

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

38/87

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

2 ex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT : **ELECTRONIQUE**

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**TRAITEMENT ET ACQUISITION D'IMAGES:
APPLICATION A L'EXTRACTION DES
CARACTERISTIQUES DES IMAGES**

Proposé par : Mr D.BERKANI

Etudié par : Mrs L.SAADAoui

Dirigé par : Mr D.BERKANI

M.LATRECHE

PROMOTION : JUIN 1987

DESER

EXPERIA SMITH

BOSTON

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

TRAITEMENT ET ACQUISITION D'IMAGES:
APPLICATION A L'EXTRACTION DES
CARACTERISTIQUES DES IMAGES

Proposé par : Mr D.BERKANI

Etudié par : Mrs L.SAADAOUI
M.LATRECHE

Dirigé par Mr D.BERKANI

PROMOTION : JUIN 1987

R E M E R C I M E N T S

Ce travail à été réalisé au laboratoire de traitement de signal de l'école national polytechnique (E.N.P).

Nous exprimons notre profonde gratitude à Mr D. BERKANI qui a accepté de nous encadrer et de suivre régulièrement l'avancement de notre travail.

Nous tenons a remercier Mr R. SAADOUN et Mm M.BEDECK pour nous avoir conseillé tout au long de cette étude.

Toute notre gratitude aussi à Mr le professeur B. SANSAL qui nous a aidé et encouragé à choisir ce sujet.

Nous remercions également Mrs, M. NOUR , B. BARKAT, D. OUADJAOUT, F. BOUCHELAGEM et R. TAQUINT pour leurs apports bibliographiques.

Nous sommes très reconnaissant à tous ceux qui ont participé de loin ou de près à l'élaboration de notre travail.

S O M M A I R E

	page
INTRODUCTION	1
I- GENERALITES SUR LE TRAITEMENT D'IMAGES	3
A. ECHANTILLONNAGE BIDIMENTIONNEL	6
B. QUANTIFICATION	10
II- SYSTEME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT	13
II.1- SYSTEME D'ACQUISITION	13
II.2- SYSTEME DE VISUALISATION	17
II.3- UNITE DE MEMOIRE DE MASSE	18
II.4- CALCULATEUR	19
II.5- PRESENTATION DU SYSTEME UTILISE	20
III- TECHNIQUES DE TRAITEMENT D'IMAGES	26
III.1- METHODES DE TRAITEMENT D'IMAGES	26
III.2- PRESENTATION DE QUELQUES TECHNIQUES DE TRAITEMENT NUMERIQUE D'IMAGES	30
III.3- OPERATIONS DE TRAITEMENT D'IMAGES	35
III.3.1- OPERATIONS PONCTUELLES	36
III.3.2- TRANSFORMATIONS LOCALISEES	40
III.3.3- TRANSFORMATIONS GLOBALES	50
III.3.4- TRAITEMENTS GEOMETRIQUES	53
III.4- CARACTERISTIQUES SUBJECTIVES ET OBJECTIVES D'UNE IMAGE	53
IV- PRESENTATION DES LOGICIELS ET DES RESULTATS	65

IV.1- LOGICIELS DE TRAITEMENT65

IV.2- RESULTATS OBTENUS84

CONCLUSION90

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE

INTRODUCTION

L'avènement de l'image dans l'univers de l'informatique et l'intérêt toujours croissant qui lui est témoigné, découlent de la grande quantité d'information qu'elle transmet, sans nécessité de la part de l'observateur aucune connaissance ni "culture" particulière. Ils découlent aussi du développement spectaculaire des matériels informatiques dûs notamment à la grande densité d'intégration atteinte et l'avènement des microprocesseurs, qui a incité les chercheurs à se pencher sur les différents aspects du traitement d'images et reconnaissance de formes.

Le but de notre étude est de présenter des méthodes d'amélioration de la qualité, et l'extraction de quelques caractéristiques d'une image. Cette image se présente sous forme d'une matrice de 256×256 points, dont chacun est quantifié sur 64 niveaux de gris. Ainsi le premier chapitre est consacré à des généralités sur le traitement d'images telles que la quantification et l'échantillonnage bidimensionnel.

Le second chapitre portera sur la présentation et la description des différents blocs d'un système d'acquisition et de traitement d'image; les caractéristiques du système utilisé sont exposées à la fin de ce chapitre.

Dans le troisième chapitre nous appliquerons à l'évaluation des caractéristiques, certaines techniques de traitements proposées par différents auteurs, ainsi que quelques algorithmes correspondants.

Le dernier chapitre comporte deux parties , le premier traite l'aspect logiciel du problème, c'est à dire la présentation des organigrammes réalisés. La seconde partie est consacrée à la présentation de quelques résultats sous forme photographiques. Une bibliographie comportant la liste des thèses et ouvrages utilisés pour l'élaboration de ce travail, est présentée à la fin , afin de permettre aux intéressés de retrouver les sources des techniques présentées.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR

LE TRAITEMENT D'IMAGES.

1- GENERALITES SUR TRAITEMENT D'IMAGES :

Le traitement numérique des signaux bidimensionnels est aujourd'hui un vaste domaine d'investigation des chercheurs, son importance s'est accrue grâce à ses applications au traitement des images.

La souplesse offerte par les méthodes numériques et le progrès technologique des calculateurs ont données un grand élan à ce domaine du traitement de signal.

Historiquement, le traitement numérique d'images est presque aussi vieux que l'informatique elle-même: en effet très tôt l'informatique s'occupa de courbes, de graphiques de schéma etc. D'autre part la transmission numérique d'informations (modulation PCM) se répandit rapidement; et devait bientôt s'employer également pour les images. Les premiers importants traitements numériques des images furent effectués sur les photos transmises par les sondes d'exploration lunaire ou interplanétaire.

De gros centres de calcul classiques étant disponibles, il était question de faire un certain nombre de corrections (géométriques et photométriques), ainsi que de "retouches" (suppression de défauts manifestes dus aux "parasites"). Les méthodes employées furent longues et coûteuses à mettre au point, mais ces frais ne représentaient qu'une fraction minime du coût total du projet spatial.

L'énorme intérêt scientifique de ces images justifiait pleinement l'effort consenti, ces travaux firent beaucoup progresser le traitement numérique de l'image, l'environnement technologique devenant, de plus en plus favorable: augmentation de la puissance des moyens informatiques, considérable accroissement de vitesse des opérations, avènement des microprocesseurs, baisse relative des prix à puissance équivalente.

-L'IMAGE: SUPPORT D'INFORMATION:

Définition d'une image (analogique):

A une scène visuelle, ou à son image dans le plan focal d'un système optique, on peut associer une fonction $L(i,j,t,\lambda)$ à quatre variables; cette fonction décrit l'énergie lumineuse présentée en un point de coordonnées (i,j) , à un instant t et sur la longueur d'onde λ . [4]

Dans de nombreux cas, la représentation de l'image est plus simple en considérant:

- * Qu'il n'y a pas d'évolution temporelle des grandeurs étudiées et des caractéristiques du système.
- * Que la radiation utilisée est monochromatique.

Dans ces conditions, la grandeur $L(i,j,t,\lambda)$ s'écrit $L_i(i,j)$ pour une longueur d'onde λ_i et possède propriétés suivantes :

$$L_i(i,j) = \begin{cases} \geq 0 & \text{Dans un domaine } D. \\ = 0 & \text{Ailleurs.} \end{cases}$$

D étant généralement un rectangle de dimensions l_x et l_y .

La fonction $L_i(i,j)$ associée à l'image physique a en un point donné, une valeur appelée intensité de l'image en ce point. Cette valeur dépend de la quantité de lumière réfléchie ou transmise par l'image physique en ce point.

Image numérique multiniveaux:

On appelle image digitale une matrice (A_{ij}) à deux dimensions dont les éléments représentera l'intensité lumineuse d'un faisceau de lumière monochromatique réfléchi par l'objet. Cette matrice est obtenue après une opération d'acquisition et de numérisation de la grandeur $L(i,j)$, que l'on définira dans le chapitre suivant.

La valeur d'un élément A_{ij} représente le niveau de gris du point de coordonnées i,j . Le nombre de niveaux de gris peut aller jusqu'à 1024 suivant les applications, il est de 64 niveaux dans notre cas.

La taille de la matrice (A_{ij}) est très variable, et dépend essentiellement du problème étudié, et du système de prise de vue. A titre d'exemple nous citons les tailles des matrices utilisées dans les cas suivant:

- Radiologie : 512x512.

- Thermographie et robotique : 256x256.

Les dimensions de la matrice donnée par notre système de numérisation (IMAGE 2000) sont de 256x256 codées sur 8 bits

Image digitale binaire:

On appelle image digitale binaire une image pour laquelle les éléments de la matrice (A_{ij}) ont pour valeur, zéro (blanc) ou un (noir). Ce type de représentation d'image est souvent utilisée en cartographie, en reconnaissance de forme, pour la restitution de contours d'objet.

Afin de pouvoir traiter les images analogiques provenant d'un capteur d'image, par un ordinateur, il est nécessaire d'échantillonner et de quantifier le signal continu représentatif de l'image donnant ainsi une matrice $M \times N$ de valeurs numériques.

Dans ce qui suit nous allons examiner l'échantillonnage bidimensionnel d'un signal vidéo ainsi que sa quantification.

A- ECHANTILLONNAGE BIDIMENSIONNEL:

L'échantillonnage de la fonction continue de luminance $L(i,j)$, est réalisée en prélevant, à des intervalles réguliers des échantillons selon les directions I et J, ces échantillons doivent être suffisamment rapprochés, pour représenter assez bien la fonction continue $L(i,j)$ que l'on pourra approcher par une méthode

d'interpolation.

La fonction échantillonnée $L_e(i,j)$ est définie par le produit de la fonction continue représentative de l'image $L(i,j)$ et d'une suite périodique infinie d'impulsions (Peigne de Dirac) notée $P(i,j)$; c'est à dire: $L_e(i,j) = L(i,j) \times P(i,j)$.

Ce produit simple se transforme en produit de convolution dans le domaine fréquentiel: $L_e(u,v) = L(u,v) * P(u,v)$.

Où $L_e(u,v)$, $L(u,v)$, et $P(u,v)$ représentent les transformées de Fourier respectivement de $L_e(i,j)$, $L(i,j)$, et $P(i,j)$ avec:

$$P(u,v) = \mathcal{F}\{P(i,j)\} = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(u-m/\Delta i, v-n/\Delta j)$$

$1/\Delta i = F_i$ et $1/\Delta j = F_j$: les fréquences d'échantillonnage

dans les directions I et J.

Le produit de convolution en bidimensionnel devient:

$$- L_e(u,v) = L(u,v) * \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(u-m.F_i, v-n.F_j)$$

$$- L_e(u,v) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} L(u-m.F_i, v-n.F_j)$$

La représentation bidimensionnelle d'une fonction échantillonnée dans les domaines spatial et fréquentiel est donnée par la figure N°1 et la figure N°2.

Pour pouvoir reconstituer la fonction $L(i,j)$ à partir des échantillons $L_e(i,j)$, il faut que F_i et F_j s'atisfassent certaines conditions afin d'éviter des pertes d'informations. Ces conditions découlent du théorème d'échantillonnage bidimensionnel des signaux.

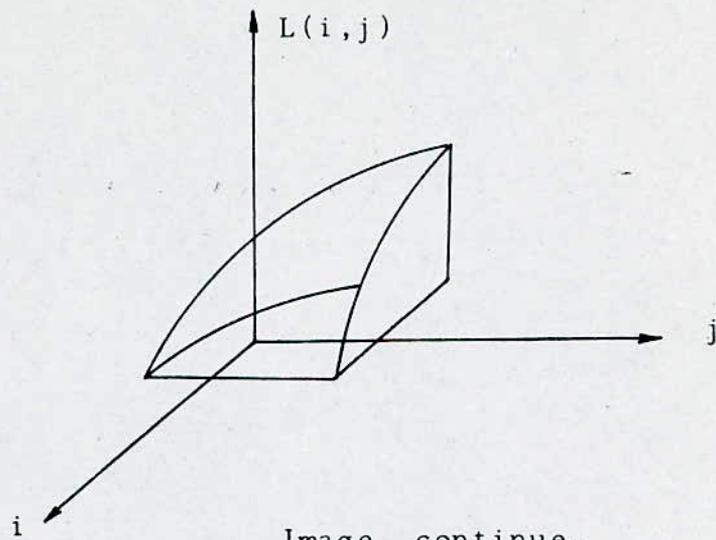
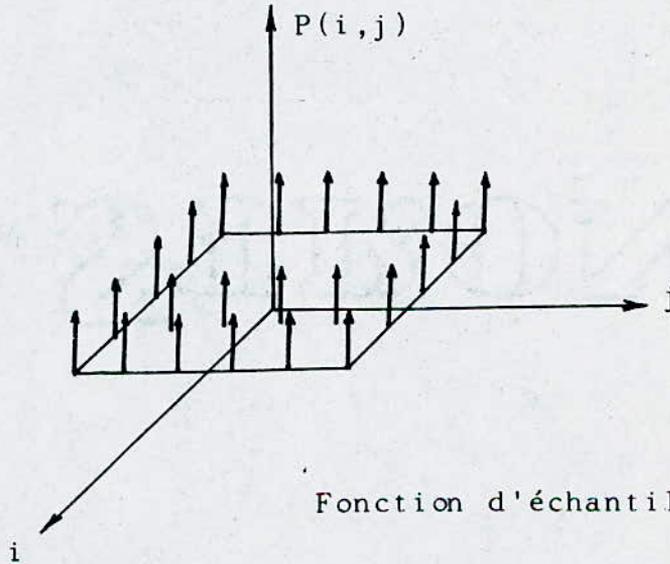


Image continue.



Fonction d'échantillonnage.

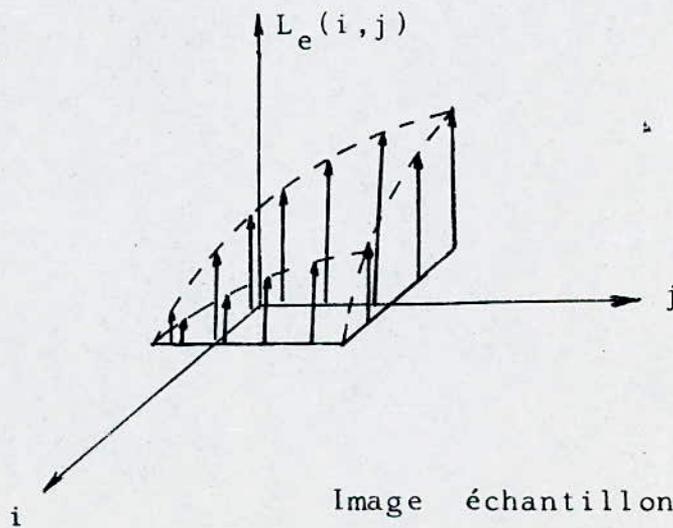
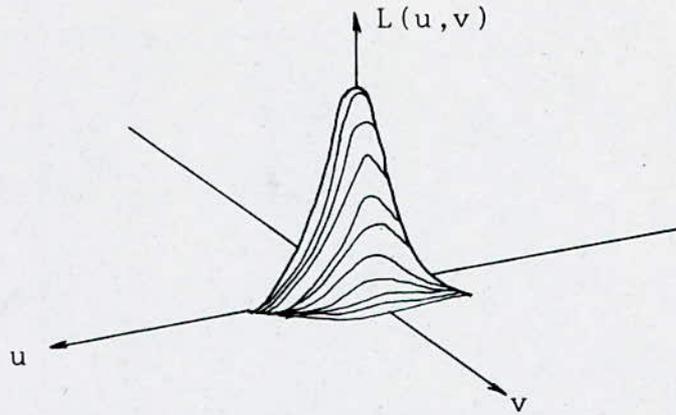
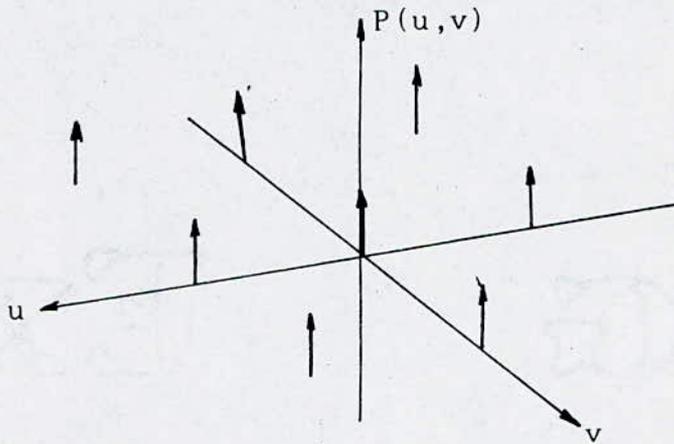


Image échantillonnée.

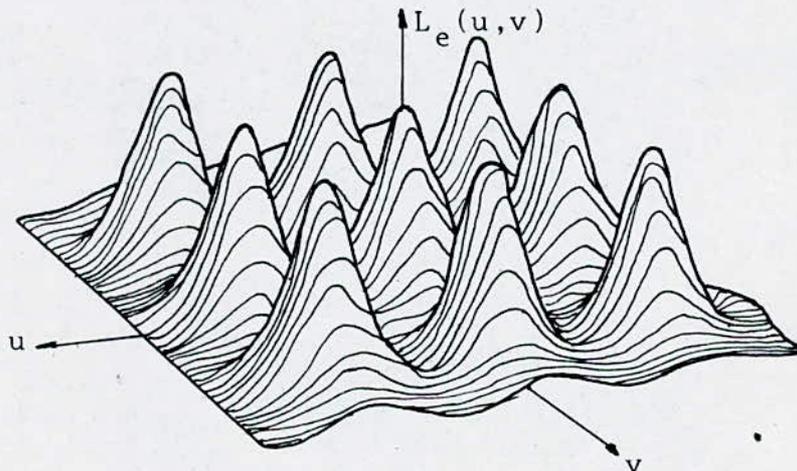
Fig.1 REPRESENTATION BIDIMENTIONNELLE D'UNE FONCTION ECHANTILLONNEE DANS LE DOMAINE SPATIAL.



Spéctre de l'image continue.



Spéctre de la fonction d'échantillonnage.



Spéctre de l'image échantillonnée.

Fig.2 REPRESENTATION BIDIMENTIONNELLE D'UNE FONCTION ECHANTILLONNEE DANS LE DOMAINE FREQUENTIEL.

. Théorème d'échantillonnage bidimensionnel des signaux:

Soient F et G les fréquences maximales contenues dans le spectre $L(u,v)$ de l'image continue.

L'image continue est complètement représentée par ses échantillons si les fréquences d'échantillonnage suivant I et J sont au moins égales aux double des plus hautes fréquences contenues dans cette image. [7]

Autrement dit: $F_i > 2F$ et $F_j > 2G$

B- QUANTIFICATION:

Pour un traitement numérique, les échantillons d'image doivent être quantifiés. Ceci est réalisé en divisant la gamme dynamique de la luminance d'une image en un nombre fini d'intervalles et en attribuant à toutes les valeurs de l'intervalle une seule valeur de luminance. Le choix du nombre d'intervalle et de leur répartition dépend de deux facteurs principaux, le premier est l'oeil de l'observateur (facteur subjectif), le second est le support physique sur lequel on désire reproduire l'image quantifiée (facteur objectif). Deux sortes de quantifications peuvent se présenter. [9]

B.1- Quantification linéaire:

Lorsque la distribution des intervalles de quantification est uniforme la loi entre la luminance originale et la lumi-

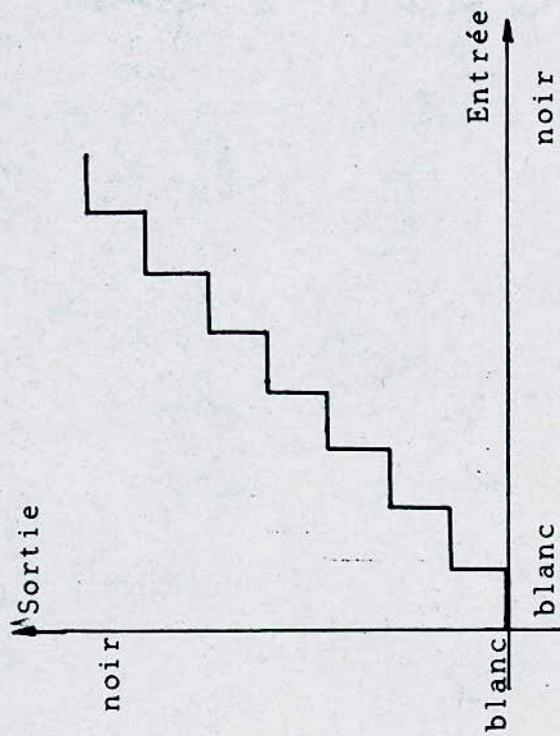


Fig. 3 QUANTIFICATION LINEAIRE.



Fig. 4 QUANTIFICATION LOGARITHMIQUE.

QUANTIFICATION DE LA LUMINANCE.

nence quantifiée est une loi linéaire, constante par intervalle. Dans ce cas la même importance est accordée à toutes les régions de la gamme dynamique de l'image. (figure 3)

B.2- Quantification non linéaire:

L'image quantifiée est généralement destinée à un observateur, on peut donc utiliser une loi non linéaire mieux adaptée aux propriétés de l'oeil.

L'oeil étant très sensible dans l'obscurité (vision nocturne par batonnets). On peut donc utiliser une loi de quantification avec des niveaux plus serrés vers le noir et des niveaux plus espacés vers le blanc. La loi non linéaire la plus utilisée est une loi logarithmique. (figure 4)

La précision de cette quantification est fonction du nombre de bits; dans ces conditions, le codage peut être sur un bit (le cas d'une image binaire), sur huit bits (images à 256 niveaux de gris), ou sur un nombre quelconque de bits; cependant il existe une limite au delà de laquelle, les bits rajoutés ne sont pas significatifs. [5]

Les opérations cités ci dessus sont réalisées par un système appelé système d'acquisition et de numérisation que nous analyserons dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE II

SYSTEME D'ACQUISITION

ET DE TRAITEMENT .

II- SYSTEME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT:

Généralement, les systèmes de traitement numérique d'image se compose d'éléments fondamentaux suivantes: (Fig.5)

- * Un système d'acquisition et de numérisation qui permet d'effectuer l'échantillonnage et la quantification d'une image initialement acquise par un capteur (Caméra de télévision, Flying spot, Etc).

- * Une mémoire de masse qui permet de stocker l'image digitale.

- * Un système de visualisation, généralement composé d'un moniteur de télévision classique permettant de visualiser l'image

- * Un calculateur qui effectue les opérations de traitements d'image.

- * Des interfaces de liaison et cables.

II.1- SYSTEME D'ACQUISITION :

Le rôle essentiel d'un système d'acquisition est de donner à partir d'une scène analogique une image numérique sous forme d'une matrice pouvant être traitée par un calculateur. De plus l'acquisition constitue la première étape en traitement d'image.

La scène analogique n'est pas fidèlement représentée par ces données numériques , ceci est due à des raisons physique et technologiques.

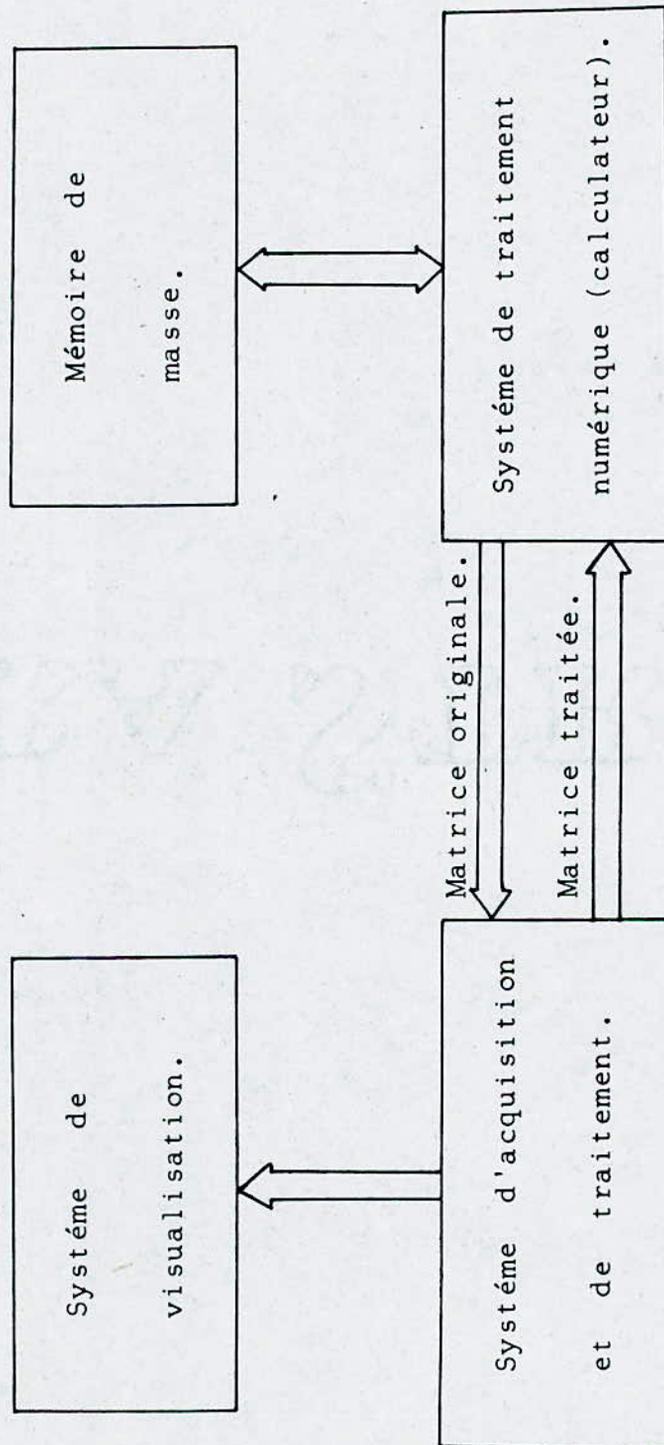


Fig.N°5 COMPOSITION D'UN SYSEME DE TRAITEMENT
NUMERIQUE D'IMAGES.

Pour rendre ces données significatives, et interprétable par l'homme (exemple dans le cas d'images médicales ou spatiales), ou par la machine (dans le cas de la vision artificielle) il est nécessaire de connaître le processus de formation de ces images et d'en corriger les erreurs.

Ces erreurs sont dues d'une manière générale à la qualité du capteur utilisé, et des précisions du système de numérisation (fréquence d'échantillonnage, et pas de quantification), et d'autres facteurs divers.

Les différents blocs d'un système d'acquisition (décrit par la figure 6) sont :

- Un système qui transforme l'énergie lumineuse en énergie électrique, le signal continu ainsi obtenu est un signal composite constitué par les signaux de synchronisation ligne et trame, et le signal représentatif des informations contenu dans l'image. On distingue différents capteurs :

Chaque capteur peut être utilisé suivant l'application envisagée. Lorsque l'usage des images obtenues nécessite une très grande résolution spatiale (image de télédétection), les analyseurs du type " Flying spot ", " Déssecteur d'image " sont utilisés. Leur principal inconvénient est que le temps d'analyse est relativement important (jusqu'à plusieurs minutes).

Dans les autres cas (ou une très grande résolution n'est pas nécessaire) les caméras classiques de télévisions

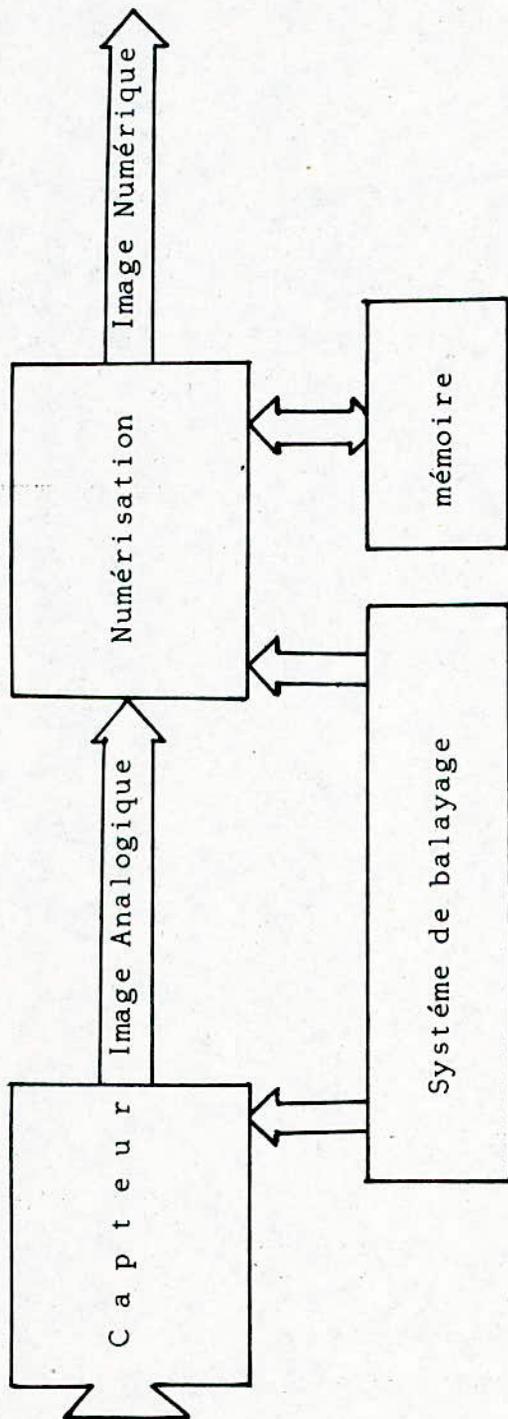


Fig.6 SYNOPTIQUE D'UN SYSTEME D'ACQUISITION ET DE NUMERISATION.

sont utilisées. Leurs avantages principaux sont :

- . Grande souplesse d'utilisation .
- . Possibilité de connection directe à un moniteur de TV.
- . Disponibilité au laboratoire.
- . Faible coût.

- Un système permettant la digitalisation du signal électrique. Cette dernière s'effectue en deux étapes :

- * La première est l'échantillonnage.
- * La seconde est la quantification en amplitude (conversion analogique-numérique) qui consiste à attribuer à chaque échantillon un mot binaire proportionnel à l'amplitude du signal.

II.2- SYSTEM DE VISUALISATION:

La visualisation d'images sur un moniteur de télévision est très intéressante en traitement d'images. Elle permet de visualiser sur l'écran une image obtenue à partir du capteur (caméra) ou de la mémoire du digitalisateur. Elle permet également d'afficher immédiatement l'image traitée et de nous spécifier les modifications obtenues après traitement.

La visualisation du contenu de la mémoire du numériseur s'effectue par un balayage séquentiel des données de cette mémoire; ce balayage s'effectue à une vitesse permettant la génération d'un signal vidéo analogique correspondant au standard du moniteur utilisé. La figure 7a illustre :

- . Les signaux de synchronisation lignes et trames représentés

sous la forme de créneaux de tension d'amplitude 300mV environ, qui précise le début de l'image et de chaque ligne sur l'écran.

. Le signal de luminance représentant les informations contenues dans l'image, et lié à l'éclairement des différents points de l'image. Son amplitude est de l'ordre de 700mV.

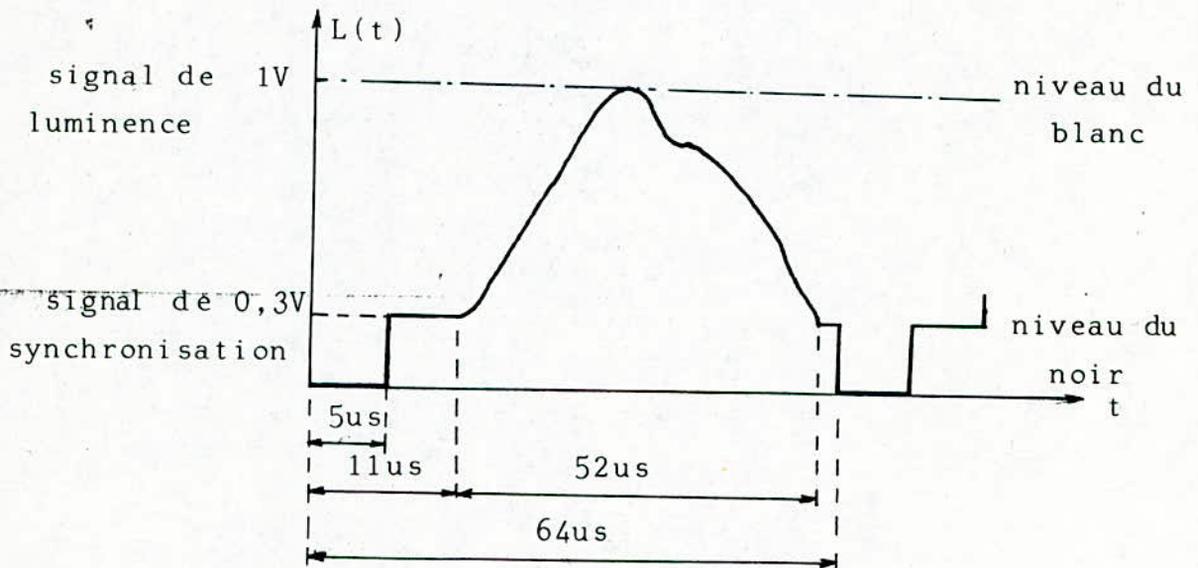


Fig .7a

II.3- UNITES DE MEMOIRES DE MASSE:

La mémoire image joue un rôle important dans les systèmes de traitement numériques d'images, elle sert de mémoire de rafraichissement d'écran, de mémoire supplémentaire pour stocker les résultats d'un traitement ou de mémoire tampon lors d'une acquisition séquentielle. Elles permettent de mémoriser les quantités considérables d'informations contenues dans les images.

a- Disque magnétique:

Les disques magnétiques représentent des mémoires de stockage d'images traitées ou originales, ainsi que les logiciels de traitement. Ce type de mémoires est le plus utilisé, leurs capacités sont variables (de 2.5 M.Octets à plus de 500 M.Octets).

b- Mémoires auxiliaires:

La mémoire auxiliaire est représentée par la mémoire disponible dans le système d'acquisition et de numérisation. Ce type de mémoires est généralement constitué de circuits à semi-conducteurs du type RAM statiques ou dynamiques. Leur apport au traitement numérique d'images est très important, soit comme support de résultats intermédiaires, soit pour le rafraichissement d'écran lors d'une visualisation de type TV.

II.4- CALCULATEUR:

Le calculateur représente le bloc essentiel dans un système de traitement numérique d'images, son rôle est d'effectuer les opérations de traitements par le biais d'un ou de plusieurs programmes.

Il permet aussi de commander le système d'acquisition et le système de visualisation par des commandes appropriées. Le critère de choix du calculateur dans un système de traitements numérique d'images portera en premier lieu sur sa mémoire centrale. Cette dernière doit être suffisamment grande pour contenir l'image à traiter et les programmes de traitement.

II.5- PRESENTATION DU SYSTEME UTILISE:

Le système de traitement d'images du laboratoire du traitement de signal se compose de (figure 7b): [16]

- Un calculateur HP série 200 (9836).
- Une carte interface GPIO 98622.
- Un système IMAGE 2000.
- Une caméra PHILIPS (type TV), référence: LDH28 avec son alimentation.
- Un moniteur vidéo monochrome PHILIPS.

II.5.1- Description de quelques appareils du système:

a- Le système IMAGE 2000:

L'appareil " IMAGE 2000 " est représenté au coffret 19,3U et comprend les éléments suivants:

- . Alimentation: +15V ; -15V ; +5V ; -5V.
- . Carte de génération de signaux de synchronisation de balayage non entrelacé pour la caméra.
- . Carte de numérisation et de restitution de l'images au format 256x256 points; 64 niveaux de grilles.
- . Carte mémoire d'image temps réel de 64 K.Octets.
- . Carte interface parallèle pour calculateur HP série 200.

a.1- Fonctions réalisées:

Ce système réalise les fonctions de numérisation,

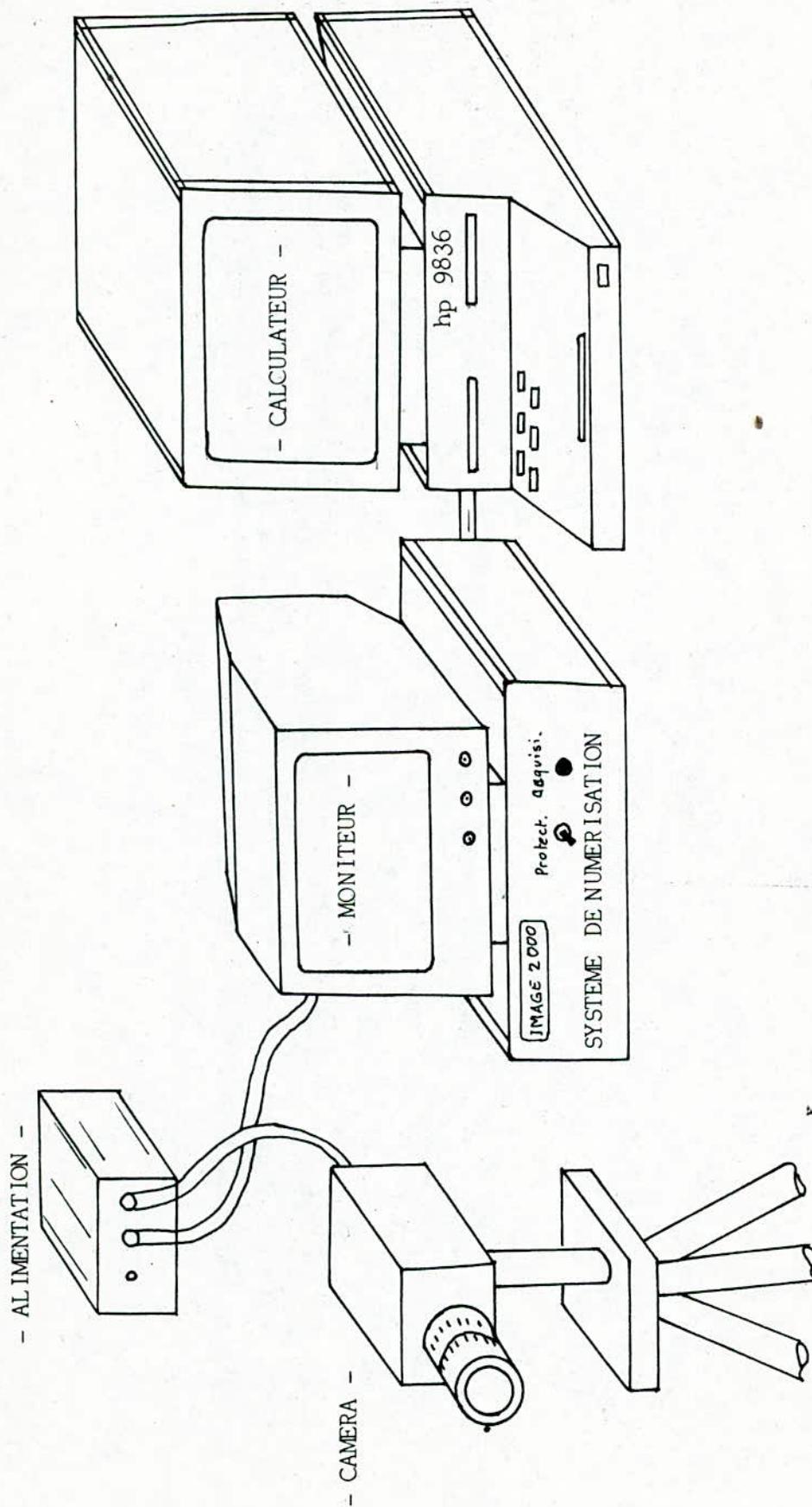


Fig.7b LE SYSTEME DE TRAITEMENT D'IMAGES .

mémorisation d'images vidéo, ainsi que le transfert de ces images sur ordinateur et/ou la visualisation d'images issues du ordinateur.

a.1.1- Fonction poursuite:

Les images fournies par la caméra sont digitalisées et reconverties en signaux vidéo analogiques en temps réel; le système est transparent et donc l'image vue sur le moniteur est identique à l'image fournie par la caméra. Toutes les images sont mémorisées dans le plan mémoire, chaque image écrase la précédente.

a.1.2- Fonction mémoire:

* Fonction mémoire avec affichage de l'image sur le moniteur:

Le contenu de la mémoire est figé, il est lu entièrement 50 fois par seconde, et de plus ce contenu sert à l'élaboration d'un signal vidéo analogique envoyé sur le moniteur: l'image est figée sur l'écran de ce dernier.

** Fonction mémoire avec connexion au ordinateur:

La mémoire d'image est reliée au ordinateur par l'interface 16 bits parallèle et est vue par celui-ci comme une mémoire de 64 K. Mots à accès séquentiel.

Les transferts peuvent s'effectuer en lecture et en écriture.
Aucun signal vidéo n'est généré.

a.2- Déscription de commandes:

a.2.1- Commandes Hard:

Le système comprend sur sa face avant un poussoir permettant de passer du mode poursuite au mode mémoire, et réciproquement. De plus, on trouve un interrupteur " protection mémoire " permettant un fonctionnement en mode poursuite sans mémorisation.

a.2.2- Commandes Soft:

Toutes les commandes permettant l'exploitation des divers modes de fonctionnement sont accessibles par Soft.

- Passage du mode poursuite au mode mémoire ou réciproquement.

. CONTROL 12,2;3

. CONTROL 12,2;1

- En mode mémoire: connexion au calculateur.

. CONTROL 12,2;0

- En mode mémoire: déconnexion du calculateur.

. CONTROL 12,2;1

b- La caméra vidéo:

C'est une caméra PHILIPS LDH26, elle fournit des images de haute qualité bien contrastées, et à bonne résolution. Elle fonctionne dans pratiquement toutes les conditions d'éclairage sans l'aide de source lumineuses supplémentaires. De plus elle s'adapte rapidement d'une scène éclairée à une scène sombre, et réciproquement (1 sec). Ses caractéristiques techniques sont :

- Alimentation: (Min+9V CC, Max+9.1V CC) fournie par l'unité d'alimentation LDH4430.
- Consommation 9V 0.5A CC.
- Signal de sortie: signal vidéo, d'amplitude nominale 1V CC sur 75 Ohms.

c- Moniteur télévision:

Ce moniteur convient pour la visualisation d'images noir et blanc de télévision en circuit fermé. En outre le moniteur est équipé d'une entrée de signal vidéo composite et d'une entrée (RVB+synchronisation+signal audio).

Ce moniteur a les spécifications techniques suivantes:

- B.P vidéo = 10 Mhz.
- Pouvoir séparateur 600 lignes au centre.
- Fréquence balayage ligne 15625 Hz \pm 600 Hz.
- Fréquence balayage trame 50/60 Hz.

d- Calculateur:

Le calculateur utilisé dans notre système est du type

HP 9836 série 200 connecter aux différents périphériques (table traçante, imprimante).

C'est un système très souple et très puissant sur le plan du calcul tout en étant facile à employer. Différents langages évolués peuvent être utilisés; nos logiciels ont été réalisés sur ce système en langage BASIC 2.0.

e- interfaces et cables:

L'acquisition de données par un ordinateur nécessite des interfaces spécifiques à chaque type de donnée. Ainsi que des cables permettant la liaison entre les différents blocs du système.

Le système d'acquisition et de traitement étant présenté nous exposerons dans le chapitre qui suit, les méthodes de traitement d'images que nous développerons sur ce système.

CHAPITRE III

TECHNIQUES

DE TRAITEMENT D'IMAGES.

III- TECHNIQUES DE TRAITEMENT D'IMAGES :

Les techniques de traitement d'images sont destinées a l'exploitation des informations contenues dans ces dernières, ceci dans le but d'améliorer la qualité d'images et de les rendre plus facilement interprétables soit par un observateur soit par une machine .

Dans cette partie , nous décrivons tout d'abord les différentes méthodes utilisées en traitement d'images , puis nous mettons en évidence l'intérêt des méthodes digitales. [3]

III.1- METHODES DE TRAITEMENT D'IMAGES :

Suivant la nature du support de l'image , plusieurs méthodes de traitement d'images ont été mise au point .

III.1.1- Méthodes photographiques

L'image est fixé à l'état latent sur un support physique :le film photosensible.

Par une action sur les conditions de développement; par une utilisation de bains spéciaux , de filtres chromatiques, il est possible de corriger certaines dégradations simples: surexposition, sous exposition, affaiblissement ou renforcement d'une dominante.

Ces techniques sont fastidieuses, souvent empiriques et très limités dans leurs applications.

III.1.2- Méthodes analogiques :

L'image est représentée par un signal analogique ,
comme c'est le cas, par exemple, du signal vidéo fournit par
une caméra de télévision.

Des opérations électroniques simples peuvent être
directement effectuées sur ce signal, telles que:

- Intégration.
- Dérivation.
- Amplification.
- Ou tout autre opérateur fonctionnel.

L'avantage de la méthode est la possibilité du trai-
tement de l'image en temps réel.

Les inconvénients sont nombreux:

. Impossibilité de modifier la fonction (de trai-
tement) d'un appareillage.

. Effet unidirectionnel du traitement dû au ba-
layage en ligne de l'image.

III.1.3- Méthodes optiques :

L'image est enregistrée sur un faisceau lumineux
après traversée par une onde lumineuse d'un négatif photogra-
phique ou d'une diapositive.

La technique de traitement la plus utilisée est le

filtrage spacial fondé sur la théorie de la diffraction de la lumière, il est possible d'obtenir de façon immédiate une grande variété de traitement tels que:

- Restauration d'images floues.
- Mise en évidence des contours d'objets.
- Etc.

Parmi les avantages de ces méthodes nous pouvons citer:

- . Le traitement se fait en temps réel.
- . Pas de contraintes de mémorisation; les supports photographiques constituent une grande capacité de stockage.
- . Les résultats sont directement interprétable par un observateur.

Les inconvénients limitent cependant les applications de ces méthodes:

- . Les filtres sont délicats à réaliser.
- . Le positionnement spatial des filtres est difficile à mettre au point.
- . Impossibilité d'extraction de paramètres significatifs de l'image.

III.1.4- Méthodes numériques:

L'image digitale représentée par une matrice contenant $M \times N$ pixels est traitée par un ordinateur numérique. Le traitement numérique d'image consiste à considérer une image

une image comme un ensemble de nombres et à effectuer sur ces nombres des calculs numériques.

Les méthodes numériques connaissent un développement croissant dû à plusieurs facteurs:

.. Développement des moyens informatiques:

L'augmentation de la taille des mémoires centrales des calculateurs (jusqu'à plusieurs centaines de M.mots) ainsi que la vitesse de calcul accrue grâce à des processeurs très rapides et des mémoires à temps d'accès très court permettant de traiter des quantités considérables d'images.

.. Développement du logiciel:

Les méthodes mathématiques développées dans le domaine " du traitement de signal ont permis la mise au point d'algorithmes de calcul rapide (F.F.T, Transformée de Hadamard, etc...) rendant possibles de nombreuses opérations complexes sur les images.

.. Souplesse d'utilisation:

Les méthodes numériques permettent:

- La mise en oeuvre d'algorithmes de traitement linéaire.
- La possibilité de traitements itératifs et interactifs sur les images.
- L'extraction des informations utiles d'une image et rendre

possible ces informations par ces méthodes.

Cependant la mise en oeuvre de ces méthodes nécessite comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent des moyens qui permettent de: Réaliser en entrée la numérisation des images; et en sortie restituer les résultats du traitement sous la forme d'une image ou de courbes (histogramme, résultats statistiques, etc...).

En tenant compte des avantages et inconvénients des différentes méthodes présentées, le choix des méthodes numériques s'avère bien justifié.

III.2- PRESENTATION DE QUELQUES TECHNIQUES DE TRAITEMENT NUMERIQUES D'IMAGES:

Parmi les techniques du traitement numérique d'images nous pouvons citer: [5,8]

- La restauration d'image.
- Réaussenent (amélioration d'image).
- Le codage et la compression d'image.
- Ségmentation d'image.
- Transformations particulières d'image.
- Synthèse d'image.

III.2.1- RESTORATION D'IMAGE:

La restauration consiste en la reconstitution d'une image ayant subi des dégradations plus ou moins importantes lors de son processus de formation par différentes facteurs qui peuvent être :

- Déformations géométriques.
- Flous divers.
- Turbulences atmosphériques.
- Défauts dus au système de prise de vue.

Les techniques de restauration d'images nécessitent une connaissance du phénomène de dégradation. Cette connaissance, peut provenir d'un modèle analytique ou statistique.

III.2.2- AMELIORATION D'IMAGE:

L'amélioration des images est une discipline plus liée à la subjectivité de l'observateur. Elle consiste à fournir une image , parfois différente de l'image initiale . Ceci, en permettant la mise en évidence, pour l'oeil de l'observateur , de certains détails ou traits caractéristiques peu ou pas apparents.

Les principaux traitements liés à l'amélioration des images peuvent être :

- * La modification d'intensité des points de l'image.
- * Le renforcement du contraste de l'image.
- * La réduction des bruits contenus dans l'image.

Ces traitements sont des filtrages, éliminations ou atténuations de certaines données en faveur des informations utiles.

Des exemples d'amélioration d'images seront données dans la partie traitant les transformations d'images.

III.2.3- LE CODAGE ET LA COMPRESSION D'IMAGE:

Considérons une image $L_e(i,j)$ obtenue par échantillonnage et quantification de la luminance d'une image originale, et soit une partie carrée de $N \times N$ points et une quantification à B bits de chaque échantillon; donc il faudrait $N^2 \cdot B$ bits pour représenter l'image numérique. Par exemple dans le cas couramment utilisé: $N=256$ et $B=8$ bits; on doit utiliser plus de 500.000 bits pour représenter l'image. Cette forme de représentation est appelée la forme canonique d'une image numérique.

A cause du très grand nombre de bits utilisées; il peut arriver que les moyens de stockage ou les canaux de transmission disponibles ne permettent pas de mémoriser ou de transmettre l'intégralité des informations contenues dans une image.

Il est alors utile de chercher à réduire le nombre de bits nécessaires à la représentation d'une image numérique. Cette opération s'appelle réduction de redondance ou compression d'image.

Généralement, la réduction de redondance est obtenue

par des méthodes appelés méthodes transformées, ces méthodes agissent non pas sur le domaine spatiale sur l'image numérique, mais dans le domaine transformée sur une transformée (linéaire ou non linéaire) de l'image originale.

En général les méthodes linéaires sont préférées aux transformations non linéaires, car elles se prêtent très bien à des études analytiques.

Parmi les transformations linéaires existants nous pouvons citer:

- Transformation de KARHUNEN-LOEVE.
- Transformation de FOURIER.
- Transformation de HADAMARD.
- Transformation de HAAR.

Les plus fréquemment utilisées sont celles de Fourier, de Hadamard, de Haar. La transformation de Karhunen-Loeve est rarement utilisée en pratique, car on ne dispose pas d'algorithmes de calcul rapide pour l'évaluer rapidement. [3,7]

III.2.4- SEGMENTATION:

Les images sont composées de régions possédant des propriétés locales. Ces propriétés peuvent être la répartition des niveaux de gris, le contenu énergétique dans une bande de fréquences, etc...

En groupant les points de l'image qui possèdent une même propriété donnée, on obtient des régions uniformes. Cette opération s'appelle la ségmentation.

La méthode appropriée de ségmentation dépend de la propriété utilisée pour la détermination des régions. Par exemple si l'on veut détecter tous les points dont le niveau de gris est dans un intervalle donné, on utilise deux seuils pour éliminer les autres points.

L'utilisation des seuils est très fréquente en pratique pour la ségmentation d'images. La détection d'objet sombre sur un fond clair ou inversement est un exemple typique.

Dans les cas simples, le choix des seuils est souvent guidé par l'observateur en tenant compte de l'histogramme des niveaux de gris. Cet histogramme possède deux pics correspondant aux régions claire et sombre de l'image, un choix judicieux du seuil est donné par le niveau de gris correspondant au minimum local entre les deux pics de l'histogramme (voir figure dans le paragraphe traitant le seuillage d'image).

Une autre méthode de segmentation basée sur les discontinuités des niveaux de gris. Celles ci indiquent généralement la frontière entre les régions de l'image. La variation brusque de niveaux de gris (Discontinuité) est appelé en traitement d'images " CONTOUR ".

III.2.5- TRANSFORMATIONS PARTICULIERES D'IMAGE :

Les transformations utilisées en traitements d'images sont complexes mais peuvent se décomposer en opérations élémentaires.

Les différents traitements qui peuvent être effectués sur une image sont regroupés dans les catégories suivantes:

- Transformations ponctuelles.
- Transformations localisées.
- Transformations globales.
- Traitements géométriques.

Ces différentes opérations seront détaillées dans le paragraphe III.3.

III.2.6- SYNTHESE D'IMAGES:

On appelle synthèse d'images, la génération de celle-ci par un ordinateur.

La génération d'images se fait à partir d'informations constituées par des formes élémentaires spécifiques à l'application envisagée. Ces informations sont contenues dans la mémoire du ordinateur. Les domaines d'application de cette technique sont très variés:

- Domaine audio-visuel (films, dessins animés, enseignement, générique, etc...).
- Domaine technique C.A.O. (jeux, architecture, mécanique, etc...)
- Domaine de la simulation.

III.3- OPERATIONS DE TRITEMENT D'IMAGES:

III.3.1- OPERATIONS PONCTUELLES:

Les opérations ponctuelles agissent généralement sur l'intensité des différents points de l'image. Elles font appel généralement à des opérations non linéaires, qui consistent à remplacer l'intensité d'un point image par le résultat d'une fonction ne dépendant que de l'intensité de ce dernier.

$$L'(i,j)=f(L(i,j))$$

Où $L'(i,j)$ est la nouvelle intensité du point (i,j) et $L(i,j)$ l'intensité du point (i,j) avant traitement.

Parmi les opérateurs ponctuels, nous pouvons citer: le seuillage des images, l'utilisation des fenêtres, et l'expansion de contraste.

A- Le seuillage des images:

Le but de ce traitement est d'avoir une image à deux niveaux de gris à partir d'une image à plusieurs niveaux de gris. Le traitement peut être formulé de la manière suivante:

$$f(L(i,j)) = \begin{cases} \text{Noir} & \text{si } L(i,j) > S \\ \text{Blanc} & \text{si } L(i,j) \leq S \end{cases}$$

Où S est la valeur du seuil choisi (figure 8)

Le problème principal posé par cette opération est le choix de la valeur du seuil S . La méthode la plus répandue consiste à calculer l'histogramme des niveaux de gris et de choisir le

SEUILLAGE DES IMAGES

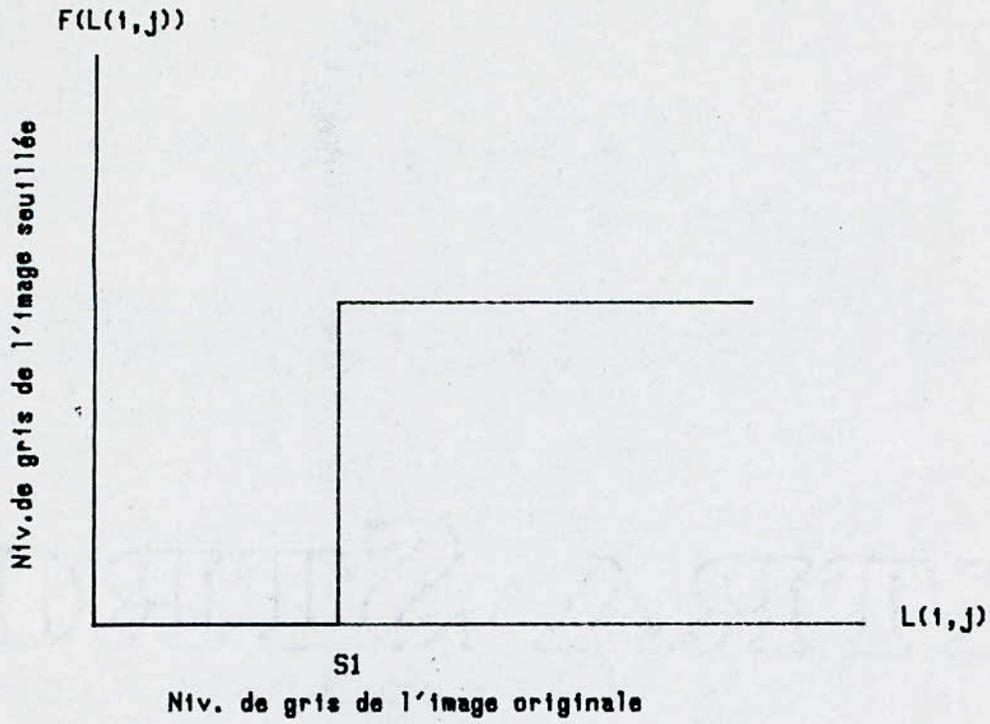


Fig 8 :-Avec un seul seuil-

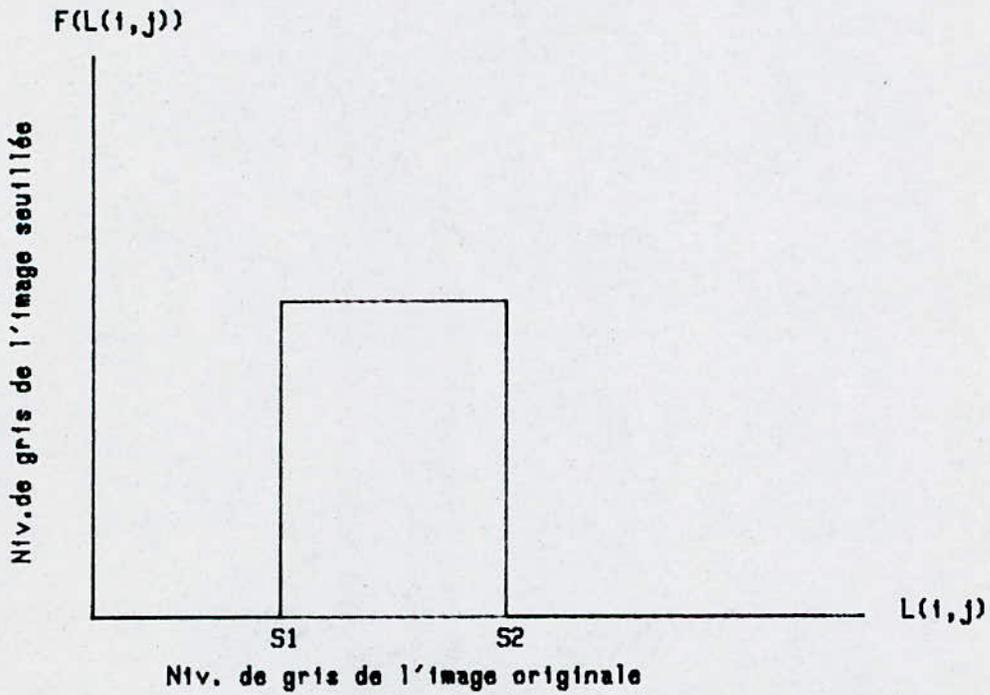


Fig 10:-Avec deux seuils-

niveau de gris correspondent au minimum local entre les deux pics de l'histogramme (figure 9). Pour plus de détails, se référer au paragraphe traitant la segmentation d'images.

Malheureusement en pratique, l'histogramme présente de nombreuses irrégularités rendant la recherche d'un seuil optimal très difficile.

Il existe une autre opération de seuillage qui consiste à sélectionner une tranche d'intensité $S_1 - S_2$ (figure 10). La fonction de seuillage devient :

$$\text{Si } S_1 \leq L(i, j) \leq S_2 \implies L(i, j) = \text{Blanc.}$$

$$\text{Si autrement } \implies L(i, j) = \text{Noir.}$$

Cette opération fournit une image divisée en zones blanches et noires. S_1 et S_2 sont des seuils choisis par l'utilisateur.

B- Expansion de contraste:

Le contraste d'une image peut être modifié en appliquant une opération qui peut être formulée de la manière suivante (figure 11): [15]

Soit S_1 et S_2 deux seuils différents et $L(i, j)$ l'intensité lumineuse d'un point de l'image de coordonnées (i, j) .

$$\text{Si } L(i, j) < S_1 \implies L'(i, j) = K_1 \times L(i, j).$$

$$\text{Si } S_1 \leq L(i, j) \leq S_2 \implies L'(i, j) = K_2 \times L(i, j) + (K_1 - K_2) \times S_1.$$

$$\text{Si } L(i, j) > S_2 \implies L'(i, j) = K_3 \times L(i, j) + (K_1 - K_2) \times S_1 + (K_2 - K_3) \times S_2.$$

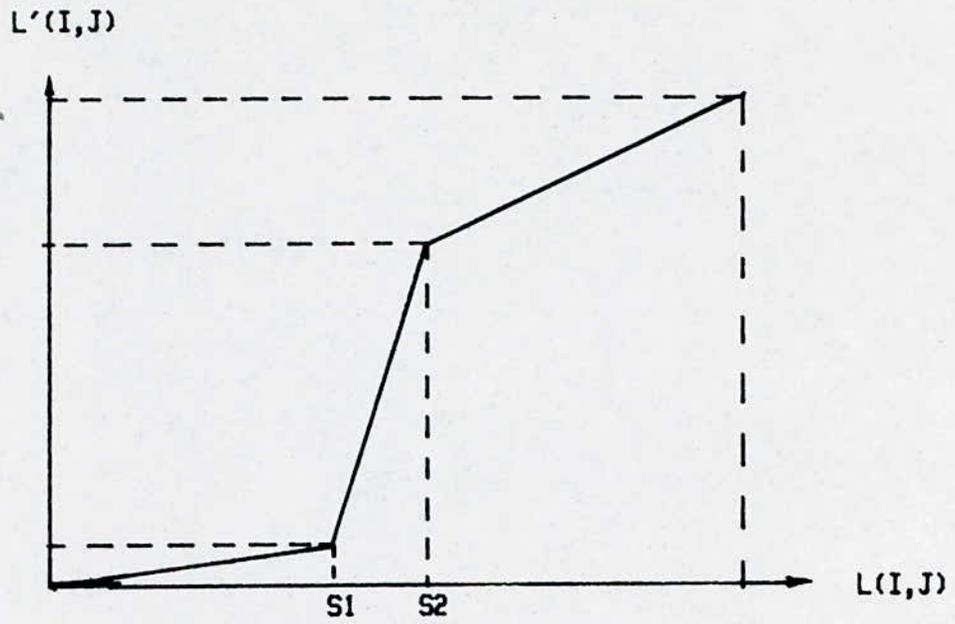


Fig. 11 : Amelioration de contraste

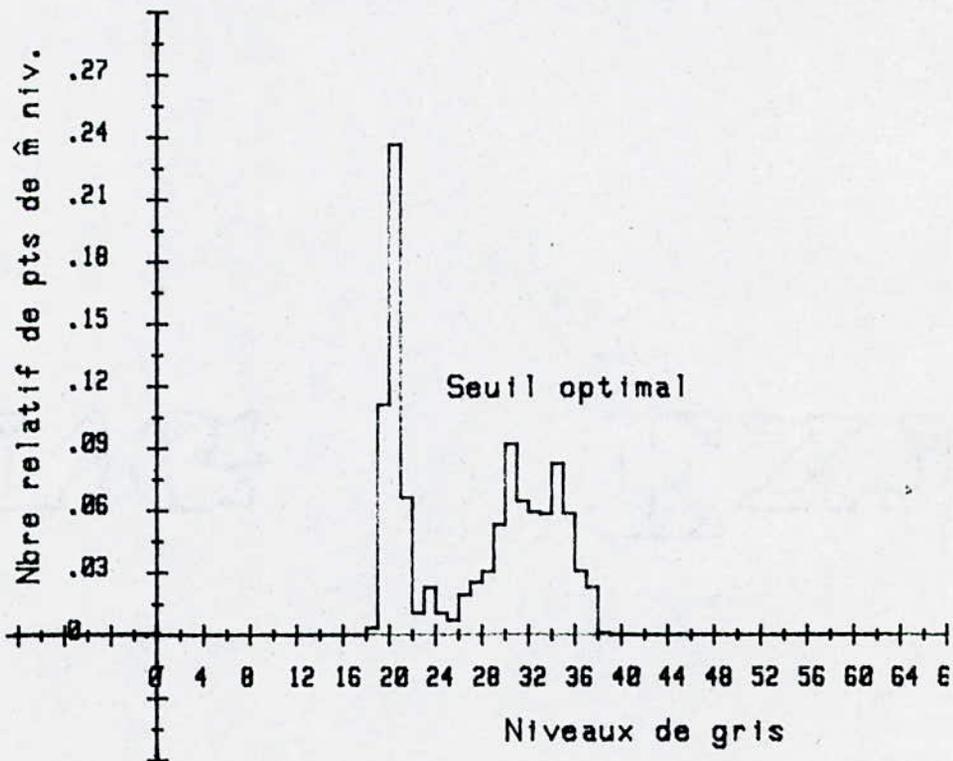


Fig 9 : Choix optimal du seuil

Où $L'(i,j)$ est l'intensité contrasté. K_1, K_2 et K_3 sont des constantes avec $K_1 < 1$, $K_2 > 1$, et $K_3 < 1$.

Le rôle de telle opération est d'améliorer la qualité subjective de l'image ou de préparer l'image en vue d'un traitement ultérieur.

III.3.2- TRANSFORMATIONS LOCALISEES:

Ces transformations consistent en la détermination de la nouvelle valeur d'un point de l'image de coordonnées (i,j) en fonction de ses points voisins de l'image originale. Ses points voisins sont contenus dans une fenêtre rectangulaire de dimensions $M \times N$ construite généralement autour du point considéré. L'opérateur correspondant est un masque de même dimension. Ce type d'opération, appelé convolution discrète, s'écrit sous la forme suivante:

$$L'(i,j) = \sum_{k=-M}^{M-1} \sum_{l=-N}^{N-1} C(k,l) \cdot L(i+k, j+l).$$

où $C(k,l)$ est un élément du masque.

Les opérations sont très variées suivant les valeurs des coefficients de la matrice C (filtrage, squeletisation, etc...). [3,4,9]
 Parmi ces opérations nous examinerons le filtrage passe-bas (intégration ou lissage) et le filtrage passe-haut (différentiation).

a- Filtrage passe-bas:

Le filtrage passe-bas revient à faire un lissage sur

les données de l'image. Cette opération est souvent utilisée avant le traitement de contour, dont l'intérêt est d'éliminer une partie du bruit qui se trouve dans les hautes fréquences spatiales.

Les détails fins de l'image et les parties représentant les contours qui se trouvent dans les régions peu contrastées, sont également éliminés; d'où l'apparition d'un effet de flou.

L'opérateur moyennage local est un exemple typique d'opérations locales, il est défini sur une fenêtre 3x3 de la manière suivante:

$$L'(i, j) = (A + B + C + D + E + F + G + H) / 8.$$

avec $L'(i, j)$ la nouvelle intensité lumineuse du point (i, j) et $A, B, C, D, E, F, G,$ et H sont les éléments de la matrice représentant la fenêtre 3x3 définie par:

$$\begin{pmatrix} A & B & C \\ H & L(i, j) & D \\ G & F & E \end{pmatrix}$$

Un second opérateur de moyennage local consiste à remplacer l'intensité $L(i, j)$ du point de coordonnées (i, j) par la valeur médiane des neuf (9) valeurs de la fenêtre 3x3. Cet opérateur est appelé " Moyennage Local Par La Médiane ".

Les résultats obtenus par ces deux opérateurs et les programmes (organigrammes) seront donnés dans le chapitre suivant.

b- Filtrage passe-haut:

C'est une méthode qui met en évidence les variations d'intensité dans une image, c'est à dire faire apparaître les contours des objets contenus dans cette image.

Elle est très utilisée comme étape de pré-traitement en reconnaissance de forme, et l'extraction de contours. De cette manière le contraste de l'image se trouve amélioré.

Plusieurs méthodes ont été élaboré à partir de méthodes mathématiques, telles que le calcul du Gradient et du Laplacien.

b.1- Opérateur Gradient:

Le Gradient d'une image en chaque point (i, j) est un vecteur dont la phase indique la direction de l'image dans laquelle le taux de changement du niveau de gris est le plus grand, et dont le module est une mesure de ce taux de changement maximal. En effet, la valeur du Gradient sur une image discrète peut être calculée par combinaison des dérivées partielles $\partial L(i, j) / \partial i$ et $\partial L(i, j) / \partial j$ dans la direction des deux axes orthogonaux O_i et O_j . Les dérivées partielles peuvent être approximées par les différences locales des intensités des points de l'image; cela représente une approximation locale. [5,9]

$$\partial L(i, j) / \partial i = L(i, j) - L(i-1, j).$$

$$\partial L(i, j) / \partial j = L(i, j) - L(i, j-1).$$

Elles peuvent avoir des valeurs positives ou négatives, indiquant qu'il s'agit d'une transition d'un niveau de gris élevé à un niveau plus bas ou inversement.

Les expressions du module et de la direction du Gradient sont données par:

$$|\text{Grad } L(i,j)| = \left[\left(\frac{\partial L(i,j)}{\partial i} \right)^2 + \left(\frac{\partial L(i,j)}{\partial j} \right)^2 \right]^{1/2}.$$

$$\alpha(i,j) = \text{Arctg} \frac{\frac{\partial L(i,j)}{\partial i}}{\frac{\partial L(i,j)}{\partial j}}.$$

Pour une fenêtre de l'image 2x2, l'approximation du Gradient pour une image discrète discrète s'écrit:

$$L'(i,j) = |L(i,j) - L(i+1,j+1)| + |L(i,j+1) - L(i+1,j)|.$$

Suivant une direction de 45°.

La fenêtre est représentée par:

$$\begin{pmatrix} L(i,j) & L(i,j+1) \\ L(i+1,j) & L(i+1,j+1) \end{pmatrix}$$

D'où l'écriture de l'expression $L'(i,j)$ pour une fenêtre $M \times N$ sous la forme:

$$L'(i,j) = \left| \sum_{k=-M}^{M-1} \sum_{l=-N}^{N-1} L(i+k,j+l) \cdot C(k,l) \right| + \left| \sum_{k=-M}^{M-1} \sum_{l=-N}^{N-1} L(i+k,j+l) \cdot G(k,l) \right|.$$

Où C et G sont des matrices appelées MASQUES.

Ces masques sont des opérateurs appliqués à une fenêtre de dimensions $M \times N$.

- Masques de Roberts:

Les masques utilisés sont de taille 2x2 et sont définis par:

$$C = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Sur une fenêtre 3x3 on a:

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

L'opérateur Gradient lié aux masques de Roberts est dit " Opérateur Gradient-Roberts Simple ".

- Masques de Mévo-Vany:

Ces masques sont de taille 2x2.

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

- Masques de Sobel:

Ces masques ou opérateurs sont appliqués à une fenêtre de taille 3x3.

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad G = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

D'autres techniques de calcul du Gradient utilisent un seul masque tel que:

Opérateur de Kirsh:

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

L'application de l'opérateur Gradient-Roberts cité ci-dessus fait apparaître les zones frontière comme des zones de gradient maximum, et les zones homogènes comme des zones à gradient minimum. Mais l'apparition d'un point bruité dans une fenêtre d'une zone homogène donne un gradient élevé, d'où l'inconvénient principale de cet opérateur. Cet inconvénient a conduit à l'utilisation d'un autre opérateur gradient dit "opérateur gradient amélioré".

b.2- Opérateur gradient amélioré:

Dans cette méthode l'image gradient est obtenue en calculant quatre (4) gradients pour chaque fenêtre 4x4 de l'image, la valeur du gradient amélioré est donnée par l'expression:

$$\text{Grad}(a) = (A \cdot B \cdot C \cdot D)^{1/4}$$

Où $A = |f-k| + |j-g|$.

$$B = |a-p| + |m-d|$$

$$C = |b-o| + |i-h|$$

$$D = |c-n| + |e-l|$$

avec a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o et p les éléments de la matrice représentant la fenêtre 4x4:

$$\begin{pmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \\ m & n & o & p \end{pmatrix}$$

Donc le gradient amélioré consiste en un produit de quatre (4) gradient simple .

Les points de contour seront mis en évidence car le produit de gradients de grande valeurs est très grand, d'autre part l'ensemble des points isolés dûs aux bruits et à la différentiation sont considérablement réduit, car l'un au moins des quatre gradients sera faible, et le produit devient donc également faible.

b.3- Opérateur de Laplace:

C'est un opérateur dont la procédure est la double différentiation, représenté par la somme des deuxièmes dérivées partielles des points de l'image.

$$\nabla^2 = \partial^2 L(i,j) / \partial i^2 + \partial^2 L(i,j) / \partial j^2.$$

Où L(i,j) est l'intensité lumineuse du point de coordonnées (i,j)
 Les dérivées partielles de l'expression précédente seront remplacées par les différences locales des intensités des points de l'image.

On aura dans ce cas :

$$\partial L(i,j)/\partial i = L(i+1,j) - L(i,j).$$

$$\partial L(i,j)/\partial j = L(i,j+1) - L(i,j).$$

En passant aux dérivées secondes on aura :

$$\partial^2 L(i,j)/\partial i^2 = L(i+1,j) - 2.L(i,j) + L(i-1,j).$$

$$\partial^2 L(i,j)/\partial j^2 = L(i,j+1) - 2.L(i,j) + L(i,j-1).$$

D'où :

$$\nabla^2 = L(i+1,j) + L(i-1,j) - 4.L(i,j) + L(i,j+1) + L(i,j-1).$$

Sous forme matricielle, l'opérateur Laplacien correspondant est donc :

$$\nabla^2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Cette opérateur est appliqué à une fenêtre de taille 3x3.

L'image filtrée est obtenue par la différence entre l'image originale et son laplacien, d'ou la simplicité de la mise en oeuvre de cet opérateur.

L'opérateur laplacien peut être approximé d'une autre manière. Cette approximation attribut à un point de coordonnées (i,j) et d'intensité lumineuse L(i,j) la valeur :

$$L'(i,j) = | L(i,j) - (A+B+C+D+E+F+G+H)/8 |.$$

où A,B,C,D,E,F,G et H sont les éléments de la matrice 3x3 définie par:

$$\begin{pmatrix} A & B & C \\ H & L(i,j) & D \\ G & F & E \end{pmatrix}$$

Le résultat du calcul obtenu par l'application d'opérateur laplacien est comme dans le cas de l'opérateur gradient, c'est à dire nul dans les régions où l'intensité lumineuse ^{est} constante, par contre dans les régions où cette intensité possède une variation (proximité des contours) il devient important. L'opérateur de Laplace fournit des informations utiles contenues dans les hautes fréquences spatiales, mais il est très sensible aux bruits.

Parmi les opérateurs que nous venons d'exposer, nous avons élaboré sur notre système les logiciels des opérateurs suivants:

- Opérateur moyennage local sur une fenêtre 3x3.
- Opérateur Gradient-Roberts sur une fenêtre 2x2.
- Opérateur Gradient amélioré sur une fenêtre 4x4.
- Opérateur Laplacien 1-2 sur une fenêtre 3x3.

Les détails de programmes ainsi que les résultats seront présentés au chapitre suivant.

III.3.3- TRANSFORMATIONS GLOBALES:

Une transformation globale est une transformation pour laquelle un point de l'image transformée est fonction de l'ensemble des points de l'image initiale.

Ce sont des transformations mathématiques tels que: Fourier (FFT), Hadamard, etc...

Parmi ces transformations, nous étudierons, la transformée de Fourier bidimensionnelle et la transformée discrète bidimensionnelle. [9,10]

A- Transformation de Fourier bidimensionnelle:

La transformée de Fourier bidimensionnelle d'un signal numérique $x(k,l)$ est définie par:

$$X(f,g) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} x(k,l) \cdot \exp(-j \cdot 2\pi(fk+gl)). \quad (1)$$

Cette transformée n'existe que si la série converge; c'est à dire que le second membre de l'expression (1) est fini. En général la transformée $X(f,g)$ est une fonction complexe.

$$X(f,g) = \text{Re}(X(f,g)) + j \text{Im}(X(f,g)).$$

Dans le cas d'un signal réel $x(k,l)$, les parties réelle et imaginaire sont respectivement données par:

$$\begin{aligned} \text{Re}(X(f,g)) &= \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} x(k,l) \cdot \cos(2\pi(fk+gl)). \\ \text{Im}(X(f,g)) &= \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} x(k,l) \cdot \sin(2\pi(fk+gl)). \end{aligned}$$

On peut exprimer la fonction complexe $X(f,g)$ également sous forme de module et d'argument et on a :

$$X(f,g) = |X(f,g)| \exp(j \arg(X(f,g))).$$

Le terme $|X(f,g)|$ est appelé spectre d'amplitude bidimensionnelle. Il exprime la repartition fréquentielle dans le plan (f,g) de l'amplitude du signal $x(k,l)$. Toute fois la notion de fréquence utilisée ici n'est pas celle qui est associée à une convolution temporelle.

En général les variables k et l représentent des distances. Dans le cas d'une image, k et l , représentent les deux dimensions de l'image.

Le terme $\arg(X(f,g))$ est le spectre de phase bidimensionnelle.

Le terme $|X(f,g)|^2$ est le spectre d'énergie.

Pour revenir au signal original (dans le plan (k,l)), il faut appliqué la transformée inverse.

La transformée inverse de Fourier pour des signaux bidimensionnelles est donnée par la relation :

$$x(k,l) = \int_{-1/2}^{1/2} \int_{-1/2}^{1/2} X(f,g) \exp(j2\pi(fk+gl)) df.dg \quad (2)$$

Les relations (1) et (2) définissent la transformation de Fourier bidimensionnelle.

B- Transformée de Fourier discrète bidimensionnelle (TFDB) :

La relation (1) exprimant la transformation de Fourier

bidimensionnelle, présente deux difficultés lors de son utilisation pratique.

- La première est que f et g sont des variables continues qu'en peut pas manipuler dans un système de traitement numérique.

- La seconde est due au nombre infini d'échantillons du signal $x(k,l)$, qu'il est impossible de traiter pratiquement.

Ces difficultés peuvent être surmonter en remplaçant les variables continues par des variables discrètes et en limitant dans le plan (k,l) l'étendu du signal $x(k,l)$.

En posant: $f=m/N$ et $g=n/N$ où N est un entier.

La relation (2) prend la forme suivante:

$$x(k,l) = \frac{1}{N^2} \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} \sum_{m=-N/2}^{N/2-1} X(m,n) \exp(j2\pi[(mk+nl)]/N) \quad (3)$$

dans le cas ou l'étendu du signal $x(k,l)$ est limité à un domaine de dimension $N \times N$.

avec: $0 \leq k \leq N-1$
 $0 \leq l \leq N-1$ (4)

En tenant compte des relations précédentes relatives à f et g , on peut écrire la transformée de Fourier D'un signal étendu limité au domaine (4) de la manière suivante:

$$X(m,n) = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} x(k,l) \exp(-j2\pi(mk+nl)/N) \quad (5)$$

Les relations (3) et (5) définissent la transformée de Fourier discrète bidimensionnelle (TFDB) pour un signal à étendu limitée $x(k,l)$.

III.3.4- TRAITEMENTS GEOMETRIQUES:

Ces traitements consistent à modifier l'image en déplaçant ses points constitutifs par des rotations, des translations ou autres déplacement géométriques.

En modifiant la géométrie de l'image, on aboutit généralement à une dégradation de résolution spatiale et photométrique.

Il est donc préférable de les effectuer sur des images non numériques, mais de façon analogique ou optique.

Parmi les traitements géométriques les plus utilisés :

- Redressement de l'image.
- Correction de l'angle de vue du capteur.
- Agrandissement de l'image (Effet ZOOM).

Un programme d'agrandissement d'image par un facteur quelconque, sera présenté au chapitre suivant.

III.4- CARACTERISTIQUES SUBJECTIVES ET OBJECTIVES D'UNE IMAGE:

Les caractéristiques d'une image sont très divers, elle peuvent être divisées en deux catégories:

La première étant les caractéristiques subjectives dite aussi naturelles, décrit l'apparence visuelle de l'image (perceptible par l'oeil).

La seconde catégorie concerne les caractéristiques dites artificielles ou objectives. Ces dernières sont mise en évidence après un traitement spécifique. [11]

III.4.1- CARACTERISTIQUES NATURELLES:

Les caractéristiques naturelles les plus importantes sont:

- La brillance d'une région.
- L'échelle des gris.
- Les contours d'objets.
- La caractéristique d'amplitude.

Parmi ces caractéristiques, nous examinerons dans ce qui suit: Les contours d'objets, la caractéristique d'amplitude, le centre de gravité (Barycentre) et le rectangle minimal circonscrit.

A- La caractéristique d'amplitude:

C'est la mesure d'intensité d'un point spécifique de l'image ou d'un voisinage de ce point.

L'intensité moyenne au voisinage d'un point de coordonnées spatiales (i, j) , sur une fenêtre $(2p+1)(2p+1)$ est définie par:

$$\bar{Y}(i, j) = \frac{1}{(2p+1)^2} \sum_{m=-p}^p \sum_{n=-p}^p Y(i+m, j+n)$$

Cette caractéristique peut être utilisée pour l'isolation d'objet dans une image. Elle peut servir aussi pour des pré-traitements ultérieurs avant la détection de contour (exp: seuillage).

B- Contours d'objet:

Le contour d'objet est la limite séparant deux régions d'intensité lumineuse différentes, c'est à dire les discontinuités

ou les variations brusque de l'intensité lumineuse.

Plusieurs algorithmes ont été développés pour extraire les contours d'objets dans des images binaires ou multinationnelles.

Nous exposerons celui proposé par DUDA et HART qui est décrit par étapes suivantes. (Figure 12) [16]

- Ballayer l'image jusqu'à la rencontre d'un point de l'objet.
- Tourner à gauche.
- Test du point suivant:
 - * si c'est un point objet tourner à gauche.
 - * si c'est un point font tourner à droite.
- Fin de suivit de contour en revenant au point de départ.

La signification des opérations "tourner à droite" et "tourner à gauche" est d'incrémenter les i et j qui constituent les coordonnées du point testé (i, j) . Elles se font par rapport au sens d'arrivée.

Cette méthode est relativement rapide, mais elle ne peut s'appliquer qu'à des images binaires.

D'autres caractéristiques importantes telles que les coordonnées du barycentre d'un objet dans une image, et le rectangle circonscrit de cet objet, ont été testés sur notre système. Ces caractéristiques représentent les paramètres de position de l'objet. En pratique, ces caractéristiques sont utilisées pour la localisation d'objet dans une scène situé dans un champ de vision de la caméra.

L'orientation d'un objet dans une scène consiste en la recherche

de certains axes liés à l'objet. Ces axes peuvent être :

- soit la direction de l'axe joignant le barycentre de l'objet au barycentre du rectangle circonscrit.

- soit la direction des diagonales du rectangle circonscrit.

Connaissant l'agrandissement du capteur nous pouvons connaître les dimensions réelles de la face de prise de vue de l'objet.

C- Calcul des coordonnées du barycentre du contour :

Les coordonnées du barycentre du contour de l'objet sont obtenues en calculant les valeurs moyennes des coordonnées des points de contour. [4,9,11]

$$I_g = \frac{\sum I}{N} \quad ; \quad J_g = \frac{\sum J}{N}$$

Avec : I et J les coordonnées d'un point du contour et N le nombre de points de contour.

D- Rectangle circonscrit au contour :

La région d'appartenance d'un objet est délimitée par son rectangle circonscrit. (figure 13)

Ce rectangle représente le plan maximal contenant l'objet.

L'algorithme utilisé pour la détermination du rectangle circonscrit est donné de la façon suivante :

- Détermination du point le plus haut de l'objet.
- Détermination du point le plus bas de l'objet.
- Détermination du point le plus à gauche de l'objet.
- Détermination du point le plus à droite de l'objet.

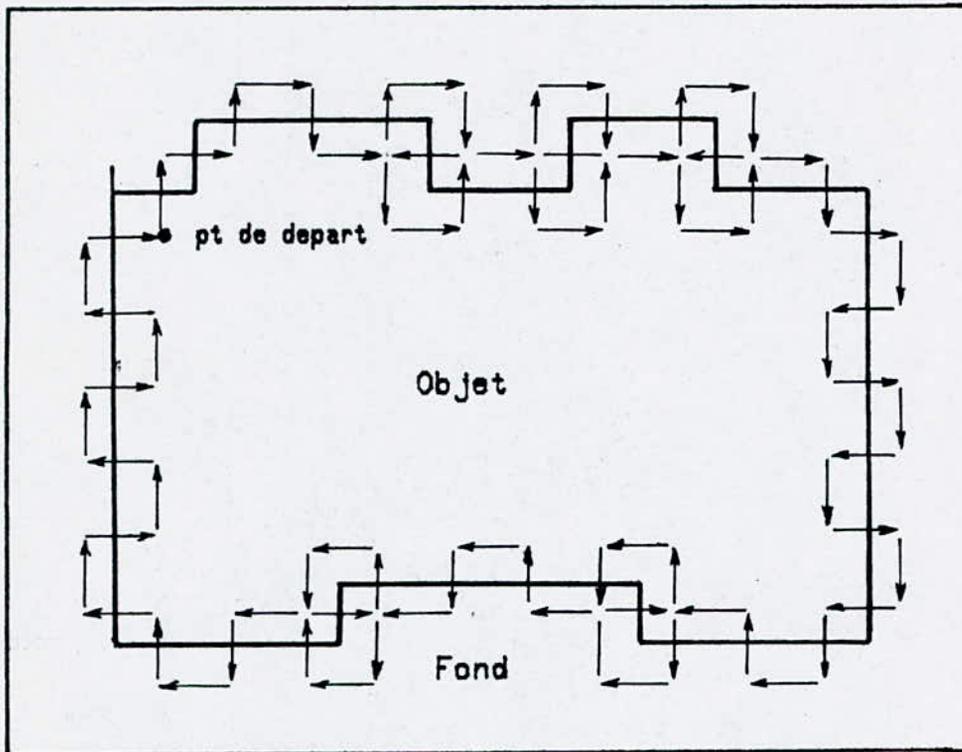


Fig. 12
 Représentation de l'opération
 de suivi de contour.

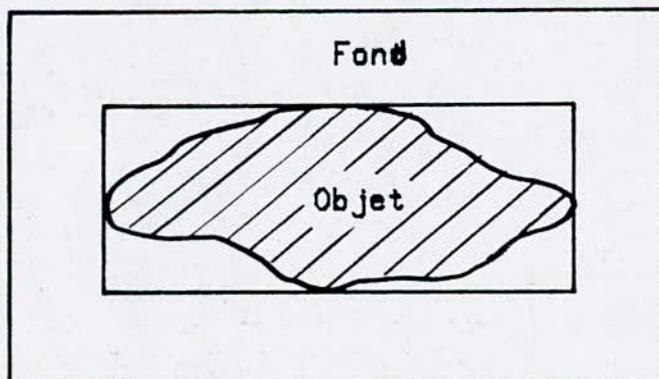


Fig. 13
 Représentation du rectangle min.
 circonscrit d'un objet.

- Tracé du rectangle passant par ces quatre points.

Les organigrammes de détermination de ces caractéristiques sont présentés au chapitre IV.

III.4.2- CARACTERISTIQUES ARTIFICIELLES D'UNE IMAGE:

Ces caractéristiques sont généralement obtenues après des traitements spécifiques à chaque caractéristiques artificielles les plus connues sont:

- Les histogrammes des niveaux de gris.
- Les spectres de fréquences spatiales.

A- Histogramme des niveaux de gris:

Supposons que l'on dispose d'une image $Im(i, j)$ sous sa forme canonique, c'est à dire un ensemble de $N \times N$ valeurs numériques ordonnée dans une matrice. Chacune de ces valeurs numériques ont été quantifiée avec 64 niveaux de gris.

Soit $P(b)$ le nombre d'échantillon possédant la valeur du niveau b ($b=0, \dots, 64$).

Une fonction très utile en traitement d'images est la re présentation des $P(b)/N^2$ en fonction des niveaux b . Cette fonction s'appelle l'HISTOGRAMME des niveaux de gris de l'image.

N^2 représente le nombre total des points de l'image étudié.

La forme d'un histogramme nous fournit des renseignements sur l'image, ainsi un histogramme étroit indique un manque de contraste, quand à un histogramme bimodal, il indique l'existence de deux régions

d'intensité différentes. [11]

Les paramètres indiqués ci-dessous permettent une description détaillée de la forme de l'histogramme.

La moyenne:
$$\bar{b} = \sum_{b=0}^{63} b P(b):$$

La variance:
$$\sigma_b^2 = \sum_{b=0}^{63} (b-\bar{b})^2 P(b).$$

L'énergie:
$$b_N = \sum_{b=0}^{63} (P(b))^2.$$

Ecart quadratique:
$$(\bar{\mathcal{E}}^2) = \left(\sum_I \sum_J (Im_1^2(I,J) - Im_2^2(I,J)) \right)^{1/2}.$$

Ce dernier critère est souvent utilisé en matière de comparaison dans le domaine de traitement d'images entre l'image originale et l'image traitée. Dans l'expression de $(\bar{\mathcal{E}}^2)$:

$Im_1(I,J)$ est la matrice représentant l'image originale.

$Im_2(I,J)$ est la matrice représentant l'image traitée.

Les figures 14 et 15 représentent respectivement les histogrammes des images originale donnée à la page 87 et l'image traitée par l'opérateur gradient amélioré à la page 88. L'étude de ces histogrammes montrent l'apparence de nouveaux niveaux de gris. On remarque aussi, une atténuation importante de certains niveaux de gris. Cette atténuation peut être interprétée par la disparition du fond de l'image originale, donc il y a eu perte d'information; ce qui confirme une certaine compression de l'image originale. La perturbation citée ci-dessus aura certainement une influence dans le spectre de l'image.

HISTOGRAMME DE L'IMAGE ORIGINALE

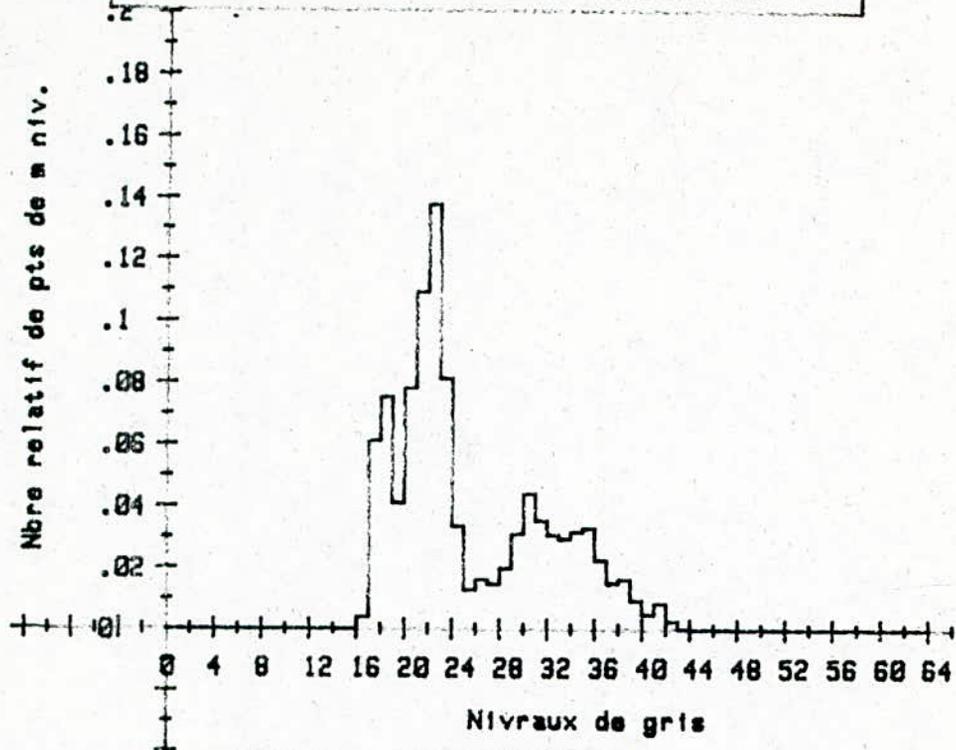


Fig: 14

MOYENNE= 25.0166009965
ECART TYPE= 6.37636213192
ENRGIE= .066265394332
MEDIANE= 21

HISTOGRAMME DE L'IMAGE TRAITEE

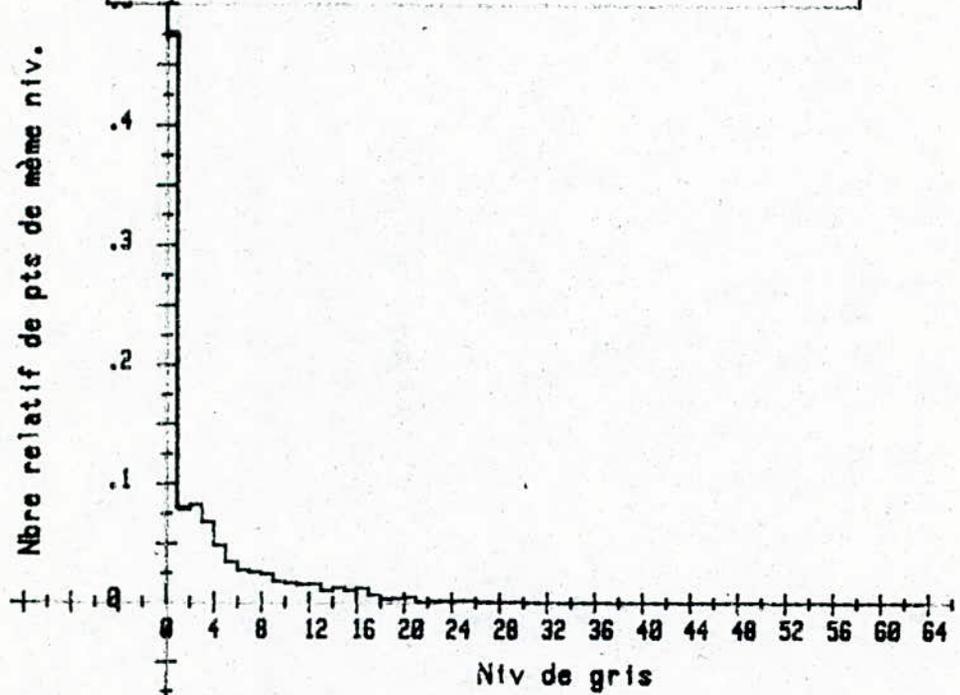


Fig: 15

MOYENNE = 3.25951557093
ECART TYPE= 4.9690107057
ENERGIE = .249227494002
MEDIANE = 0

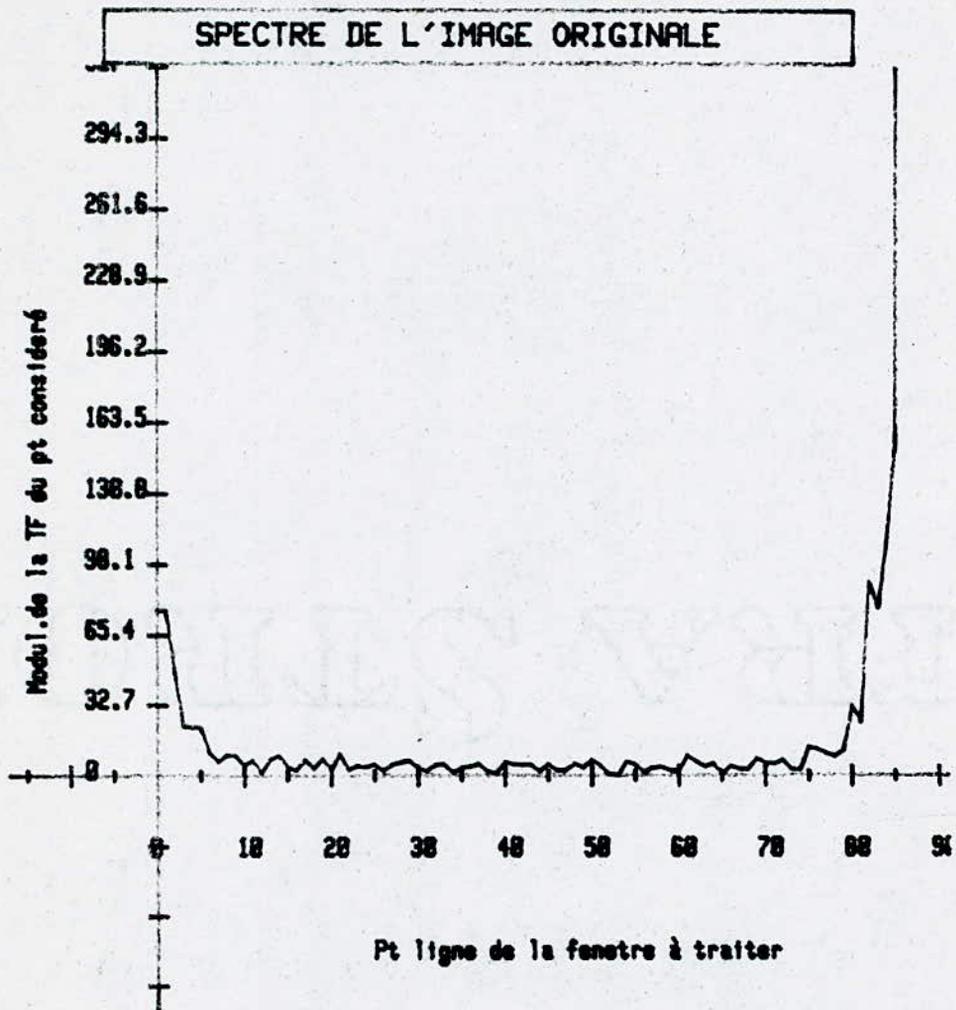


Fig: 16

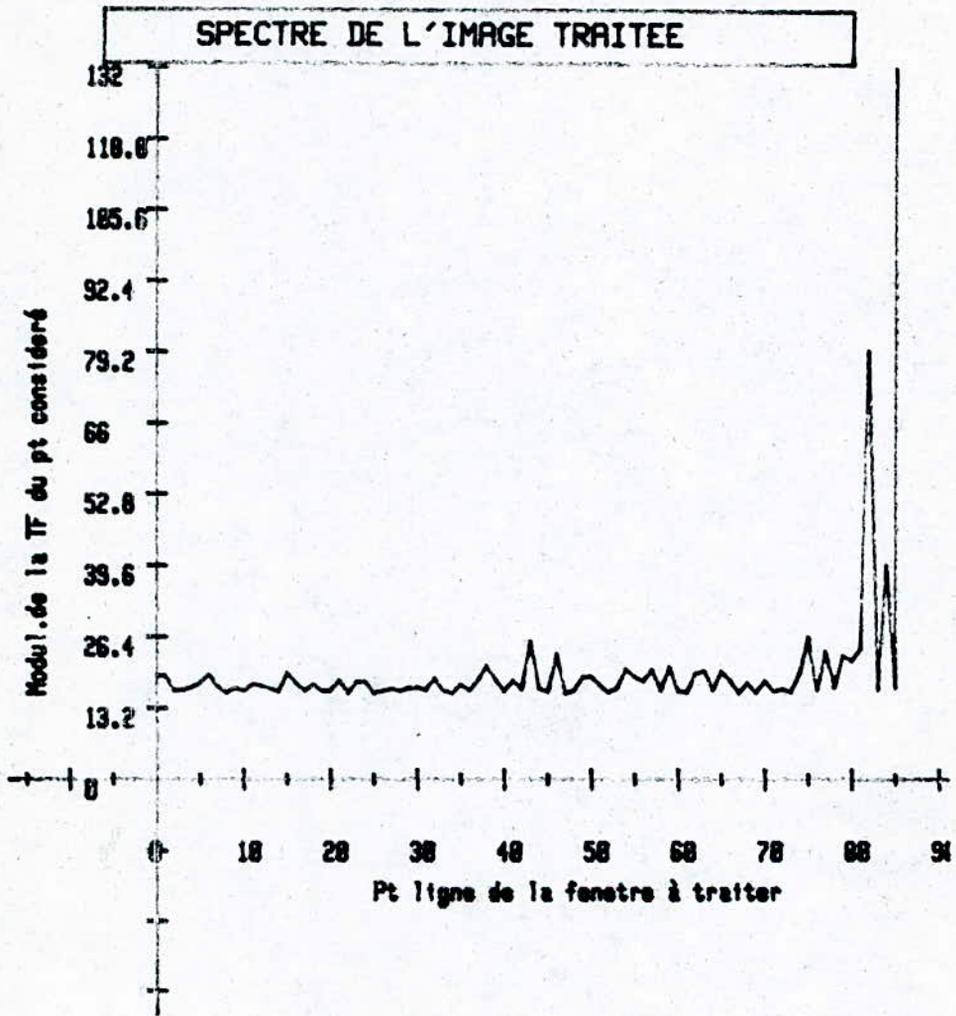


Fig : 17

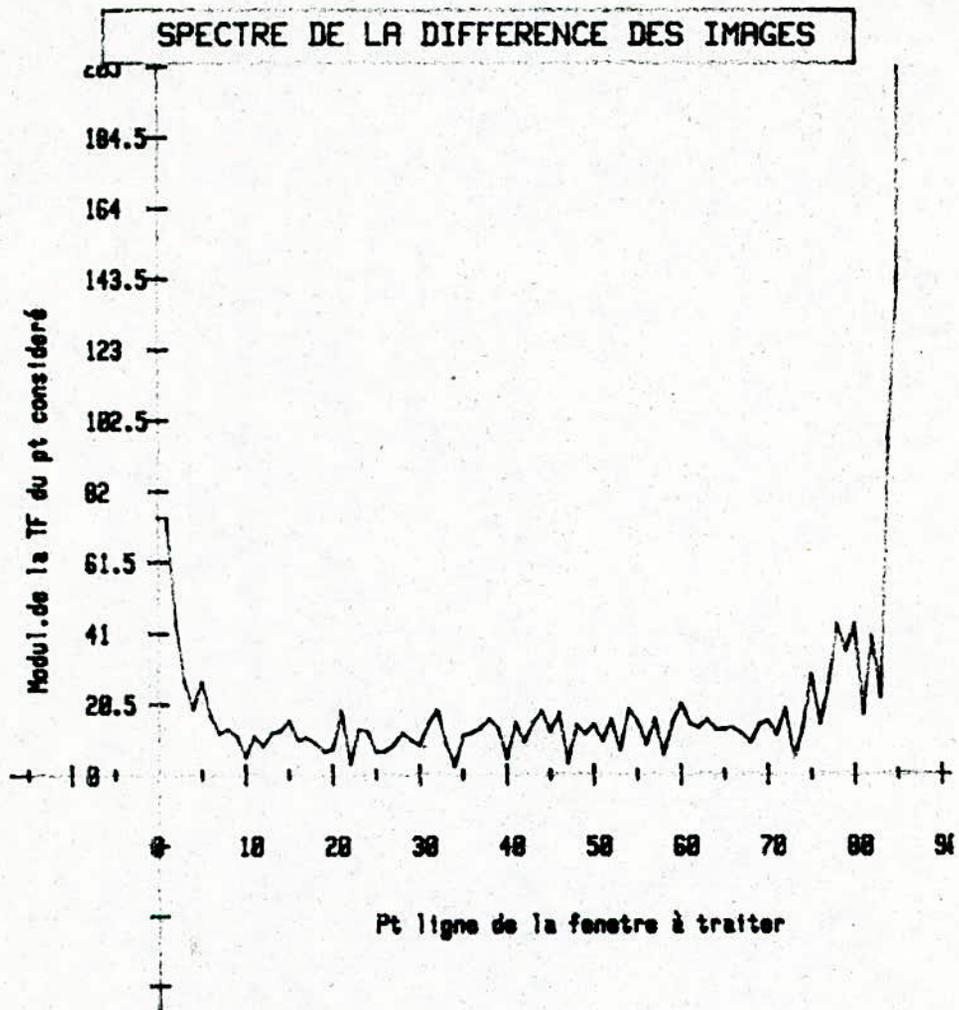


Fig : 18

B- Les spectres de fréquences spatiale:

Cette caractéristique artificielle, donne une représentation de l'image dans le domaine fréquentiel.

Les figures 16, 17 et 18 représentent les spectres en ligne de l'image originale, image traitée et la différence des images.

A partir du spectre de l'image traitée on remarque que certaines fréquences ont été favorisées, en particulier les hautes fréquences.

Le spectre de la différence montre une forte atténuation des basses fréquences. Les remarqués par ailleurs sont dûs aux perturbations des nouveaux niveaux de gris, ce qui confirme l'utilisation de l'opérateur utilisé: GRADIENT AMELIORE.

CHAPITRE IV

PRESENTATION

DES LOGICIELS ET DES RESULTATS.

IV- PRESENTATION DES LOGICIELS ET DES RESULTATS:

Ce chapitre est consacré à la description des logiciels développé à l'aide de notre système.

Ces logiciels comportent essentiellement les organigrammes de traitements. Les programmes correspondant à quelques algorithmes seront donnés en annexe. On peut distinguer notamment :

- Générations de signaux: mire, dammier, etc...
- Seuillage d'image.
- Amélioration de contraste.
- Filtrage par l'opération de moyennage locale 1 (moyenne).
- Filtrage par l'opérateur Gradient-roberts simple.
- Filtrage par l'opérateur de moyennage locale 2 (médiane).
- Filtrage par l'opérateur Gradient amélioré.
- Filtrage par l'opérateur laplacien 1 et 2.
- Agrandissement d'une image (Zoom).
- Suivit de contour et détermination des coordonnées du barycentre, ainsi que le traçé du rectangle circonscrit.

1- GENERATION DE SIGNAUX:

Plusieurs programmes ont été réalisés:

- Génération d'une mire de barres dont le nombre de barres est variables (chaque bande possède un niveau de gris).

Cette mire permet l'appréciation de la repartition de niveaux de de l'image. L'organigramme correspondant est par la figure N°19 .

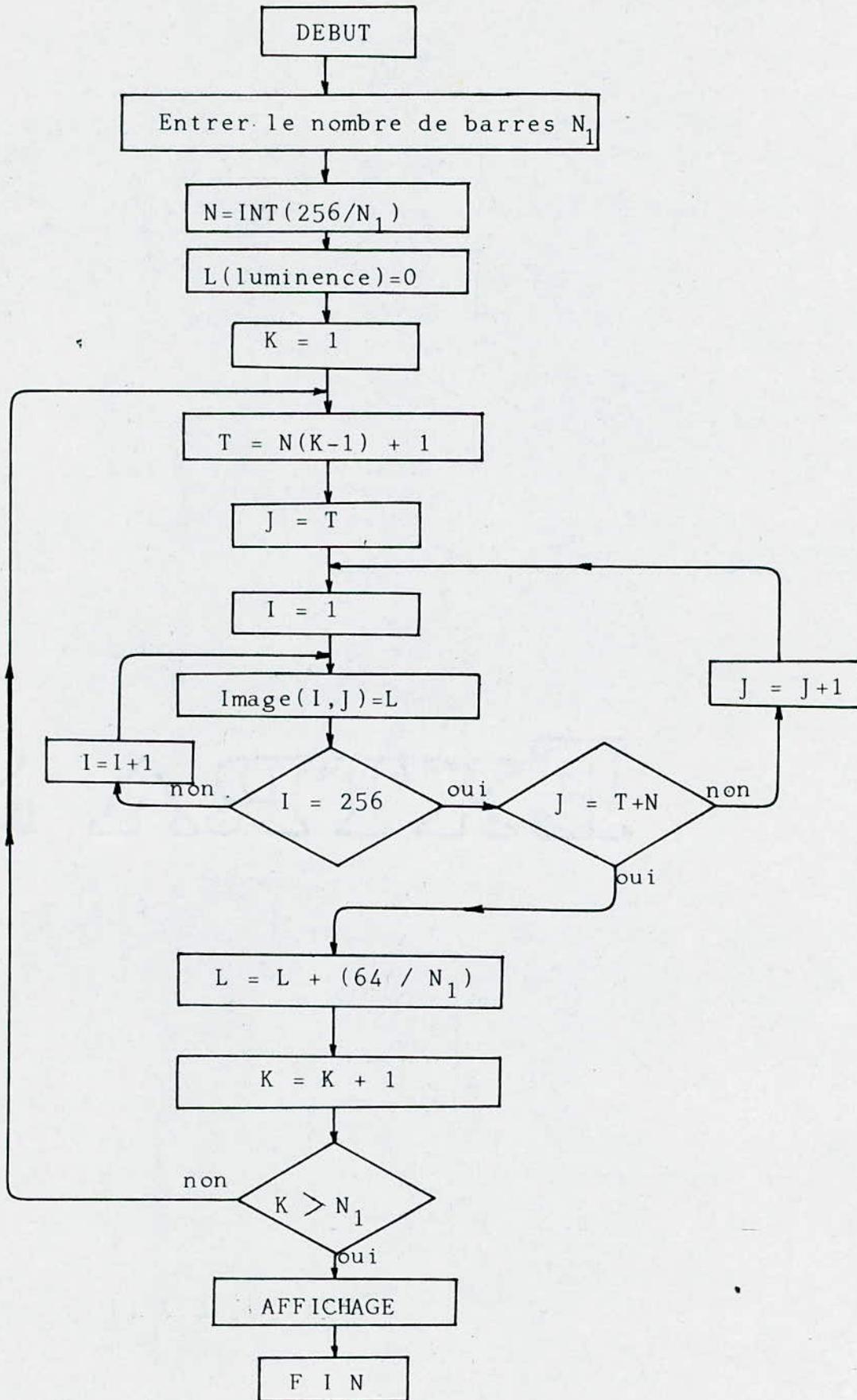
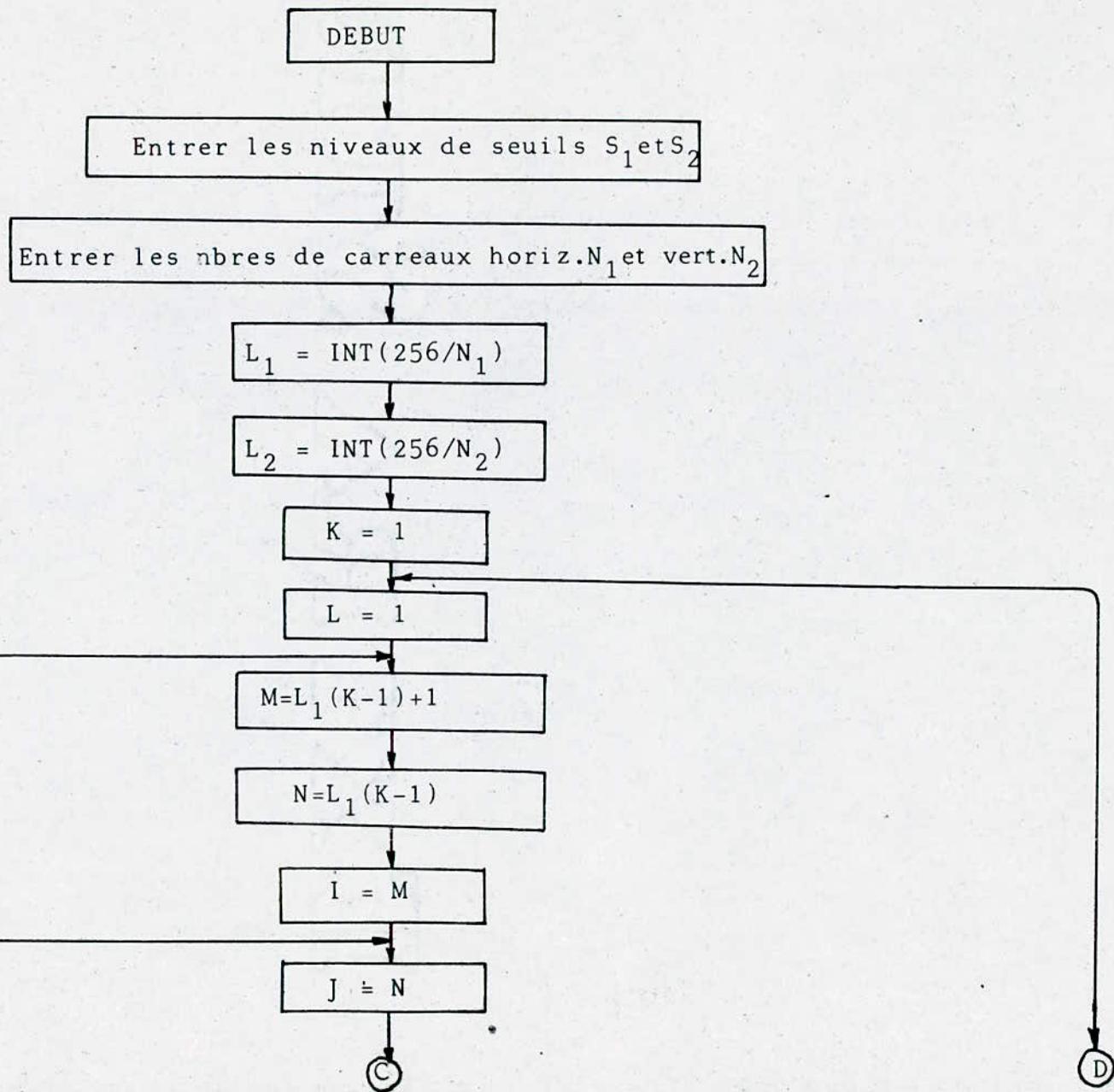


Fig.19.: GENERATION D'UNE MIRE DE BARRES.



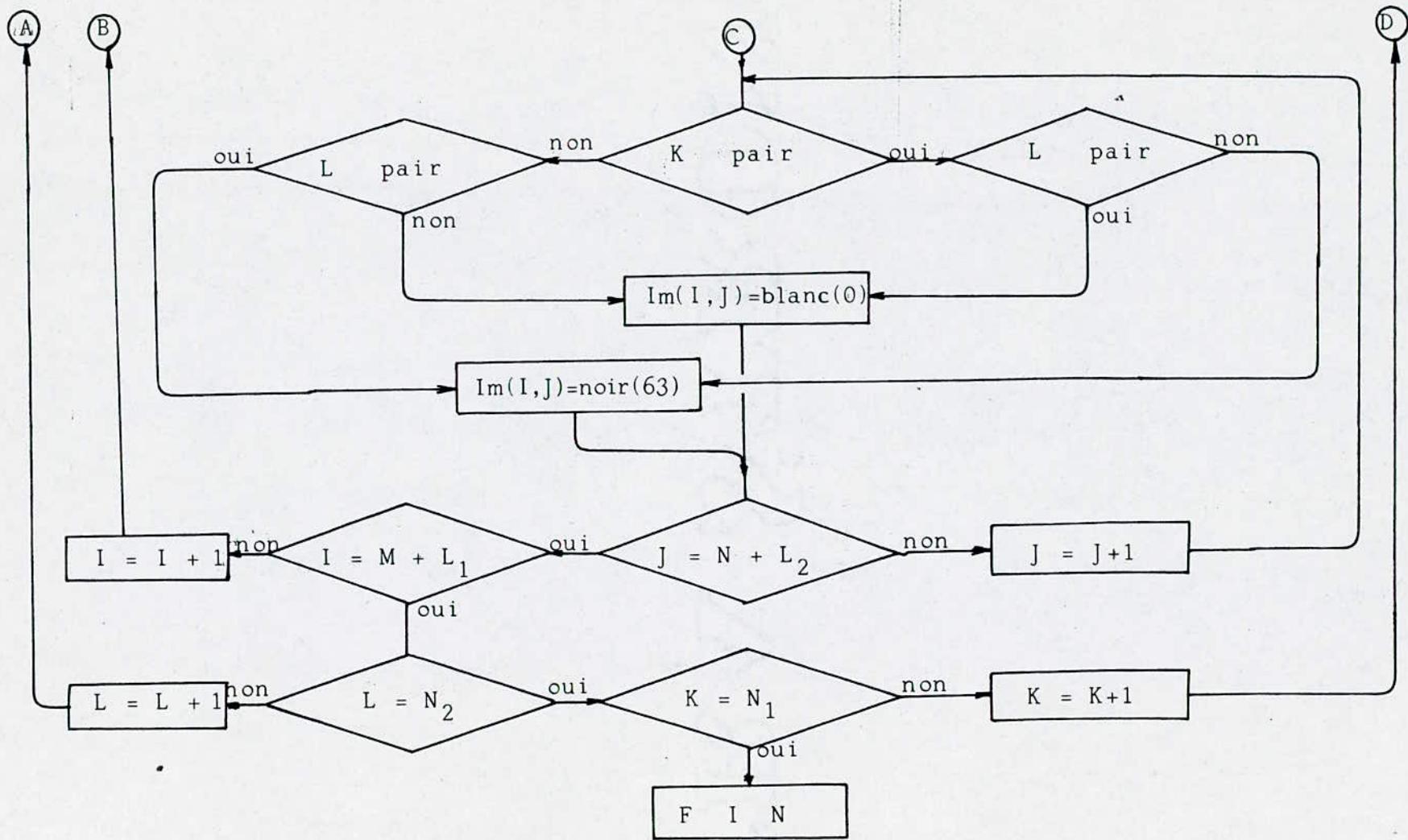


Fig.20: GENERATION D'UNE MIRE (DAMMIER)

- Génération d'une mire "dammier" et d'une mire "trefle" dont le nombre de niveaux de gris est de deux (2); noir (objet) et le blanc (fond). La mire de trefle nous a facilité le test du programme d'extraction de contour, ainsi que le barycentre et le rectangle circonscrit de l'objet (trefle).

2- SEUILLAGE D'UNE IMAGE:

Ce programme permet d'obtenir une image binaire à partir d'une image multiniveaux. La difficulté qui se pose lors de l'exécution de ce programme est le choix optimal des seuils S_1 et S_2 . L'organigramme correspondant au seuillage est décrit par la figure N° 21. Cette opération est nécessaire avant l'application de l'opérateur d'extraction de contour.

3- AMELIORATION DE CONTRASTE:

Cette opération permet d'obtenir une image bien contrastée, elle permet aussi l'amélioration de la qualité subjective de l'image.

L'amélioration de contraste présente néanmoins des difficultés. Ces difficultés se présentent lors du choix des seuils S_1 et S_2 et des coefficients K_1 , K_2 , et K_3 .

S_1 et S_2 sont choisis en se basant sur l'histogramme des niveaux de gris de l'image. K_1 , K_2 et K_3 sont choisis en se basant sur la qualité subjective de l'image. L'organigramme est décrit par la figure N° 22.

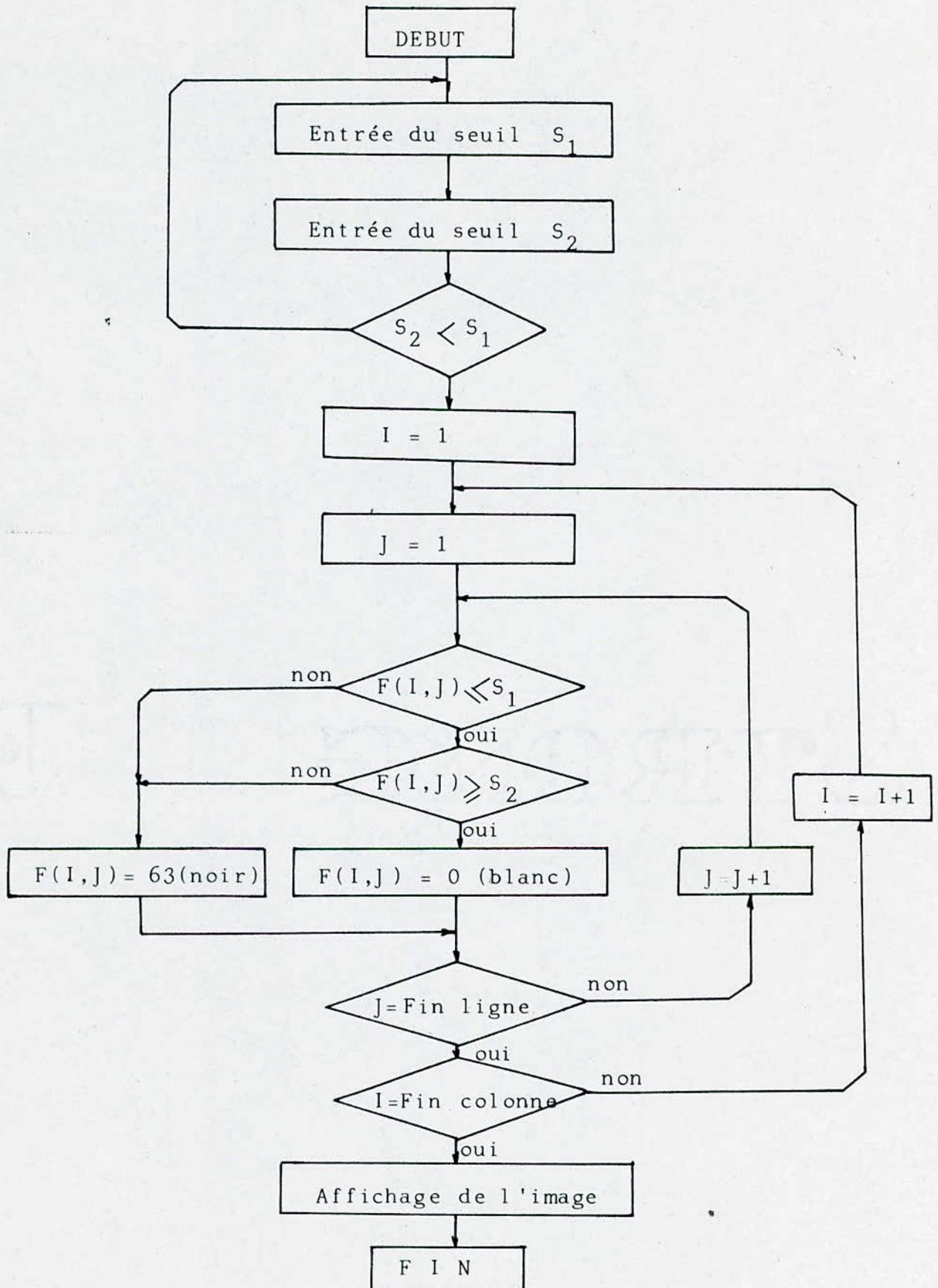


Fig. 21: OPERATION DE SEUILLAGE.

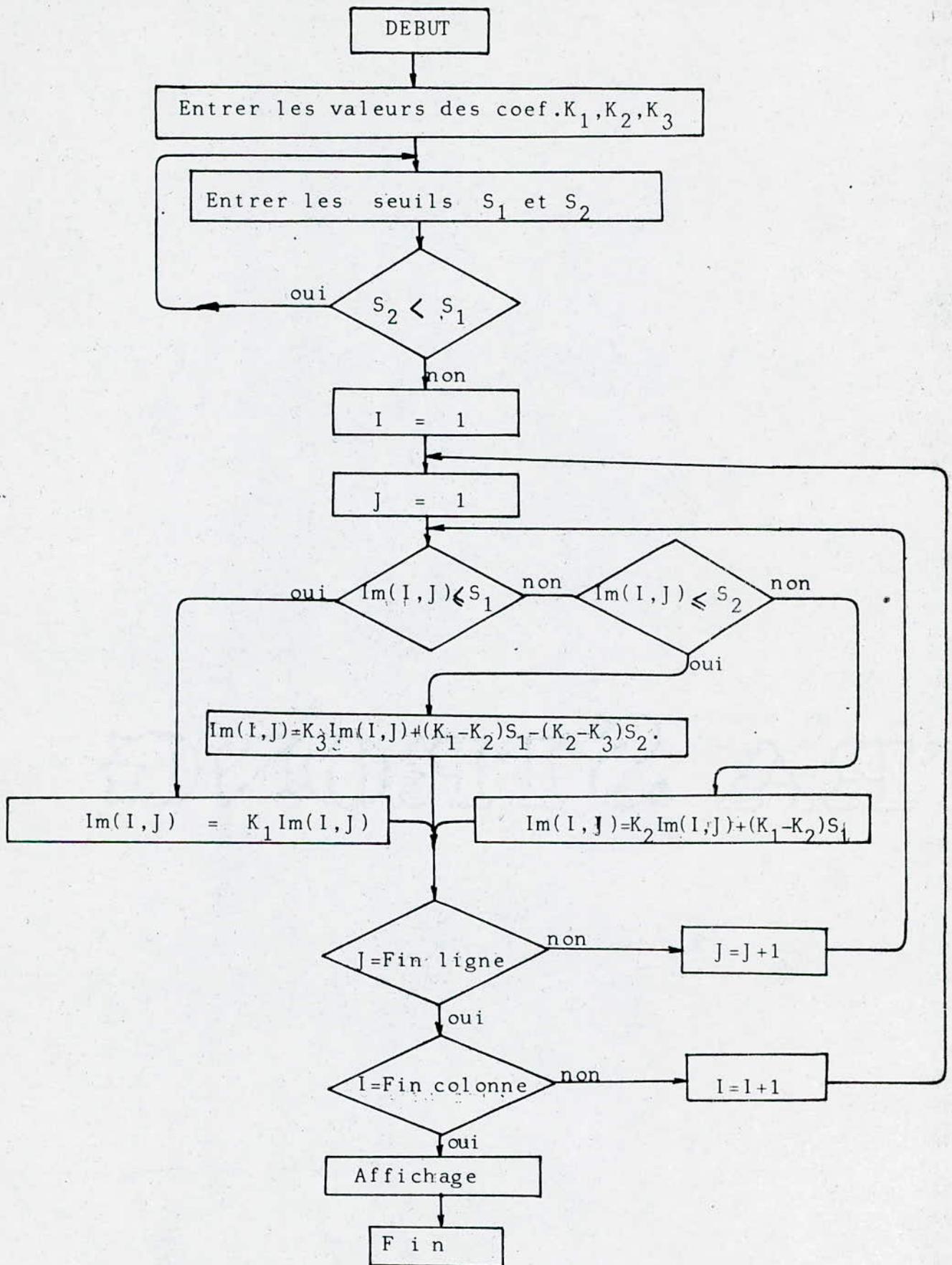


Fig.22:AMELIORATION DE CONTRASTE.

4- FILTRAGE PASSE-BAS:

Deux programmes ont été réalisés afin d'atténuer les bruits hautes fréquences contenus dans l'image acquise.

Le premier effectue une opération de moyenne sur une fenêtre de 3×3 . Les étapes réalisées par ce programme sont:

- Le transfert de l'image numérique de la mémoire du numériseur "Image 2000" vers la mémoire centrale du calculateur.
- Le calcul de la moyenne des huit valeurs de la fenêtre 3×3 et le remplacement la valeur centrale de la fenêtre par le résultat de la moyenne.
- Refaire le calcul pour chaque point de l'image.

Le deuxième programme consiste à remplacer la valeur centrale de la fenêtre 3×3 par la valeur médiane des neuf valeurs de la fenêtre. La médiane des neuf valeurs de la fenêtre est donnée par la cinquième valeur de ces neuf valeurs triées par ordre croissant.

Le résultat de ces deux opérations est sensiblement le même.

L'effet des opérateurs de moyennage locales est nettement plus visible sur les images générées par le calculateur, que sur des images prises par la caméra. Les organigrammes sont définis par les figures 23 et 24.

5- FILTRAGE PASSE-HAUT:

Pour ce type de filtrage trois programmes différents ont été réalisés afin d'atténuer les bruits basse fréquence.

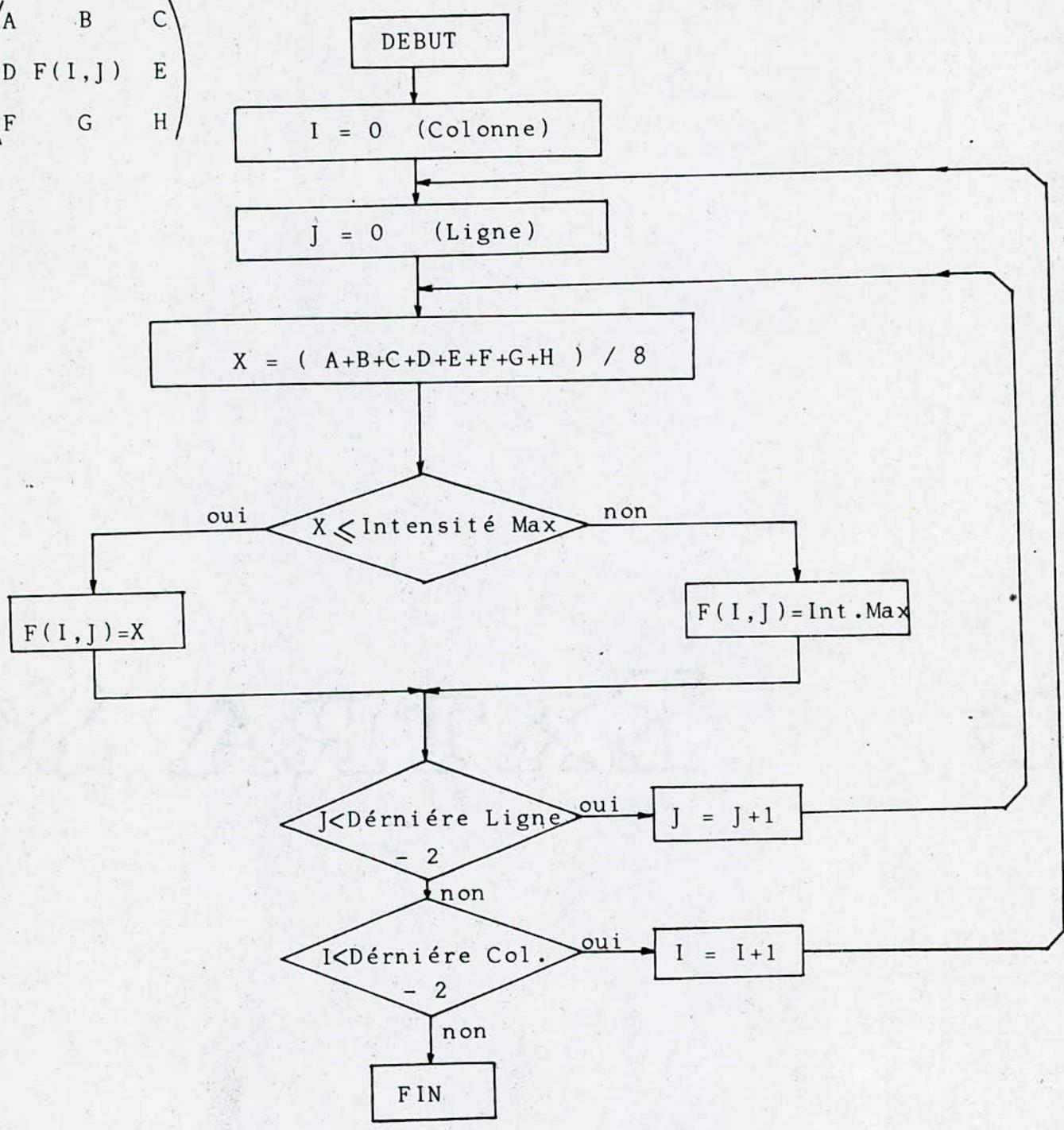
$$\begin{pmatrix} A & B & C \\ D & F(I,J) & E \\ F & G & H \end{pmatrix}$$


Fig.23 OPERATEUR MOYENNAGE LOCAL -1-

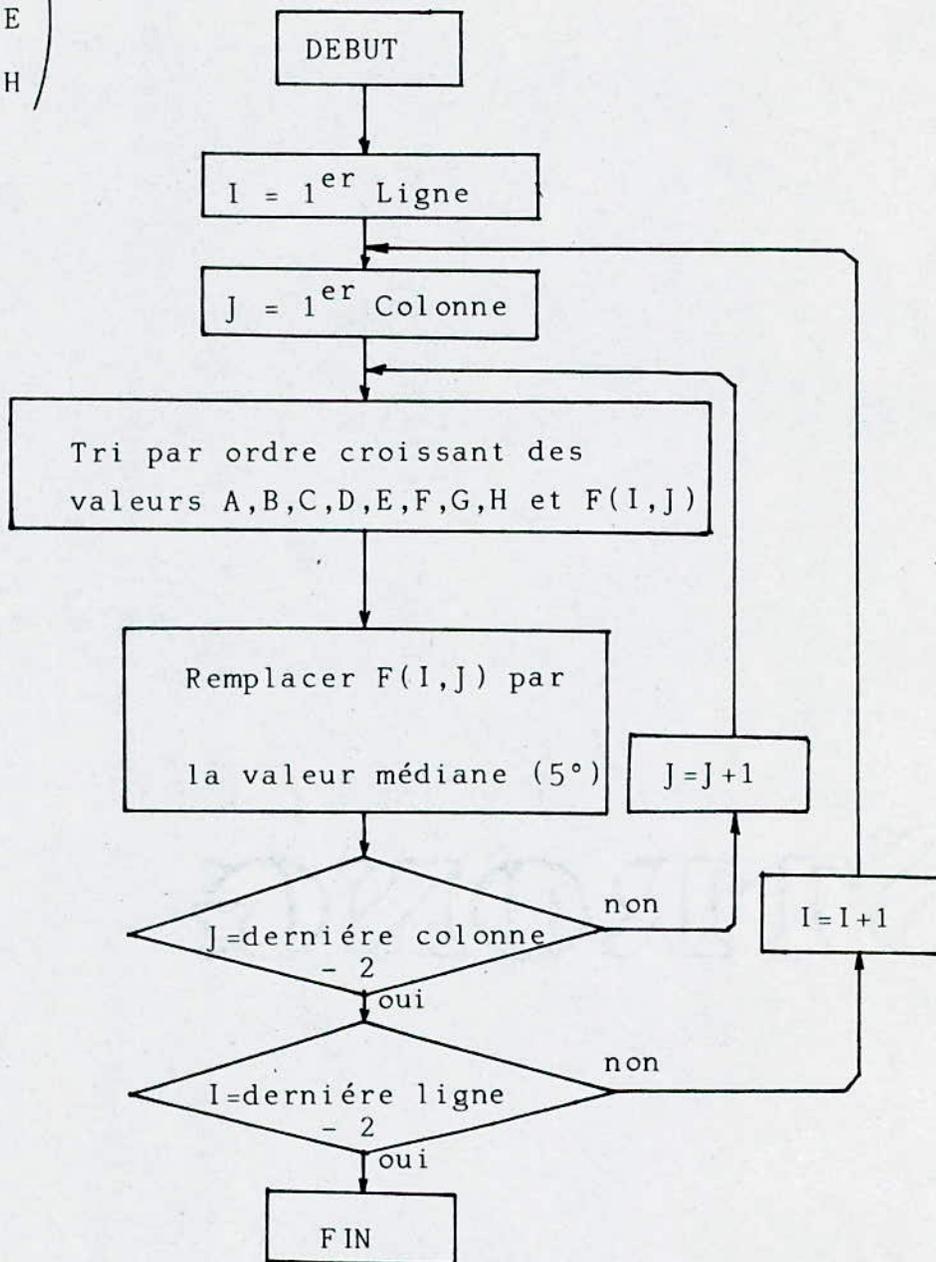
$$\begin{pmatrix} A & B & C \\ D & F(I,J) & E \\ F & G & H \end{pmatrix}$$


Fig.24 : OPERATEUR MOYENNAGE LOCAL -2-
(PAR LA MEDIANE)

* Filtrage par l'opérateur Gradient-Roberts simple:

Ce programme opere sur une fenetre de 2x2 et met en évidence les contours d'objets contenues dans toute l'image. L'organigramme de cette opérateur est décrit par la figure 25 .

* Filtrage par l'opérateur Gradient amélioré:

L'opérateur Gradient-Roberts simple est appliqué à une fenetre 2x2 d'ou sa grande sensibilité aux bruits, pour éliminer ces bruits un autre opérateur à été utilisé. Ce dernier est appliqué à une fenetre de 4x4 éléments.

Les résultats obtenus en utilisant cet opérateur sont nettement meilleur que ceux obtenues en utilisant l'opérateur Gradient-Roberts. La figure 26 donne l'organigramme de cet opérateur.

* Filtrage par l'opérateur de Laplace 1 et 2:

Deux types d'algorithmes ont été développés dans un même programme. Ces deux algorithmes ont été énoncés dans le chapitre III. L'image résultante présente les contours des différentes regions de l'image originale. Ces algorithmes sont décrit par la figure 27 .

En résumé les opérateurs que nous venons d'exposer, effectuent des filtrages passe-haut sur l'image originale. Nous remarquons que l'image résultante en appliquant des opérateurs gradients est plus sombre que celle obtenue par l'application des opérateurs laplacien; c'est à dire que l'image Gradient

$$\begin{pmatrix} F(I,J) & F(I,J+1) \\ F(I+1,J) & F(I+1,J+1) \end{pmatrix}$$

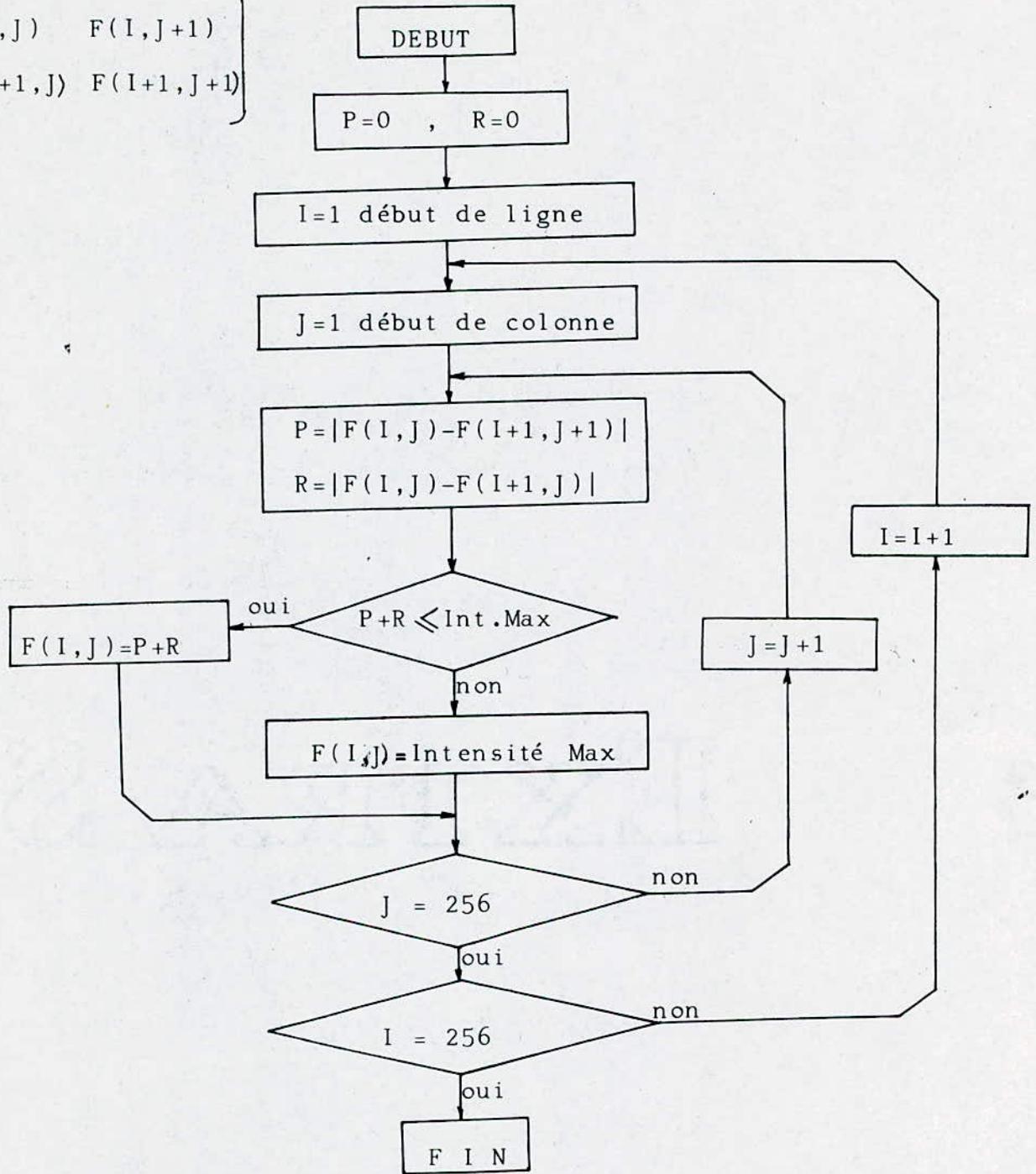


Fig.25 OPERATEUR DE ROBERTS.

$$\begin{pmatrix} A & B & C \\ D & F(I,J) & E \\ F & G & H \end{pmatrix}$$

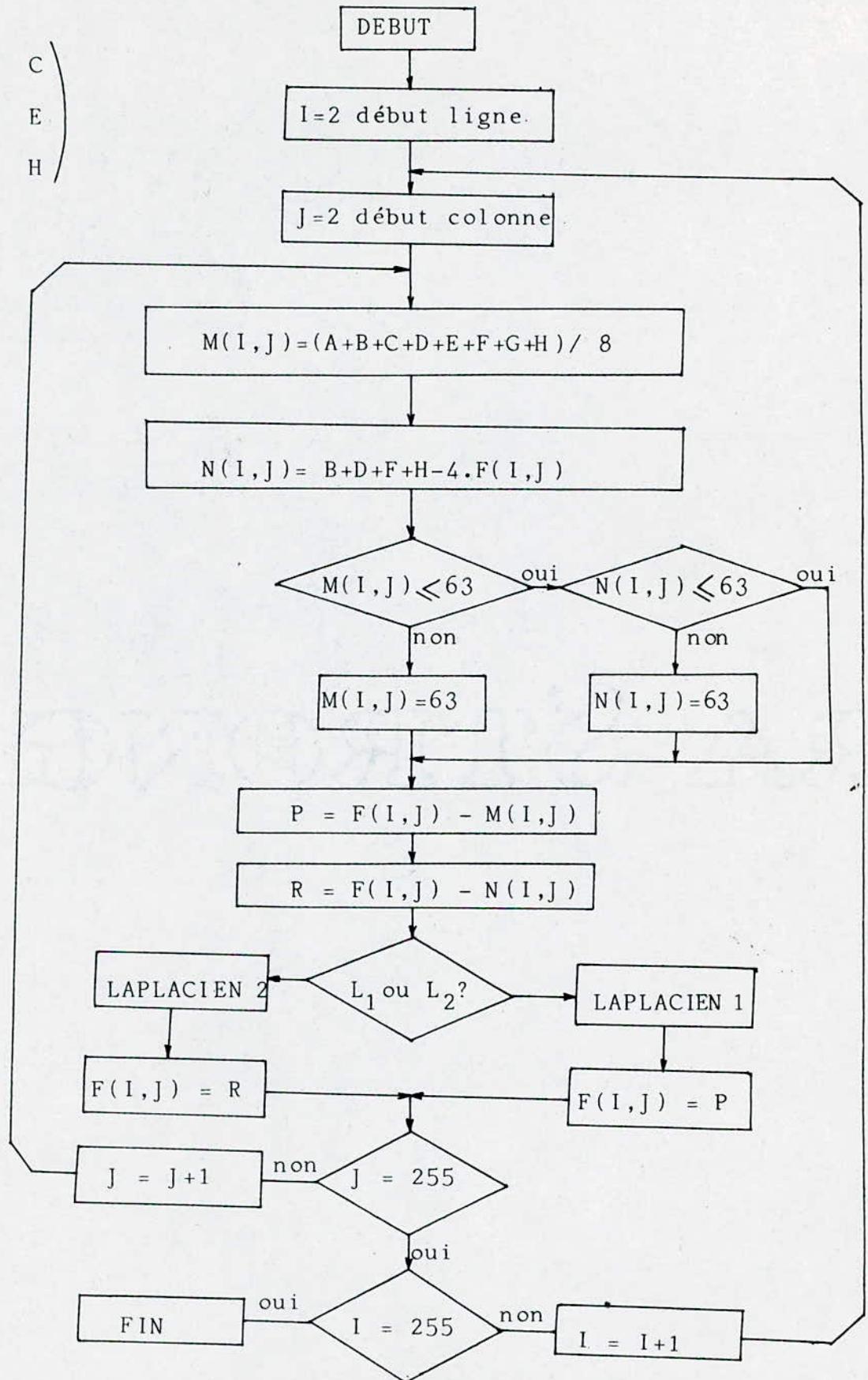


Fig:27 OPERATEUR LAPLACIEN 1 - 2

$$\begin{pmatrix} A & B & C \\ D & F(I,J) & E \\ F & G & H \end{pmatrix}$$

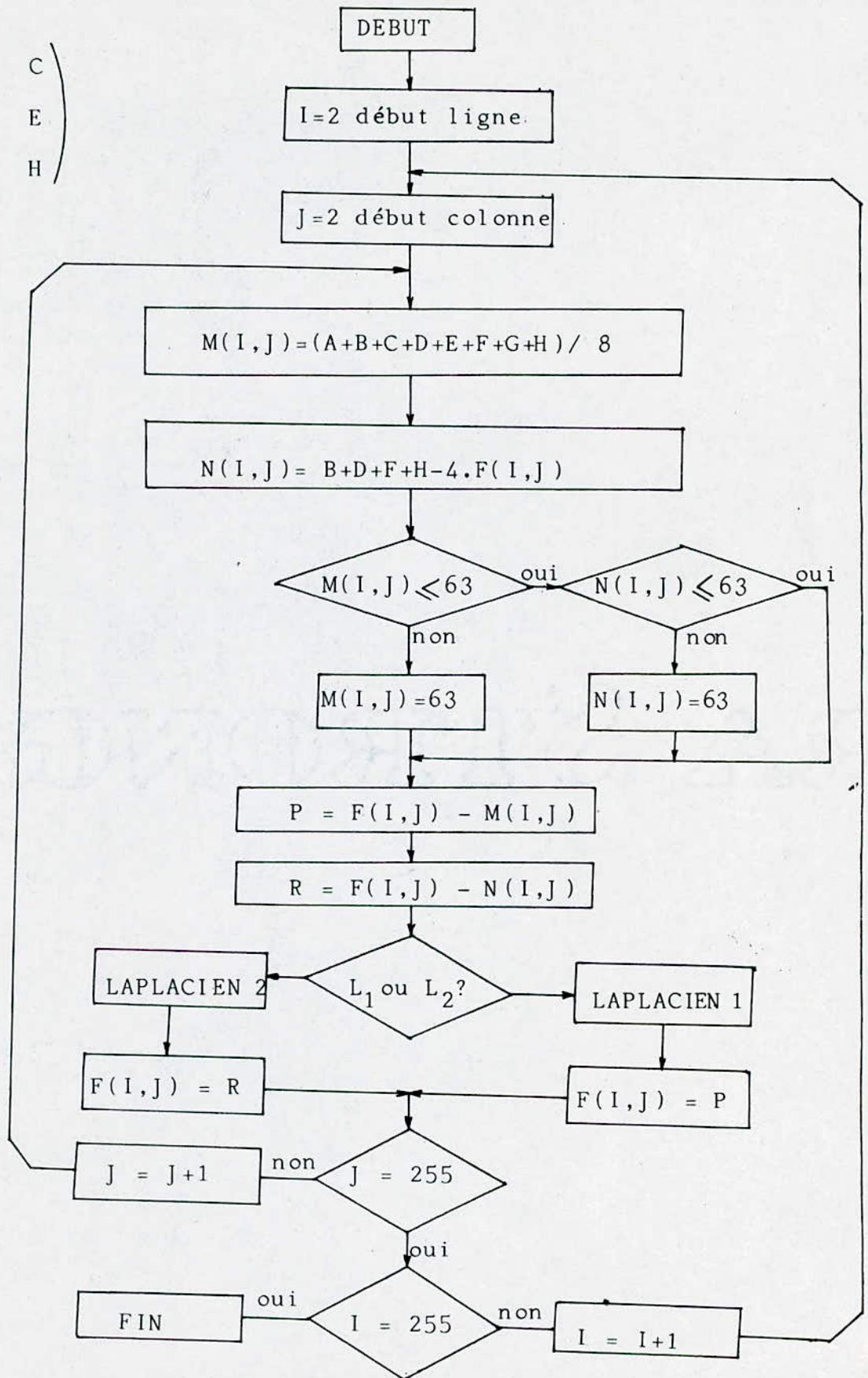


Fig:27 OPERATEUR LAPLACIEN 1 - 2

est plus facilement interprétable qu'une image laplacien.

6- AGRANDISSEMENT D'UNE IMAGE:

Ce programme permet d'effectuer un agrandissement d'une partie de l'image par un facteur "n" quelconque. La partie de l'image à agrandir est fixé par le choix des coordonnées du plus supérieur gauche de la fenêtre de l'image à agrandir.

Son algorithme est simple ; il suffit de remplacer chaque valeur par une matrice (nxn) points de même intensité, en respectant l'ordre des points.

Ce traitement permet une meilleur percetion des détails et des niveaux de gris de l'image. La figure 28 décrit les différentes étapes de ce programme.

Dans cette figure :

- $M(I,J)$: Matrice de dimension nxn qui correspond au pixel agrandi.
- $A(I,J)$: Matrice correspondant à la totalité de l'image.
- R : Compteur de ligne ($R_{\max} = n$).
- P : Compteur de colonne ($P_{\max} = n$).
- n : Facteur d'agrandissement.

7- SUIVIT DE CONTOUR, BARYCENTRE ET RECTANGLE CIRCONSCRIT:

Ce programme ne s'appliqué qu'à une image binaire (deux niveaux), et que cette image ne doit contenir qu'un seul objet dont on veut obtenir le contour. Le principe de cette méthode a été donné au chapitre III.

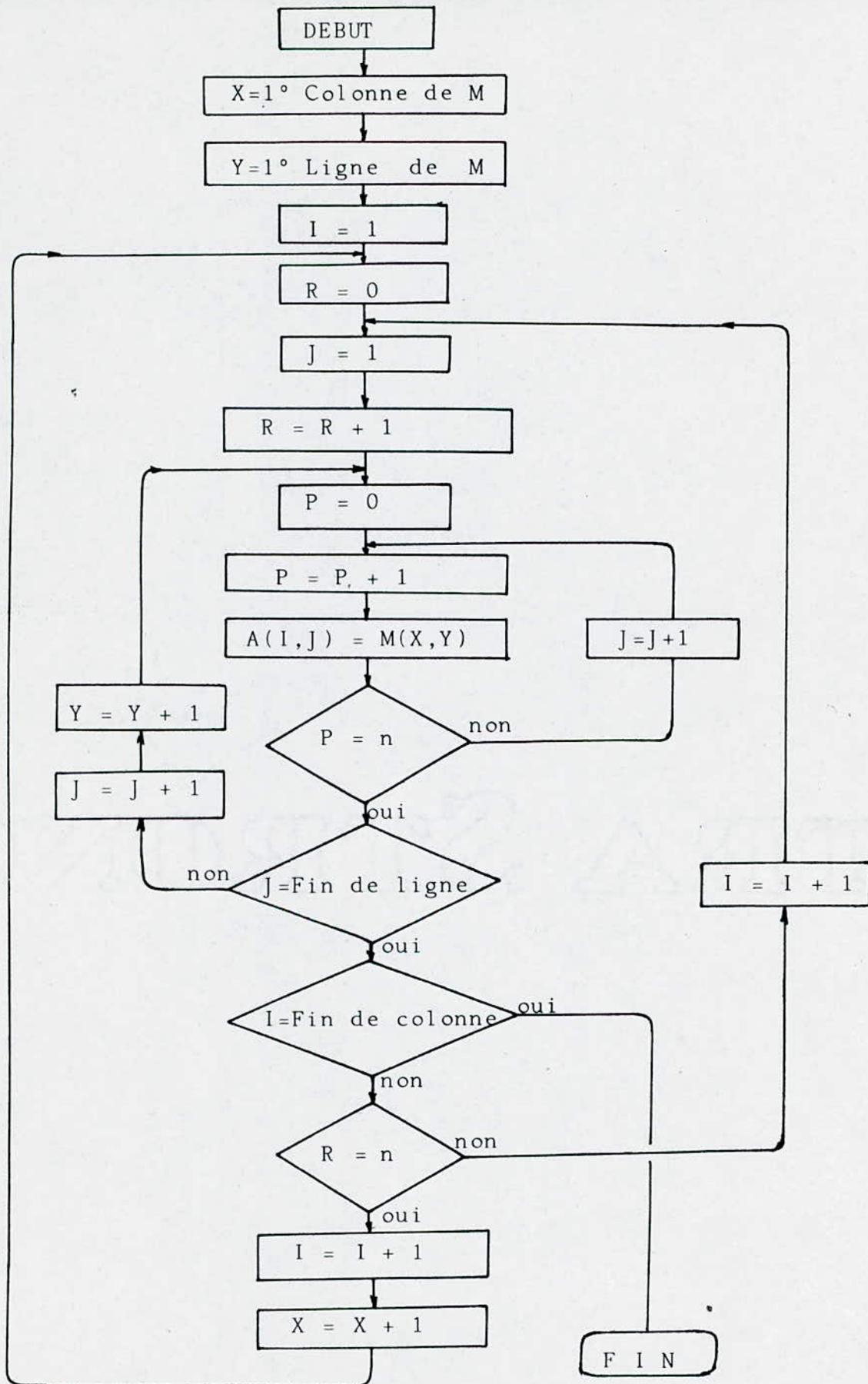
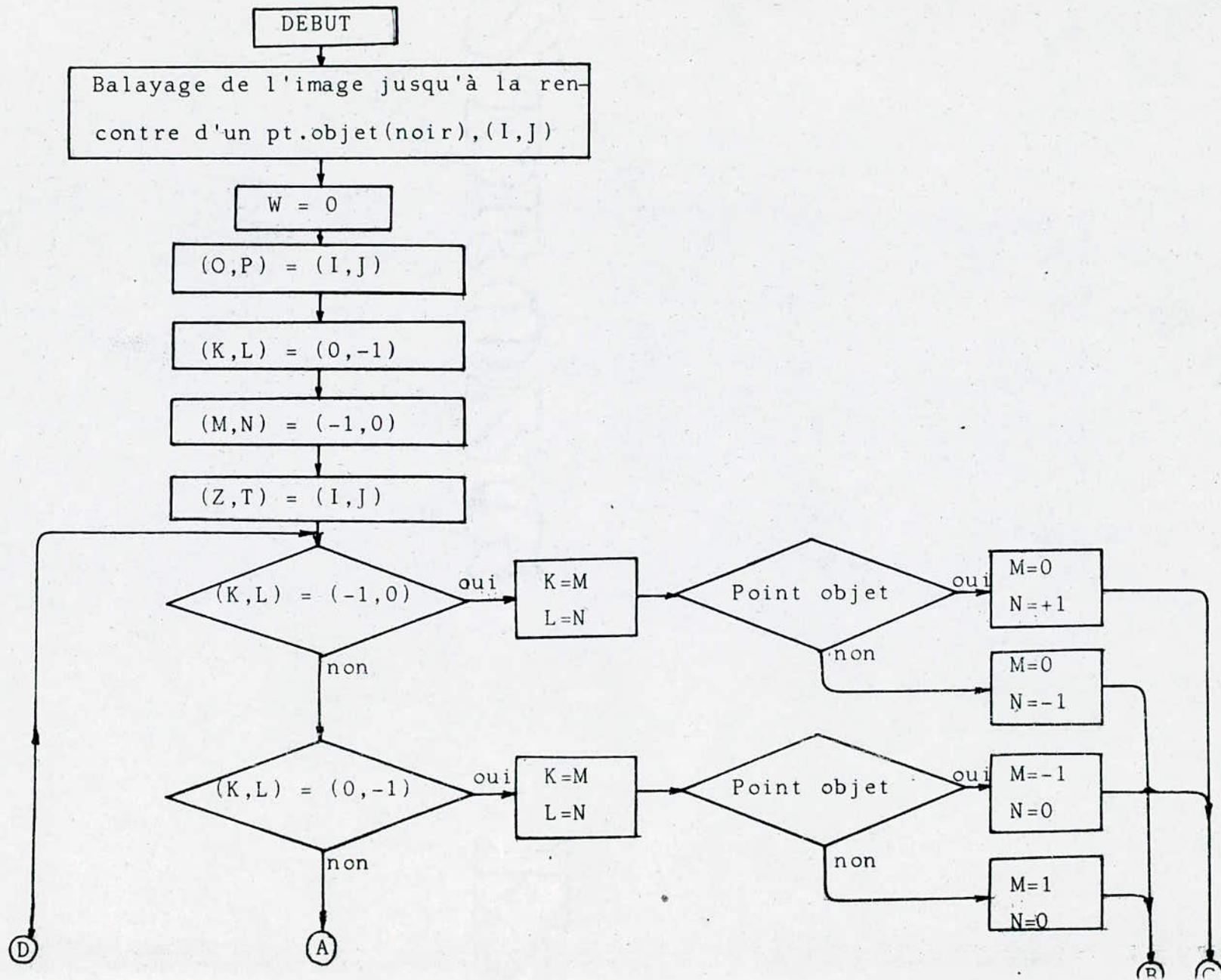


Fig.28 CALCUL DE L'AGRANDISSEMENT D'IMAGE (EFFET ZOOM).



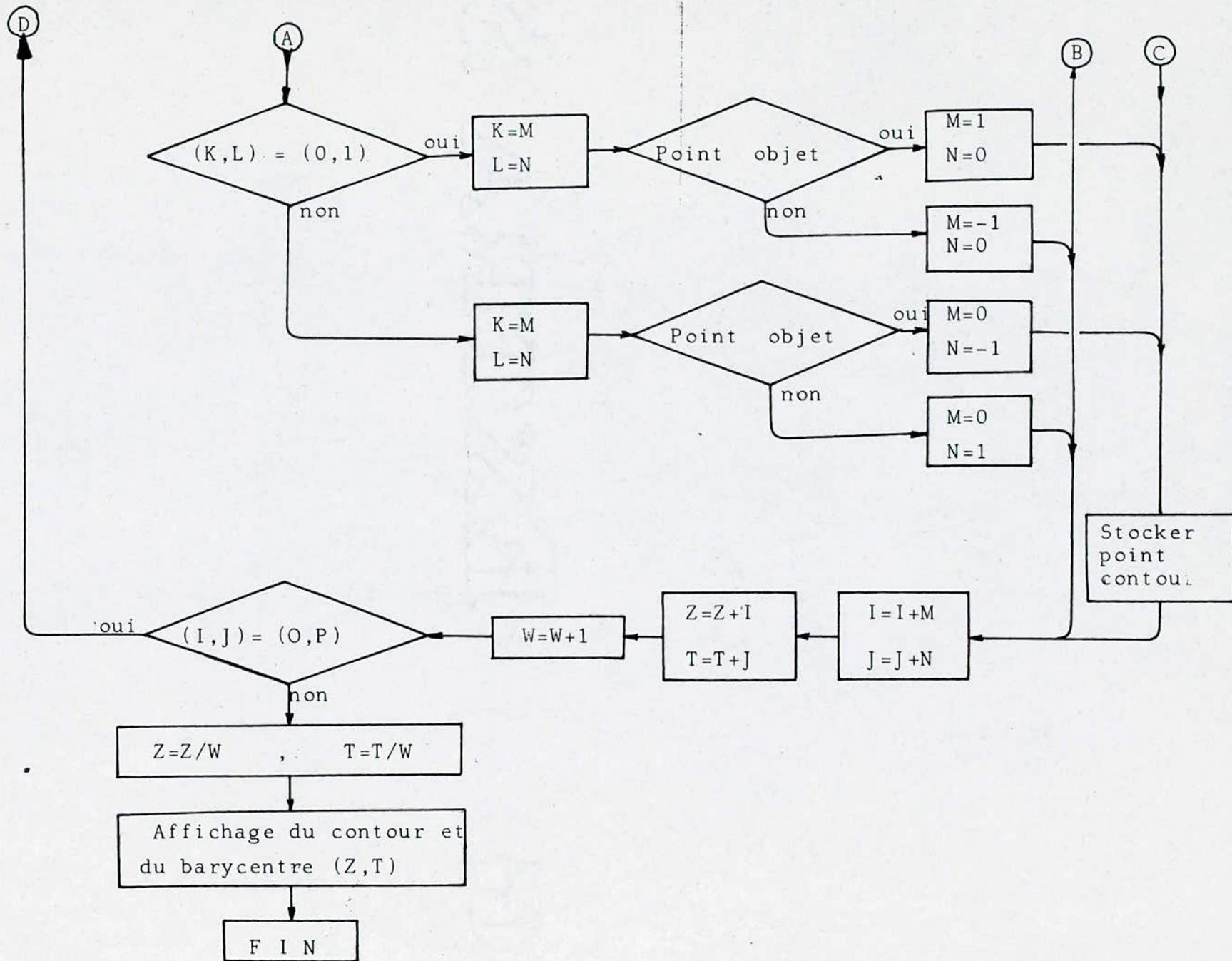


Fig. 29 CONTOUR ET BARYCENTRE DE L'OBJET.

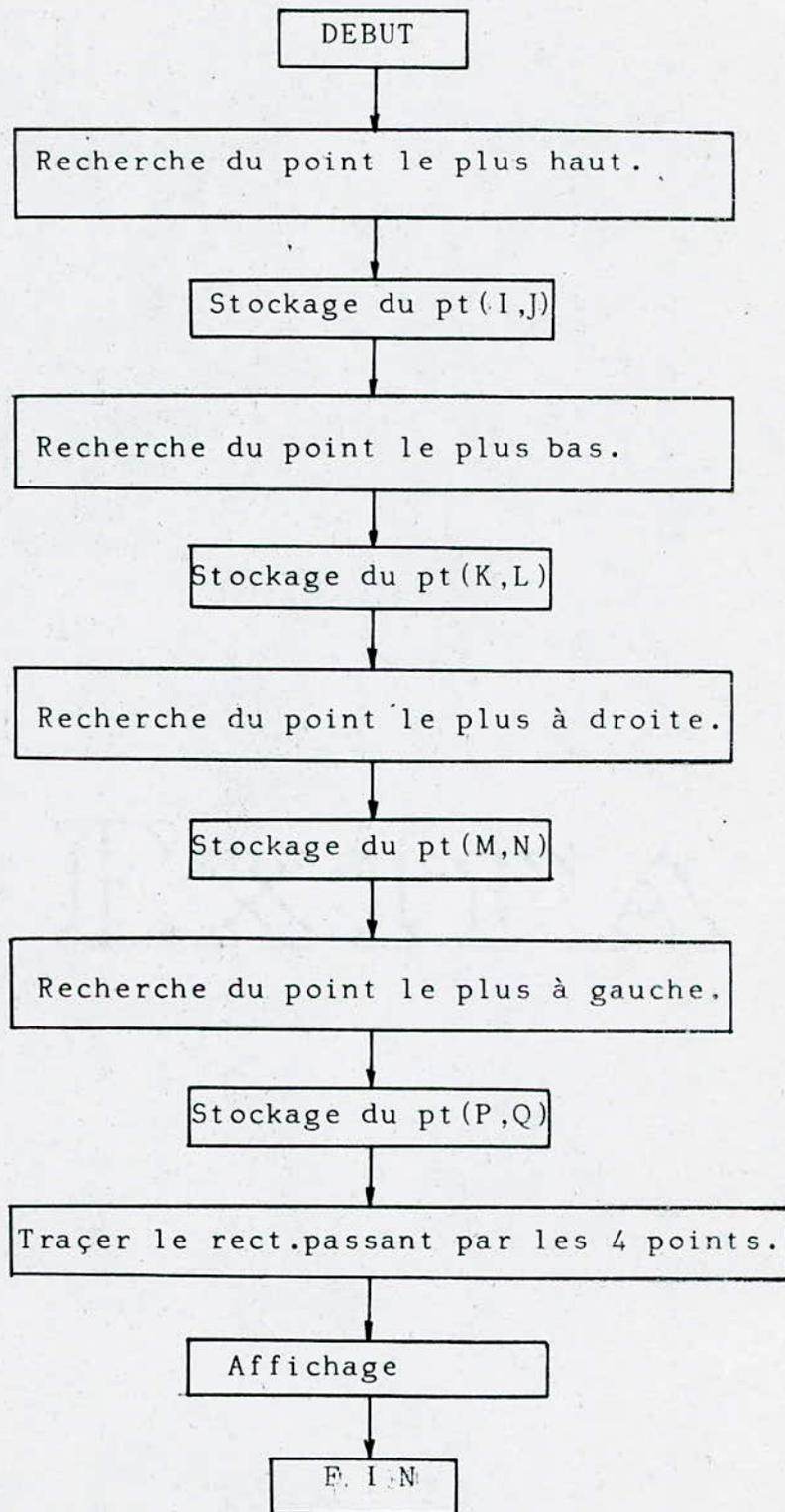


Fig. 30 RECTANGLE CIRCONSCRIT AU CONTOUR.

Ce programme permet aussi de calculer les coordonnées du barycentre de l'objet étudié, ainsi que la définition du rectangle minimum circonscrit.

La figure 29 décrit l'algorithme de suivi de contour et le calcul des coordonnées du barycentre; ou:

- (I,J) représente un point quelconque de l'image.
- (K,L) représente la direction d'un point sur le contour.
- (M,N) représente la direction du point suivant sur le contour
- Les quatre directions par rapport à (I,J) sont:

$$\begin{array}{ccc} & & (-1,0) \\ (0,-1) & (I,J) & (0,1) \\ & & (1,0) \end{array}$$

- (Z_G, T_G) coordonnées du barycentre.

Alors que la figure 30 décrit l'algorithme de la recherche des points extrêmes gauche et droite, haut et bas de l'objet; ainsi que le tracé du rectangle passant par ces quatre points.

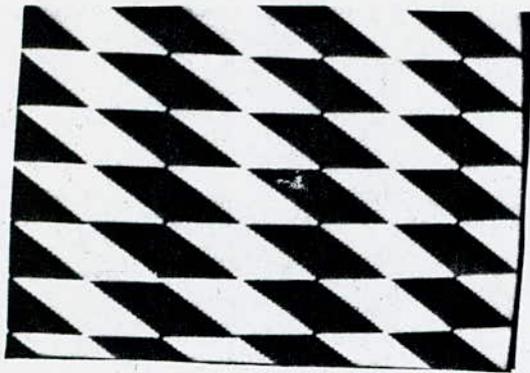
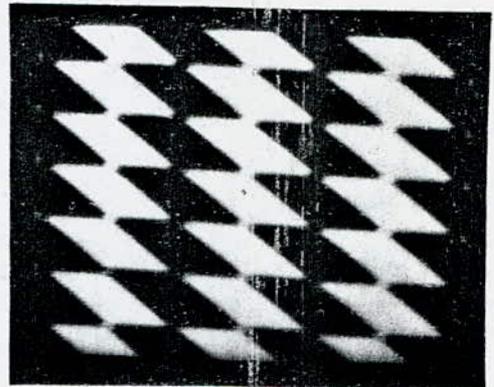
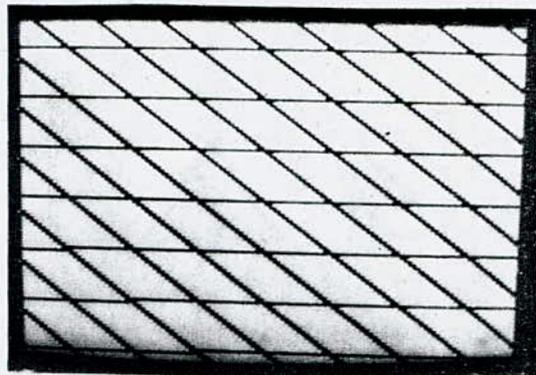


Image originale



Opérateur moyennage locale



Opérateur Roberts

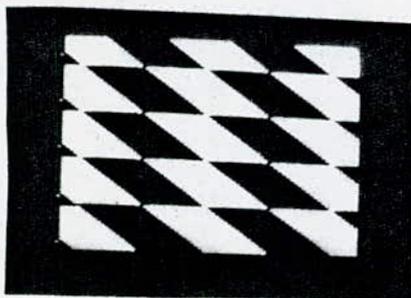
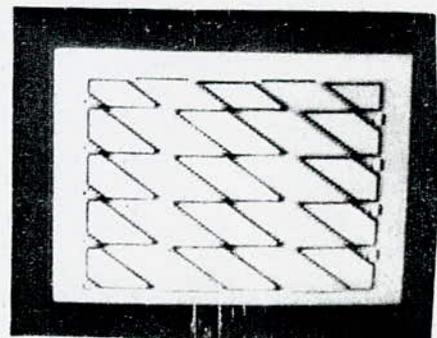


Image originale



Opérateur laplacien

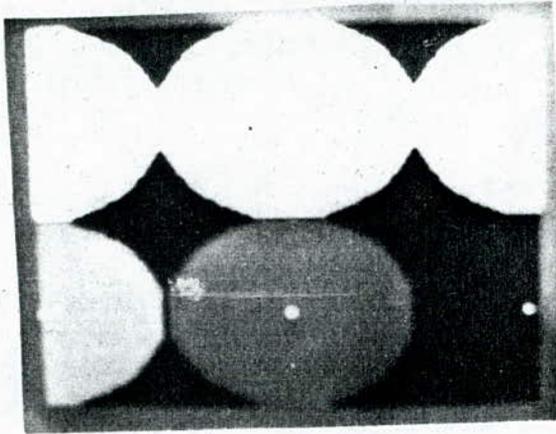
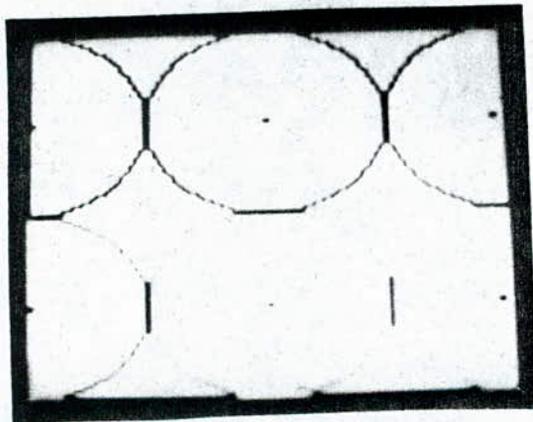
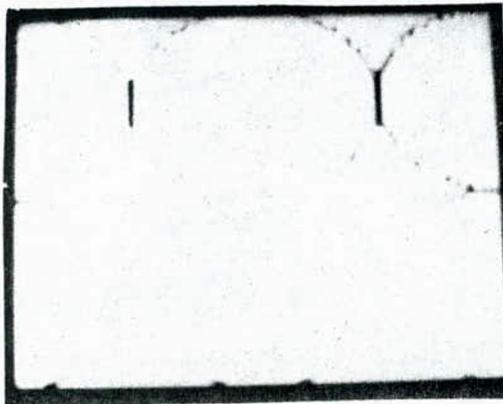


Image originale



Opérateur Roberts



Opérateur Roberts Amélioré

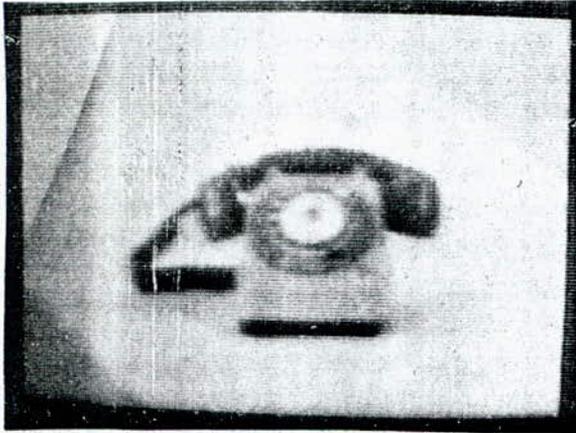


Image originale



Image contrastée

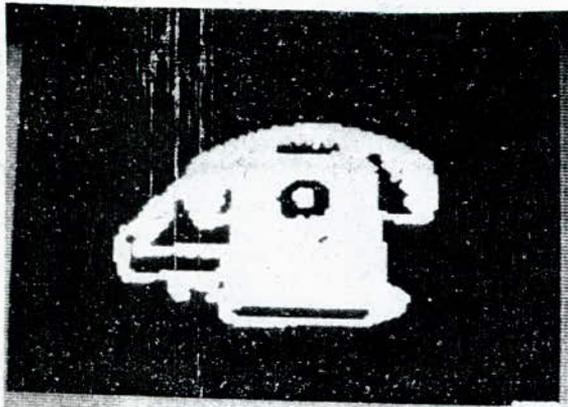
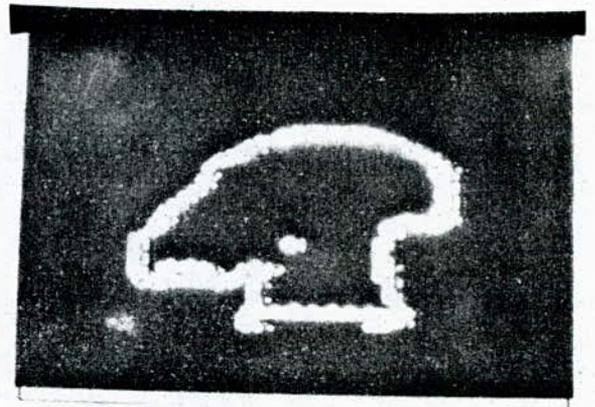


Image binaire



Contour et barycentre

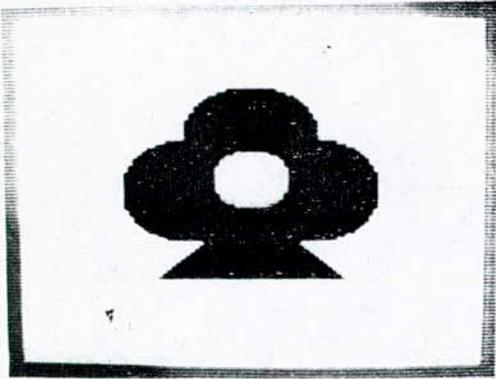
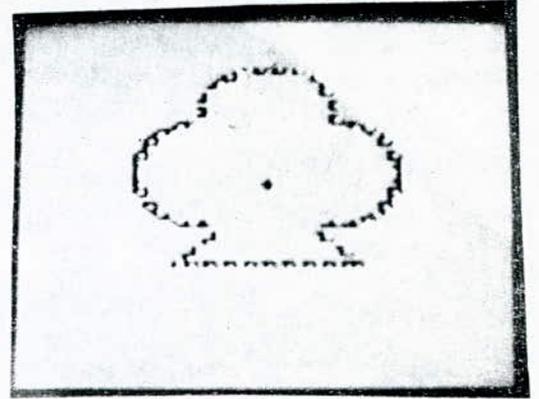


Image générée (originale)



Contour et barycentre

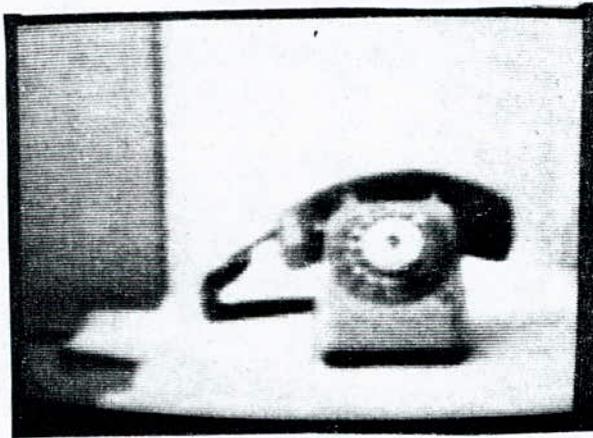
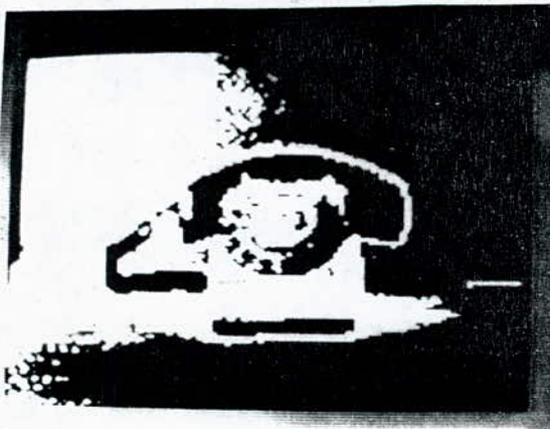
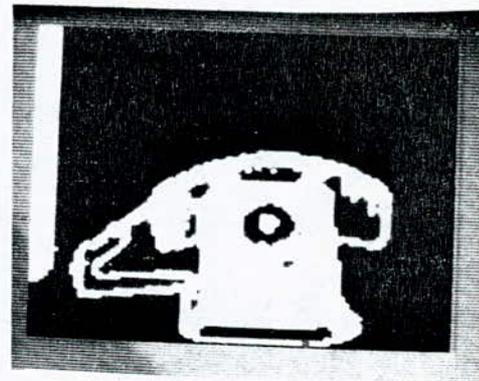


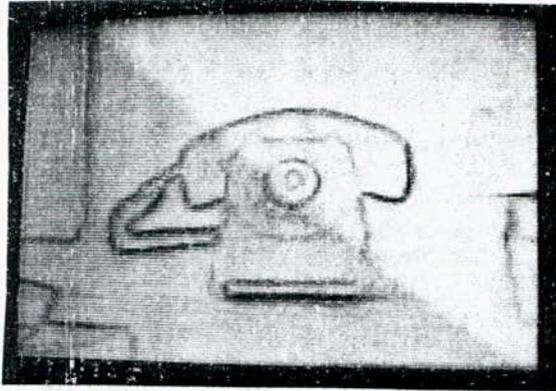
Image originale



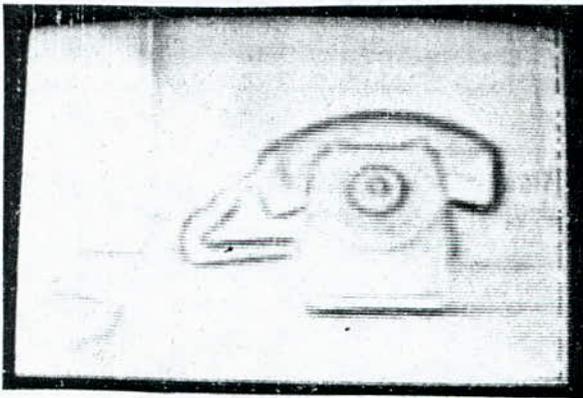
Mauvais seuillage



Bon seuillage



Opérateur Roberts



Opérateur Roberts Amélioré



Opérateur laplacien

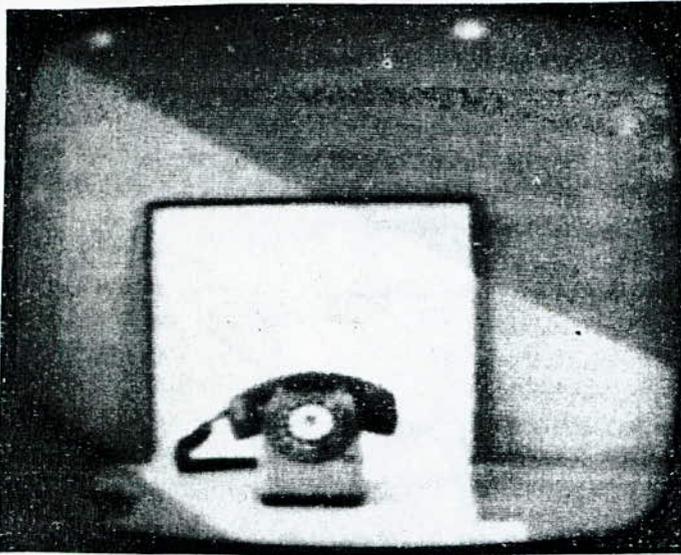


Image originale

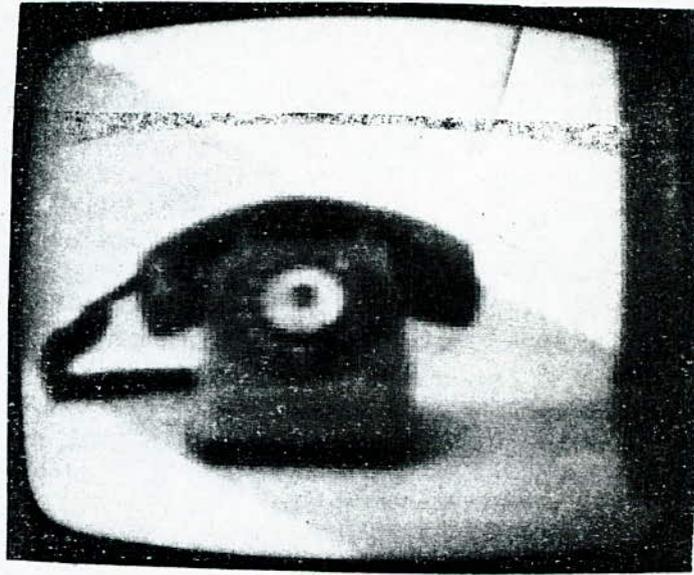


Image agrandie(x2)

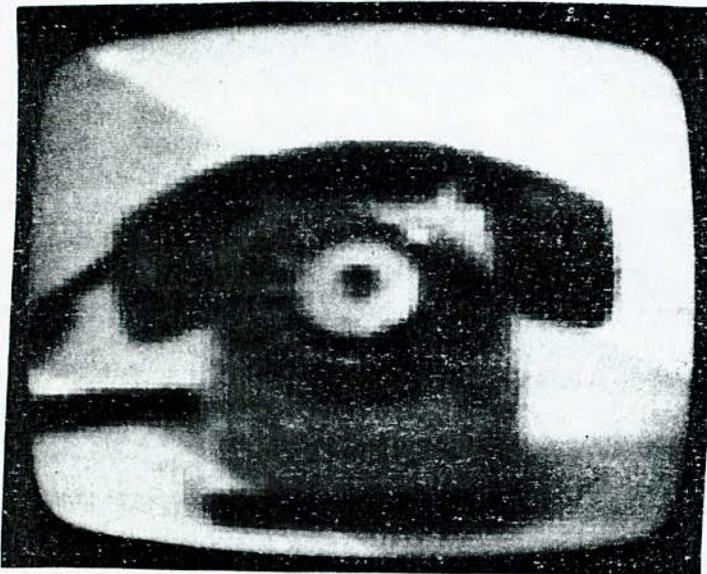


Image agrandie(x3)

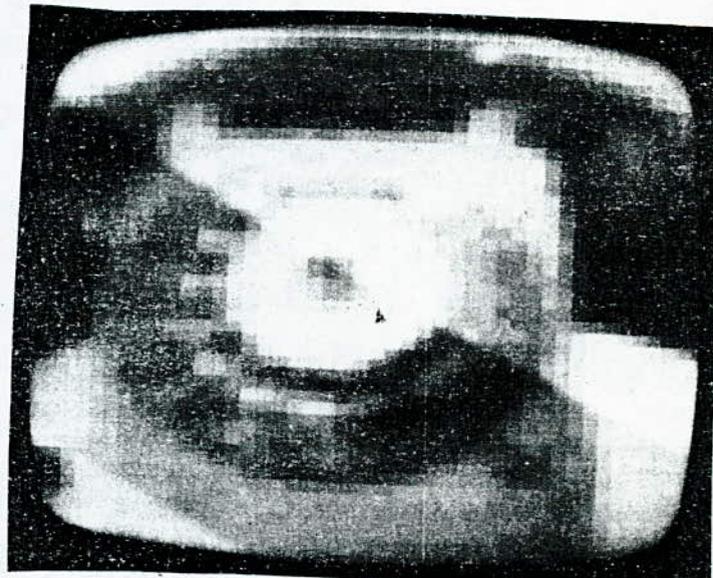


Image agrandie(x5)

CONCLUSION

L'objectif de notre travail était d'étudier les caractéristiques subjectives et objectives d'une image par le biais d'un système de traitement numérique d'image disponible au laboratoire de traitement de signal.

En tant que première approche dans la mise en oeuvre de méthodes de traitement numérique d'image, nous avons développés quelques techniques applicable à des images soit acquises par le système d'acquisition, soit générés par le calculateur. Le problème principal posé lors de l'application de ces techniques est , l'insuffisance de la mémoire centrale du calculateur, ce qui nous a obligé à limiter les dimensions de l'image traitée.

L'utilisation d'un langage évolué (BASIC), nous a facilité l'élaboration de nos programmes; mais l'inconvénient majeur d'utilisation de ce type de langage est le temps d'exécution. Le nombre de caractéristiques extraites des images traitées permet d'envisager des applications dans différents domaines

- Le perçage de circuits imprimés, pourrait se faire en appliquant les opérateurs d'agrandissement et de localisation d'objet (contour et barycentre).

- Le montage de roues sur une chaîne de fabrication de voitures, pourrait être réalisé en utilisant les méthodes de détection et de positionnement d'objets.

- Reconnaissance de signatures et des empreintes digitales par un filtrage passe-haut, un seuillage et une comparaison à l'originale.

- Génération de mires de télévision, ainsi que les dessins animés et les jeux vidéo.

Plusieurs autres méthodes réste à développées; ce travail pourrait être effectué par un système plus puissant, une extension en mémoire est alors nécessaire.

Ce travail servirait de base de départ à une éventuelle étude complémentaire sur le traitement numérique d'images.

B I B L I O G R A P H I E

1- M. KIM SEONG DAE.

Etude et développement de techniques de codage et de caractérisation d'images vidéo.

I.N.P Toulouse Dec.83

2- J. FAURE.

Analyse automatique d'image: Aide à la conception assistée de programmes d'édition.

Université Paul Sabatier Toulouse Mai 80

3- B. KEITH.

Conception et réalisation du système de traitement numérique d'images LAE980.

Université Louis Pasteur Strasbourg Juil.76

4- A. BELHADJ-AISSA.

Conception et réalisation du système de traitement numérique d'images A.R.T.I.S 84.

Application à la localisation d'objet par caméra vidéo.

U.S.T.H.B Alger Juin 85

5- Y. SMARA.

Conception et réalisation du système de traitement numérique d'images A.R.T.I.S 84.

Traitement et visualisation d'images numériques.

U.S.T.H.B Alger Juin 85

6- D. XUAN THANH.

Utilisation d'acquisition et traitement du signal dans les
mesures de luminescence.

I.N.S.A.T Toulouse Juin 83

7- S. ABBED & A. MEZEREG.

Rétrospective sur le traitement d'images.

E.N.P Alger Juin 86

8- A. BIJAOUI.

Image et information.

Introduction au traitement numérique des images.

Edition MASSON 1984

9- M. KUNT.

Traitement numérique des signaux.

Edition DUNOD 1984

10- J. MAX.

Méthodes et techniques de traitement du signal et applica-
tions aux mesures physiques.

Edition MASSON 1985 (Tome 1)

11- W. K. PRATT.

Digital image processing

Wiley. New york. 1978

12- C. BONNET.

La perception visuelle.

Edition: Pour la science S.A.R.L 84

13- J. M. CHASSERY.

Introduction à l'analyse d'images.

Institut national polytechnique de Grenoble Mars 80

14- R. SPIEGEL.

Théorie et applications de la statistique.

Serie Schaum 1982

15- W. B. GREEN.

Digital image processing.

A systems approach.

V.N.R 1983

16- C. ARCELLI.

Pattern thinning by contour tracing.

Computer graphics and image processing

1981

ANNEXE

```

1      !*****
2      !
3      !*****
4      RESET 12
5      INTEGER Image(1:256,1:256) BUFFER
6      INPUT "VOULEZ VOUS TRAITER UNE IMAGE DE LA VIDE
OU DE LA DISCK (V/D)?",R#
7      SELECT R#
8      CASE "D"
9      GOTO 35
10     CASE "V"
11     INPUT " VOULEZ VOUS ACQUERIR ET TRANSFERER
L'IMAGE VERS LE HP(O/N)",A#
12     SELECT A#
13     CASE "O"
14     CONTROL 12,2;3
15     CONTROL 12,2;1
16     !
17     ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
18     ASSIGN @Device TO 12;FORMAT OFF,WORD
19     CONTROL 12,3;0
20     CONTROL 12,2;0
21     TRANSFER @Device TO @Buf;COUNT 131072,WAIT
22     CONTROL 12,2;1
23     GOTO 50
24     CASE "N"
25     GOTO 122
26     CASE ELSE
27     PRINT "REPONSE FAUSSE REPRENEZ LA "
28     GOTO 11
29     END SELECT
30     !
31     CASE ELSE
32     GOTO 6
33     END SELECT
34     !
35     INPUT "ENTRER LE NUMERO DU FICHIER DE L'IMAGE",N
36     V#="IMAGE"&VAL$(N)
37     PRINT V#
38     ASSIGN @File TO V#;FORMAT OFF
39     ENTER @File;Image(*)
40     INPUT " VOULEZ VOUS AFFICHER L'IMAGE ORIGINALE
AVANT LE TRAITEMENT(O/N)",A#

```

```

40 INPUT "VOULEZ VOUS AFFICHER L'IMAGE
    ORIGINALE AVANT LE TRAITEMENT(O/N)",A$
41 SELECT A$
42 CASE "N"
43 GOTO 50
44 CASE "O"
45 GOSUB Affichage
46 GOTO 50
47 CASE ELSE
48 GOTO 40
49 END SELECT
50 PRINT MAX(Image(*));" ";MIN(Image(*))
51 IF MAX(Image(*))<=64 THEN GOTO 56
52 IF MIN(Image(*))>=64 THEN GOTO 55
53 PRINT "NIV DU GRIS VARIANT DE";MIN(Image(*));"
    A";MAX(Image(*));"IMAGE INACCEPTABLE"
54 GOTO 35
55 MAT Image= Image-(16386)
56 BEEP
57 INPUT "ENTRER LE FACTEUR D'AGRANDISSEMENT ",N
58 L1=256/N
59 ALLOCATE INTEGER Im1(1:L1+2,1:L1+2)
60 L=256-L1
61 PRINT "ENTRER LES COORDONNEES DU POINT
    SUPERIEUR GAUCHE (X,Y)<";L
62 INPUT X
63 INPUT Y
64 !
65 FOR I=1 TO L1
66 FOR J=1 TO L1
67 K=I+X
68 L=J+Y
69 Im1(I,J)=Image(K,L)
70 NEXT J
71 NEXT I
72 X=1
73 Y=1
74 I=1
75 R=0
76 J=1
77 Y=1
78 R=R+1
79 P=0
80 P=P+1
81 Image(I,J)=Im1(X,Y)

```

```

81   Image(I,J)=Im1(X,Y)
82   IF P=N THEN GOTO 85
83   J=J+1
84   GOTQ 80
85   IF J>=256-N THEN GOTO 89
86   J=J+1
87   Y=Y+1
88   GOTO 79
89   IF I>=256-N THEN GOTO 99
90   IF R=N THEN GOTO 93
91   I=I+1
92   GOTO 76
93   I=I+1
94   X=X+1
95   GOTO 75
96   !
97   !
98   !
99   INPUT "VOULEZ VOUS AFFICHER L'IMAGE TRAITEE",W$
100  SELECT W$
101  BEEP
102  CASE "O"
103  GOSUB Affichage
104  GOTO 121
105  CASE "N"
106  GOTO 121
107  CASE ELSE
108  PRINT "REPONSE FAUSSE ,REPRENEZ LA"
109  GOTO 99
110  END SELECT
111 Affichage: !
112  RESET 12
113  ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
114  ASSIGN @Device TO 12;FORMAT 'OFF,WORD
115  OUTPUT @Buf;Image(*)
116  CONTROL 12,2;0
117  TRANSFER @Buf TO @Device;COUNT 131072,WAIT
118  CONTROL 12,2;1
119  BEEP
120  RETURN
121  PRINT ".....TRAVAIL ACOMPLI ....."
122  END

```

```

1      !*****
2      !EXTRACTION DE CONTOUR ET CENTRE DE GRAVITE
3      !*****
4      RESET 12
5      INTEGER Image(1:256,1:256) BUFFER
6      INPUT "VOULEZ VOUS TRAITER UNE IMAGE A PARTIR
DE LA VISU OU DE LA DISKETTE(V/D)?",R$
7      SELECT R$
8      CASE "D"
9      INPUT "ENTRER LE NUMERO DU FICHER DE L'IMAGE",N
10     V$="IMAGE"&VAL$(N)
11     PRINT V$
12     ASSIGN @File TO V$;FORMAT OFF
13     ENTER @File;Image(*)
14     INPUT "VOULEZ VOUS AFFICHER L'IMAGE ORIGINALE
AVANT LE TRAITEMENT(O/N)",A$
15     SELECT A$
16     CASE "N"
17     GOTO 39
18     CASE "O"
19     GOSUB Affichage
20     GOTO 39
21     CASE ELSE
22     GOTO 14
23     END SELECT
24     CASE "V"
25     CONTROL 12,2;3
26     CONTROL 12,2;1
27     ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
28     ASSIGN @Device TO 12;FORMAT OFF,WORD
29     CONTROL 12,3;0
30     CONTROL 12,2;0
31     TRANSFER @Device TO @Buf;COUNT 131072,WAIT
32     CONTROL 12,2;1
33     !
34     GOTO 39
35     CASE ELSE
36     GOTO 6
37     !
38     END SELECT
39     PRINT MAX(Image(*));"      ";MIN(Image(*))
40     IF MAX(Image(*))<=64 THEN GOTO 1360
41     IF MIN(Image(*))>=64 THEN GOTO 44
42     PRINT "NIV DU GRIS VARIANT DE";MIN(Image(*));"
A ";MAX(Image(*));"IMAGE INACCEPTABLE"
43     GOTO 6
44     MAT Image= Image-(16384)
45     PRINT MAX(Image(*));"      ";MIN(Image(*))
46     INPUT "ENTRER LA DIMENSION DE LA FENETRE",L1
47     L2=INT((256-L1)/2)
48     L3=256-2*L1
49     L4=INT(L3/3)
50     L5=2*L4+L1

```

```
50  LS=2*L4+L1
51  !
52  ALLOCATE INTEGER Im1(0:L1,0:L1)
53  !
54  FOR I=L5 TO L5+L1
55  FOR J=L2 TO L1+L2
56  IF Image(I,J)=63 THEN 60
57  NEXT J
58  NEXT I
59  !
60  O=I
61  P=J
62  K=0
63  L=-1
64  M=-1
65  N=0
66  W=0
67  Z=I
68  T=J
69  !
70  R=I-L5+10
71  IF K=-1 AND L=0 THEN 76
72  IF K=0 AND L=-1 THEN 86
73  IF K=0 AND L=1 THEN 96
74  IF K=1 AND L=0 THEN 106
75  GOTO 140
76  K=M
77  L=N
78  IF Image(I,J)=63 THEN 82
79  M=0
80  N=-1
81  GOTO 115
82  M=0
83  N=1
84  Image(R,J)=Image(I,J)
85  GOTO 115
86  K=M
87  L=N
88  IF Image(I,J)=63 THEN 92
89  M=1
90  N=0
91  GOTO 115
92  M=-1
93  N=0
94  Image(R,J)=Image(I,J)
95  GOTO 115
96  K=M
97  L=N
98  IF Image(I,J)=63 THEN 102
99  M=-1
100 N=0
```

```
100 N=0
101 GOTO 115
102 M=1
103 N=0
104 Image(R,J)=Image(I,J)
105 GOTO 115
106 K=M
107 L=N
108 IF Image(I,J)=63 THEN 112
109 M=0
110 N=1
111 GOTO 115
112 M=0
113 N=-1
114 Image(R,J)=Image(I,J)
115 W=W+1
116 I=I+M
117 J=J+N
118 Z=Z+I
119 T=T+J
120 IF I=0 AND J=P THEN 123
121 GOTO 69
122 !
123 Z=Z/W
124 T=T/W
125 Z=Z-(L5-10)
126 Image(Z-1,T)=63
127 Image(Z+1,T)=63
128 Image(Z,T-1)=63
129 Image(Z,T+1)=63
130 Image(Z,T)=63
131 !
132 !
133 ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
134 ASSIGN @Device TO 12;FORMAT OFF,WORD
135 OUTPUT @Buf;Image(*)
136 CONTROL 12,2;0
137 TRANSFER @Buf TO @Device;COUNT 131072,WAIT
138 CONTROL 12,2;1
139 BEEP
140 END
```

```

1      !*****
2      !      FILTRAGE DES IMAGES OPERATEUR
          DE ROBERTS  AMELIORE
3      !*****
4      RESET 12
5      INTEGER Image(1:256,1:256) BUFFER
6      INPUT "VOULEZ VOUS TRAITER UNE IMAGE
          DE LA VISU OU DE LA DISCK (V/D)?",R$
7      SELECT R$
8      CASE "D"
9      GOTO 26
10     CASE "V"
11     CONTROL 12,2;3
12     CONTROL 12,2;1
13     !
14     ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
15     ASSIGN @Device TO 12;FORMAT OFF,WORD
16     CONTROL 12,3;0
17     CONTROL 12,2;0
18     TRANSFER @Device TO @Buf;COUNT 131072,WAIT
19     CONTROL 12,2;1
20     GOTO 41
21     !
22     CASE ELSE
23     GOTO 6
24     END SELECT
25     !
26     INPUT "ENTRER LE NUMERO DU FICHER DE L'IMAGE",N
27     V$="IMAGE"&VAL$(N)
28     PRINT V$
29     ASSIGN @File TO V$;FORMAT OFF
30     ENTER @File;Image(*)
31     INPUT "VOULEZ VOUS AFFICHER L'IMAGE ORIGINALE
          AVANT LE TRAITEMENT(O/N)",A$
32     SELECT A$
33     CASE "N"
34     GOTO 41
35     CASE "O"
36     GOSUB Affichage
37     GOTO 41
38     CASE ELSE
39     GOTO 31
40     END SELECT
41     PRINT "MAX(Image(*))=";MAX(Image(*));"
          MIN(Image(*))=";MIN(Image(*))
42     IF MAX(Image(*))<=64 THEN GOTO 131
43     IF MIN(Image(*))>=64 THEN GOTO 46
44     PRINT "NIV DU GRIS VARIANT DE";MIN(Image(*));"
          A ";MAX(Image(*));"IMAGE INACCEPTABLE"
45     GOTO 26
46     MAT Image= Image-(16384)
47     !
48     INPUT "ENTRER LES DIM DE LA FENETRE (L1):",L1
49     L2=INT((256-L1)/2)
50     L3=256-2*L1

```

```

50 L3=256-2*L1
51 L4=INT(L3/3)
52 L5=2*L4+L1
53 ALLOCATE INTEGER Im(1:L1,1:L1)
54 FOR I=1 TO L1
55 FOR J=1 TO L1
56 L=J+L2
57 M=I+L5
58 Im(I,J)=Image(M,L)
59 NEXT J
60 NEXT I
61 !
62 FOR I=1 TO L1-3
63 FOR J=1 TO L1-3
64 A=ABS(Im(I+1,J+1)-Im(I+2,J+2))+ABS(Im(I+2,J+1)-Im(I+1,J+2))
65 B=ABS(Im(I,J)-Im(I+3,J+3))+ABS(Im(I+3,J)-Im(I,J+3))
66 C=ABS(Im(I,J+1)-Im(I+3,J+2))+ABS(Im(I+2,J)-Im(I+1,J+3))
67 D=ABS(Im(I,J+2)-Im(I+3,J+1))+ABS(Im(I+1,J)-Im(I+2,J+3))
68 Im(I,J)=(A*B*C*D)^(1/4)
69 K=I+L4
70 L=J+L2
71 Image(K,L)=Im(I,J)
72 NEXT J
73 NEXT I
74 !
75 GOTO 93
76 INPUT "VOULEZ VOUS AFFICHER L'IMAGE GRADIENT
AVANT LE FILTRAGE (O/N)?",A$
77 SELECT A$
78 CASE "O"
79 GOSUB Affichage
80 GOTO 87
81 CASE "N"
82 GOTO 87
83 CASE ELSE
84 GOTO 76
85 END SELECT
86 !
87 FOR I=2 TO L1-1
88 FOR J=2 TO L1-1
89 O=(Im(I-1,J-1)+Im(I-1,J)+Im(I,J+1))
90 P=(Im(I-1,J+1)+Im(I+1,J+1)+Im(I+1,J))
91 Q=(Im(I+1,J-1)+Im(I,J-1))
92 M=(O+P+Q)/8
93 IF Im(I,J)<M THEN GOTO 96
94 Im(I,J)=55
95 GOTO 97
96 Im(I,J)=2
97 K=I+L4
98 L=J+L2
99 Image(K,L)=Im(I,J)
100 NEXT J

```

```

100 NEXT J
101 NEXT I
102 !
103 FOR I=1 TO 256
104 FOR J=1 TO L2
105 Image(I,J)=40
106 NEXT J
107 FOR J=L1+L2+1 TO 256
108 Image(I,J)=40
109 NEXT J
110 NEXT I
111 FOR J=L2 TO L1+L2
112 FOR I=1 TO L4
113 Image(I,J)=40
114 NEXT I
115 FOR I=L1+L4 TO L5
116 Image(I,J)=40
117 NEXT I
118 FOR I=L1+L5 TO 256
119 Image(I,J)=40
120 NEXT I
121 NEXT J
122 !
123 BEEP
124 INPUT "VOULEZ VOUS AFFICHER L'IMAGE TRAITEE",W$
125 SELECT W$
126 CASE "O"
127 GOSUB Affichage
128 GOTO 145
129 CASE "N"
130 GOTO 145
131 CASE ELSE
132 PRINT "REPOSE FAUSSE ,REPRENEZ LA"
133 GOTO 124
134 END SELECT
135 Affichage: !
136 RESET 12
137 ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
138 ASSIGN @Device TO 12;FORMAT OFF,WORD
139 OUTPUT @Buf;Image(*)
140 CONTROL 12,2;0
141 TRANSFER @Buf TO @Device;COUNT 131072,WAIT
142 CONTROL 12,2;1
143 BEEP
144 RETURN
145 PRINT ".....TRAVAIL ACOMPLI ....."
146 END

```

```

1 !*****
2 !* AFFICHAGE DES IMAGES *
3 !* TRACE HISTOGRAMMES ET TF *
4 !*****
5 !
6 INTEGER Image(1:256,1:256) BUFFER
7 DIM Prob1(0:64)
8 DIM Prob2(0:64)
9 PRINT "VOULEZ VOUS TRAITER UNE IMAGE A PARTIR
DE LA VISU V OU DE DISKETTE D (V/D)? "
10 INPUT W$
11 SELECT W$
12 CASE "D"
13 PRINT "ENTRER LE NUMERO DU FICHIER IMAGE"
14 INPUT N
15 V$="IMAGE "&VAL$(N)
16 GOTO 30
17 CASE "V"
18 CONTROL 12,2;3
19 CONTROL 12,2;1
20 ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
21 ASSIGN @Device TO 12;FORMAT OFF,WORD
22 CONTROL 12,3;0
23 CONTROL 12,2;0
24 TRANSFER @Device TO @Buf;COUNT 131072,WAIT
25 CONTROL 12,2;1
26 GOTO 34
27 CASE ELSE
28 GOTO 9
29 END SELECT
30 PRINT V$
31 ASSIGN @File TO V$;FORMAT OFF
32 ENTER @File;Image(*)
33 GOSUB Affichage
34 PRINT MAX(Image(*));" ";MIN(Image(*))
35 PRINT
36 IF MAX(Image(*))<=64 AND MIN(Image(*))<=64 THEN GOTO 39
37 MAT Image= Image-(16384)
38 PRINT MAX(Image(*));" ";MIN(Image(*))
39 !
40 !..... SEUILLAGE DES NIVEAUX DE GRIS .....
41 INPUT "ENTRER LES DIMENSION DE LA FENETRE (L1):",L1
42 ALLOCATE INTEGER Im1(1:L1,1:L1)
43 ALLOCATE INTEGER Im2(1:L1,1:L1)
44 ALLOCATE INTEGER Im3(1:L1,1:L1)
45 ALLOCATE Reel(1:L1)
46 ALLOCATE Imag(1:L1)
47 ALLOCATE Modu(1:L1)
48 L2=INT((256-L1)/2)
49 L3=256-2*L1
50 L4=INT(L3/3)

```

```

50 L4=INT(L3/3)
51 L5=2*L4+L1
52 FOR I=1 TO L1
53 FOR J=1 TO L1
54 K=I+L4
55 L=J+L2
56 M=I+L5
57 Im1(I,J)=Image(K,L)
58 Im2(I,J)=Image(M,L)
59 IF Image(K,L)>63 THEN Image(K,L)=63
60 NEXT J
61 NEXT I
62 !
63 !   CALCUL DE MOY, ECART TYPE, ECART QUADRATIQUE
64 MAT Prob1= (0)
65 MAT Prob2= (0)
66 FOR K=1 TO L1
67 FOR L=1 TO L1
68 I=Im1(K,L)
69 Prob1(I)=Prob1(I)+1
70 J=Im2(K,L)+1
71 Prob2(J)=Prob2(J)+1
72 NEXT L
73 NEXT K
74 MAT Prob1= (1/L1^2)*Prob1
75 MAT Prob2= (1/L1^2)*Prob2
76 !.....   CALCUL DE LA MOYENNE   .....
77 Moy1=0
78 Moy2=0
79 FOR I=0 TO 63
80 Moy1=Moy1+I*Prob1(I)
81 Moy2=Moy2+I*Prob2(I)
82 NEXT I
83 !.....   CALCUL DE L'ECART TYPE
84 Sigma1=0
85 Sigma2=0
86 FOR I=0 TO 63
87 Sigma1=(I-Moy1)^2*Prob1(I)+Sigma1
88 Sigma2=(I-Moy2)^2*Prob2(I)+Sigma2
89 NEXT I
90 Sigma1=SQR(Sigma1)
91 Sigma2=SQR(Sigma2)
92 !
93 !.....   CALCUL DE L'ENERGIE   .....
94 En1=0
95 En2=0
96 FOR I=0 TO 63
97 En1=En1+Prob1(I)^2
98 En2=En2+Prob2(I)^2
99 NEXT I
100 !.....   CALCUL DE LA MEDIANE   .....

```

```

100 !.....          CALCUL DE LA MEDIANE .....
101 M1=0
102 M2=0
103 FOR I=0 TO 63
104 M1=Prob1(I)+M1
105 M2=Prob2(I)+M2
106 IF M1<=1/2 THEN Med1=I
107 IF M2<=1/2 THEN Med2=I
108 NEXT I
109 !
110 !.....          CALCUL DE LA TF PAR LIGNE      ....,
111 BEEP
112 INPUT "QUELLE TF? IMAGE ORIGINALE ,IMAGE TRAITEE
OU DIFF. DES IMAGES(O/T/D)",A$
113 SELECT A$
114 CASE "D"
115 MAT Im3= Im1-Im2
116 FOR I=1 TO L1
117 FOR J=1 TO L1
118 Reel(I)=Im3(I,J)*COS(2*PI*I*J/L1)+Reel(I)
119 Imag(I)=-Im3(I,J)*SIN(2*PI*I*J/(L1))+Imag(I)
120 NEXT J
121 NEXT I
122 GOTO 142
123 CASE "O"
124 FOR I=1 TO L1
125 FOR J=1 TO L1
126 Reel(I)=Im2(I,J)*COS(2*PI*I*J/L1)+Reel(I)
127 Imag(I)=-Im2(I,J)*SIN(2*PI*I*J/(L1))+Imag(I)
128 NEXT J
129 NEXT I
130 GOTO 142
131 CASE "T"
132 FOR I=1 TO L1
133 FOR J=1 TO L1
134 Reel(I)=Im1(I,J)*COS(2*PI*I*J/L1)+Reel(I)
135 Imag(J)=-Im1(I,J)*SIN(2*PI*I*J/(L1))+Imag(I)
136 NEXT J
137 NEXT I
138 CASE ELSE
139 GOTO 112
140 END SELECT
141 !
142 !.....          CALCUL DU MODULE
143 FOR I=1 TO L1
144 Modu(I)=SQR(Reel(I)^2+Imag(I)^2)
145 NEXT I
146 !
147 !
148 !.....          TRACES HISTOGRAMME ET TF
149 GCLEAR
150 GINIT

```

```

150 GINIT
151 PRINT CHR$(12);
152 GRAPHICS ON
153 PLOTTER IS 705,"HPGL"
154 !..... TRACE DE L'HISTOGRAMME
155 VIEWPORT 5,55,8,45
156 M3=MAX(Prob1(*))
157 M3=INT(M3*10+1)
158 M3=M3/10
159 WINDOW -10,66,-.04,M3
160 FRAME
161 AXES 4,M3/10
162 CSIZE 1.7,.4
163 FOR I=0 TO 64 STEP 4
164 MOVE I-2.3,-.038
165 LABEL I
166 NEXT I
167 FOR I=0 TO M3 STEP M3/5
168 MOVE -9,I-.010
169 LABEL I
170 NEXT I
171 MOVE 0,0
172 FOR I=0 TO 63
173 DRAW I,Prob1(I)
174 DRAW I+1,Prob1(I)
175 NEXT I
176 !
177 VIEWPORT 10,50,0,8
178 FRAME
179 WINDOW 0,40,0,8
180 CSIZE 2,.5
181 MOVE 7,6.2
182 LABEL "MOYENNE =" ;Moy1
183 MOVE 7,4.4
184 LABEL "ECART TYPE=" ;Sigma1
185 MOVE 7,2.6
186 LABEL "ENERGIE =" ;En1
187 MOVE 7,.5
188 LABEL "MEDIANE =" ;Med1
189 !MOVE 30,12
190 !M=MAX(Prob1(*))
191 M=M*L1^2
192 LABEL "NIVEAU MAX=" ;M
193 MOVE 30,8
194 M=MIN(Prob1(*))
195 M=M*L1^2
196 LABEL "NIVEAU MIN=" ;M
197 VIEWPORT 10,50,45,48
198 FRAME
199 WINDOW 0,40,0,3
200 CSIZE 2,.5

```

```

200 CSIZE 2,.5
201 MOVE 3,.7
202 LABEL "HISTOGRAMME DE L'IMAGE TRAITEE "
203 !
204 BEEP
205 PAUSE
206 !..... TRACE DE L'HISTGRAMME DE L'IMAGE ORIGINALE
207 VIEWPORT 5,55,58,97
208 M5=MAX(Prob2(*))
209 M5=INT(M5*10+1)
210 M5=M5/10
211 WINDOW -10,66,-.04,M5
212 FRAME
213 AXES 4,M5/10
214 CSIZE 1.7,.5
215 FOR I=0 TO 64 STEP 4
216 MOVE I-1.8,-.038
217 LABEL I
218 NEXT I
219 FOR I=0 TO M5 STEP M5/10
220 MOVE -9,I-.006
221 LABEL I
222 NEXT I
223 MOVE 0,0
224 FOR I=0 TO 63
225 DRAW I,Prob2(I)
226 DRAW I+1,Prob2(I)
227 NEXT I
228 !
229 VIEWPORT 10,50,50.3,58
230 FRAME
231 WINDOW 0,40,.3,8
232 CSIZE 1.7,.4
233 MOVE 7,6.5
234 LABEL "MOYENNE= ";Moy2
235 MOVE 7,5
236 LABEL "ECART TYPE= ";Sigma2
237 MOVE 7,3
238 LABEL "ENRGIE= ";En2
239 MOVE 7,.5
240 LABEL "MEDIANE= ";Med2
241 MOVE 0,12
242 M=MAX(Prob2(*))
243 M=M*L1^2
244 LABEL "NIVEAU MAX= ";M
245 VIEWPORT 10,50,97,100
246 FRAME
247 WINDOW 0,40,0,3
248 CSIZE 2,.5
249 MOVE 3,.5
250 LABEL "HISTOGRAMME DE L'IMAGE ORIGINALE "

```

```

250 LABEL "HISTOGRAMME DE L'IMAGE ORIGINALE "
251 !
252 BEEP
253 PAUSE
254 !
255 !..... TRACE DE LA TF
256 GCLEAR
257 VIEWPORT 5,55,0,47
258 FRAME
259 M3=MAX(Modu(*))
260 M4=INT(M3/5+10)
261 WINDOW -10,L1+5,-50,M4
262 AXES 5,M4/10,0,0,2,1,1
263 CSIZE 1.7,.4
264 MOVE 40,400
265 PRINT M3
266 FOR I=0 TO L1+5 STEP 10
267 MOVE I-2.3,-48
268 LABEL I
269 NEXT I
270 FOR I=0 TO M4 STEP M4/10
271 MOVE -9.75,I-5
272 LABEL I
273 NEXT I
274 MOVE 0,Modu(1)
275 FOR I=1 TO L1
276 DRAW I,Modu(I)
277 NEXT I
278 VIEWPORT 10,50,47,49.5
279 FRAME
280 WINDOW 0,40,0,3
281 CSIZE 2,.5
282 MOVE 3,.5
283 IF A$(">"D) THEN 287
284 LABEL "SPECTRE DE LA DIFFERENCE DES IMAGES "
285 !
286 GOTO 291
287 IF A$(">"0) THEN 291
288 LABEL " SPECTRE DE L'IMAGE ORIGINALE "
289 GOTO 291
290 LABEL " SPECTRE DE L'IMAGE TRAITEE "
291 !
292 GOTO 303
293 !
294 Affichage: !
295 RESET 12
296 ASSIGN @Buf TO BUFFER Image(*);FORMAT OFF,WORD
297 ASSIGN @Device TO 12;FORMAT OFF,WORD
298 OUTPUT @Buf;Image(*)
299 CONTROL 12,2;0
300 TRANSFER @Buf TO @Device;COUNT 131072,WAIT
301 CONTROL 12,2;1
302 RETURN
303 BEEP
304 PRINT "L'IMAGE EST TRANSFERER VERS I 2000....."
305 END

```