratory, 18 Dec 2012
- [9] J. Canny. A computational approach to edge detection. Pattern analysis and machine intelligence, IEEE Transactions on, PAMI-8(6):679-698, Nov. 1986
- [10] S. Sarkar and K. Boyer. Optimal infinite impulse response zero crossing based edge detectors. CVGIP: Image Understanding, 54(2):224-243, 1991.
- [11] P. arbelaez, M. Maire, C. Fowlkes, and J. Malik. Contour detection and hierarchical image segmentation. IEEE, transactions on pattern analysis and machine intelligence, 33(5):898-916, may 2011.
- [12] <http://www.piepa.essex.ac.uk/pix/mias/>
- [13] Tahar Iftene & Abdelmounaine Safia. Comparaison Entre La Matrice De Cooccurrence. Et La Transformation En Ondelettes Pour La Classification Texturale Des Images Hrv (Xs) De Spot. Teledetection, 2004.
- [14] Bong<ryul Lee, Jong<doo Lee, Myeong<jin Lee. Automated Recommendation of Initial Mass Positions for Mass Segmentation in Digital Mammograms. International Conference on Electronics and Information Engineering (ICEIE), IEEE, VOL.2, 2010.
- [15] L O. Martins, G.z Junior, A.Silva+,A. C. Paiva+, M. Gattass\_, Detection of Masses in Digital Mammograms using K<means and Support Vector Machine, Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis 8(2):39<50, 2009
- [16] [http://www2.ulg.ac.be/telecom/teaching/notes/totali/elen016/node113\\_mn.html](http://www2.ulg.ac.be/telecom/teaching/notes/totali/elen016/node113_mn.html)
- [17] BOUFALA Nabil, Université ABDERRAHMANE MIRA Bejaia, mémoire de master, Implémentation matérielle de réseau de neurones probabiliste pour une interface myoélectrique embarquée, 2013/2013.

## Glossaire :

**Adénocarcinome** : type de cancer qui se développe à partir d'une glande ou du revêtement d'une glande

**Adjuvant** : se dit d'un traitement qui complète un traitement principal

**Antécédent** : fait antérieur concernant la santé du patient ou de sa famille. On parle d'antécédent chirurgical pour une opération déjà subie. On parle d'antécédent familial lorsqu'il s'agit de l'histoire des maladies de la famille d'un patient. On parle d'antécédent médical pour un traitement déjà subi, en cours ou pour une maladie antérieure (diabète, maladie cardiaque, etc.).

**Cancer** : ensemble de cellules anormales qui se multiplient de façon incontrôlée. Elles finissent souvent par former une masse qu'on appelle tumeur maligne

**Cellule** : élément visible au microscope dont est constitué tout organisme vivant. Plantes et animaux sont composés de cellules très différentes qui se multiplient, meurent et se renouvellent. Des cellules identiques assemblées entre elles forment un tissu. Des cellules cancéreuses sont des cellules qui se sont modifiées et se multiplient de façon incontrôlée.

**bénin/bénigne** : sans gravité. Une tumeur bénigne n'est pas un cancer

**Bilan diagnostique** : ensemble d'examen médicaux qui ont pour but de déterminer si le patient a un cancer et si tel est le cas, d'identifier le type de cancer.

**chimiothérapie/chimio** : traitement qui agit dans l'ensemble du corps (Traitement général) à l'aide de médicaments toxiques pour les cellules cancéreuses. Ces médicaments

visent à les détruire ou à les empêcher de se multiplier. Les médicaments de chimiothérapie peuvent être administrés par piqûres, perfusions ou parfois, sous forme de comprimés.

**Chirurgie conservatrice** : opération qui ne retire que la tumeur en conservant l'organe sur lequel le cancer s'est développé.

**Cure** : traitement médical d'une durée déterminée.

**Dépistage** : recherche systématique chez une personne en bonne santé apparente, de signes ou de symptômes traduisant une maladie.

**Diagnostic** : démarche qui identifie la maladie à l'origine des signes ou des symptômes ressentis ou observés par le patient.

**Examen d'imagerie** : examen qui permet d'obtenir des images d'une partie du corps ou d'un organe.

**Exérèse** : acte chirurgical qui consiste à enlever une partie d'un organe ou un organe entier.

**Facteur de risque** : élément qui peut favoriser le développement d'un cancer ou une récurrence.

**Examen complémentaire** : examen qui permet d'affirmer le diagnostic ou de déterminer si des cellules cancéreuses se sont propagées dans d'autres endroits du corps.

**Examen clinique** : examen pratiqué par un médecin qui, après avoir posé des questions en relation avec la maladie, examine le patient (auscultation, palpation, etc.).

**Ganglion** : petit renflement réparti le long des vaisseaux lymphatiques.

Disposés dans certaines parties du corps, les ganglions sont soit superficiels (dans le cou, l'aisselle, l'aîne), soit profonds (dans l'abdomen, le thorax). Les ganglions jouent un rôle essentiel dans la protection du corps contre les infections ou les cellules cancéreuses. Ils mesurent normalement moins d'un centimètre de diamètre. Si leur taille est anormale, on parle d'adénopathie.

**Glande** : organe ayant pour fonction de produire une substance particulière.

La plupart des glandes sécrètent la substance qu'elles produisent vers l'extérieur. On parle alors de glandes exocrines, comme le sein qui fabrique le lait ou les glandes salivaires qui fabriquent la salive. Certaines glandes produisent des hormones qu'elles sécrètent dans le sang comme les ovaires ou la thyroïde. On parle alors de glandes endocrines.

**Hormone** : substance produite par une glande et qui se déverse dans le sang.

Les hormones ont des effets spécifiques sur les cellules, contribuant au développement ou au fonctionnement de divers organes.

Les hormones les plus importantes dans le cas du cancer du sein sont les œstrogènes et la progestérone.

**Hormonosensible** : se dit d'un cancer dont le développement est sensible aux hormones.

**Hormonothérapie** : traitement général du cancer. Une hormonothérapie consiste à réduire ou à empêcher l'activité ou la production d'une hormone susceptible de stimuler la croissance d'une tumeur cancéreuse.

**Guérison** : disparition des signes et des symptômes d'une maladie et retour à une bonne santé. Dans le cas du cancer, on parle de guérison dès lors que toute trace de cancer a disparu après un certain temps.

**Infection** : pénétration et prolifération d'un micro-organisme invisible à l'œil nu (bacille, bactérie, virus), susceptible de provoquer des conséquences sur le plan médical. Une infection généralisée est appelée septicémie.

**Infiltrant** : on parle de cancer infiltrant lorsque les cellules cancéreuses ont envahi les couches de tissus voisines de la tumeur contrairement au cancer in situ où les cellules n'ont pas dépassé la membrane basale.

**Lymphatique** : se dit du réseau de petits vaisseaux et de ganglions qui transportent la lymphe. Ce réseau forme le système lymphatique.

**Mammographie** : technique d'imagerie qui utilise des rayons X en très faible quantité. C'est une radiographie qui permet d'obtenir des images de la structure interne du sein.

**Mastectomie** : opération chirurgicale qui consiste à enlever un sein dans sa totalité pour traiter un cancer du sein.

On parle dans ce cas de mastectomie totale. S'il s'agit d'enlever seulement la tumeur ou une partie du sein, on parle de tumorectomie ou de quadrantectomie.

**Kyste** : anomalie contenant une substance liquide. Il s'agit la plupart du temps d'une anomalie sans gravité (anomalie bénigne).

**Ménopause** : arrêt définitif du fonctionnement des ovaires entraînant la suppression des règles. La ménopause peut être naturelle ou liée à un traitement (ablation des ovaires, chimiothérapie, radiothérapie).

**Métastase** : tumeur formée par des cellules cancéreuses provenant d'une première tumeur. On parle également de maladie métastatique, ou de localisation secondaire du cancer.

**Métastatique** : qui a produit des métastases.

**Ovaire** : glande féminine dans laquelle se développent les cellules reproductrices de la femme (les ovules) et qui produit les hormones féminines (œstrogènes et progestérone).

**Microcalcification** : petit dépôt minéral (calcaire ou autre). Certaines microcalcifications peuvent correspondre à un cancer. La plupart d'entre elles sont des anomalies bénignes (sans gravité).

**Prélèvement** : échantillon de l'organisme

(Sang, tissu...) que l'on prend afin de l'examiner au microscope.

**radiographie/radio** : examen qui permet d'obtenir des images d'une partie du corps à l'aide de rayons X.

Il s'agit d'un examen d'imagerie. Une mammographie est une radiographie du sein.

**Radiologie** : spécialité médicale qui utilise des rayons X, des ultrasons\* ou des techniques basées sur la résonance magnétique pour obtenir des images d'une partie du corps ou des organes (radiographie, échographie, scanner.)

**Radiothérapie** : traitement local du cancer à l'aide d'un appareil qui émet des rayons. Ces rayons, dirigés vers la tumeur, la détruisent. Ce traitement se fait dans un service spécialisé de radiothérapie. On parle aussi de rayons ou de séances de rayons.

**Rayons X** : rayons invisibles plus ou moins arrêtés selon les différents composants du corps qu'ils traversent.

Les rayons qui peuvent traverser sont détectés et dessinent des images de l'intérieur du corps. Les rayons X sont également appelés photons X.

**Récepteur hormonal** : molécule qui reconnaît et capte les hormones dans le sang. Certaines cellules cancéreuses possèdent des récepteurs hormonaux.

Une recherche des récepteurs hormonaux est réalisée sur un fragment de tissu de la tumeur.

**Récidive** : réapparition de cellules cancéreuses, au même endroit ou dans une autre région du corps. Une récidive peut survenir très tôt après la fin des traitements, mais aussi après une longue période de rémission.

**Signe** : manifestation anormale observée par le patient ou par le médecin.

**Symptôme** : manifestation anormale provoquée par la maladie sur l'organisme (gêne, douleur, brûlure, sensation d'étouffement, etc.). Un symptôme est ressenti d'une façon différente d'un patient à l'autre.

L'apparition de tout nouveau symptôme doit être signalée au médecin.

**Thorax** : partie supérieure du tronc qui contient le cœur et les poumons...

**Tissu** : ensemble de cellules qui ont une même fonction (tissu musculaire ou tissu osseux par exemple).

**Traitement adjuvant** : traitement complémentaire d'un traitement principal.

**Traitement conservateur** : traitement qui permet de conserver l'organe atteint par le cancer et ne fait pas subir de mutilation au patient.

**Traitement général** : traitement qui agit sur la tumeur et sur l'ensemble du corps par voie générale. Une chimiothérapie est un traitement du cancer par voie générale.

**Standard** : examen ou traitement pour lequel les résultats sont connus et qui est considéré comme le meilleur examen ou traitement. Un examen ou traitement standard est proposé de façon systématique dans une situation donnée. Il arrive que le médecin ne puisse pas disposer de l'examen ou appliquer le traitement standard du fait de facteurs particuliers liés au patient ou à sa maladie ; le médecin propose alors un ou plusieurs examens ou traitements mieux adaptés à la situation.

**Traitement local/traitement locorégional**

: Traitement qui consiste à agir directement sur la tumeur ou sur la région où est située la tumeur.

Le but de ce type de traitement est d'éliminer toutes les cellules cancéreuses dans la région de la tumeur.

La chirurgie et la radiothérapie sont des traitements locorégionaux du cancer

**Tumeur** : amas de cellules. Il existe des tumeurs bénignes (sans gravité) et des tumeurs malignes (cancéreuses).

**Mastopathie** : terme générique désignant toute modification anormale de la glande mammaire.