



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication  
Département d'Electronique et de Communication

### **Mémoire**

**MASTER PROFESSIONNEL**

**Domaine :** Sciences et Technologies

**Filière :** Electronique

**Spécialité :** Instrumentation

**Présenté par:**

**\*KHENFER ISMAIL**

**\*BETTAYEB ELHADJ ALI**

**\*SALHI DHIA EL-HAK**

**Thème :**

**Filtrage Adaptatif 2-D pour la Restauration d'images  
perturbées par du Bruit Impulsionnel**

Soutenu publiquement le:

Devant le jury :

Enseignant : Mr Nasri Najeb	MCB	Président	UKM Ouargla
Enseignant : Mr Mansour Abdelghani	MAA	Encadreur	UKM Ouargla
Enseignant : Mr Chlaoua Rachid	MCB	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire: 2019/2020

# *Remerciements*

*Nous remercions, avant tout, Allah le Tout puissant pour nous avoir donné la volonté et la patience pour accomplir ce travail.*

*Nous exprimons également nos sincères remerciements à notre encadreur de mémoire, Monsieur Manseur Abdelghani, enseignant-chercheur au sein du département d'électronique et télécommunications à l'Université Kasdi Merbah Ouargla, pour son encadrement et ses précieux conseils, ainsi, que pour ses encouragements indispensables à la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions nos parents, qui nous ont soutenus tout le long de nos études et nos familles qui, de près ou de loin nous ont apporté leur soutien.*

*Nous remercions, également, tous les collègues du parcours universitaire.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, Nous remercions infiniment toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

# Sommaire

<b>Remerciements.....</b>	<b>I</b>
<b>Sommaire.....</b>	<b>II</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABREVIATIONS.....</b>	<b>V</b>
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I Généralités sur le traitement d'image</b>	
<b>I.1 Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2 Définition de l'image.....</b>	<b>2</b>
<b>I.3 Acquisition d'une image.....</b>	<b>2</b>
<b>I.4 Caractéristiques d'une image numérique.....</b>	<b>3</b>
I.4.1 Dimension.....	3
I.4.2 Résolution.....	3
I.4.3 Bruit.....	3
I.4.4 Histogramme.....	3
I.4.5 Luminance.....	4
I.4.6 Contraste.....	4
I.4.7 Image à niveaux de gris.....	5
I.4.8 Image en couleur.....	6
<b>I.5 Système de traitement d'images.....</b>	<b>6</b>
<b>I.6 Prétraitement d'images.....</b>	<b>6</b>
I.6.1 Modification d'histogramme.....	7
I.6.2 Réduction du bruit par filtrage.....	8
<b>I.7 Extraction de contours.....</b>	<b>9</b>
I.7.1 Approche Gradient.....	10
I.7.2 Approche Laplacien.....	12
I.7.3 Approche par filtrage optimal: Approche de Canny.....	12
<b>I.8 Conclusion .....</b>	<b>14</b>

## CHAPITRE II Filtrage et bruitage

<b>II.1 Introduction.....</b>	<b>15</b>
<b>II.2 Filtrage d'image.....</b>	<b>15</b>
II.2.1 Définition.....	15
II.2.2 Les types de filtrage.....	15
2.1 Le filtrage linéaire.....	15
2.2.1 Les filtres passe-bas.....	15
2.2.2 Les filtres passe-haut.....	18
2.2 Le filtrage non linéaire.....	18
2.2.1 Filtre médian.....	19
2.2.2 Autres filtres non linéaire.....	19
<b>II.2 Bruit d'image.....</b>	<b>20</b>
1 Introduction.....	20
2 Lessources de bruit.....	21
3 Types de bruit .....	21
<b>II.3 Choix du le filtre.....</b>	<b>22</b>
<b>II.4 Conclusion .....</b>	<b>23</b>

## CHAPITRE III Le filtre médian 2-D LMS

<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>24</b>
<b>III.2 Le filtrage médian 2-D LMS.....</b>	<b>24</b>
<b>III.3 La détection d'impulsions combinée avec le 2-D RMNLMS.....</b>	<b>26</b>
<b>III.4 Résultats.....</b>	<b>27</b>
<b>III.5 Conclusion.....</b>	<b>32</b>
<b>CONCLISION GÉNÉRALE.....</b>	<b>33</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>34</b>
<b>RESUMÉ</b>	

# LISTE DES FIGURES

<b>Chapitre I</b>	
<b>Fig-I.1:</b> Histogramme et palette associés à une image.	4
<b>Fig-I.2 :</b> Schéma d'un système de traitement d'images.	6
<b>Fig-I.3 :</b> Egalisation d'histogramme.	8
<b>Fig-I.4 :</b> Différents types de contours : marche, toit et pointe.	9
<b>Fig-I.5 :</b> Cas bidimensionnel.	10
<b>Fig-I.6 :</b> Orientation du contour.	10
<b>Fig-I.7 :</b> Orientation des axes. a) cas continu. b) cas discret	11
<b>Fig-I.8 :</b> Les directions de Freeman d'après	12
<b>Chapitre III</b>	
<b>Fig-III.1 :</b> Schéma du filtre pour un seul masque.	27
<b>Fig-III.2 :</b> image Lena bruitée à 25%.	30
<b>Fig-III.3 :</b> image Lena filtrée par le Médian 3*3	30
<b>Fig-III.4 :</b> image Lena filtrée par le 2-D RMNLMS de masque quart de plan 2*2 et $\mu=4 e-4$ .	31
<b>Fig-III.5 :</b> Image Lena filtrée par le médian récursif 3*3 + détecteur de [3].	31
<b>Fig-III.6 :</b> image Lena filtrée par le 2-D RMNLMS de masque centré 3*3 et $\mu=4 e-4$ .	32

# ABBREVIATIONS

<b>C.C.D</b>	Charge Coupled Device
<b>RVB</b>	Rouge , Vert, Bleu ( <u>codage informatique des couleurs</u> )
<b>RSB</b>	Rapport Signal/Bruit
<b>PC</b>	Pixel Central
<b>LMS</b>	Least-mean-square (Moindres Carrés Moyens)
<b>NLMS</b>	Normalized Least Mean Square (Moindres Carrés Moyens Normalisés)
<b>SNR</b>	Signal-to-Noise Ratio
<b>RMNLMS</b>	Restaurations-Médian NLMS
<b>PSNR</b>	Peak signal-to-noise ratio

# **Introduction générale**

# INTRODUCTION GENERALE

L'une des tâches les plus importantes en traitement d'image est le filtrage, visant à éliminer le bruit et à améliorer l'interprétation des images.

Dans de nombreux domaines d'applications (vision robotique et industrielle, stéréovision, image de profondeur, imagerie satellitaire ou médicale...), le prétraitement constitue une étape essentielle (et parfois même primordiale) pour le bon déroulement des différentes phases du processus de traitement spécifique à l'application. Le lissage par filtrage linéaire, très largement utilisé, permet une très bonne atténuation du bruit et offre ainsi un lissage correct.

En revanche, il estompe les bords francs et atténue les détails en introduisant un flou ambiant sur l'image. Ceci rend délicate la détermination des limites entre les différents objets dans l'image, ce qui est très dommageable, car la plupart des applications (pour ne pas dire la totalité) reposent sur la possibilité de connaître de façon aussi précise que possible la localisation des différents contours présents dans l'image (qu'il s'agisse d'une approche par régions ou d'une approche par contours). Par ailleurs, le filtrage linéaire n'est pas du tout approprié pour l'élimination des forts bruits impulsifs.

Le filtrage d'image a pour but d'améliorer la qualité d'une image numérique.

Le terme qualité peut prendre plusieurs sens suivant la raison qui nécessite d'effectuer cette amélioration. Par exemple, on parle de qualité visuelle lorsqu'on cherche à avoir un meilleur aspect de l'image ou de qualité du signal lorsqu'on cherche à atténuer les distorsions liées aux techniques de numérisation.

Le filtrage manipule uniquement les données de l'image numérisée. On ne fait aucune supposition sur ce que représente l'image. Le résultat obtenu suite à un filtrage dépend donc énormément de la qualité du signal de l'image d'origine. Si le signal est très détérioré, le filtrage seul sera très peu efficace. Dans ce genre de situation le filtrage est juste une première étape dans un traitement plus complexe qui fera intervenir des informations sémantiques sur l'image.



# **Chapitre I :**

# **Généralités sur le**

# **traitement d'image**

## I.1 Introduction:

Le traitement d'images est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, un développement important depuis quelques dizaines d'années.

On désigne par traitement d'images numériques l'ensemble des techniques permettant de modifier une image numérique afin d'améliorer ou d'en extraire des informations.

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 chapitre, nous abordons les notions de base nécessaires à la compréhension des techniques de traitement d'images. Ensuite, nous allons donner un aperçu sur les différents techniques connues dans ce domaine.

## I.2 Définition de l'image:

Une image est plutôt difficile à décrire d'une façon générale.. En traitement d'image, la majorité du temps, on considère qu'il s'agit d'une fonction mathématique de  $R \times R$  dans  $R$  où le couplet d'entrée est considéré comme une position spatiale, le singleton de sortie comme l'intensité (couleur ou niveaux de gris) du phénomène physique. Il arrive cependant que l'image soit dite "3D" donc la fonction est de  $R \times R \times R$  dans  $R$ . Les images couleurs peuvent être représentées soit par trois images représentant les trois couleurs fondamentales, soit par une image de  $R \times R$  dans  $R \times R \times R$  [12].

L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de tailles fixes appelés cellules ou pixels, ayant chacun comme caractéristique un niveau de gris ou de couleurs prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, ou calculé à partir d'une description interne de la scène à représenter.

## I.3 Acquisition d'une image:

L'acquisition d'images constitue un des maillons essentiels de toute chaîne de conception et de production d'images. Pour pouvoir manipuler une image sur un système informatique, il est avant tout nécessaire de lui faire subir une transformation qui la rendra lisible et manipulable par ce système. Le passage de cet objet externe (l'image d'origine) à sa représentation interne

(dans l'unité de traitement) se fait grâce à une procédure de numérisation. Ces systèmes de saisie, dénommés optiques, peuvent être classés en deux catégories principales

- les caméras numériques.
- et les scanners.

A ce niveau, notons que le principe utilisé par le scanner est de plus en plus adapté aux domaines professionnels utilisant le traitement de l'image comme la télédétection, les arts graphiques, la médecine, etc. Le développement technologique a permis l'apparition de nouveaux périphériques d'acquisition appelés cartes d'acquisition, qui fonctionnent à l'instar des caméras vidéo, grâce à un capteur C.C.D. (Charge Coupled Device). La carte d'acquisition reçoit les images de la caméra, de la T.V. ou du scanner afin de les convertir en informations binaires qui seront stockées dans un fichier. L'une des caractéristiques intéressantes de ces capteurs est la taille du plus petit élément (*pixel*), mais aussi l'intercorrélation de deux éléments voisins : plus cette intercorrélation est faible, meilleure est l'image [12].

## I.4 Caractéristiques d'une image numérique

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres suivants:

### I.4.1 Dimension

C'est la taille de l'image. Cette dernière se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels). Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image.

### I.4.2 Résolution

C'est la clarté ou la finesse de détails atteinte par un moniteur ou une imprimante dans la production d'images. Sur les moniteurs d'ordinateurs, la résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de mesure (pouce ou centimètre). On utilise aussi le mot résolution pour désigner le nombre total de pixels affichables horizontalement ou verticalement sur un moniteur; plus grand est ce nombre, meilleure est la résolution.

### I.4.3 Bruit

Un bruit (parasite) dans une image est considéré comme un phénomène de brusque variation de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins, il provient de l'éclairage des dispositifs optiques et électroniques du capteur [13].

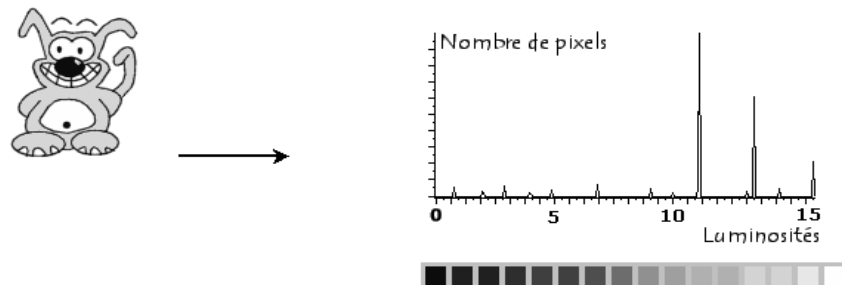
### I.4.4 Histogramme

L'histogramme des niveaux de gris ou des couleurs d'une image est une fonction qui donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris (couleur) dans l'image. Il permet de

donner un grand nombre d'information sur la distribution des niveaux de gris (couleur) et de voir entre quelles bornes est répartie la majorité des niveaux de gris (couleur) dans le cas d'une image trop claire ou d'une image trop foncée.

Il peut être utilisé pour améliorer la qualité d'une image (Rehaussement d'image) en introduisant quelques modifications, pour pouvoir extraire les informations utiles de celle-ci.

Pour diminuer l'erreur de quantification, pour comparer deux images obtenues sous des éclairages différents, ou encore pour mesurer certaines propriétés sur une image, on modifie souvent l'histogramme correspondant [13].



**Figure I.1** Histogramme et palette associés à une image.

#### I.4.5 Luminance

C'est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet. Une bonne luminance se caractérise par [13]:

- Des images lumineuses(brillantes);
- Un bon contraste : il faut éviter les images où la gamme de contraste tend vers le blanc ou le noir; ces images entraînent des pertes de détails dans les zones sombres ou lumineuses.
- L'absence de parasites.

#### I.4.6 Contraste

C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image. Le contraste est défini en fonction des

luminances de deux zones d'images. Si  $L1$  et  $L2$  sont les degrés de luminosité respectivement de deux zones voisines  $A1$  et  $A2$  d'une image, le contraste  $C$  est défini par le rapport :

$$C = \frac{L1 - L2}{L1 + L2}$$

#### I.4.7 Images à niveaux de gris

Le niveau de gris est la valeur de l'intensité lumineuse en un point. La couleur du pixel peut prendre des valeurs allant du noir au blanc en passant par un nombre fini de niveaux intermédiaires. Donc pour représenter les images à niveaux de gris, on peut attribuer à chaque pixel de l'image une valeur correspondant à la quantité de lumière renvoyée. Cette valeur peut être comprise par exemple entre 0 et 255. Chaque pixel n'est donc plus représenté par un bit, mais par un octet. Pour cela, il faut que le matériel utilisé pour afficher l'image soit capable de produire les différents niveaux de gris correspondant.

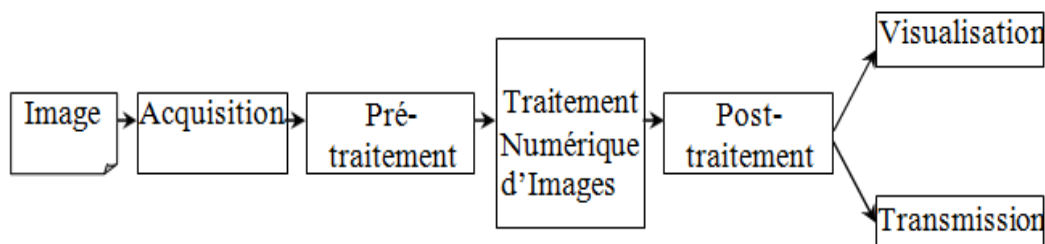
Le nombre de niveaux de gris dépend du nombre de bits utilisés pour décrire la "couleur" de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre est important, plus les niveaux possibles sont nombreux [13].

### I.4.8 Images encouleurs

Même s'il est parfois utile de pouvoir représenter des images en noir et blanc, les applications multimédias utilisent le plus souvent des images en couleurs. La représentation des couleurs s'effectue de la même manière que les images monochromes avec cependant quelques particularités. En effet, il faut tout d'abord choisir un modèle de représentation. On peut représenter les couleurs à l'aide de leurs composantes primaires. Les systèmes émettant de la lumière (écrans d'ordinateurs,...) sont basés sur le principe de la synthèse additive : les couleurs sont composées d'un mélange de rouge, vert et bleu (modèle R.V.B.).

## I.5 Système de traitement d'images

Un système de traitement numérique d'images est composé de [14]:



**Figure I.2** Schéma d'un système de traitement d'images.

## I.6 Pré-traitement d'images:

Cette phase a lieu juste après l'acquisition des images et a pour objectif d'améliorer la qualité de l'image en vue de sa segmentation.

Le temps de traitement (temps CPU) est très important. C'est un facteur décisif, il doit être le plus petit possible. Ceci implique que les opérateurs doivent être locaux, c'est-à-dire qu'ils doivent intervenir sur un nombre limité de pixels et essentiellement sur des pixels dans le voisinage proche du pixel courant.

Les techniques de pré-traitements les plus courantes qu'on va présenter sont [14]:

↳ La modification d'histogramme,

↳ La réduction du bruit par filtrage,

### I.6.1 Modification d'histogramme

On cherche à améliorer l'image en appliquant une transformation ponctuelle d'intensité; à tout pixel  $a_s(x,y)$  on associe une intensité par la transformation  $T$  croissante de façon à conserver des contrastes entre régions (claire sur fond sombre, apparaît plus claire après transformation). Le pixel après transformation est le pixel  $a'_s(x,y)$  :

$$a'_s(x,y) = T(a_s(x,y)) \quad (1)$$

Dans ce qui suit, on va présenter deux types de modification d'histogramme :

- Expansion de dynamique
- Egalisation d'histogramme

#### Expansion de dynamique

Cette méthode consiste à utiliser au mieux l'échelle des niveaux de gris disponible sur le système d'acquisition d'images.

Soit  $A[i,j]$  l'image de départ,  $A'[i,j]$  image après transformation et  $[a_0, a_1]$  l'intervalle des intensités présentes dans l'image et soit  $[a_{\min}, a_{\max}]$  l'intervalle disponible.

L'expansion du dynamique correspond à la transformation :  $a'_s = \alpha + \beta a_s$  (2)  $a_s$  telle que :

$$\forall a_s \in [a_0, a_1] \quad T a'_s \longrightarrow \in [a_{\min}, a_{\max}] \quad (3)$$

(4)

$$\alpha = \frac{a_{\min} \cdot a_1 - a_{\max} \cdot a_0}{a_1 - a_0} \quad \beta = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{a_1 - a_0}$$

#### Egalisation d'histogramme

Cette transformation consiste à rendre le plus plat possible l'histogramme de niveaux de gris de l'image. L'image  $A[i,j]$  est considérée comme un ensemble de réalisation d'une variable aléatoire  $A$ , admettant une densité de probabilité  $f(a)$  et une fonction de répartition  $F(a)$ ,  $f$  représente l'histogramme normalisé de  $A[i,j]$ .

On cherche une transformation  $T$  continue dérivable par morceaux et strictement croissante telle que la variable aléatoire  $B=T(A)$  soit uniformément répartie dans l'intervalle  $[b_{\min}, b_{\max}]$ .

Soit  $g(b)$  la densité de probabilité de B, et  $T'$  la transformation dérivée de T :

$$g(b) = \begin{cases} f(a) \frac{1}{T'(a)} = \frac{1}{b_{max} - b_{min}} & \text{si } b_{min} < b < b_{max} \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases}$$

$$T'(a) = (b_{max} - b_{min}) \cdot f(a) , \quad b = T(a) , \quad a \in [a_{max} - a_{min}]$$

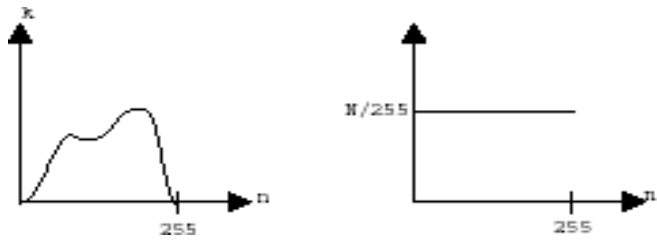


Figure1.3 Egalisation d'histogramme.

### I.6.2 Réduction du bruit par filtrage

Le bruit peut provenir de différentes causes :

- Environnement lors de l'acquisition,
- Qualité du capteur,
- Qualité de l'échantillonnage.

En général, le bruit d'images est considéré comme un champ aléatoire caractérisé par sa densité de probabilité  $f$  et sa fonction de répartition F. La nature plus ou moins impulsionnelle du bruit peut être décrite à l'aide de densité de probabilités de la forme :

$$f(a) = C \cdot \exp(-K|a|^\alpha) \quad (5)$$

Plusieurs filtres sont utilisés pour la réduction de bruit, ils sont divisés en deux catégories :

- Filtres linéaires stationnaires,
- Filtres non linéaires stationnaires,



La première catégorie comprend tous les opérateurs pouvant exprimer leur résultat comme une combinaison linéaire des niveaux de gris d'un voisinage de l'image. Ces filtres possèdent des caractéristiques spectrales, on parle ainsi de filtre passe-bas (l'image devient floue) ou de filtre passe-haut (les contours ressortent).

Voici quelques exemples de filtres réducteurs de bruit :

- ☞ Filtre moyenneur
- ☞ Filtre gaussien
- ☞ Filtre exponentiel de Shen

Le principal inconvénient des filtres linéaire est que la réduction de bruit s'accompagne d'un étalement des transitions entre régions. Ce problème peut être surmonté par l'utilisation des filtres non linéaires.

Le domaine de filtrage non linéaire est extrêmement vaste. Les opérateurs les plus courants en pré-traitement d'images sont :

- Les filtres d'ordre,
- Les filtres homomorphique,
- Les filtres morphologique.

## I.7 Extraction de contours

La détection de contour est une étape préliminaire à de nombreuses applications de l'analyse d'images. Les contours constituent en effet des indices riches, au même titre que les points d'intérêts, pour toute interprétation ultérieure de l'image. Les contours dans une image proviennent des:

- discontinuités de la fonction de réflectance (texture, ombre),
- discontinuités de profondeur (bords de l'objet),

et sont caractérisés par des discontinuités de la fonction d'intensité dans les images.



**Figure 1.4** Différents types de contours : marche, toit et pointe

Le principe classique de la détection de contours repose sur l'étude des dérivées de la fonction d'intensité dans l'image : les extréma locaux du gradient de la fonction d'intensité et les passages par zéro du laplacien [14].

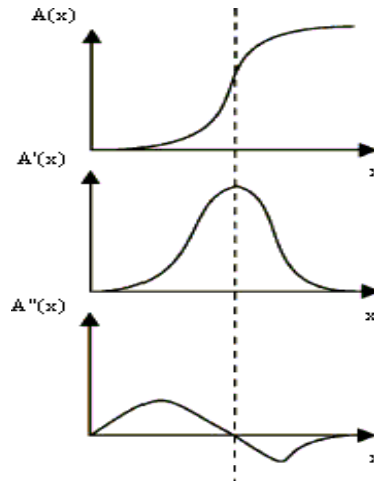


Figure1.5 Cas bidimensionnel.

**I.7.1 Approche Gradient**

La recherche de la transition peut être réalisée en recherchant les maxima locaux du gradient. Dans le cas bidimensionnel, le vecteur gradient est défini au point  $M(x, y)$  par :

$$\vec{\nabla}A(x, y) = t \begin{pmatrix} \frac{\partial A}{\partial x'} \\ \frac{\partial A}{\partial x} \end{pmatrix} \quad (6)$$

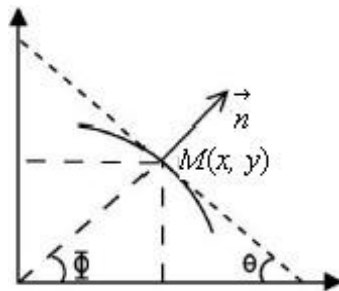


Figure1.6 Orientation du contour

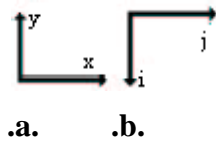
$\vec{\nabla}A(x, y)$  est normal à la courbe de niveau donnée par  $A(x, y) = cste$  qui passe par  $M$ .

Au point  $M(x,y)$  l'orientation  $\Phi$  du gradient est donnée par :

$$\Phi = \mathbf{arctan} \left( \frac{\frac{\partial A}{\partial y}}{\frac{\partial A}{\partial x}} \right)$$

et le vecteur unitaire  $\vec{n}$  normal au contour :  $\vec{n} = (\cos\Phi, \sin\Phi)$

L'orientation du contour a pour expression :  $\Theta = \frac{\pi}{2} - \Phi$



**Figure 1.7** Orientation des axes. a) cas continu. b) cas discret

Pour une image numérique, on a :

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = At[i, j] = At[i + 1, j] - At[i, j] \quad (7)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = At[i, j] = At[j, i + 1] - At[i, j] \quad (8)$$

La norme du gradient est :

$$|\nabla A[i, j]| = \sqrt{A_j^2[i, j] + A_i^2[i, j]} \quad (9)$$

ou :

$$\nabla A[i, j] = \max\{A_j[i, j], A_i[i, j]\} \quad (10)$$

ou bien

$$\nabla A[i, j] = A_j[i, j] + A_i[i, j] \quad (11)$$

Opérateurs Prewitt et Sobel

$$A_j[i, j] = h_j * A_j[i, j] h_j = \begin{matrix} 1 & 0 & -1 \\ c & 0 & -c \\ 1 & 0 & -1 \end{matrix}$$

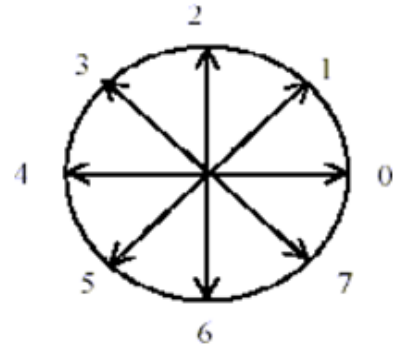
$$A_i[i, j] = h_i * A_i[i, j] h_i = \begin{matrix} 1 & c & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -c & -1 \end{matrix}$$

Les matrices  $h_j$  et  $h_i$  sont appelées masques. Elles sont les noyaux de convolution de filtres à réponse impulsionnelle finie. Pour Prewitt, on prend  $c=1$ . Pour Sobel, on prend  $c=2$ .

**Opérateur de Kirsh**

C'est un opérateur à 8 masques correspondant chacun à une direction préférentielle et obtenue par rotation de  $\frac{\pi}{4}$  de l'opérateur de base  $h_0$ . (la numérotation des masques est faite dans l'ordre des directions de Freeman en 8-connexité).

$$h_0 = \begin{pmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{pmatrix}$$



**Figure I.8** Les directions de Freeman d'après

**I.7.2 Approche Laplacien**

La recherche des contours dans l'image  $A(x, y)$  peut aussi être réalisée en recherchant les passages par zéro du laplacien. On dispose donc, de la valeur du laplacien en chaque point de l'image soit la fonction  $\Delta$ .

$$\Delta A(x, y) = \frac{\delta^2 A}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 A}{\delta y^2} \quad (12)$$

On considère que les points de contours sont localisés aux passages par zéro de laplacien. Si le calcul du laplacien était exact il suffirait de sélectionner les points  $M$  tels que  $\Delta(M)=0$ .

**I.7.3 Approche par filtrage optimal : Approche de Canny**

Filtre optimal de réponse impulsionnelle  $h(x)$  qui satisfait les trois contraintes suivantes:

- ↪ Bonne détection
- ↪ Bonne localisation
- ↪ Réponse unique

Soit  $A(x)$  un signal mono-dimensionnel représentant un saut d'amplitude  $U_0$  noyé dans un bruit blanc stationnaire  $N(x)$  de moyenne nulle et de densité spectrale  $N^2$ .

$$A(x) = U_0 u(x) + N(x) \quad (13)$$

Le signal de sortie est :

$$c(x) = A * h(x) = \int_{-\infty}^{\infty} A(t)h(x-t)dt \quad (14)$$

Bonne détection : Le rapport RSB (Rapport Signal/Bruit) doit être maximisé.

$$RSB = \frac{U_0 \int_0^{\infty} h(x-t)dt}{[E(|\int_{-\infty}^{\infty} N(t)h(x-t)dt|^2)]^{\frac{1}{2}}} = \frac{U_0 \int_0^{\infty} h(x-t)dt}{N_0 [\int_{-\infty}^{\infty} h^2(t)dt]^{\frac{1}{2}}} \quad (15)$$

Bonne localisation : Les points détectés doivent être aussi près que possible du centre du contour véritable (à maximiser)

$$\frac{U_0}{N_0} \frac{|h'(0)|}{[\int_{-\infty}^{\infty} h'^2(t)dt]^{\frac{1}{2}}} \quad (16)$$

Unicité de la réponse : On utilise le critère de Canny. On veut minimiser la densité  $d_0$  des passages par 0 de la réponse du bruit.

Critère généralisé :

$$d_0 = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{[\int_{-\infty}^{\infty} h''^2(t)dt]}{[\int_{-\infty}^{\infty} h'^2(t)dt]} \right] \quad (17)$$

Critère de Canny :

$$d_0 = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{[\int_{-\infty}^M h''^2(t)dt]}{[\int_{-M}^{\infty} h'^2(t)dt]} \right] \quad (18)$$

$h(x)$  est un RIF défini sur l'intervalle  $[-M, M]$  Canny a défini les conditions aux limites suivantes :

- $h(0) = 0$
- $h'(0) = S$  (pente à l'origine)
- $h(M) = 0$
- $h'(M) = 0$

## I.8 Conclusion

Nous avons introduit dans ce rapport les notions de base qui servent de fondement à la compréhension de différentes techniques de traitement d'images. Plusieurs méthodes classiques de traitement ont été proposées dans la littérature, nous avons présenté quelques unes qui nous semble les plus courantes dans le processus du traitement et analyse d'image.

Les pré-traitements d'images permettent d'améliorer la qualité de l'image en vue de traitements ultérieurs. Deux grandes approches peuvent être envisagées pour extraire les zones pertinentes des images:

On cherche les discontinuités dans la scène, c'est l'approche contour.

On cherche des zones de niveaux de gris homogènes, c'est l'approche région

De nouvelles recherches s'intéressent aux systèmes complexes et leurs caractéristiques ainsi l'application de ces approches sur le traitement d'images.

Les phénomènes collectifs naturels sont une source d'inspiration pour proposer des méthodes multi-agents de résolution de problèmes. Ils permettent l'élaboration de comportements individuels simples produisant collectivement des phénomènes complexes.

A la fin de ce chapitre, nous avons présenté les différentes approches qui ont été élaborées pour le traitement d'images en niveaux de gris soit par agents simples situés dans l'image, ou bien, par inspiration des systèmes naturels.

**Chapitre II :**

**Filtrage et  
bruitage**

## II.1 Introduction

En traitement d'images, ce que l'on appelle le bruit, ce sont les pixels qui ont des valeurs aberrantes. Ainsi le bruit d'une image désigne les pixels de l'image dont l'intensité est très différente de celles des pixels voisins.

## II.2 Filtrage d'images

### 1- Définition:

- Le filtrage d'images est une opération fondamentale qui permet d'éliminer des éléments perturbateurs / non significatifs dans les images numériques afin d'améliorer la perception de certains détails, de réduire le bruit, de compenser certains défauts de capteur.
- L'objectif du filtrage est de réduire les variations d'intensité au sein de chaque région de l'image tout en respectant l'intégrité des scènes : les transitions entre régions homogènes et les éléments significatifs de l'image doivent être préservés au mieux [9].

**Remarque :** Chaque filtre cherche à atténuer un type de défaut bien précis. Il n'y a pas de filtre universel capable de corriger tous les défauts. Il faut choisir les bons filtres suivant les défauts que vous désirez corriger

### 2- Les types de filtrages :

Différentes méthodes de filtrage ont été développées suivant le type du bruit. Les premières et les plus simples de ces méthodes sont basées sur le filtrage linéaire (stationnaire), mais les limitations de ces techniques (en particulier leur mauvaise conservation des transitions) a conduit au développement des filtres non linéaire [9].

#### 2.1 Le filtrage linéaire :

Le filtre est dit linéaire si la valeur du nouveau pixel est une combinaison linéaire des valeurs des pixels du voisinage. Le voisinage est une matrice carrée et symétrique autour du pixel considéré. En fonction du filtre utilisé, on pourra obtenir différents effets visuels. On classe habituellement les filtres linéaires en 2 familles :

##### 2.1.1 Les filtres passe-bas :

Les filtres lisseurs ou **passe-bas** consistant à atténuer les composantes de l'image ayant une fréquence haute. Ces filtres ont tendance à rendre l'image floue. Ce type de filtrage est généralement utilisé pour atténuer le bruit de l'image, c'est la raison pour laquelle on



parle habituellement de lissage. On distingue deux filtres passe-bas, le filtre Moyenneur , et le filtre gaussien [9].

**a) Filtre moyeneur**

Le niveau de gris du pixel central est remplacé par la moyenne des niveaux de grises pixels de voisinage.

Noyau 3\* 3

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

noyau 5\*5

$$\frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Du point de vu réalisation, on calcule le produit de convolution.

Un produit de convolution, est un opérateur mathématique qu'on utilise pour multiplier des matrices entre elles. Le produit de convolution de deux fonctions signifie réaliser une moyenne de ces deux fonctions

Il est d'usage de présenter les coefficients sous forme d'une matrice (appelée noyau de convolution) facilitant ainsi la mise en correspondance avec les valeurs du voisinage.

$$\begin{pmatrix} A - 1, -1 & A0, -1 & A1, -1 \\ A - 1, 0 & A0, 0 & A1, 1 \\ A - 1, 1 & A0, 1 & A1, 1 \end{pmatrix}$$

Noyau de convolution 3x3

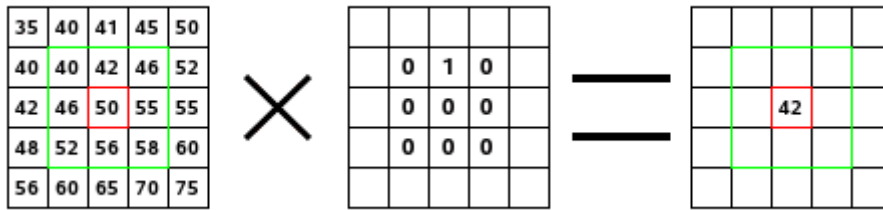
$$\begin{pmatrix} Px - 1, y - 1 & Px, y - 1 & Px + 1, y - 1 \\ Px - 1, y & Px, y & Px + 1, y \\ Px - 1, y + 1 & Px, y + 1 & Px + 1, y + 1 \end{pmatrix}$$

Voisinage 3x3

$$\begin{pmatrix} A - 1, -1 * Px - 1, y - 1 & A0, -1 * Px, y - 1 & A1, -1 * Px + 1, y - 1 \\ A - 1, 0 * Px - 1, y & A0, 0 * Px, y & A1, 1 * Px + 1, y \\ A - 1, 1 * Px - 1, y + & A0, 1 * Px, y + 1 & A1, 1 * Px + 1, y + 1 \end{pmatrix}$$

Multiplication du noyau et du voisinage

La nouvelle valeur du pixel  $P_{x,y}$  est alors la somme des éléments de la dernière matrice (au facteur de normalisation près).



À gauche se trouve la matrice de l'image: chaque pixel est indiqué par sa valeur. Au centre, se trouve le pixel à traité et, à droite, le résultat de la convolution.

Voici ce qui s'est passé: le filtre a lu successivement, de gauche à droite et de haut en bas, les pixels de la zone d'action du noyau et il a multiplié chacun d'eux par la valeur correspondante du noyau et additionné les résultats. Le pixel initial a pris la valeur 42 :  $(40*0)+(42*1)+(46*0) + (46*0)+(50*0)+(55*0) + (52*0)+(56*0)+(58*0) = 42$  (le filtre dépose ses résultats sur une copie de l'image et pas directement dans l'image).

- Pourquoi la taille du noyau est impair ?  
Pour pouvoir **centrer** le noyau sur le pixel

- **Gestion des bords**

Lorsque le pixel considéré est proche du bord de l'image, certains points du voisinage sont en dehors de l'image d'origine. Il convient alors de choisir une stratégie pour gérer ces pixels extérieurs. Les stratégies couramment employées :

- **Mise à zéro** : Si un pixel du voisinage est en dehors de l'image d'origine, sa valeur est considérée comme nulle. C'est à dire
- **Continuité** : Si un pixel du voisinage est en dehors de l'image d'origine, sa valeur est celle du pixel le plus proche qui est dans l'image d'origine. C'est à dire :  $Image[-1][y] = Image[0][y]$
- **Miroir** : Si un pixel du voisinage est en dehors de l'image d'origine, sa valeur est celle du pixel symétrique par rapport au bord de l'image. C'est à dire :  $Image[-1][y] = Image[1][y]$

Les effets du filtre moyenneur varient avec la taille du noyau : plus les dimensions du noyau seront importantes, plus le bruit sera éliminé ; mais en contrepartie, les détails fins seront eux aussi effacés (plus l'image est floue) et les contours étalés.

En effet, ce type de filtrage passe-bas consiste à atténuer les composantes de l'image en hautes fréquences (pixels foncés). Il implique donc une réduction des variations brutales dans l'image. L'inconvénient de ce filtre est qu'il rend l'image floue [10].

### b) Filtre gaussien

Les coefficients du noyau sont ici calculés en utilisant des pondérations gaussiennes.

$$\text{gauss}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Dans ce cas aussi, l'effet du filtre augmente avec la taille de son noyau. Les contours et les détails fins sont cependant mieux conservés qu'avec le filtre moyenneur (meilleur compromis entre la préservation des structures locales et la réduction du bruit).

En effet, en utilisant une pondération gaussienne, le filtre gaussien prend mieux en compte les corrélations entre pixels,

Mais ce type de filtrage ne peut être utilisé pour des travaux fins ces limitations ont donc conduit à la conception de filtres non-linéaires.

#### 2.1.2 Les filtres passe-haut :

Les filtres détecteurs de contours ou passe-haut à l'inverse des passe-bas, atténuent les composantes de basse fréquence de l'image et permettent notamment d'accentuer les détails

Et le contraste, c'est la raison pour laquelle le terme de "filtre d'accentuation" est parfois utilisé. Ces filtres seront détaillés dans la partie de détection de contours.

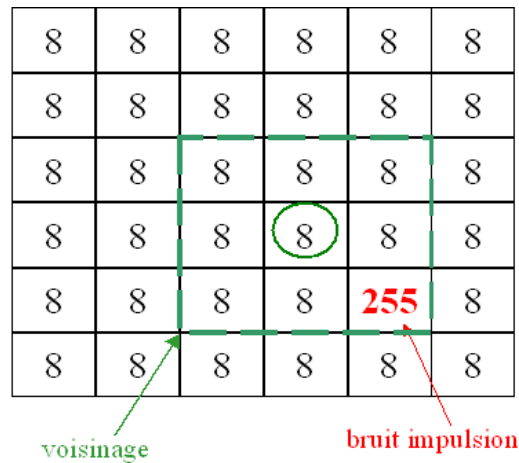
#### 2.2 Le filtrage non linéaire :

On désigne par filtre non linéaire un opérateur qui remplace la valeur de chaque pixel par une combinaison non linéaire des valeurs de ses pixels voisins. L'objectif des filtres lisseurs non linéaires est d'apporter une solution.

#### Aux limites suivantes :

Le filtrage linéaire montre des limites dans deux aspects particuliers de l'amélioration des images numériques :

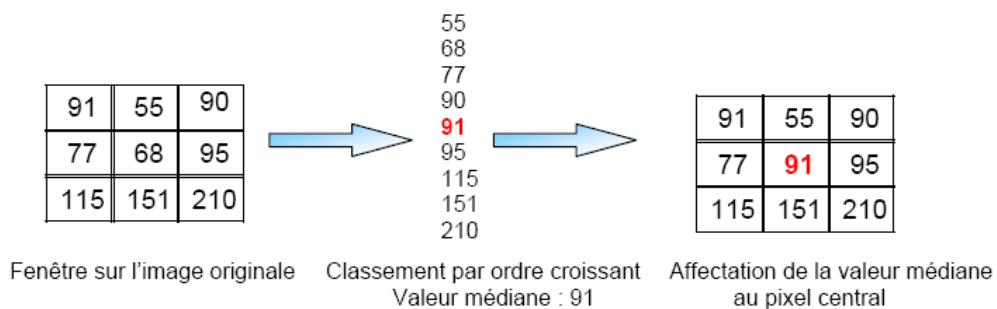
- Le bruit impulsionnel : Lorsque l'image fait apparaître des valeur parasites aberrantes qui ne dépendent pas des valeurs initiales de l'image, le filtrage linéaire diffuse ces valeurs aberrantes sur les pixels voisins.
- Le respect des frontières : Le filtrage linéaire relisse les transitions abruptes, rendant ainsi les images floues.



**2.2.1 Filtre médian :**

Le niveau de gris du pixel central est remplacé par la valeur médiane de tous les Pixels de la fenêtre centrée sur le pixel.

On illustre le fonctionnement d'un filtre médian de fenêtre d'analyse 3\*3 ci-dessus [6]:



**Avantages:**

- il préserve les contours pour les petites tailles du filtre
- il supprime les valeurs aberrantes (illogiques)
- il est très efficace sur du bruit impulsionnel (type poivre et sel).

**2.2.2. Autres filtres non linéaires [9]**

- 1- Remplacer le pixel central (Pc) par la moyenne d'une sélection des pixels voisins

2- La sélection par :

- **Knn(k-nearest-neighbors)** : les **k** pixels dont les valeurs sont les plus proches de celle du  $P_c$
- **Snn( Symmetric-nearest-neighbor)**: pour chaque paire de pixels symétriques par rapport à  $P_c$ , on sélectionne celui dont la valeur est la plus proche de celle de  $P_c$
- Les pixels situés dans  $[ I(x,y)-\sigma , I(x,y)+ \sigma ]$

**Sigma** : peut être déduit de l'écart-type de l'image.

3- Min/Max : on détermine la valeur Min et la valeur Max dans la fenêtre.

Si le pixel central  $P_c$  a une valeur supérieure à Max, on affecte Max

Si le pixel central  $P_c$  a une valeur inférieure à Min, on affecte Min

Si le pixel central  $P_c$  est compris entre Min et Max, on affecte la valeur de  $P_c$

4- Filter de **Nagao**

5- La valeur du pixel central est remplacée par la valeur moyenne de la région qui a la plus faible variance.

6- Filtrage morphologique

### II.3 Bruit d'images :

#### 1. Définitions :

- Le bruit (**Noise**) ou parasite est défini comme une variation brusque de l'effet d'un pixel par rapport à ses voisins[5]
- Ce sont les pixels qui ont des valeurs aberrantes
- Le bruit est un signal aléatoire et non continu
- L'opération d'élimination de bruit est nommée filtrage

2	3	4	4	6
1	2	4	5	6
0	1	192	3	4
0	1	2	3	4
1	3	2	1	5

**2. Les sources de bruit [5]:**

- Objets eux-mêmes dégradés
- Le matériel utilisé (capteur) : mauvaise qualité, poussières....
- Conditions d'acquisition: luminosité, mouvement du capteur et de l'objet durant l'acquisition.

**Dégradation :** effet flou



**Dégradation :** effet contre jour = la source de lumière est face au photographe



**3. Types de bruit :**

Plusieurs types de bruit, les plus connus

- A. Bruit gaussien (bruit blanc)
- B. Bruit impulsionnel (poivre et sel)

**A. Bruit gaussien**

Nouveau pixel = Ancien pixel + nombre aléatoire suivant une loi gaussienne

«La loi normale (gaussienne) est une loi pour modéliser des phénomènes naturels issus de plusieurs événements aléatoires»

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2)$$

**U**: moyenne

**$\sigma$** : écart type

**X**: niveau de gris du pixel

**B. Bruit impulsionnel :**

- Appelé sel et poivre, (salt –and-pepper ) est une dégradation de l'image sous la forme de pixels noirs et blancs répartis au hasard

- Sources: erreurs de transmission, capteur, poussière ..

Le bruit poivre et sel suit une distribution de Poisson donnée par :

$$p(k) = \frac{e^{-\lambda} \times \lambda^k}{k!} \quad (3)$$

ou  $p(k)$  est la probabilité d'avoir  $k$  pixels affectés par le bruit dans une fenêtre d'une certaine dimension. et  $\lambda$  est le nombre moyen de pixels affecté dans une fenêtre de la même taille qui est aussi la variance de la distribution de Poisson.

**II.4 Choix du le filtre**

Afin de filtrer un bruit numérique d'une image on fait appel a des algorithmes de filtrage, le type de filtre dépend de la technique d'acquisition de l'image. Plusieurs travaux ont explorés cette thématique et il s'avère que le filtre médian 2-D LMS donne de bons résultats pour filtrer le bruit impulsionnel (poivre et sel).

**II.5 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons vu une aperçue sur le filtrage adaptatif en général, puis les deferent bruit d'image , le bruit impulsional en particulier. Par la suite, Nous avons conclu que le filtre approprié pour filtrer une image perturbées par du bruit impulsionnel est le filtre médian 2-D LMS.



**Chapitre III :**  
**Le filtre médian**  
**2-DLMS**

### III.1. Introduction

La restauration d'images perturbées par du bruit impulsionnel, qui n'affecte que certains pixels, est souvent réalisée par des filtres d'ordre statistique de type filtre médian. En agissant sur tous les pixels ces filtres modifient aussi les pixels non bruités et provoquent une dégradation indésirable des régions non bruitées. Dans ce qui suit nous proposons un traitement dont l'action est limitée aux seuls pixels jugés bruités d'après le système de détection d'impulsions décrit [3].

Les pixels jugés bruités sont remplacés par une valeur estimée par un filtre de gradient stochastique (2-D LMS) [2]. De plus les pixels de l'image de sortie du filtre sont utilisés dans le calcul des estimations futures, le traitement est alors récursif.

Les coefficients du masque de filtrage sont mis à jour grâce à une procédure non linéaire décrite dans le titre III.2.

Enfin le filtre est la combinaison non linéaire de plusieurs restaurations de l'image bruitée obtenues avec différents modèles et supports de filtrage. Nous comparons nos filtres avec les filtres les plus performants publiés dans le résultats.

### III.2 Le filtre médian 2-D LMS

Le filtre 2-D LMS est défini par l'équation de mise à jour des coefficients et l'équation de filtrage.

L'équation de filtrage est définie à partir d'un modèle de l'image. Nous utilisons deux modèles de supports de filtrage différents : le support quart de plan et le support centré autour du pixel à prédire. L'estimation, réalisée par l'équation de filtrage, du pixel  $x_{i,j}$  de coordonnées (i,j) est :

$$\widehat{X}_{i,j} = W_{i,j} * X_{i,j} \quad (1)$$

où  $X_{i,j}$  est le support de filtrage et  $W_{i,j}$  est le masque des coefficients qui sont convolués aux pixels du support de filtrage de l'image :

- quart de plan

$$X_{i,j} = \begin{pmatrix} X_{i-t,j-d} & \cdots & X_{i-t,j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i,j-d} & \cdots & X_{i,j} \end{pmatrix}$$

- centré

$$X_{i,j} = \begin{pmatrix} X_{i-t,j-t} & \cdots & X_{i-t,j+t} \\ \vdots & X_{i,j} & \vdots \\ X_{i+t,j-t} & \cdots & X_{i+t,j+t} \end{pmatrix}$$

Le coefficient du masque  $W_{i,j}$  correspondant au pixel  $x_{i,j}$  est nul.

L'équation de mise à jour des coefficients du masque  $W$  du filtre pour le  $n^{\text{ième}}$  pixel traité est :

$$w(n+1) = w(n) + uE(n) \cdot X(n) \quad (2)$$

où  $e(n)$  l'erreur de prédiction a priori sur ce pixel est :

$$e(n) = X(n) - \widehat{X}_{i,j} = X(n) - W_{i,j} * X_{i,j} \quad (3)$$

Le pas d'adaptation  $\mu$  peut être fixé a priori pour toute l'image. Cependant nous utilisons un pas variable présenté dans [4] qui présente l'avantage d'annuler l'erreur de prédiction a posteriori  $e'(n)$ , en effet :[4]

$$e'(n) = X(n) - X_{post} = X(n) - w(n+1) * X(n) \quad (4)$$

En remplaçant  $W(n+1)$  par son expression dans (2) :

$$e'(n) = e(n) \cdot (1 - uX(n) * X(n))$$

$$= e(n) \cdot (1 - u\|X(n)\|^2) \quad (5)$$

$$\forall e(n). e'(n) = 0 \rightarrow u = \|X(n)\|^{-2} \quad (6)$$

En pratique le pas d'adaptation  $\mu$  est le produit de  $\mu_0$  par le terme de normalisation (6). En effet le terme de normalisation est très sensible si le masque est de petite taille, comme dans

nos applications. L'équation de mise à jour des coefficients du masque W de l'algorithme 2-D NLMS (normalisé) est :

$$w(n + 1) = w(n) + \frac{u_0 \cdot e(n) \cdot X(n)}{\|X(n)\|^2}$$

Afin de ne pas perturber les coefficients du masque W par des pixels bruités, nous procédons à un lissage par un filtre médian :

$$w(n + 1) = w(n) \frac{u_0 \text{méd}\{(e(n) \cdot X(n), \dots, e(n - m) \cdot X(n - m))\}}{\|X(n)\|^2}$$

où méd est l'opérateur médian.

Le filtre, qui est récursif dans le calcul des coefficients du masque, est appliqué de manière récursive sur l'image c'est à dire que les pixels traités sont incorporés à l'image d'entrée du filtre comme le montre la figure III.1. Ce filtre est noté 2-D RMNLMS. Ainsi pour un modèle à support quart de plan, les pixels perturbés, qui sont détectés, ne sont jamais utilisés. Seules sont utilisées leurs estimations débruitées. Par contre le modèle à support centré utilise des pixels bruités.

### III.3 La détection d'impulsions combinée avec le 2-D RMNLMS

Pour repérer un pixel perturbé par une impulsion, nous appliquons un test sur son erreur de prédiction  $e(n)$  seuillée. Cependant cette erreur, qui est sensible à la présence de bruit, l'est aussi aux erreurs du modèle. Nous utilisons alors une technique fondée sur la comparaison de la valeur du pixel  $x(n)$  avec ses 8 voisins. Nous ordonnons de manière croissante ces 8 voisins dans  $E = \{r_1(n), \dots, r_8(n)\}$  afin de calculer  $m(n)$ , un niveau moyen, puis 4 différences  $d_i$  [4]:

$$m(n) = \frac{r_4(n) + r_5(n)}{2}$$

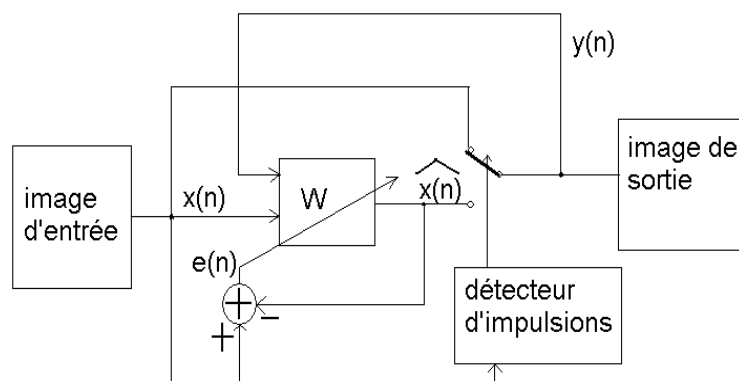
$$d_k(n) = \begin{cases} r_k(n) - x(n), & \text{si } x(n) \leq m(n) \\ \text{sinon } x(n) - r_{9-k}(n) \end{cases}$$

Pour détecter une impulsion en  $x(n)$ , nous comparons  $d_i(n)$  à un seuil  $T_i$  : si  $\exists i = 1 \text{ à } 4, d_i(n) > T_i$   $x(n)$  est bruité. Nous utilisons les seuils ( $T_1=8, T_2=20, T_3=40, T_4=50$  pour 256 niveaux de gris) adaptés au bruit impulsionnel et proposé par [4]. Le détecteur nous permet de

ne traiter que les pixels bruités. Il est incorporé dans le filtre comme le montre le schéma de la figure III.1.

Pour un masque lié à un support de filtrage quart de plan le parcours de l'image s'effectue de manière lexicographique. Pour un masque centré le parcours est avec un retour en début de ligne une ligne sur deux. Le parcours génère cependant des défauts de traînage par l'équation de filtrage.

problèmes de traînage dus au parcours de l'image, nous réalisons plusieurs restaurations avec des masques différents. A partir de ces images restaurées l'utilisation d'un filtre médian permet d'obtenir l'image de sortie de notre filtre. Le filtre 2-D RMNLMS est développé en 2 versions qui dépendent du support de filtrage. La première version est réalisée par 4 restaurations obtenues avec les 4 modèles à support quart de plan possibles. La seconde version est fondée sur 4 restaurations obtenues avec un modèle à support centré et 4 parcours de l'image différents.



**Fig.III.1** : Schéma du filtre pour un seul masque.

### III.4 Résultats

Nous comparons les résultats obtenus sur l'image *Lena* (256\*256 pixels) bruitée pour différents taux de bruit impulsionnel, de 1% à 50%. Chaque pixel, codé sur 8 bits, a une probabilité commune à toute l'image d'être bruité synthétiquement et de prendre alors une valeur aléatoire uniformément distribuée dans [0,255]. Nous présentons une première évaluation des performances des filtres par le biais du Rapport Signal à Bruit (RSB ou SNR). Le tableau 1 présente les SNR des images bruitées synthétiquement.

TAB.1 : Rapport Signal à Bruit en dB des images bruitées

<i>Lena bruitée à</i>	SNR initial
1 %	21.76
3 %	16.97
10 %	11.76
20 %	8.10
25 %	7.83
30 %	7.12
40 %	5.60
50 %	4.42

Le tableau 2 présente les SNR des différentes images bruitées et traitées par un filtre classique, le médian, par un filtre performant présenté par [3], le médian récursif et par le filtre le 2-D RMNLMS que nous proposons [3].

Ces performances, évaluées par l'amélioration des SNR, montrent que le 2-D RMNLMS est performant pour des images ayant jusqu'à 40% de pixels bruités. Au delà le SNR ne traduit plus efficacement les améliorations réalisées et à 50 % de pixels perturbés la valeur du SNR " s'écroule ".

TAB.2 : Performances en dB de 4 filtres, sur plusieurs images Lena bruitées, évaluées par le SNR.

SNR final <i>Lena bruité à :</i>	Médian 3*3	Médian récursif proposé par [3]	2-D RMNLMS support centré	2-D RMNLMS support quart de plan
1 %	21.91	31.58	30.50	29.72
3 %	17.46	31.73	30.40	29.71
10 %	11.80	26.62	26.47	26.13
20 %	7.85	25.06	25.25	26.11
25 %	7.35	23.61	23.54	24.57
30 %	6.27	22.52	22.37	24.46
40 %	3.93	18.41	18.82	20.39
50 %	0.79	14.68	14.60	14.12

Pour palier cela nous utilisons comme indicateur de performance le PSNR, outil spécifique d'évaluation de la restauration par des algorithmes qui traitent les impulsions. Il traduit l'erreur quadratique normalisée [3].

$$PSNR = 10. \log_{10} \left( \frac{nb\_pixels}{\sum (x_{rest}(n) - x_{original}(n))^2} * 255^2 \right)$$

Le tableau 3 présente les résultats obtenus pour les filtres précédents appliqués aux images bruitées précédentes. Le filtre à support quart de plan est plus performant en présence d'un bruit ayant de 10 à 40 % de pixels corrompus. Le filtre 2-D RMNLMS quart de plan fournit les meilleurs résultats pour des images ayant 15 à 30 % de pixels corrompus, en effet le PSNR résultant est supérieur de plus de 1dB par rapport aux PSNR d'images traitées par les autres filtres.

TAB. 3 : Performances en dB de 4 filtres, sur plusieurs images Lena bruitées évaluées par le PSNR.

PSNR final <i>Lena</i> bruité à :	Médian 3*3	Médian récursif proposé pa[3]	2-D RMNLMS support centré	2-D RMNLMS support quart de plan
1 %	31.16	36	35.02	34.94
3 %	30.94	35.24	34.36	34.39
5 %	30.51	33.94	33.46	33.65
10 %	29.6	31.7	31.13	32.21
20 %	27.74	29.08	28.61	30.38
25 %	26.65	27.94	27.15	28.98
30 %	25.19	26.72	25.76	27.8
40 %	22.2	24.13	22.85	24.59
50 %	19.38	21.65	20.17	21.19

Le critère visuel est très important et nous présentons les traitements réalisés par les différents filtres présentés sur l'image *Lena* bruitée, avec 25 % de pixels corrompus (fig.III.2). Nous la traitons par le médian de masque 3 \* 3 (fig.III.3), par le 2-D RMNLMS quart de plan (fig.III.4), par le médian récursif de masque 3\*3 (fig.III.5) et par le 2-D RMNLMS centré (fig.II.I6).

Ce critère montre aussi l'amélioration réalisée par le 2-D RMNLMS quart de plan qui fournit une image moins perturbée que l'image de sortie du filtre proposé par [3] qui présente des " tâches noires " dans des zones de niveaux de gris uniformes comme le fond de l'image [3].



**Fig.III.2 :** image Lena bruitée à 25%.



**Fig.III.3 :** image Lena filtrée par le Médian 3 \* 3.

Le filtre 2-D RMNLMS à masque centré fournit de bons résultats pour un bruit faiblement présent (au maximum 5 %). Cependant ce filtre est sensible à la contribution de pixels perturbés qui entrent en compte dans le calcul de l'estimation du pixel par



l'intermédiaire de la partie non causale du support de filtrage. Nous observons les artefacts de ce problème sur la figure 6 (petites tâches plutôt blanches).

De plus le filtre 2-D RMNLMS préserve mieux les détails du chapeau ou de la plume que les filtres médian et médian récursif.



**Fig.III.4** : image *Lena* filtrée par le 2-D RMNLMS de masque quart de plan 2\*2 et  $\mu=4 \text{ e-}4$ .



**Fig.III.5** : Image *Lena* filtrée par le médian récursif 3\*3 + détecteur de [3].

### III.5 Conclusion

Nous avons développé un filtre qui élimine les artefacts impulsionnels pour des images possédant un taux de présence d'impulsions très variable de 1 % à 50%.

Ce filtre est la combinaison de filtres adaptatifs non linéaires avec un détecteur d'impulsions performant. Les résultats obtenus montrent des restaurations de meilleures qualités que celles obtenues par des traitements classiques tel que le filtre médian récursif.



**Fig.III.6** : image Lena filtrée par le 2-D RMNLMS de masque centré 3\*3 et  $\mu=4 \text{ e-}4$ .

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

La dernière chose que nous concluons ce mémoire, et que grâce à laquelle l'étude du bruit et de la filtration ensemble. Ajouter Le filtre médian 2-D LMS à l'application, et le côté théorique ce que nous avons recueilli grâce à la recherche, et la conclusion nous sommes sortis avec, le bruit est un phénomène indésirable Basé sur des informations et des références originales et aléatoires , Il est considéré comme le principal problème pour gâcher l'information afin de s'en débarrasser, et pour s'en débarrasser nous suivons l'approche de la filtration en général et Le filtre médian 2-D LMS en particulier parce que c' est le seul moyen de s'en débarrasser. Comme mentionné ci-dessus et à travers notre étude de ce le filtre dans un programme MATLAB nous attendons avec impatience plusieurs problèmes l'information est exposée, Notez que nous avons discuté de le filtrage et restauration d'image perturbées dans notre étude appliquée par l'effet du bruit impulsionnel sur eux , est souvent réalisée par des filtres d'ordre statistique de type filtre médian. Et ses données. Parmi ces effets, le flou de l'image. Après avoir regardé des études antérieures, nous avons découvert la source du bruit .Nous avons appliqué la proposition et proposé des solutions à ces problèmes en étudiant l'application à Matlab:

- L'utilisation des différentes approches qui ont été élaborées pour le traitement d'image en niveaux de gris soit par agents simples situés dans l'image, ou bien, par inspiration des systèmes naturels.
- Utiliser le filtre médian 2-D LMS car il est le filtre approprié pour filtrer une image perturbées par de bruit impulsionnel et il est la combinaison de filtres adaptatifs non linéaires avec un détecteur d'impulsions performant.

Enfin, le bruit ne peut pas être complètement éliminé de l'information mais réduit

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] T.I. Haweel and P.M. Clarkson, " A Class of Order Statistic LMS Algorithms", IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 40, no.1, pp. 44-53, Jan. 1992.
- [2] M.M. Hadhoud and D.W. Thomas, " The Two-Dimensional Adaptive LMS Algorithm", IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 35, no.5, pp. 485-494, May 1988.
- [3] E. Abreu, M. Lightstone, S.K. Mitra and K. Arakawa, " A New Efficient Approach for the Removal of Impulse Noise from Highly Corrupted Images", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 5, no.6, pp. 1012-1024, June 1996.
- [4] F. Le Pouliquen, S. Nasser Eldin, " Restauration du Signal entaché par du Bruit Impulsionnel dans les Cas Mono et Bidimensionnels", AGIS97, Angers France.
- [5] C. Kotropoulos and I. Pitas, " Adaptive LMS L-Filters for Noise Suppression in Images", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 5, no.12, pp. 1596-1609, Dec. 1996.
- [6]. A. Ben Hamza, P. L. Luque-Escamilla, J. Martinez-Aroza and R. Roman-Roldan, "Removing Noise and Preserving Details with Relaxed Median Filters", Journal of Mathematical Imaging and Vision, Vol. 11, pp. 161-177, 1999.
- [7] A. Ben Hamza, "Some Properties of Relaxed Median Filters", Digital Signal Processing Proceedings, Vol. 2, pp. 957-960, 1997.
- [8] I. Bloch, Y. Gousseau, H. Maître, D. Matignon, B. Pesquet-Popescu, F. Schmitt, M. Sigelle, F. Tupin, "Le Traitement des images - tome 1"
- [9] I. Bloch, Y. Gousseau, H. Maître, D. Matignon, B. Pesquet-Popescu, F. Schmitt, M. Sigelle, F. Tupin, "Le Traitement des images - tome 2"
- [10] G. R. Arce and R. E. Foster, "Detail-Preserving Ranked-Order Based Filters for Image Processing", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 37, No. 1, pp. 83-98, Jan 1989.

## Bibliographie

- **[11]** A. Ben Hamza and H. Krim, "Image Denoising: A Nonlinear Robust Statistical Approach", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 49, No. 12, pp. 3045-3054, Dec 2001.
- **[12]** R.C. Gonzalez and R.E. Woods, Digital Image Processing, 3rd Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2008
- **[13]** R.C. Gonzalez, R.E. Woods and S.L. Eddins, Digital Image Processing Using Matlab, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004
- **[14]** Le masque flou en imagerie numérique [archive] - *Pulsar - SAP*, <sup>no</sup> 711 et 712, 1995/1996

## **Résumé**

Dans le contexte d'images perturbées par du bruit impulsionnel nous proposons un filtre qui est la combinaison de filtres adaptatifs avec un détecteur d'impulsions fondé sur plusieurs seuillages. Ces filtres ne modifient que les pixels détectés comme bruités, ils préservent ainsi une grande partie de l'image tout en éliminant les impulsions. Nous présentons un modèle fondé sur des masques de support quart de plan et un autre modèle ayant un masque de support centré. Nous comparons nos filtres avec les algorithmes les plus performants que nous connaissons pour ce type de traitement. Nous montrons que ces filtres fournissent de meilleures estimations que les filtres d'ordre statistique et que les images ainsi restaurées ont de meilleures qualités visuelles.

**Mots clé** : traitement d'image ,filtrage adaptatif 2-D ,bruitage , le filtre médian 2-D LMS.

## **Abstract**

This paper considers the problem of removal impulsive noise from noisy image. The proposed filters are the combination of an impulsive detector based on several thresholds and a non linear adaptive filter. These filters modify only pixels which have been detected as noisy pixels, in order to protect the main part of the original image. Two different image models are presented, one with a quarter plane mask and the other one with a mask surrounding the pixel in progress. We compare our filters with order statistic filters and show the benefit of our filters in visual appearance.

**Keyword** : image processing ,2-D adaptative filtering , sound effects , the median filter  
2-D LMS.