

Département : Informatique

Licence Sciences et Techniques en Informatique

Option : Génie Logiciel

MÉMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**DÉTECTION DES POINTS D'INTÉRÊTS :
ALGORITHMES DE HARRIS ET SUSAN**

PRÉPARÉ PAR :

- KARMOUT Ismail
- NOGOT Youssef
- ELJAMGHILI Omar

SOUTENU LE 25-07-2022 DEVANT LE JURY :

- Pr. BOUDA Brahim (Encadrant)
- Pr. BAATAOUI Aziz
- Pr. OUCHAO Brahim.

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2021-2022

REMERCIEMENT

*Nous adressons en premier lieu notre reconnaissance à notre **DIEU** tout puissant, de m'avoir permis d'arriver là, car sans lui rien n'est possible.*

*Nous tenons tout d'abord à remercier **Mr. BOUDA Brahim** notre encadrant de mémoire, pour son encadrement, son suivi et ses conseils lors de la réalisation de notre mémoire. Nous tenons ensuite à remercier tous nos professeurs et enseignants de département d'informatique qui ont contribué à notre formation. Nous souhaitons aussi remercier les membres du jury pour leur précieux temps accordé à l'étude de notre mémoire. Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

DÉDICACE

Nous dédions ce modeste travail : A nos très chers parents pour leur soutien et encouragement durant toutes nos années d'études et sans lesquels nous n'aurions jamais réussi et à toutes nos familles. A tous nos professeurs et enseignants que nous avons eus durant tous nos cursus scolaires et qui nous ont permis de réussir dans nos études. À tous nos chers amis et nos collègues de l'Université et d'ailleurs à toute personne ayant contribué à ce travail de près ou de loin.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENT	2
DÉDICACE	3
LISTE DES FIGURES.....	7
INTRODUCTION GENERAL.....	9
<i>Chapitre1 : Notions de base sur le traitement d'image.....</i>	<i>10</i>
I INTRODUCTION	11
II Notion d'image numérique	11
1 Définition	11
2 Type d'image numérique.....	11
2.1 Image matricielle	11
2.2 Image vectorielle	12
2.3 Image Couleur	13
2.4 Image a niveau de gris.....	14
2.5 Image binaire.....	14
2-6 Caractéristique d'une image	15
2-6-1 Pixel.....	15
2-6-2 Dimension	15
2-6-3 Histogramme.....	15
3 Résolution.....	15
III Traitement d'image numérique	16
1 Seuillage.....	16
2 Filtrage des images	17
2-1 Filtrage linéaire.....	17
2-1-1 Filtre moyenneur :	17
2-2 Filtrage non linéaire	17
2-2-1 Filtre médian :	17
IV Notion important	18
1 Convolution	18
2 Notion de régions	19
3 Point d'intérêt	19
3-1 Définition.....	19

3-2 Les détecteurs de points d'intérêts.....	19
3-2-1 Détecteur Moravec	19
3-2-2 Détecteur Harris et Stephen	20
3-2-3 Détecteur de Beaudet.....	20
3-2-4 Les coins de Kitchen et Rosenfeld.....	20
4 Bruit.....	20
4-1 Définition.....	20
4-2 Bruit Gaussien	21
V Conclusion	22
<i>Chapitre 2 : Outils de développement</i>	<i>23</i>
I INTRODUCTION	24
II Présentation de l'interface	25
1 L'interface de Matlab	25
2 présentation de la zone des commandes.....	26
III Utilisation de Microsoft Project	27
1 MS Project interface principale	28
<i>Chapitre 3 : Les méthodes de détection de points d'intérêts</i>	<i>29</i>
I INTRODUCTION	30
II Différentes approches.....	30
III Les Détecteurs.....	31
1 Détecteur de Moravec (1980)	31
2 Détecteur de Harris et Stephens	32
2-1 Les Etapes de L'algorithme.....	36
3 Détecteur SUSAN.....	37
VI Application	40
1 Détection de points d'intérêts pour une image naturelle.....	40
2 Détection de points d'intérêts pour une image transformée	41
3 Détection de points d'intérêts pour une image bruitée	41
V Conclusion	42
<i>Chapitre 4 : Développement d'une interface graphique sous MATLAB</i>	<i>43</i>
I Introduction.....	44
II Interface graphique	44
III Présentation de l'interface	44

1 Page d'accueil : Informations sur l'interface graphique.....	44
2 Opérations de base.....	45
3 Détection des points d'intérêts :	49
4 Conclusion	51
CONCLUSION GÉNÉRALE	52
RÉFÉRENCES	53

LISTE DES FIGURES

Figure1 : Image Matricielle.....	12
Figure2 : Images vectorielles	12
Figure 3 : Différence entre image matricielle- image vectorielle.....	13
Figure 4 : Image couleur	13
Figure 5 : Image à niveaux de gris	14
Figure 6 : Image binaire.....	14
Figure 7 : Etapes de construction un histogramme d'une image numérique	15
Figure 8 : Résolution.....	16
Figure 9 : Seuillage d'une image.....	16
Figure 10 : Principe du filtre médian	18
Figure 12 : Détection des points d'intérêts d'image bruitée (gaussien)	21
Figure 13 : interface principale MATLAB.....	25
Figure 14 : Zone des commandes dans MATLAB	26
Figure 15 : interface principale MS Project	28
Figure 16 : Différents types de points d'intérêts :.....	30
Coins, jonction en T et point de fortes variations de texture	30
Figure 17 : Les différentes situations considérées par le détecteur de Moravec.	31
Figure 18 : Exemple de points détectés par le détecteur de HARRIS.....	32
Figure 19 : Variation du signal dans le cas de contour et de coin.....	34
Figure 20 : Détection des coins en fonction des valeur propres.....	35
Figure 21 : Quatre masques circulaires à différents endroits sur une image simple. Source : [Smith 1997]	37
Figure 22 : Quatre masques circulaires avec coloration de la zone de similarité. Les zones USAN sont représentées par les parties blanches des masques. Source : [Smith 1997].	38
Figure 23 : Représentation tridimensionnelle de la zone USAN. Source : [Smith 1997].....	38
Figure 24 : détection des points d'intérêts pour une image naturel	40
Figure 25 : détection des points d'intérêts pour une image transformée	41
Figure 26 : détection des points d'intérêts pour une image bruitée	41
Figure 27 : Informations sur l'interface graphique	44
Figure 28 : Page principal de l'interface	45
Figure 29 : Opérations de base.....	46
Figure 30 : Opérations de base (Bruit)	46

Figure 31 : Contraste, rotation, et mise en niveau de gris de l'image	47
Figure 32 : Luminosité et binarisation de l'image	48
Figure 33 : Application du bruit (Salt & Pepper)	48
Figure 34 : Comparaison entre différents bruits	49
Figure 35 : Fenêtre de détection des coins	50
Figure 36 : Détection des points d'intérêts par Harris	50

INTRODUCTION GENERAL

Le traitement d'images est une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées, il se base sur un ensemble des méthodes et des techniques qui sert d'étudier les images numériques et leurs transformations, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information. Le traitement d'image représente une étape primordiale dans la visualisation, l'analyse, l'interprétation, le stockage et la transmission des images. Parmi ces applications : La télécommunication, l'industrie, la compression des images, la médecine (image scanner IRM 3D), et la sécurité etc...

La détection de points d'intérêts ou point caractéristiques est une opération majeure lors d'un processus de traitement d'images. En effet, cette étape est primordiale lorsque l'on veut faire de la vision par ordinateur. On traite l'image afin qu'elle puisse être analysée par un ordinateur. Les points d'intérêts d'une image correspondent aux coins et aux contours.

Ce mémoire s'articule autour de trois principaux chapitres à travers lesquels nous allons présenter les différents aspects de détection des points d'intérêts.

- ♣ **Chapitre I** : Ce chapitre consacré aux notions de base liées à la représentation des images, leurs types et leurs propriétés, région et quelques opérations importantes (convolution et filtrage).
- ♣ **Chapitre II** : Ce chapitre est réservé à la représentation de l'outil de travail (Matlab), ainsi que la représentation du Microsoft Project.
- ♣ **Chapitre III** : Ce chapitre réservé à la définition de quelque méthode de détection des points d'intérêts.
- ♣ Dans le **dernier chapitre**, nous présentons une application réalisée pour simplifier le déroulement des algorithmes prédéfinis dans le **Chapitre III**.

Ce mémoire se termine par une conclusion, elle donne un aperçu général du travail, met en évidence les résultats obtenus.

Chapitre1 : Notions de base sur le traitement d'image

I 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 différentes techniques connues dans ce domaine.

II Notion d'image numérique

1 Définition

Une image est une représentation visuelle, voire mentale, de quelque chose (objet, être vivant ou concept). Elle peut être naturelle (ombre, reflet) ou artificielle (sculpture, peinture, photographie),

Mathématiquement c'est une fonction bidimensionnelle de la forme $f(x, y)$, où $f(x_0, y_0)$ est la valeur de faux coordonnées (x_0, y_0) .

Le terme **d'image numérique** désigne, dans son sens le plus général, toute image qui a été acquise, traitée et sauvegardée sous une forme codée représentable par des nombres (valeurs numériques).

2 Type d'image numérique

2.1 Image matricielle

Une image matricielle est un tableau à deux (ou plus) dimensions, chaque case contient la valeur d'un pixel, lorsqu'on agrandi trop l'image on perd de la qualité d'où plus les pixels sont nombreux plus l'image est claire.

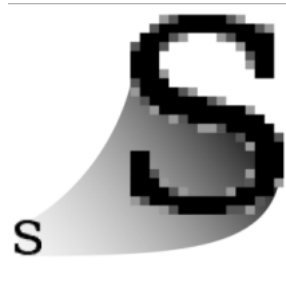


Figure1 : Image Matricielle

2.2 Image vectorielle

Le principe des images vectorielles est de représenter les données de l'image à l'aide de formules mathématiques. Cela permet alors d'agrandir l'image indéfiniment sans perte de qualité et d'obtenir un faible encombrement.



Figure2 : Images vectorielles

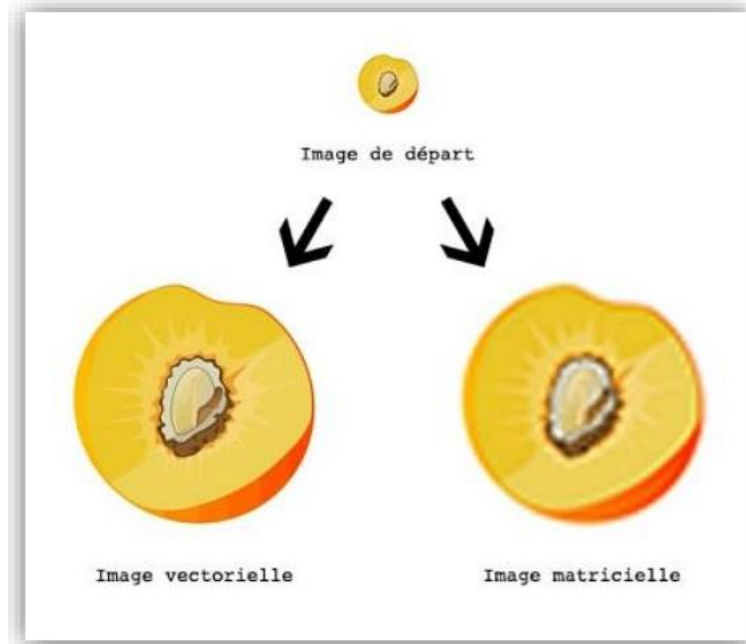


Figure 3 : Différence entre image matricielle- image vectorielle

2.3 Image Couleur

Une image couleur est décrite par trois matrices. Chaque matrice correspond à une image pour représenter le rouge, vert et bleu. Chacune de c'est trois images s'appelle canal.

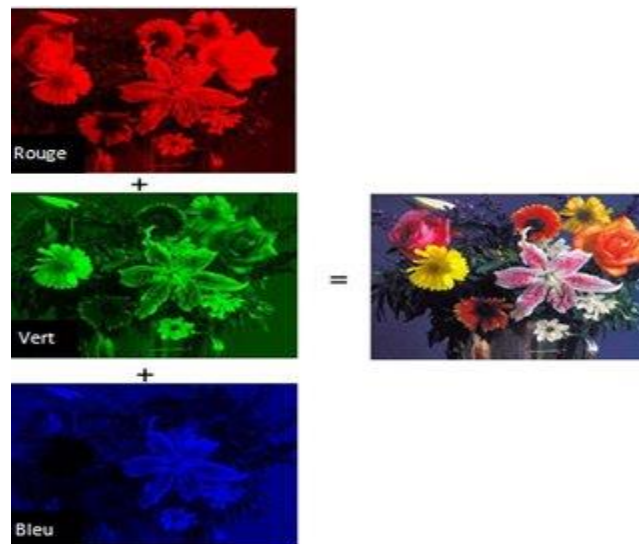


Figure 4 : Image couleur

2.4 Image a niveau 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 1 bit, mais par 1 octet (8 bits). 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 le teint de chaque pixel de l'image. Plus ce nombre est important, plus les niveaux possibles sont nombreux.



Figure 5 : Image à niveaux de gris

2.5 Image binaire

Une image binaire est une image pour laquelle chaque pixel ne peut avoir pour valeur que 0 pour la partie noire, ou 1 pour la partie blanche.

1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figure 6 : Image binaire

2-6 Caractéristique d'une image

2-6-1 Pixel

Est l'élément de base d'une image ou d'un écran, c'est-à-dire un point. Ensemble de ces pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions (largeur et hauteur) constituant l'image.

2-6-2 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 multipliée par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image.

2-6-3 Histogramme

L'histogramme d'une image est une application qui à chaque valeur de niveau de gris dans l'image associe le nombre de pixels ayant cette valeur. Pour une image en 256 niveaux de gris, le résultat de l'histogramme sera une liste de 256 valeurs. L'histogramme est un outil rapide permettant de vérifier la qualité de l'image : image globalement surexposée (trop claire) ou sous-exposée (trop sombre).



Figure 7 : Etapes de construction un histogramme d'une image numérique

3 Résolution

La résolution d'une image est le nombre de pixels par pouce qu'elle contient (1 pouce = 2.54 centimètres). Elle est exprimée en "PPP" (points par pouce) ou DPI (dots per inch). Plus il y a de pixels (ou points) par pouce et plus il y aura d'information dans l'image (plus précise). Par exemple, une résolution de 300dpi signifie que l'image comporte 300 pixels dans sa largeur et 300 pixels dans sa hauteur, elle est donc composée de 90 000 pixels (300x300 ppp). Grâce à cette formule, il est facile de connaître la dimension maximale d'un tirage.

1 inch = 2,54 cm.

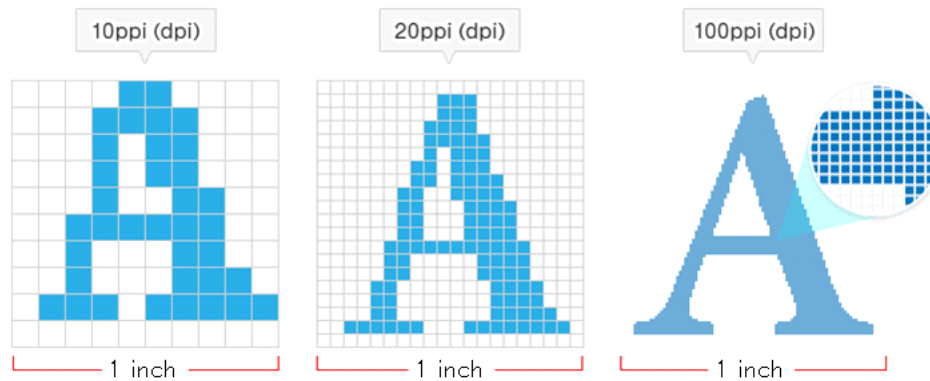


Figure 8 : Résolution

III Traitement d'image numérique

1 Seuillage

Le seuillage d'image est une technique simple de binarisation d'image¹, elle consiste à transformer une image en niveau de gris en une image dont les valeurs de pixels ne peuvent avoir que la valeur 1 ou 0. On parle alors d'une image binaire ou image en noir et blanc.

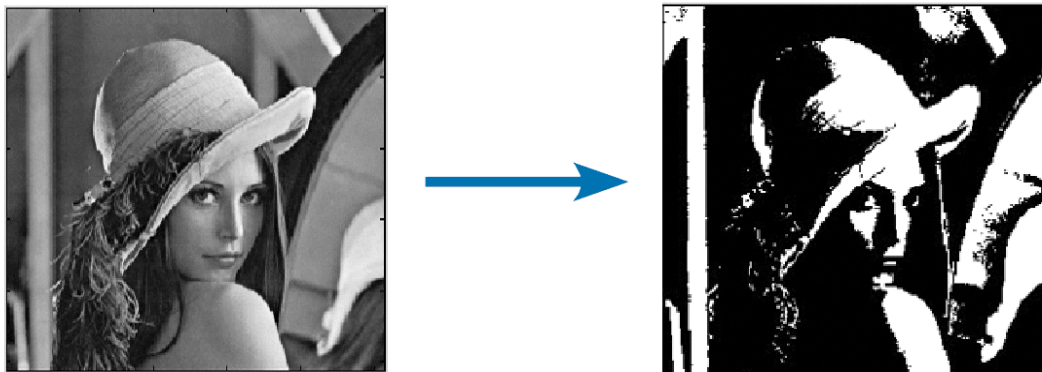


Figure 9 : Seuillage d'une image

Remarque : le seuillage d'une image à niveaux de gris donne une image binaire.

2 Filtrage des images

Le principe du filtrage est de modifier la valeur des pixels d'une image, généralement dans le but d'améliorer son aspect. En pratique, il s'agit de créer une nouvelle image en se servant des valeurs des pixels de l'image d'origine.

Il y'a deux type de filtrage : Filtrage linéaire et filtrage non linéaire.

2-1 Filtrage linéaire

Un filtre linéaire est, en traitement du signal un système qui applique un opérateur linéaire à un signal d'entrée. Les filtres linéaires sont rencontrés le plus souvent en électronique, mais il est possible d'en trouver en mécanique ou dans d'autres technologies.

Un filtre linéaire possède les propriétés suivantes :

- Invariance à la position : le résultat du filtrage ne dépend que du voisinage d'un pixel et non de la position absolue du pixel dans l'image.
- Respecter les principes de mise à l'échelle et de superposition.

2-1-1 Filtre moyeneur :

Les filtres moyeneurs, comme leur nom l'indique, calculent la moyenne, éventuellement pondérée, des pixels situés dans le voisinage de chaque pixel. Cette famille de filtres permet de réduire le bruit dans l'image, ce qui rend les zones homogènes plus lisses.

2-2 Filtrage non linéaire

Contrairement au filtrage par convolution (filtrage linéaire), le filtrage non-linéaire fait intervenir les pixels voisins suivant une loi non-linéaire. Le filtre médian (cas particulier du filtrage d'ordre), utilisé dans cet exercice, est un exemple classique de ces filtres.

2-2-1 Filtre médian :

Le filtre médian est un filtre numérique non linéaire, souvent utilisé pour la réduction de bruit. La réduction de bruit est une étape de prétraitement classique visant à améliorer les résultats de traitements futurs (détection de bords par exemple).

223	186	114	
204	161	106	106 114 138 161 186 194 204 219 223
219	194	138	

Figure 10 : Principe du filtre médian



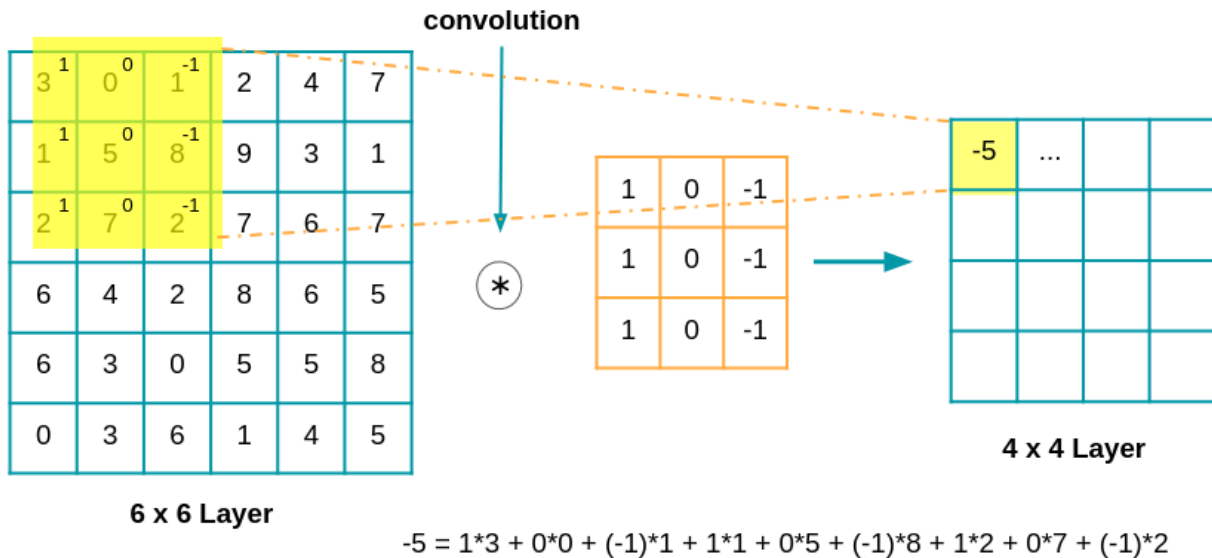
Figure 11 : l'effet des filtres moyennneur et médian

IV Notion important

1 Convolution

La convolution est courante en traitement d'images, Elle consiste en une opération de Multiplication de deux matrices de tailles différentes (généralement une petite et une Grande), mais de même dimensionnalité semblable (p.ex. 1D, 2D), produisant une nouvelle Matrice (également de même dimensionnalité). La convolution est donc le traitement d'une Matrice (p.ex. une image) par une autre petite matrice appelée matrice de convolution ou Noyau (kernel).

Exemple :



2 Notion de régions

La notion de région dans le traitement d'images, comme évoquée ci-dessus, est de regrouper des zones possédant les mêmes caractéristiques (dans notre cas, la couleur). C'est à-dire que si plusieurs pixels adjacents s'avèrent être de couleur identique alors la zone qu'ils forment est une région.

3 Point d'intérêt

3-1 Définition

La notion de points d'intérêt a été introduite pour la première fois par Moravec [Moravec, 1977]. Pour lui, les points d'intérêts correspondent à un changement bidimensionnel du signal comme par exemple les coins, les jonctions en T, en Y...etc. Toutefois, un point d'intérêt est plus général qu'un coin, pourtant ils sont utilisés dans la littérature comme équivalents [Schmid, 1996]. Les points d'intérêt utilisés dans ce travail sont les points de focus. Les détecteurs de points de focus utilisent la symétrie pour calculer des points qui ont un intérêt visuel important vis-à-vis le system visuel humain.

3-2 Les détecteurs de points d'intérêts

3-2-1 Détecteur Moravec

Les travaux les plus anciens concernant la détection iconique des points d'intérêt sont ceux de Moravec.

Il a défini dans [Moravec, 1977] un détecteur qui introduit pour la première fois la notion d'autocorrélation. Le principe était de calculer les variations d'intensité lumineuse dans quatre directions parallèles aux lignes et aux colonnes de l'image et de mesurer ensuite les différences entre une fenêtre rectangulaire autour d'un pixel et quatre fenêtres voisines. Un point qui présente des variations d'intensité dans toutes les directions est un point d'intérêt.

3-2-2 Détecteur Harris et Stephen

Le détecteur de Harris et Stephens [1988] intervient pour améliorer le détecteur de Moravec.

3-2-3 Détecteur de Beaudet

Le détecteur de Beaudet est l'un des premiers détecteurs de points d'intérêt. Il définit un opérateur basé sur les dérivées secondes du signal pour juger si un point est un point d'intérêt ou non. Son point faible est qu'il est basé sur les dérivées secondes ce qui le rend plus sensible au bruit [Goshtasby, 2005]. Ce détecteur utilise la formule suivante :

$$I_{xx} I_{yy} - I_{xy}^2$$

3-2-4 Les coins de Kitchen et Rosenfeld

Dans leur approche, Kitchen et Rosenfeld ont utilisé la courbure des isophotes, qui est la courbure de la surface d'intensité de l'image, elle est approximée localement de façon polynomiale. Ensuite, ils recherchent les maxima locaux d'un opérateur qui estime la courbure locale multipliée par la norme du gradient. Ces maxima locaux représentent les points d'intérêt. À l'inverse des deux détecteurs précédents, ce détecteur utilise les dérivées premières et secondes en même temps. L'approche de Kitchen et Rosenfeld est l'une des approches qui travaillent à l'ordre deux. Elle consiste à maximiser la courbure des isophotes multipliée par la magnitude du gradient. La courbure des isophotes peut s'exprimer par l'opérateur K :

$$K = \frac{I_{xx} I_y^2 - 2I_{xy} I_x I_y + I_{yy} I_x^2}{\|\nabla\|}$$

$$KR = \frac{I_{xx} I_y^2 - 2I_{xy} I_x I_y + I_x^2}{\|\nabla\|}$$

4 Bruit

4-1 Définition

Dans une image numérique on appelle bruit numérique toute fluctuation parasite ou dégradation que subit l'image de l'instant de son acquisition jusqu'à son enregistrement. Le bruit numérique est une

notion générale à tout type d'image numérique, et ce quel que soit le type du capteur à l'origine de son acquisition (appareil photo numérique, scanner, caméra thermique...). Les sources de bruit numérique sont multiples, certaines sont physiques liées à la qualité de l'éclairage, de la scène, la température du capteur, la stabilité du capteur de l'image durant l'acquisition, d'autres apparaissent durant la numérisation de l'information.

4-2 Bruit Gaussien

Dans le cas d'une image à niveau de gris fortement bruitée par un bruit gaussien. Le bruit Gaussien est un filtre isotrope spécial avec des propriétés mathématiques bien précises. La fonction Gaussienne est très commune dans la nature, c'est par exemple la fonction qui décrit le mieux une étoile déformée par la turbulence. La fonction Gaussienne est aussi souvent utilisée dans les distributions statistiques. Le bruit Gaussien est une forme idéalisée du bruit blanc causé par des fluctuations aléatoires dans le signal. Soit :

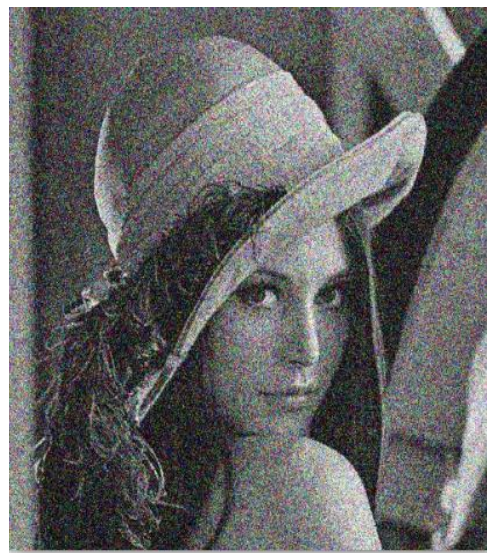
- I : l'image
- N : le bruit Gaussien

L'image affectée par ce bruit est modélisée par : $I + N$.

On suppose que : I : est une matrice dont les éléments sont les valeurs des pixels de l'image initiale et N : est une matrice dont les éléments sont distribués d'une façon normalisée.



L'image a



L'image b

Figure 12 : Détection des points d'intérêts d'image bruitée (gaussien)

L'image a : image originale

L'image b : image bruitée

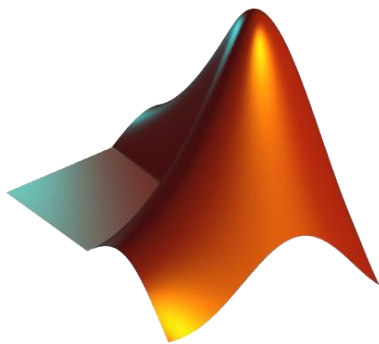
V Conclusion

Ce chapitre, nous l'avons voulu à ce qu'il soit une brève introduction aux concepts liés au domaine du traitement d'images. Les différentes définitions qui y sont développées sont celles des connaissances élémentaires de cette discipline, mais combien même elles sont essentielles pour L'initiation aux traitements approfondis des images.

Chapitre 2 : Outils de développement

I INTRODUCTION

Qu'est-ce que Matlab ?



Matlab : est un environnement de programmation orienté calcul numérique. Articulé autour du langage de script du même nom, il est doté d'un éditeur permettant d'exécuter des séquences de commandes encapsulées dans des fonctions.

Matlab est conçu pour l'analyse de données, la visualisation de graphiques, la génération de matrice, le développement d'algorithmes ou le développement d'applications. Interopérables avec Python, C/C++, Java et Fortran, il est optimisé pour le calcul en parallèle. Ses principaux domaines d'application sont les sciences, l'ingénierie et l'économie.

II Présentation de l'interface

1 L'interface de Matlab



Figure 13 : interface principale MATLAB

- **Le menu** regroupe des commandes de base de Matlab, comme enregistrer, afficher, les préférences, etc...
- **L'explorateur de fichier** permet de visualiser ses fichier scripts et de les ouvrir pour les éditer.
- **La zone de commande** permet d'écrire des commandes et de visualiser leur résultat.
- **La zone des variables** permet de visualiser toutes les variables en mémoire à l'instant présent (leur nom ainsi que visualiser leur contenu).
- **L'historique** permet de visualiser l'historique des commandes précédemment exécutées.

2 présentation de la zone des commandes

On peut écrire des commandes simples dans Matlab. Cependant quand on souhaite écrire un programme complet, on utilise l'éditeur de script Matlab :

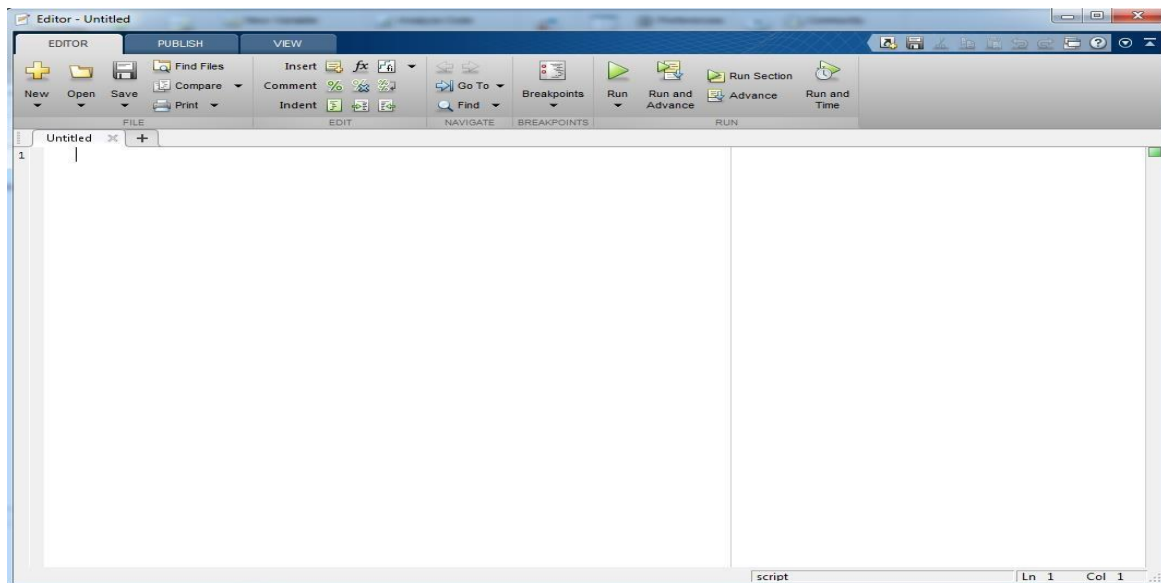


Figure 14 : Zone des commandes dans MATLAB

➤ Dans le domaine de traitement des images :

MATLAB offre des fonctions prédéfinies pour le traitement d'image comme : Lecture, écriture et affichage d'une image couleur ou niveau de gris, transformations spatiales et transformations fréquentielles, Filtrage linéaire et non linéaire, binarisation et morphologie mathématique, Analyse, et restauration d'image, Changement d'espace couleur. Voici quelque exemple des fonctions plus utilisées pour traitement d'images sous MATLAB.

Fonction	Utilité
<i>Imread () ;</i>	<i>Lecture d'une image</i>
<i>Imshow () ;</i>	<i>Affichage d'une image</i>
<i>Imrotate () ;</i>	<i>Rotation d'une image</i>
<i>Rgb2gray () ;</i>	<i>Convertir l'image RGB à une image niveaux gris</i>
<i>Imnoise () ;</i>	<i>Ajouter du bruit</i>
<i>Zéros () ;</i>	<i>Initialisation d'une matrice par des valeurs nulles</i>
<i>Det () ;</i>	<i>Pour calculer déterminant</i>
<i>Imtranslate () ;</i>	<i>Translation d'une image</i>
<i>Conv2() ;</i>	<i>Permet de calculer la convolution de deux matrice</i>
<i>Trace () ;</i>	<i>Pour calculer la trace d'une matrice</i>
<i>Filtre2 () ;</i>	<i>Permet de calculer la dérivée d'une image</i>

III Utilisation de Microsoft Project

Pour préparer le PFE, nous avons utilisé le logiciel Microsoft Project pour organiser et faciliter le travail de ce projet.

En plaçant toutes les activités réalisées dans le Ms Project sous la forme d'un diagramme de Pert et le diagramme de GANT.

1 MS Project interface principale

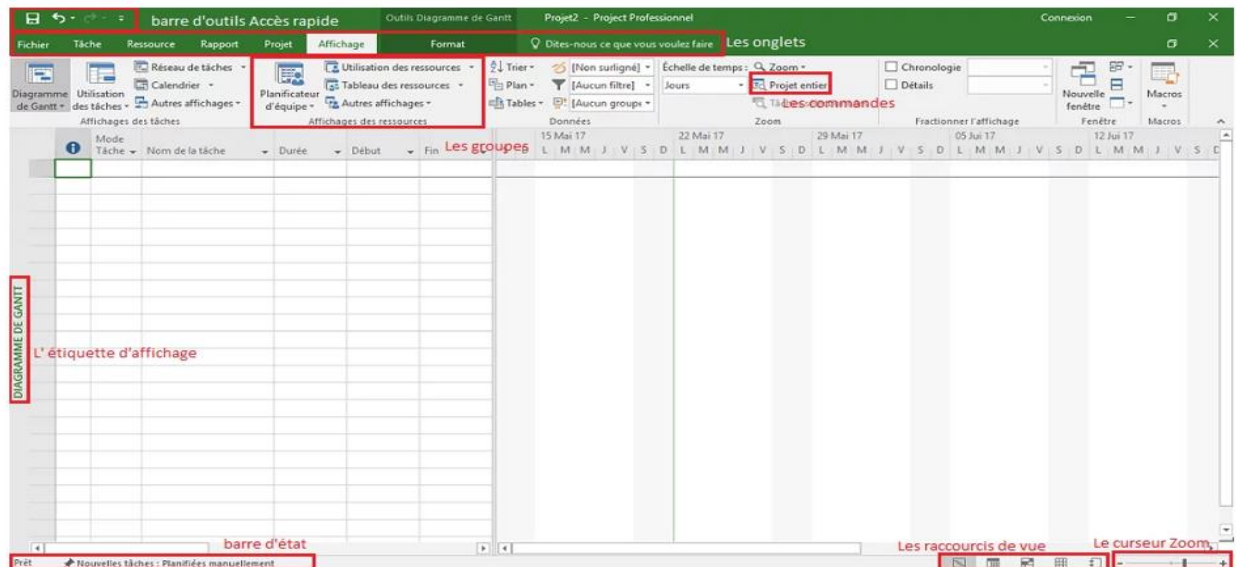


Figure 15 : interface principale MS Project

- **La barre d'outils Accès rapide** : est une zone de l'interface où vous pouvez mettre vos commandes favorites (comme annuler, enregistrer, refaire, etc.)
- **La zone groupe d'onglets** du projet ensemble (comme fichier, tâche, ressource, projet, etc.)
- **Le groupe** : est une collection de commandes connexes sous un onglet (comme groupe horaire sous l'onglet de tâches où vous pouvez trouver des commandes telles que des tâches de liaison, tâches un Link, tâches tiret, etc.)
- **La commande** : est une action spécifique qui est effectuée lorsque vous la choisissez (comme couper, copier, coller, etc.)
- **L'étiquette d'affichage** : est placée le long du bord gauche de la vue active. Parce que MS Project a de nombreuses vues, il est très utile de vous rappeler « où vous êtes », c'est-à-dire la vue active que vous utilisez actuellement
- Avec **les raccourcis de vue**, vous pouvez facilement et rapidement basculer entre certaines des vues dans le projet MS (comme le graphique Gant, l'utilisation des tâches, le planificateur d'équipe et la feuille de ressources)
- **Le curseur Zoom** : permet de zoomer la vue active vers l'intérieur ou vers l'extérieur
- **La barre d'état** : affiche certains détails comme la planification de la nouvelle tâche, les filtres appliqués, etc..).

Chapitre 3 : Les méthodes de détection de points d'intérêts

I INTRODUCTION

La détection de points d'intérêts (ou coins) est, au même titre que la détection de contours, une étape préliminaire à de nombreux processus de vision par ordinateur. Les points d'intérêts, dans une image, correspondent à des doubles discontinuités de la fonction d'intensités. Celles-ci peuvent être provoquées, comme pour les contours, par des discontinuités de la fonction de réflectance ou des discontinuités de profondeur. Ce sont par exemple : les coins, les jonctions en T ou les points de fortes variations de texture.

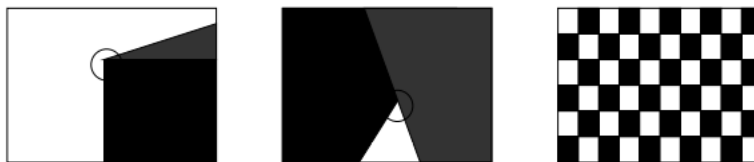


Figure 16 : Différents types de points d'intérêts :

Coins, jonction en T et point de fortes variations de texture

Avantages des points d'intérêts :

1. Sources d'informations plus fiable que les contours car plus de contraintes sur la fonction d'intensité.
2. Robuste aux occultations (soit occulté complètement, soit visible).
3. Pas d'opérations de chaînage.
4. Présents dans une grande majorité d'images.

II Différentes approches

De nombreuses méthodes ont été proposées pour détecter des points d'intérêts. Elles peuvent être classées grossièrement suivant trois catégories :

- 1. Approches contours :** l'idée est de détecter les contours dans une image dans un premier temps. Les points d'intérêts sont ensuite extraits le long des contours en considérant les points de courbures maximales ainsi que les intersections de contours.
- 2. Approches intensité :** l'idée est cette fois-ci de regarder directement la fonction d'intensité dans les images pour en extraire directement les points de discontinuités.

3. Approches à base de modèles : les points d'intérêts sont identifiés dans l'image par mise en correspondance de la fonction d'intensité avec un modèle théorique de cette fonction des points d'intérêts considérés.

→ Les approches de la **deuxième catégorie** sont celles utilisées généralement. Les raisons sont : indépendance vis à vis de la détection de contours (stabilité), indépendance vis à vis du type de points d'intérêts (méthodes plus générales).

III Les Détecteurs

1 Détecteur de Moravec (1980)

L'idée du détecteur de Moravec est de considérer le voisinage d'un pixel (une fenêtre) et de déterminer les changements moyens de l'intensité dans le voisinage considéré lorsque la fenêtre se déplace dans diverses directions. Plus précisément. On considère la fonction :

$$E(x, y) = \sum_{u, v} w(u, v) | I(x + u, y + u) - I(u, v) |^2$$

Où :

- w : spécifie la fenêtre voisinage considérée (valeur 1 à l'intérieur de la fenêtre et, 0 l'extérieur) ;
- $I(u, v)$: est l'intensité au pixel (u, v) ;
- $E(x, y)$: représente la moyenne du changement d'intensité lorsque la fenêtre est déplacée de (x, y) .

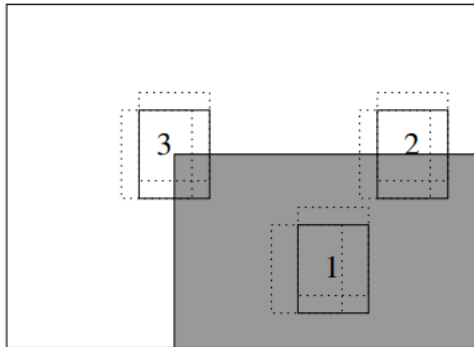


Figure 17 : Les différentes situations considérées par le détecteur de Moravec.

En appliquant cette fonction dans les trois situations principales suivantes (voir la figure ci-dessus), on obtient :

1. L'intensité est approximativement constante dans la zone image considérée : la fonction prendra alors de faibles valeurs dans toutes les directions_ (x, y) .

2. La zone image considérée contient un contour rectiligne : la fonction prendra alors de faibles valeurs pour des déplacements (x, y) le long du contour et de fortes valeurs pour des déplacements perpendiculaires au contour.
3. La zone image considérée contient un coin ou un point isolé : la fonction E prendra de fortes valeurs dans toutes les directions.

En conséquence, le principe du détecteur de Moravec est donc de rechercher les maxima locaux de la valeur minimale de E en chaque pixel (au-dessus d'un certain seuil).

2 Détecteur de Harris et Stephens

La contribution de Harris et Stephens [Harris, 1988] intervient pour améliorer le détecteur proposé par Moravec. Ils ont corrigé plusieurs défauts parmi lesquels la prise en compte des variations d'intensité dans toutes les directions et l'utilisation de fenêtres circulaires au lieu de fenêtres rectangulaires autour des pixels. Ce détecteur est resté reconnu comme le détecteur de référence dans le domaine de la vision par ordinateur. Il a été sujet à plusieurs améliorations ; la plus qualitative est celle de Schmid [Schmid, 1996] qui a proposé une version précise du détecteur de Harris dans laquelle le gradient de l'image est calculé en utilisant les dérivées d'une gaussienne plutôt qu'avec un simple masque discret $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$. Comme le bruit contenu dans une image peut perturber considérablement le calcul de ses dérivées, il faut soit faire un lissage de l'image avant de calculer ses dérivées soit effectuer un lissage de l'opérateur de dérivation. Un moyen simple pour stabiliser les calculs des dérivées est donc d'utiliser les dérivées d'une fonction de lissage. La gaussienne est la plus communément choisie pour une telle fonction. La nouvelle version du détecteur de Harris utilise les dérivées d'une gaussienne. Les convolutions avec les dérivées des gaussiennes intervenant dans les calculs sont implémentées de manière récursive ce qui permet des calculs rapides.

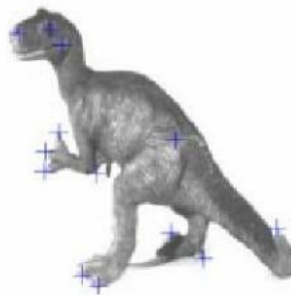


Figure 18 : Exemple de points détectés par le détecteur de HARRIS

Ce détecteur a été conçu sur le même principe du détecteur de Moravec, L'idée de base de ce détecteur est d'utiliser la fonction d'autocorrélation pour déterminer les endroits où le signal change dans deux directions simultanément. La version précise de ce détecteur a été évaluée dans [Schmid, 1996], [Schmid, 2000]. La conclusion était que le détecteur de Harris précis donne des résultats meilleurs ou équivalents à ceux des autres détecteurs. Il a été montré qu'il est le détecteur le plus stable. Cette stabilité provient principalement du fait qu'il utilise les dérivées d'une fonction de lissage et qu'il travaille

seulement à l'ordre un. La fonction d'autocorrélation locale mesure les changements locaux du signal. Cette mesure est obtenue par la corrélation d'un patch avec les patches voisins, c'est-à-dire avec les patches déplacés d'une petite valeur dans différentes directions. Pour un déplacement $(\Delta x, \Delta y)$ et un point (x, y) la fonction d'autocorrélation est donnée par :

$$f(x, y) = \sum_{(x_k, y_k) \in W} [I(x_k, y_k) - I(x_k + \Delta x, y_k + \Delta y)]^2 \quad (1)$$

Où :

(x_k, y_k) Sont les points dans la fenêtre centrée en (x, y) et I la fonction image et I_x, I_y représente respectivement les dérivées partielles de I par rapport à x, y .

Pour utiliser cette fonction dans la détection des points d'intérêt, il faut la calculer pour toutes les directions de changement. Toutefois, on peut éviter l'intégration à travers ces directions discrètes par l'utilisation de la matrice d'autocorrélation. Cette matrice est dérivée en utilisant une approximation de premier ordre basée sur le développement de Taylor :

$$I(x_k + \Delta x, y_k + \Delta y) \approx I(x_k, y_k) + (I_x(x_k, y_k)I_y(x_k, y_k)) \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} \quad (2)$$

Par la restitution de (2) dans (1) on aura :

$$\begin{aligned} f(x, y) &= \sum_{(x_k, y_k) \in W} [I_x(x_k, y_k)I_y(x_k, y_k) \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}]^2 \\ &= (\Delta x \ \Delta y) \begin{pmatrix} \sum_{(x_k, y_k) \in W} [I_x(x_k, y_k)]^2 & \sum_{(x_k, y_k) \in W} [I_x(x_k, y_k)I_y(x_k, y_k)] \\ \sum_{(x_k, y_k) \in W} [I_x(x_k, y_k)I_y(x_k, y_k)] & \sum_{(x_k, y_k) \in W} [I_y(x_k, y_k)]^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} \\ &= (\Delta x \ \Delta y) M(x, y) \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix} \quad (3) \end{aligned}$$

Où :

$$M(x, y) = \sum_{(x_k, y_k) \in W} \begin{pmatrix} [I_x(x_k, y_k)]^2 & I_x(x_k, y_k)I_y(x_k, y_k) \\ I_x(x_k, y_k)I_y(x_k, y_k) & [I_y(x_k, y_k)]^2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

La formule (3) montre que la fonction d'autocorrélation peut être approximée en utilisant la matrice $M(x, y)$ qui capture la structure du voisinage d'un point d'intérêt. Cette matrice est donnée par la formule (4).

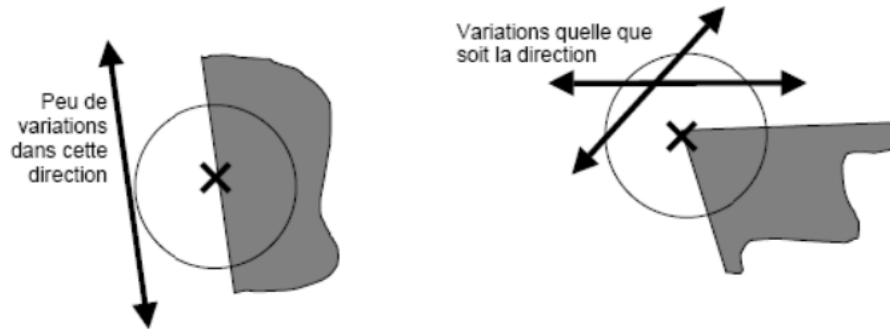


Figure 19 : Variation du signal dans le cas de contour et de coin

Après l'obtention de cette matrice, le détecteur de Harris définit une mesure de réponse de coin R ; c'est une fonction qui utilise $Tr(M)$, $Det(M)$ dans sa formulation ce qui permet d'éviter la décomposition explicite de M et la recherche des valeurs propres de la matrice

Où :

$$M = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix} \quad \text{Matrice d'autocorrélation,}$$

$$R = Det(M) - K Tr(M)^2$$

R est la réponse du détecteur de Harris,

Tel que :

$$Tr(M) = A + B$$

$$Det(M) = AB - C^2$$

K est une valeur empirique définie par Harris à 0,04.

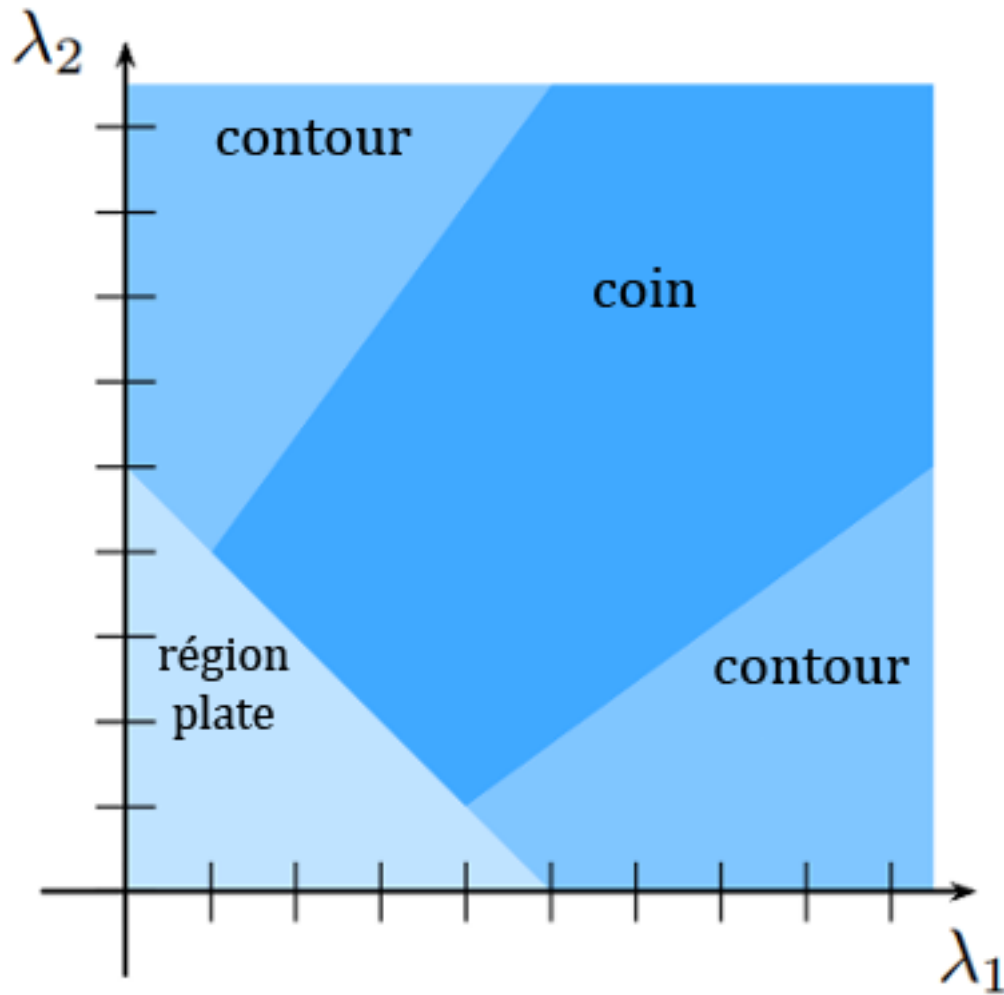
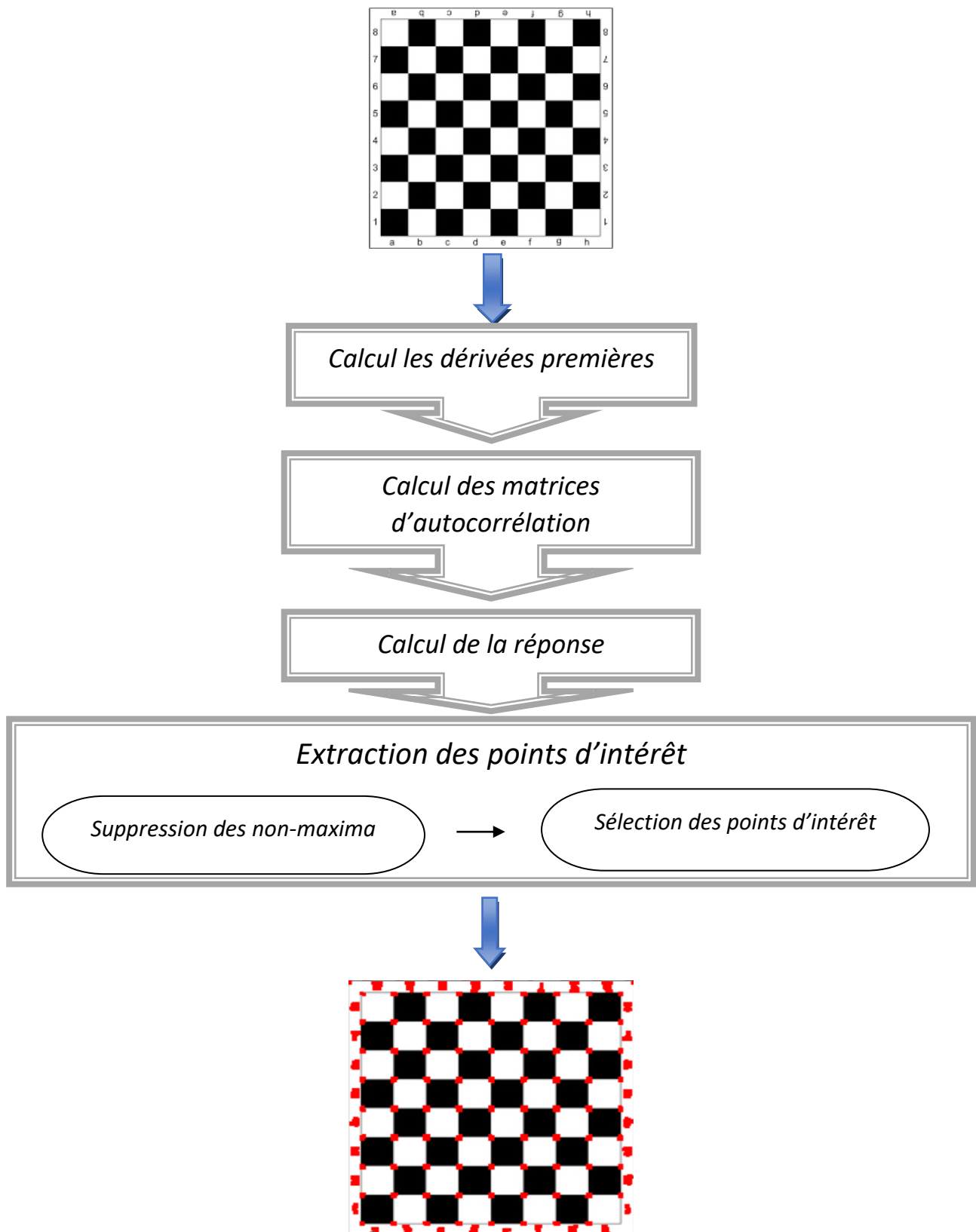


Figure 20 : Détection des coins en fonction des valeur propres

Les valeurs de R sont :

- Positive au voisinage d'un coin.
- Négative au voisinage d'un contour.
- Faible dans une région d'intensité.

2-1 Les Etapes de L'algorithme



→ Evaluation du détecteur :

Le détecteur de Harris-Stephens possède une bonne répétabilité et une invariance à la rotation cependant il souffre de quelques limites :

- Sensibilité au bruit à cause de la dérivation.
- Coût élevé en temps de calcul à cause de la convolution avec une gaussienne.
- Sensibilité au changement d'échelle.
- Sensibilité aux transformations affines Par ailleurs, la valeur de k utilisée par Harris-Stephens est empirique, elle n'a pas été prouvée analytiquement.

3 Détecteur SUSAN

Une autre approche, introduite par Smith et Brady [Smith, 1997], a conduit au détecteur SUSAN (Smallest Univalve Segment Assimilating Nucleus). À la différence de toutes les méthodes déjà proposées, cette approche n'utilise pas les dérivées des intensités de l'image mais elle mesure, dans une fenêtre, le nombre de pixels ayant une intensité voisine de celle du pixel central. Une forte variation des intensités signifie l'existence d'un point d'intérêt. Ce détecteur permet de détecter les contours, les coins et aussi les jonctions, L'algorithme appliqué peut être réparti en quatre étapes.

❖ Etape 1 : Zone USAN

La première étape de détection est la détermination de la zone USAN (Univalve Segment Assimilating Nucleus) zone qui se situe à l'intérieur du masque circulaire et dans laquelle nous cherchons les pixels qui ont un niveau de gris (NdG) proche de celui du noyau du masque (pixel en cours de traitement) (**Figure 21**). Plusieurs situations se présentent (**Figure 22**).

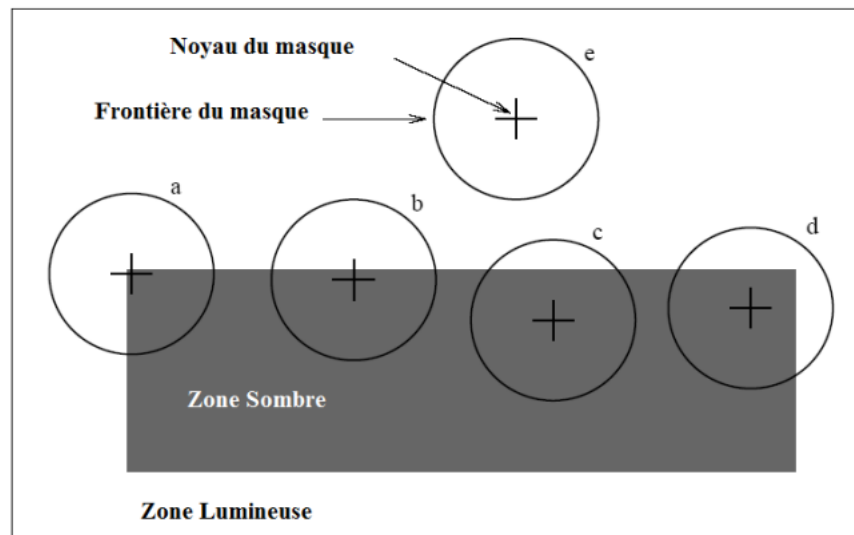


Figure 21 : Quatre masques circulaires à différents endroits sur une image simple. Source : [Smith 1997]

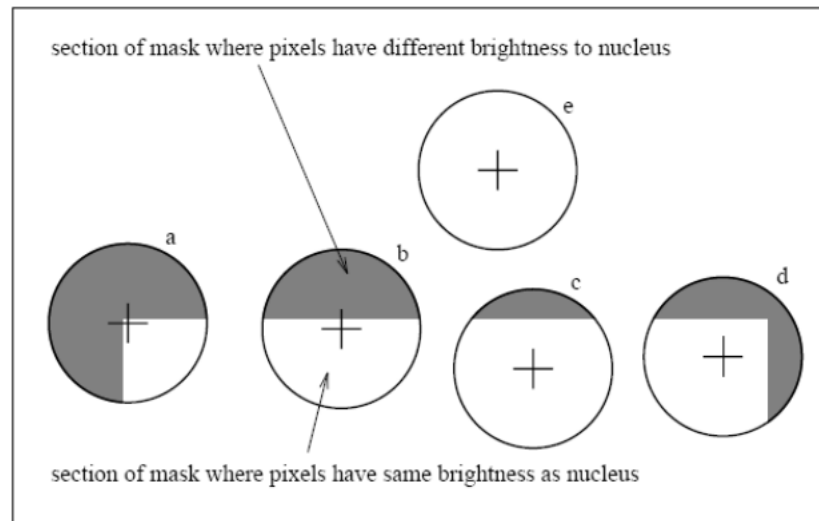


Figure 22 : Quatre masques circulaires avec coloration de la zone de similarité. Les zones USAN sont représentées par les parties blanches des masques. Source : [Smith 1997].

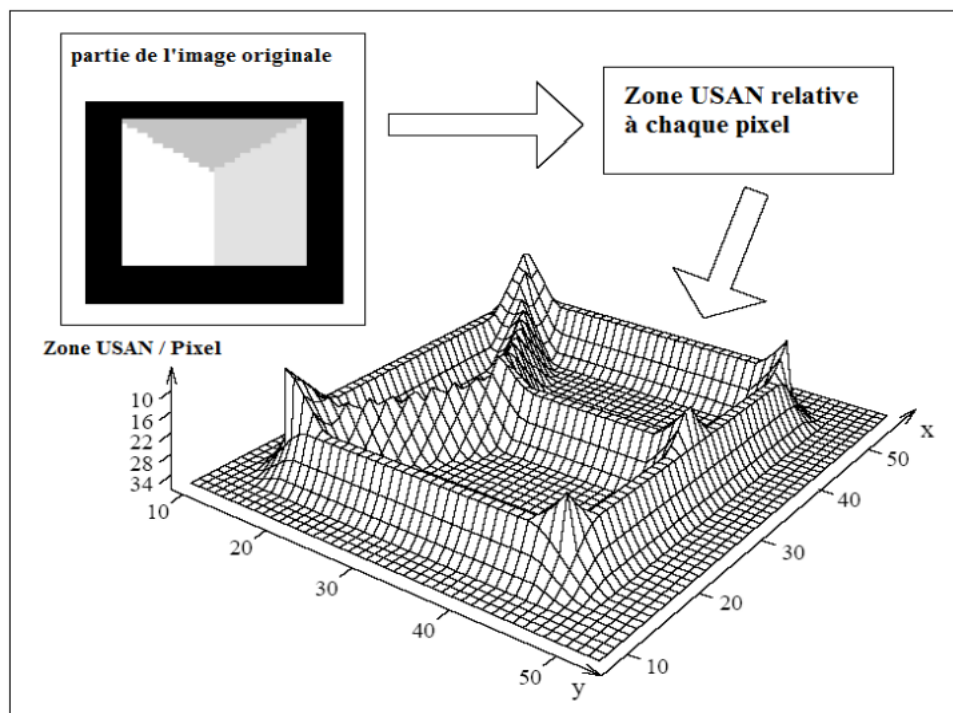


Figure 23 : Représentation tridimensionnelle de la zone USAN. Source : [Smith 1997].

La zone USAN de chaque pixel est exprimée par le nombre de pixels qui lui sont semblables à une erreur t près (**équation 1**). Comme nous pouvons voir dans (**Figure 22**) la zone USAN contient un coin lorsqu'elle a relativement une petite valeur par rapport à la taille du masque, elle est maximale dans une région homogène de l'image et contient un point de contour si elle est supérieure à la moitié de la taille

du masque [Smith 1997]. **(Figure 23)** montre que les minima locaux atteints par la zone USAN représentent des coins dans l'image. L'équation (**équation 1**) montre le calcul de la zone USAN.

$$n(\vec{r}_0) = \sum_{\vec{r}} c(\vec{r}, \vec{r}_0) \quad \text{Equation 1}$$

Telle que :

$$c(\vec{r}, \vec{r}_0) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| \leq t \\ 0 & \text{if } |I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)| > t \end{cases} \quad \text{Equation 2}$$

Où ;

- \vec{r}_0 : est la position du noyau dans l'image bidimensionnelle,
- \vec{r} : est la position de n'importe quel autre pixel à l'intérieur du masque,
- $I(\vec{r})$: est la luminance de n'importe quel pixel,
- t est le seuil de variation de luminance,
- c : est le résultat de la comparaison, Cette comparaison est faite pour chaque pixel à l'intérieur du masque.

Pour améliorer les résultats, une version lissée de l'équation 2 est utilisée soit :

$$c(\vec{r}, \vec{r}_0) = e^{-\left(\frac{I(\vec{r}) - I(\vec{r}_0)}{t}\right)^6}$$

Dans cette équation la valeur de la puissance de l'exponentielle est empirique.

❖ Etape 2 : Réponse R

Par construction, la réponse R du détecteur SUSAN est inversement proportionnelle à la taille de la zone USAN.

$$R(\vec{r}_0) = \begin{cases} g - n(\vec{r}_0) & n(\vec{r}_0) < g \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Où g est le seuil géométrique, il vaut $(n_{\max} / 2)$ sachant que n_{\max} est la valeur maximale que peut prendre n .

Pour une valeur plus grande de g , le détecteur devient un détecteur de contours.

❖ Etape 3 : Suppression des faux coins

Ce sont des points où la valeur de R est positive, mais qui ne sont pas réellement de vrais coins. Pour les éliminer, les auteurs calculent le barycentre de la zone USAN et ne retiennent que les points où le barycentre est éloigné du noyau.

❖ Etape 4 : Suppression des non-maxima locaux

Seuls les points qui représentent des maxima locaux sont retenus définitivement autant que coins. Du fait qu'il ne fait pas recours à la dérivation, le détecteur SUSAN présente le grand avantage d'être robuste aux bruits.

➤ Remarque

Les détecteurs basés sur la dérivation (Moravec et Harris) sont moins robustes aux bruits car ils l'accentuent aux hautes fréquences dans l'image, par contre le détecteur de SUSAN qui mesure le nombre de pixels ayant une intensité voisine de celle du pixel central est plus robuste aux bruits.

VI Application

1 Détection de points d'intérêts pour une image naturelle



a- Image originale



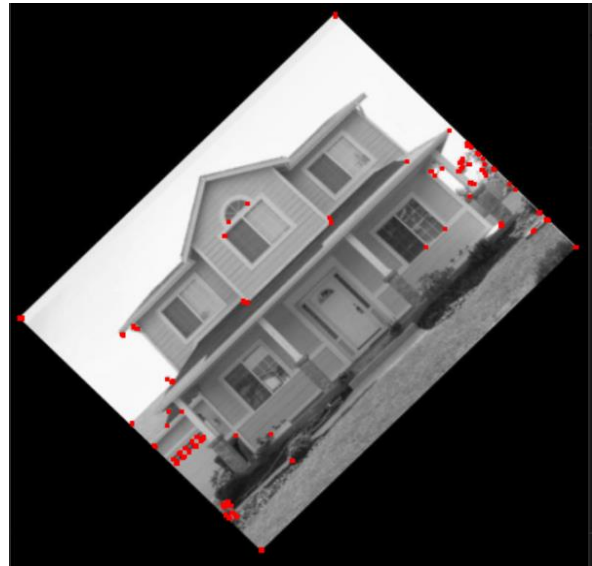
b- Image avec point d'intérêt

Figure 24 : détection des points d'intérêts pour une image naturel

2 Détection de points d'intérêts pour une image transformée



(a) Image transformer



(b) Image transformée avec les points d'intérêt

Figure 25 : détection des points d'intérêts pour une image transformée

3 Détection de points d'intérêts pour une image bruitée



(a) Image bruitée



(b) Image bruitée avec les points d'intérêts

Figure 26 : détection des points d'intérêts pour une image bruitée

V Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu quelques méthodes qui nous permettent de déterminer les points d'intérêts dans une image à niveau de gris, premièrement le détecteur de Moravec et le détecteur de Harris qui sont basées sur les dérivées des intensités de l'image, deuxièmement le détecteur de SUSAN qui n'utilise pas les dérivées des intensités de l'image mais elle mesure dans une fenêtre le nombre de pixels ayant une intensité voisine de celle du pixel central.

Nous avons vu également que les détecteurs basés sur la dérivation sont moins robustes aux bruits car ils l'accroissent aux hautes fréquences dans l'image. Ainsi des exemples d'application en utilisons les deux algorithmes de Harris et SUSAN en MATLAB.

Chapitre 4 : Développement d'une interface graphique sous MATLAB

I Introduction

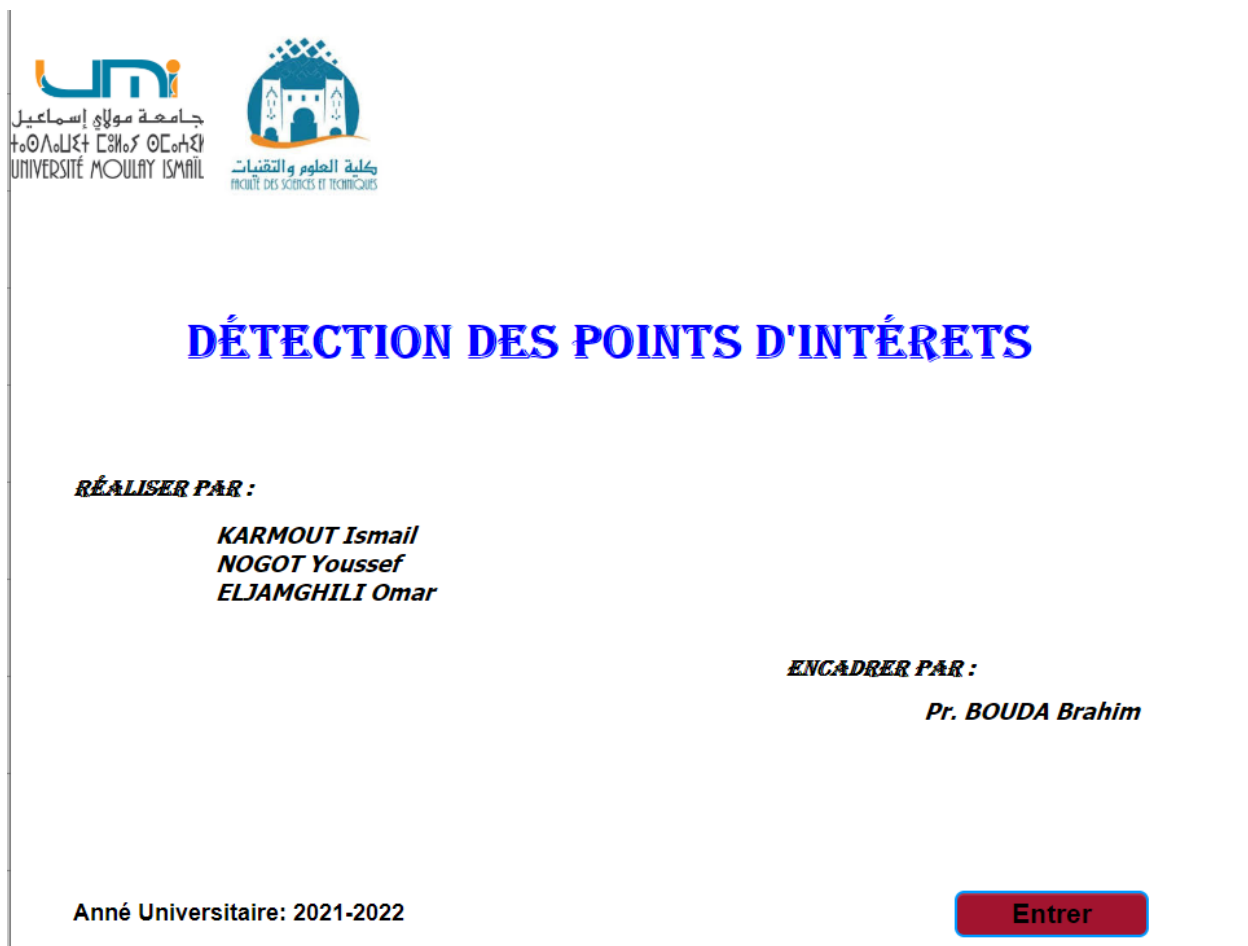
Dans ce chapitre nous allons présenter une interface graphique relative à la détection des points d'intérêts dans une image. Cette application sera développée avec langage MATLAB à l'aide du toolbox GUIDE.



II Interface graphique

Les interfaces graphiques sur MATLAB sont appelées GUI (Graphical User Interface) sous MATLAB. Elles permettent à l'utilisateur d'interagir avec un programme informatique, grâce à différents graphiques (boutons, menus, cases à cocher...).

III Présentation de l'interface

1 Page d'accueil : Informations sur l'interface graphique



DÉTECTION DES POINTS D'INTÉRÊTS

RÉALISER PAR :

KARMOUT Ismail
NOGOT Youssef
ELJAMGHILI Omar

ENCADRER PAR :

Pr. BOUDA Brahim

Année Universitaire: 2021-2022

Entrer

Figure 27 : Informations sur l'interface graphique

Entrer

Ce bouton mène au menu principal de l'interface (Figure 28).

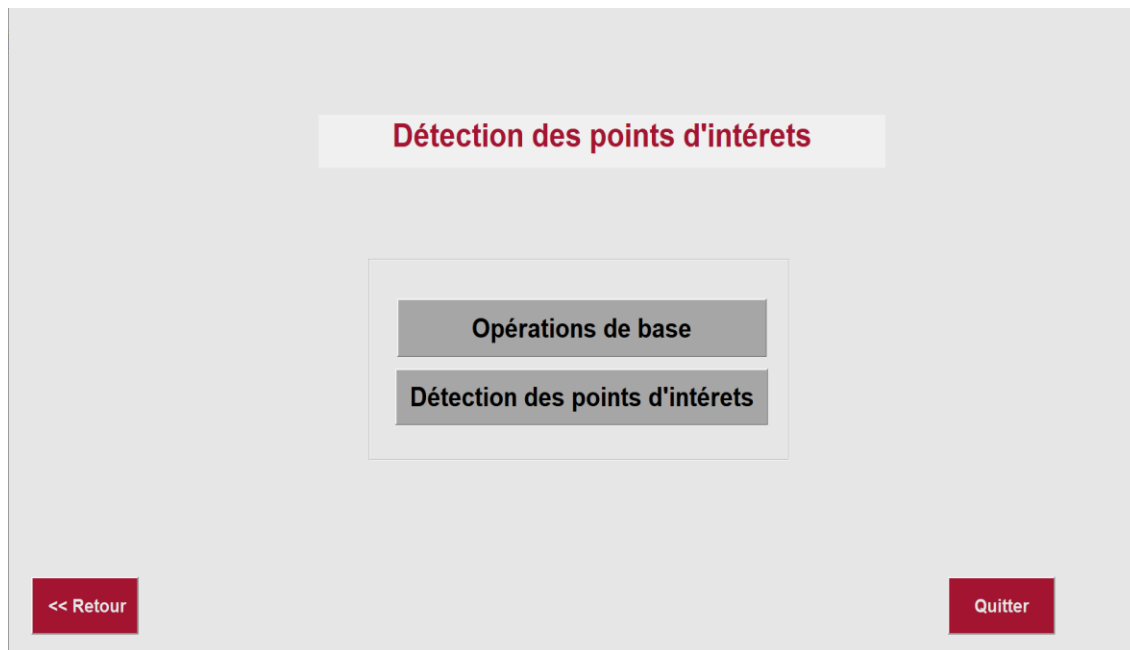


Figure 28 : Page principale de l'interface

Le menu principal contient quatre boutons dans laquelle :

Opérations de base**Détection des points d'intérêts**

<< Retour

Quitter

- Ce bouton mène vers la page qui contient les différentes opérations de base effectuant une image.
- Ce bouton mène vers la page qui contient deux différents algorithmes de détection des coins.
- Ce bouton mène vers la page précédente.
- Ce bouton permet de quitter l'interface.

2 Opérations de base

Dans cette page on peut faire des opérations telles que le chargement d'une image, sa conversion en couleur, en binaire, ou en une image à niveau de gris.

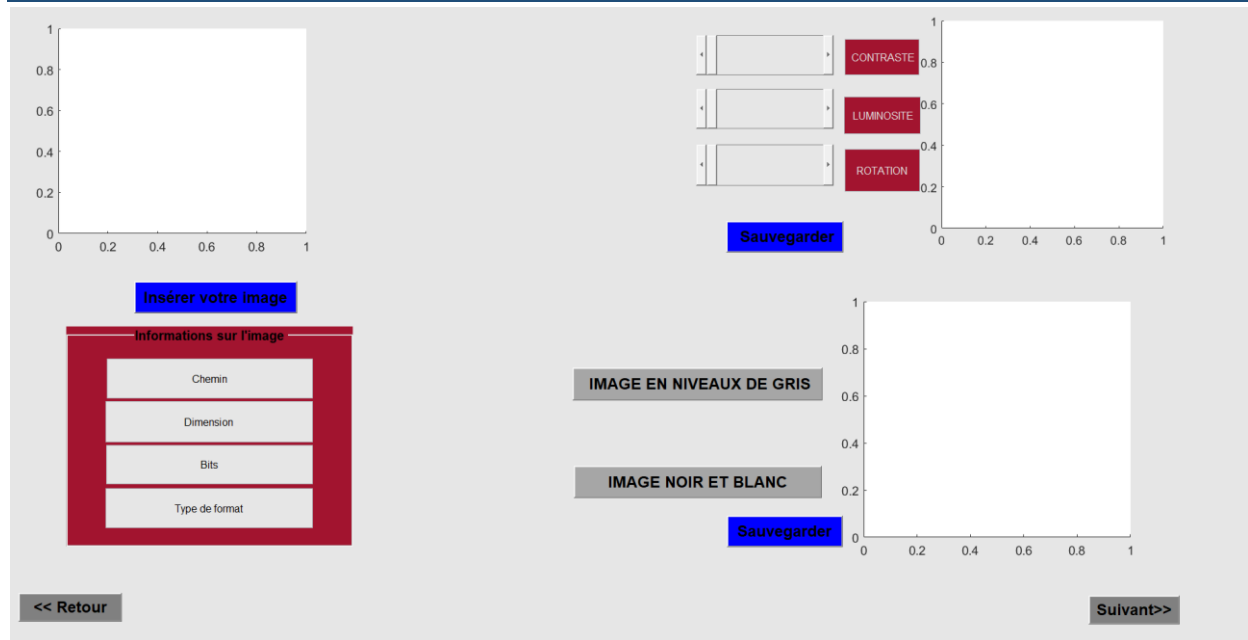


Figure 29 : Opérations de base

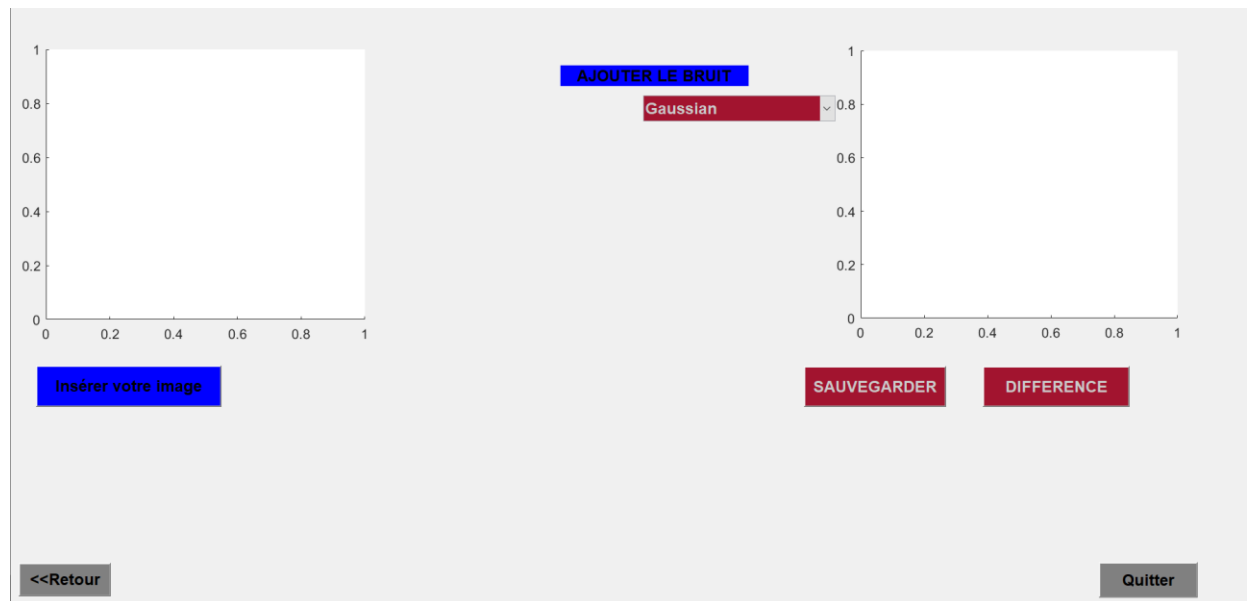


Figure 30 : Opérations de base (Bruit)

Insérer votre image

CONTRASTE

LUMINOSITE

ROTATION

IMAGE EN NIVEAUX DE GRIS

IMAGE NOIR ET BLANC

Sauvegarder

Suivant>>

- Ce bouton permet de sélectionner une image dans un répertoire, et affiché ci-dessous ses informations telle que le chemin d'accès, la dimension, la taille, et le type de format.
- Ce curseur permet d'ajouter contraste à l'image sélectionnée (Figure31).
- Ce curseur permet de modifier la luminosité de l'image sélectionnée (Figure32).
- Ce curseur permet de faire une rotation à l'image sélectionnée (Figure31).
- Ce bouton permet de convertir l'image sélectionnée en niveau de gris (Figure31).
- Ce bouton permet de convertir l'image sélectionnée en binaire (Figure32).
- Ce bouton permet d'enregistrer les images converties.
- Ce bouton mène à la figure 30.

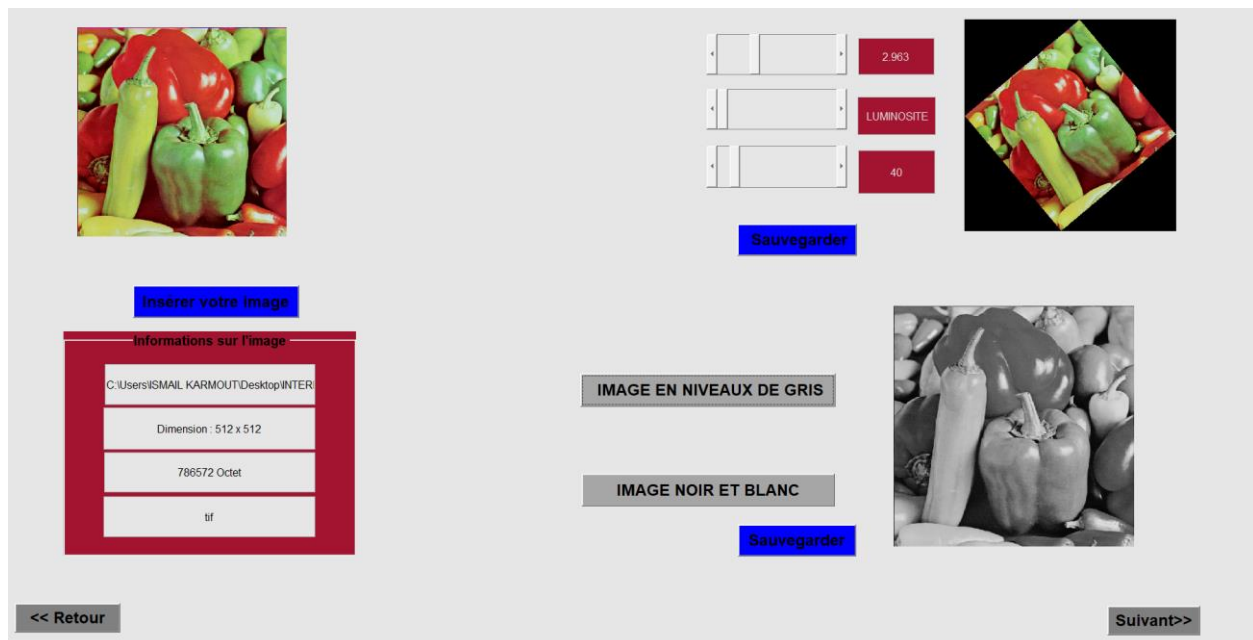


Figure 31 : Contraste, rotation, et mise en niveau de gris de l'image

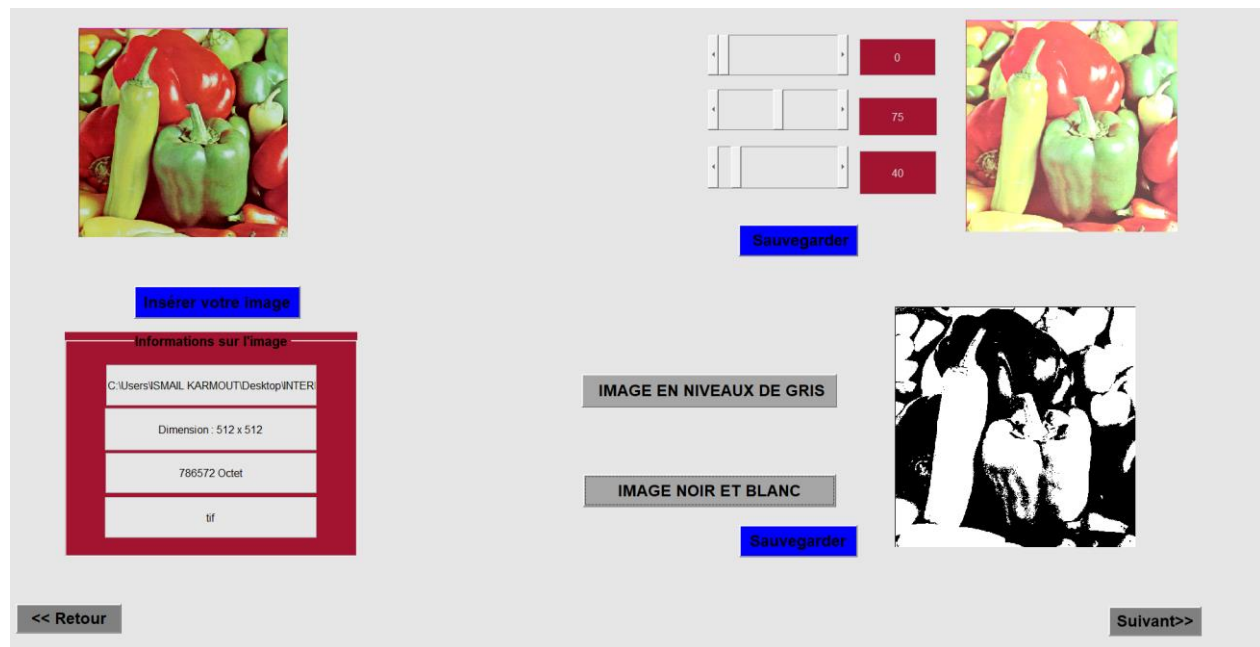
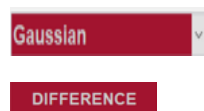


Figure 32 : Luminosité et binarisation de l'image



- Cette liste ajoute les différents bruits à l'image sélectionnée selon le choix de l'utilisateur (Gaussien, Speckle, Salt and Pepper, Poisson) (Figure 33).
- Ce bouton permet d'afficher une comparaison entre les différents bruit (Figure 34).

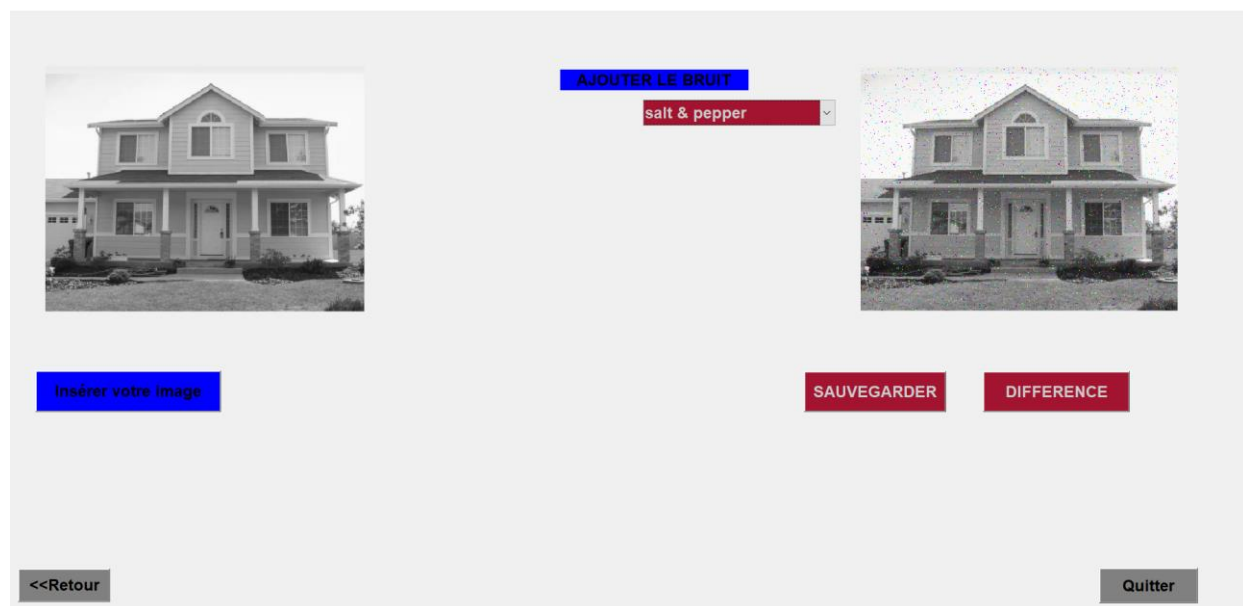


Figure 33 : Application du bruit (Salt & Pepper)

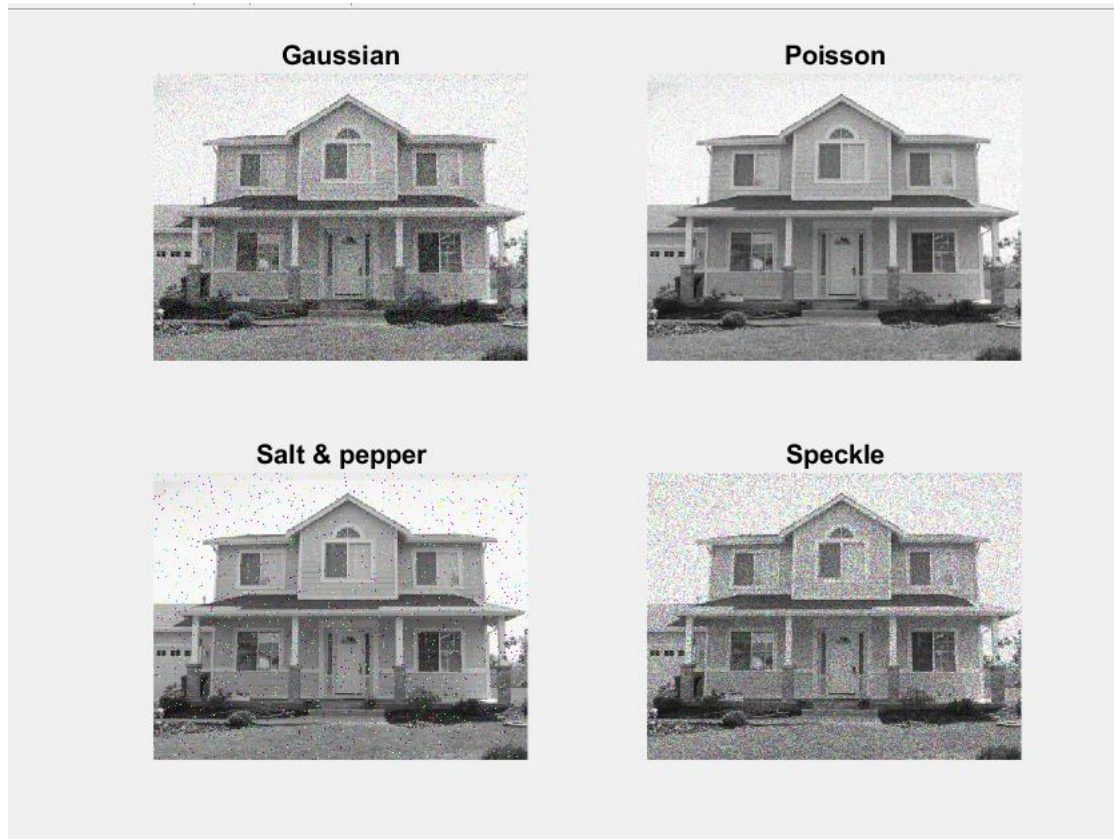


Figure 34 : Comparaison entre différents bruits

3 Détection des points d'intérêts :

Lorsque en exécutant le bouton « Détection des points d'intérêts » dans la page du menu principale s'affiche la fenêtre (Figure 35).

Les deux boutons « HARRIS » et « SUSAN » permettent de détecter respectivement les coins selon les algorithmes Harris et SUSAN (Figure 36).

Le bouton « Effacer » permet d'effacer les données trouvées.

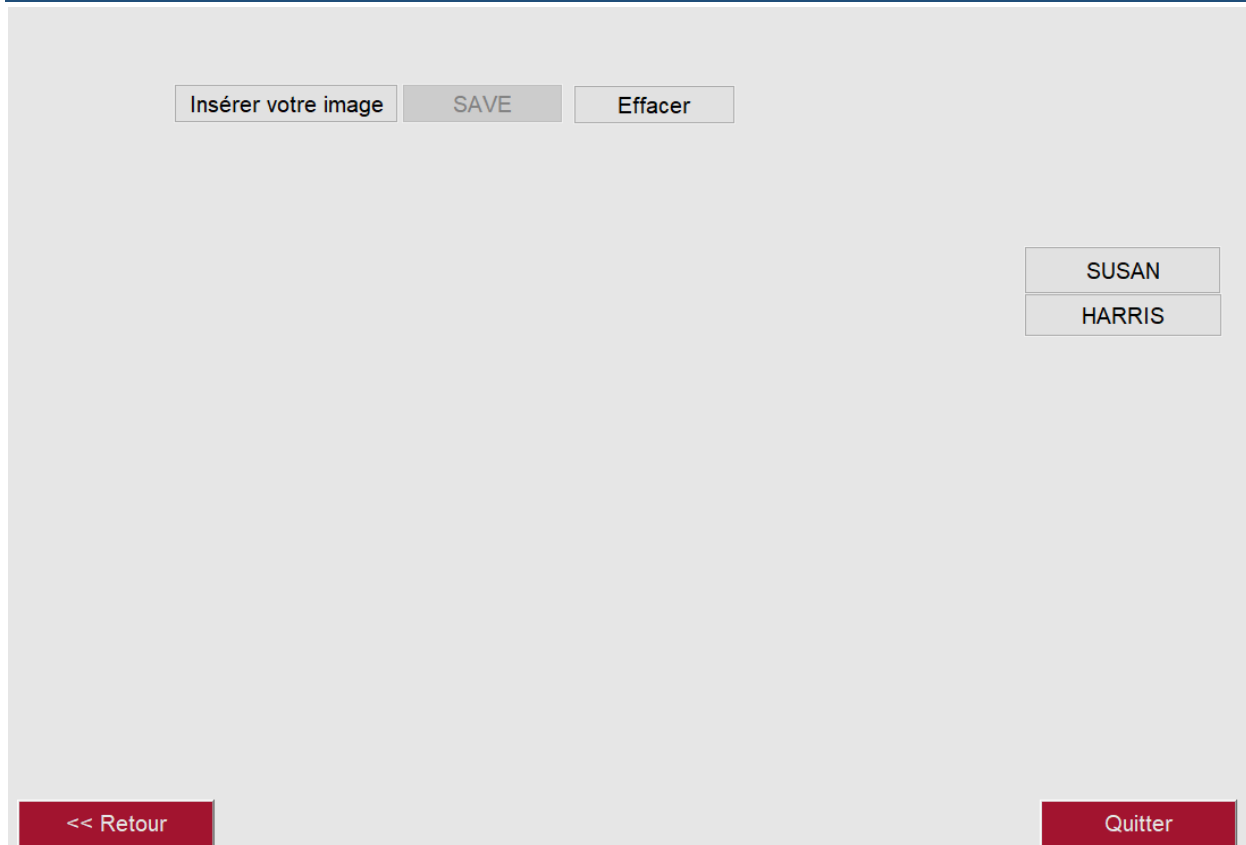


Figure 35 : Fenêtre de détection des coins



Figure 36 : Détection des points d'intérêts par Harris

4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons réalisé notre interface graphique à l'aide de logiciel MATLAB qui nous a permis de faire des opérations de bases sur l'image (rendre en niveau de gris ou binaire ...), ainsi que la détections des points d'intérêts par deux méthodes différents Harris et SUSAN.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail de recherche dans le cadre d'un projet de fin d'études, nous a permis de découvrir le domaine de traitement d'images et plus précisément la détection des points d'intérêts pour les images à niveau de gris. Nous n'avons pas au départ aucunes connaissances à ce domaine. Maintenant, nous sommes très satisfaits d'avoir pu apprendre les bases de cette discipline.

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons présenté les notions de base en traitement d'images et les opérations de base.

Dans la deuxième partie, nous avons présenté quelques généralités sur le langage Matlab et un certain nombre de techniques classiques de détection des points d'intérêts sur les images à niveaux de gris, ainsi que la représentation du Microsoft Project.

Dans la troisième partie, nous avons présenté les trois algorithmes de détection des points d'intérêts pour les images à niveau de gris.

Dans la dernière partie nous avons réalisé une application de détection des points d'intérêts à l'aide du logiciel MATLAB. Cette application nous offre quelques opérations de base en traitement d'images aussi deux algorithmes pour la détection des points d'intérêts.

Finalement on peut conclure qu'il n'existe pas de méthode universelle parfaite de détection des points d'intérêts, mais seulement des méthodes adaptées à certains types d'images.

RÉFÉRENCES

Bibliographie

- ❖ Détection des points d'intérêts
- ❖ Wikipédia
- ❖ Mémoire De Fin D'études MASTER ACADEMIQUE Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Génie Electrique Spécialité : Electronique Biomédicale

Webographie

- ❖ <http://stel.archives-ouvertes.fr/tel-00793917/document>
- ❖ <https://morpheo.inrialpes.fr/people/Boyer/Teaching/M2PGI/c4.pdf>
- ❖ [PFE\BIOGRAPHIE\rapport these_guelzim.pdf](#)
- ❖ [PFE\BIOGRAPHIE\CoursImageProcessing1.pdf](#)
- ❖ [PFE\BIOGRAPHIE\Détection des points d'intérêts.pdf](#)
- ❖ <https://edu1d.ac-toulouse.fr/politique-educative-31/site-ressources31/files/04-photofiltre7-resolution-definition-simplifie.pdf>
- ❖ <https://www.imedias.pro/cours-en-ligne/graphisme-design/definition-resolution-taille-image/relations-definition-resolution-taille-image/>
- ❖ http://operationpixel.free.fr/pointinteret_susan.php