

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
الكلية  
الالكترونية  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHEQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### S U J E T

ETUDE DE METHODES  
AUTOMATIQUES DE DETECTION  
ET D'AMELIORATION DE CONTOURS  
EN IMAGERIE NUMERIQUE

Proposé par :

A. OUSSEDIK

Etudié par :

M. GUERAICHI

A. KECHIDA

Dirigé par :

A. OUSSEDIK

PROMOTION : JANVIER 85



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACES

A MA MERE

A MON PERE

A TOUS MES FRERES ET SOEURS

A MEHDI

A MES AMIS

MOHAMED

A S PARENTS

A MES FRERES ET SOEURS

A MES AMIS

ALI

## REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M.A-Cussedik de nous avoir dirigé ainsi que pour ses conseils et critiques. Nos remerciements vont également à Messieurs M-Charbi, M-Sacadi R-Boukemieche, F-Seghouani et H-Si said. Nous n'oublierons pas de remercier Messieurs A-Mechieche, R-Bendifallah M-El maouaheb, S-Lezzar du centre de calcul.

Enfin nous exprimons toute notre gratitude a ceux qui ont veillé à notre formation, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

## INTRODUCTION

Définition des termes utilisés

## I-GENERALITES

Pourquoi le traitement d'images?

I-1- Première technique d'analyse des images

I-2- Technique automatique

I-3- Acquisition des données

I-3-1- Principe

I-3-2- Chaîne d'acquisition en imagerie spatiale

I-3-3- Capteurs

1- Définition

2- Capteurs photographiques

3- Capteurs multispectral à balayage

4- Capteurs actifs

5- Capteurs passifs

6- Résolution spatiale

7- Numérisation d'une image analogique

## II-DETECTION ET AMELIORATION DE CONTOUR

II-1- Présentation de la chaîne de traitement

II-2- Inventaire des méthodes de traitement existantes

II-3- Etape de prétraitement

II-3-1- Méthode de TSUJI et AL

II-3-2- Méthode de NAGAO et MATSUYAMA

II-4- Etape de détection de contours

II-4-1- Généralités

II-4-2- Définition d'un contour

II-4-3- Contours idéaux

II-4-4- Opérateurs se basant sur les transformations orthogonales

1- Aperçu théorique général

2- Transformation de FOURIER

3- Remarques générales

## II-4-5- Opérateurs de différentiation spatiale

- Opérateurs séquentiels

Méthode de ROSENFELD

2- Opérateurs parallèles

a) Principe

b) Les masques les plus utilisés

II-5- Etape de liaison de contours incomplets

II-5- - Etude d'un algorithme

II-6- Etape de seuillage

II-6- - Généralités

II-6-2- Seuillage global

II-6-3- seuillage local

-Technique de sélection géométrique

Méthode de HUECKEL

2-Technique de sélection statistique

Méthode du double seuillage paramétrique local

II-7- Etape de mise en forme

II-7- - Rappel topologique

II-7-2- Algorithme d'élimination des points isolés

II-7-3- Algorithme de correction des coupures des contours

II-7-4- Organigramme

II-8- Etape d'affinement

II-8- - Procédé des configurations

II-8-2- Organigramme

II-8-3- Méthode d'affinement de HILDITCH

II-8-4- Organigramme

II-8-5- Méthode d'affinement de CASTAN

II-8-6- Organigramme

## III- ANALYSE COMPARATIVE DES RESULTATS

III- -Prétraitement

III- 2 -Détection

III-3 - Liaison

III-4 - Mise en forme

III-5 - Affinement

III-6 - Synoptique du logiciel interactif de détection  
et d'amélioration de contour

## INTRODUCTION

On assiste depuis quelques années à une évolution remarquable des techniques de traitement d'images aussi bien dans le domaine du physicien, du médecin ou de l'agronome:

On le doit essentiellement au développement des moyens mis en oeuvre: La résolution spatiale sans cesse plus petite pour les capteurs; des outils mathématiques de plus en plus performants; un matériel informatique de plus en plus adapté au traitement des images.

C'est une discipline qui nécessite des chercheurs des horizons les plus variés: l'opticien apportant sa connaissance en image, le physiologue tirant profit des connaissances accumulées sur la vision humaine pour l'interprétation, le traiteur de signal qui propose ses méthodes, l'informaticien qui prête son efficacité, le statisticien, le mathématicien, l'électronicien, ..., chacun apporte son concours.

L'apport important du traitement d'images pour la recherche fondamentale dans des disciplines telles que bio-médecine, astronomie, hautes énergies, etc ne peut passer inaperçu.

Le problème primordial du traitement quantitatif des images numérisées dans les domaines tels que la télédétection, la médecine ou la robotique est la reconnaissance des formes

C'est la tâche de l'équipe de recherche du laboratoire d'étude spatiale et rayonnement du centre de développement des techniques avancées (C.D.T.A) du C.E.N. Celle-ci a pour mission la conception de méthodes et d'algorithmes afin de réaliser des logiciels de traitement d'images adaptés à de multiples problèmes.

La détection de contours représente à cet effet une étape importante du processus de traitement de l'image, car elle permet de cerner une zone jugée intéressante (tumeur pour les images médicales, routes ou vergers pour les images spatiales, etc...)

Cependant en raison du bruit inévitablement introduit d'une part par les moyens d'acquisition et d'autre part par l'application des méthodes de détection elles-mêmes, les contours sont dégradés c'est pourquoi des méthodes d'amélioration de ces derniers telles que "élimination des points bruits et des points isolés", "restauration des contours entrecoupés",



"affinement des contours épais", etc... sont nécessaires

L'objet de notre mémoire est d'apporter une contribution à la mise au point d'un logiciel spécialisé de recherche et d'amélioration de contours s'appuyant sur la qualité des résultats obtenus.

Notre travail débute par quelques définitions indispensables pour la compréhension de la suite puis s'articulera autour de trois chapitres:

Le premier comportera des généralités relatives au traitement d'images. Le second concernera la chaîne de traitement en détection et amélioration de contour.

Le troisième présentera une analyse comparative des résultats obtenus ainsi qu'un synoptique d'utilisation du logiciel de détection et d'amélioration de contour.

DEFINITION DES TERMES UTILISES

Niveau de gris:

Il correspond au rayonnement reflechi par un element d'image(point) (avec pertes par absorption de l'atmosphere près), on l'appelle parfois sous d'autres dénominations: tons de gris, radiométrie, luminance, reflectance.

Image analogique:

C'est une fonction  $f(x,y)$  à 2 variables réelles et à valeur réelle prenant une valeur  $k$  ( $k \geq 0$ ) à l'interieur d'un domaine  $D$  et s'annulant à l'exterieur de ce domaine. En généralisant on a:  $f(x,y)=0 \forall (x,y) \notin D$

Image numérisée:

$I(x,y)$ : C'est le resultat de l'echantillonnage de l'image analogique  $f(x,y)$  à la fois sur  $(x',y)$  et sur l'intensité au point  $(x,y)$ .

Celle-ci est formée par un tableau à 2 dimensions ou matrice, contenant des valeurs entieres; chaque nombre represente un niveau de gris en une zone particuliere, appelé pixel (élément de la matrice ci-dessous) contraction du mot anglais "picture-élément", c'est à dire:

$$0 \leq I(x,y) \leq M \quad (x,y) \in D$$

$$I(x,y) = 0 \quad (x,y) \notin D$$

	I	2	3	...	Y	...	N
I	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	.	.
...	.	.	.	.	.	.	.
X	.	.	.		$I(X,Y)$	.	.
...	.	.	.	.	.	.	.
...	.	.	.	.	.	.	.
...	.	.	.	.	.	.	.
N	.	.	.	.	.	.	.

Forme de l'image numérisée

**Signature spectrale:**

Tous les objets disposent d'une courbe de rayonnement émis ou réfléchi par eux, en fonction de la longueur d'onde, c'est ce qu'on appelle la signature spectrale de ces objets.

**Résolution spatiale:**

Elle correspond à la plus petite portion décelable par un capteur. Ainsi par exemple pour des images satellite LANDSAT, la surface du pixel est de 57m x 79m, soit environ 4500 m<sup>2</sup>.

**CONTOUR :**

C'est la frontière entre deux régions homogènes de niveau de gris différents.

**Point isolé:**

C'est un point dont l'intensité est nettement différente de ses voisins, il peut toutefois correspondre à une réalité physique.

**Point bruit:**

C'est un point dont la valeur du niveau de gris ne correspond pas à la réalité physique.

**Seuil:**

C'est une valeur pour laquelle tout point ayant un niveau de gris inférieur à ce seuil est éliminé.

**Histogramme:**

C'est une représentation des fréquences d'apparition des niveaux de gris se présentant dans une image.

GENERALITES

---

---

## I- GENERALITES

### POURQUOI LE TRAITEMENT D'IMAGES ?

De nombreux domaines scientifiques reposent sur l'exploitation d'images par exemple les radiographies, les photographies microscopiques en recherche biologique, les photographies de chambres à bulles dans le domaine des hautes énergies, les photographies aériennes en ressources terrestre ou dans la lutte anti-pollution, les photographies de planètes en recherche spatiale.

Ces images doivent être traitées afin d'extraire des informations utiles telles que les formes globales et locales, les frontières entre zones, etc.

Il existe deux techniques d'analyse des images:

- une technique classique dite de photo-interprétation qui a presque disparu
- une technique automatique qui prend une expansion en raison du développement important du matériel informatique

#### I-I- PREMIERE TECHNIQUE D'ANALYSE DES IMAGES

La première technique d'analyse des images a été une technique manuelle dite de photo-interprétation.

Elle s'est surtout appliquée aux images aériennes. L'image photographique comporte des informations sur la géométrie et éventuellement sur la couleur des objets, au vu de ces photos des spécialistes bien entraînés sont capables de tirer des renseignements sur l'image analysée.

Les photo-interpretes s'aident de renseignements et de concepts extérieurs aux images à traiter tels que région, saison, heure, topographie, temps, orientation.

Il faut dire que cette technique est plus qualitative que quantitative et se prête mal à l'établissement de statistiques ; on notera également le coût élevé d'analyse d'une image.

## I-2- TECHNIQUE AUTOMATIQUE

La première cause de l'entrée en scène de cette technique est que l'on avait à examiner un très grand nombre de clichés, C'est pourquoi on pense à automatiser le processus de traitement que l'on souhaitait faire .

En outre l'arrivée de nouveaux systèmes d'observation (notamment les radiomètres à balayage) a fait qu'il y a eu une quantification en niveaux de gris si bien que les photo-interpretes ne suffisaient plus .

Les images numériques se présentent en général avec 256 niveaux de gris or l'oeil humain ne peut distinguer plus de 10 niveaux de gris .

Un traitement informatique approprié permet de discriminer dans une même région (végétation par exemple) des objets de même nature mais ayant des propriétés différentes (par exemple arbre sain et arbre malade) ce que l'oeil ne peut pas faire sur une image analogique d'où l'avantage de différencier les objets de même nature mais n'ayant pas les mêmes propriétés physiques.

### I-3-ACQUISITION DES DONNEES

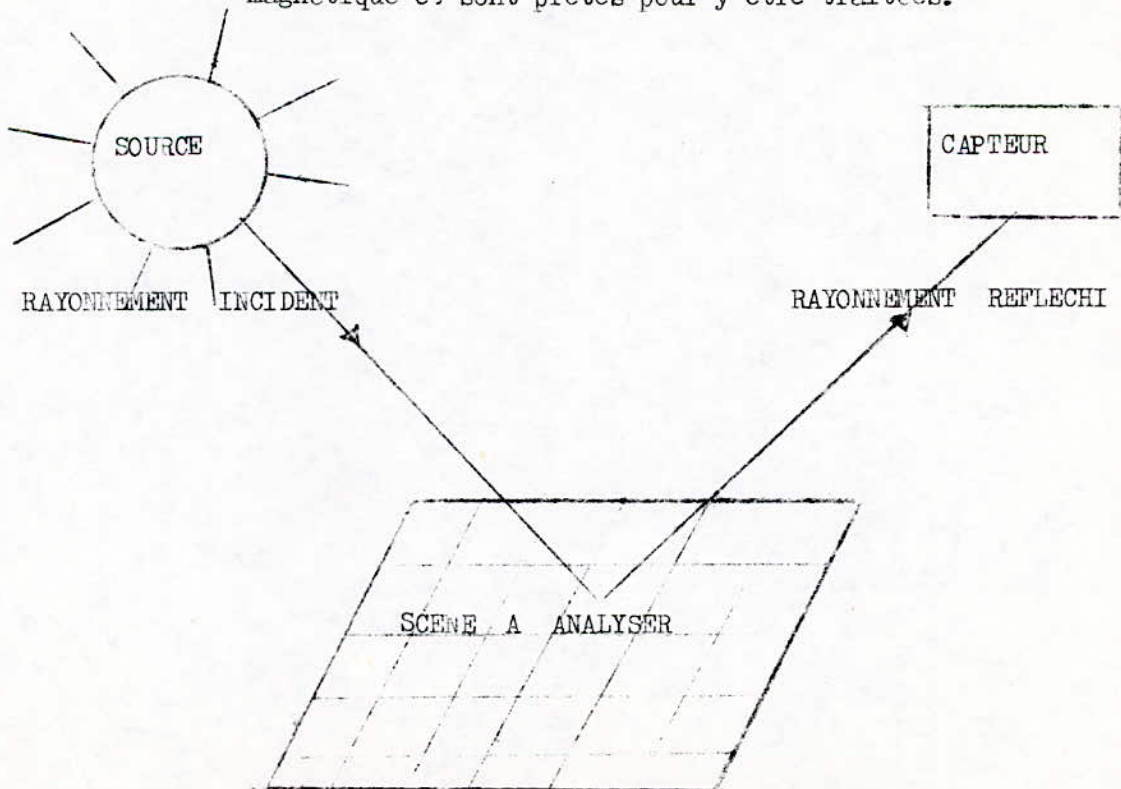
#### I-3-I-Principe

Il repose sur le fait qu'une scène ayant reçue un rayonnement énergétique restitue une partie de cette énergie par réflexion ou même par émission .

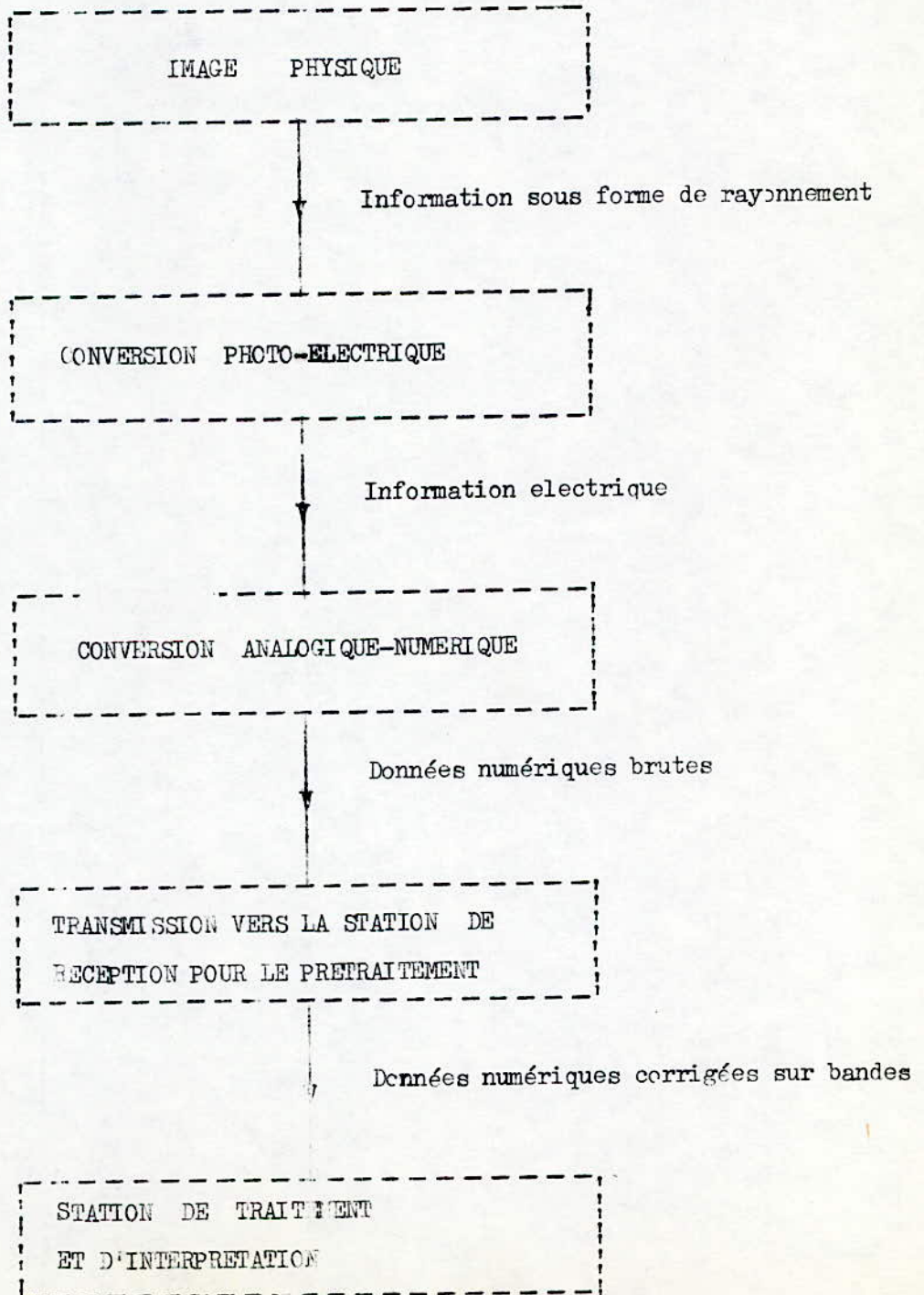
Cette énergie est reçue par des appareils adaptés en la circonstance appelés capteurs.

Comme la scène est découpée en points (pixels), cette opération se fait pour tous les points de la scène ,ce qui permettra ultérieurement de reconstituer la scène en question.

Une fois l'énergie lumineuse reçue , elle est convertie en onde électrique par conversion photo-électrique, l'onde électrique analogique est alors numérisée par conversion analogique-digital, les données numériques sont alors enregistrées sur bande magnétique et sont prêtes pour y être traitées.



I-3-2- Chaîne d'acquisition en imagerie spatiale





## I-7 3- CAPTEURS

### I- Définition:

Un capteur est un appareil électronique qui reçoit les rayonnements électromagnétiques réfléchis ou émis par tout point élémentaire appartenant à la scène à analyser.

### 2- Capteurs photographiques:

Ce fut les premiers capteurs en télédétection, ce n'est rien d'autre que des chambres à film. L'inconvénient qu'ils présentent est qu'ils ne sont sensibles qu'au visible.

### 3- Capteurs multispectral à balayage :

Dans ce type de capteurs, l'énergie émise ou réfléchie est recueillie par un miroir tournant oscillant dans une bande étroite de la scène à analyser en balayant celle-ci point par point et ligne par ligne.

#### - L'avantage de ces capteurs est:

Leur gamme de longueur d'onde utilisée est plus large que celle des capteurs photographiques, car elle comporte en plus du visible du proche infra-rouge et de l'infra-rouge.

Parmi ces capteurs on distingue 2 types: capteurs actifs et capteurs passifs.

### 4- Capteurs actifs :

Ce type de capteurs est encore appelé radar du fait qu'il envoie artificiellement un faisceau d'onde sur une scène donnée qui est restitué après réflexion.

Ces capteurs sont utilisés dans la surveillance militaire ou la mesure de la profondeur de l'eau, ainsi que dans la prospection de minerais, pétrole, etc.

#### - Les avantages de ce type de capteurs sont :

- Ils ne sont pas sensibles aux conditions météorologiques.

- Fonctionnent de jour comme de nuit.

- Résolvent le problème de l'ombre en ce sens que

les zones peu atteintes par la lumière sont atteintes de la même manière que les autres zones par le flux micro-ondes.

5- Capteurs passifs :

Ces capteurs sont dits passifs dans la mesure où ils n'interviennent pas dans le flux lumineux incident.

6-Résolution spatiale :

C'est la dimension du plus petit élément pouvant être distingué. Pour une photographie, par exemple la résolution spatiale dépend du grain et de la qualité du film correspondant. Pour un scanner, le balayage se fait ligne par ligne, l'angle de balayage et le nombre d'échantillons pris dans la ligne de balayage fixent la résolution.

7- Numérisation d'une image analogique:

Une image analogique peut être transformée en une image numérique par des dispositifs électroniques appelés convertisseurs ( scanners, microdensitomètre ).

Le domaine des valeurs numériques possibles pour le contenu de chaque pixel doit être suffisamment large pour restituer l'étendue du contraste présent dans l'image analogique.

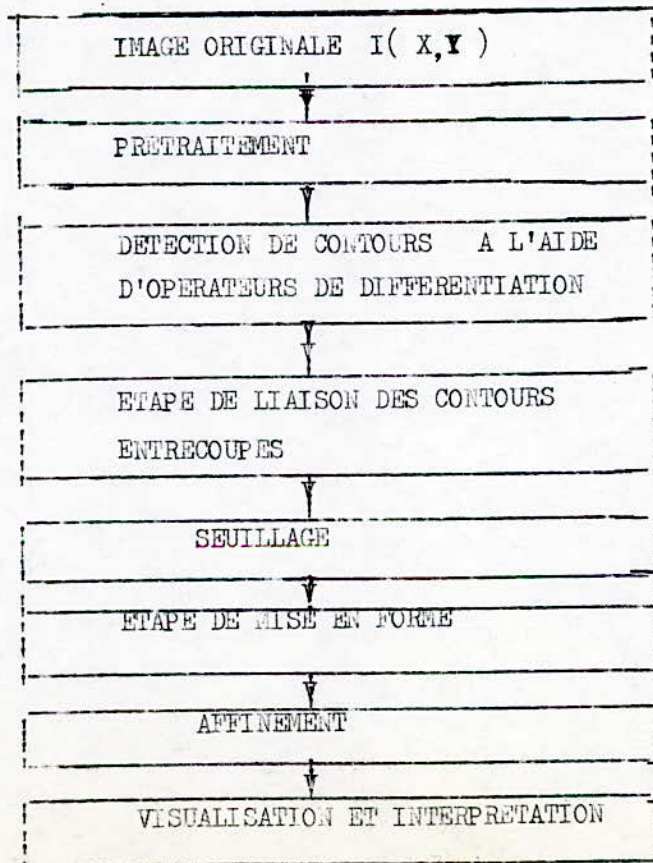
En raison de la nature binaire des mémoires, ce domaine est représenté par une puissance de deux, c'est pourquoi, un pixel codé sur 8 bits a  $2^8$  c'est à dire 256 valeurs possibles de niveaux de gris.

II - DETECTION ET AMELIORATION DE CONTOUR

## II- DETECTION ET AMELIORATION DE CONTOUR

A LA fin de la partie d'aquisition, on dispose d'une image brute. on a vu qu'il fallait corriger les défauts géométriques et radiométriques de celle-ci (liés aux instruments de mesure et à l'environnement de l'objet observé). Le résultat de cette correction est que l'on dispose maintenant d'une image "propre" prête à lui appliquer le traitement souhaité.

### II-I- PRESENTATION DE LA CHAINE DE TRAITEMENT



L'image originale  $I(X,Y)$  présente en général des points bruits qui influent sur les résultats de la suite des traitements. Pour s'en débarrasser, on a convenu de prétraiter cette image en filtrant aussi bien que possible les points bruits qui y sont contenus dans l'image.

L'image obtenue subit alors l'application d'un opérateur de détection qui permet en principe de mettre en évidence les points correspondant aux zones frontières

Toutefois certains contours sont incomplets, c'est pourquoi on effectue une opération de liaison des contours entrecoupés en utilisant à cet effet un codage de FREEMAN .

L'étape suivante consiste à transformer l'image multiniveaux précédente en image binaire où seuls les contours sont représentés, on verra que ce seuil permet en fait de sélectionner une partie des zones frontières détectées.

A l'issue de cette opération, il subsiste des points isolés qu'il faudra éliminer ainsi que des coupures au niveau de certains contours, c'est la raison pour laquelle une étape de mise en forme est nécessaire. Néanmoins l'image mise en forme présente des contours d'une certaine épaisseur, aussi un affinement de ces derniers permet d'avoir une précision accrue et donc une meilleure interprétation.

L'image traitée peut alors être interprétée par le thématicien (géologue, géographe, médecin, agronome, etc.).

## II.-2- INVENTAIRE DES METHODES DE TRAITEMENT EXISTANTES

Les méthodes utilisées s'appuient en général sur la théorie statistique de la décision ,des concepts de topologie, des méthodes structurelles basées sur la théorie des langages et des automates.

L'application des méthodes statistiques se justifie par le fait que l'image comporte une masse de données considérable, tout ceci fait que cette population est suffisante pour que la loi des grands nombres soit applicable en particulier la loi de GAUSS .

L'image représente un espace bidimensionnel avec des ensembles de points ayant une certaine relation entre eux , assi on conçoit une extension des concepts de distance métriques à l'image .

L'approche structurelle fait actuellement l'objet de recherches .

## II-3- ETAPE DE PRETRAITEMENT

Le bruit superposé à l'image se présentant pour y être détecté est introduit par les instruments d'acquisition (scanner pour les images numérisée, capteurs, conditions atmosphériques, voies de transmission pour les images satellitaires).

On verra dans l'étape de détection des contours qu'un inconvénient est du compromis à trouver entre la taille suffisamment grande du voisinage associé au point à traiter pour une sensibilité minimale au bruit et la rapidité des calculs. C'est pourquoi, à plus forte raison, une telle étape de prétraitement est nécessaire pour résoudre en partie ce problème.

L'image sera en principe nettoyée des points bruits qu'elle y contient, ce qui permettra une meilleure visualisation de contours lors de la détection.

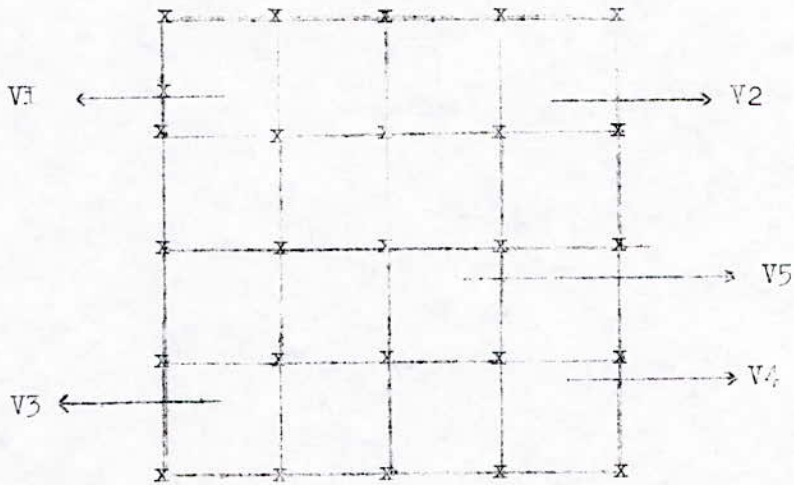
Notant cependant que la difficulté fondamentale des techniques de **prétraitement** est qu'elle tendent à rendre floue l'image de départ et en particulier les contours, c'est la raison pour laquelle on s'efforce d'appliquer avec précaution ces techniques.

On peut toutefois éviter d'épaissir les contours qui se présentent dans l'image en appliquant des méthodes de prétraitement se basant sur la technique de la moyenne sélective.

Les deux méthodes que nous présentons dans cette étape s'appuient sur cette technique.

II-3-1 Méthode de TSWI et AL

Elle consiste à prendre autour du point (X, Y) à considérer un voisinage 5 x 5 (comme indiquée à la figure ci-dessous) , puis à le diviser en 5 autres voisinages 3x3 .



Il s'agit alors de calculer les variances des chacun de ces voisinages ( V1, V2 ,V3 ,V4 ,V5 ); le voisinage le plus homogène ( c'est à dire le voisinage ayant la plus faible variance) est sélectionné et la moyenne de celui-ci est affectée au point central.

Uilstrant ceci par un exemple :

Soit un voisinage 5 x 5 autour du ton de gris " 10 " considéré comme point bruit.

2	4	5	3	1		2	4	5	3	1
1	3	3	2	2	après transformation	1	3	3	2	2
2	3	10	3	4	→	2	3	2	3	4
5	2	3	3	6		5	2	3	3	6
9	1	9	2	8		9	1	9	2	8

Le niveau de gris " 10 " est remplacé par " 2 " ainsi l'effet du point bruit est diminué .



Pour un voisinage homogène :

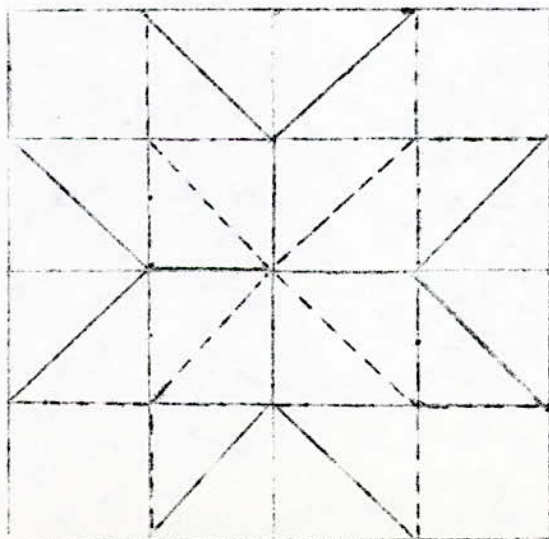
7	7	7	7	7		7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	après transformation	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	-----	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7		7	7	7	7	7
7	7	7	7	7		7	7	7	7	7

Le point " 7 " n'est pas un point bruit , il n'est pas affecté par la transformation.

On verra pour la suite les résultats offerts par cette méthode .

### II-3-2- Méthode de NAGAO et MATSUJYAMA

Dans cette méthode , le principe du choix du plus homogène des voisinages demeure, seuls le nombre et la forme de ces voisinages en diffèrent.



Le voisinage 5 x 5 de la page précédente est divisé en 9 voisinages:

- 4 hexagonaux occupant les coins du voisinage 5 x 5
- 4 pentagonaux ayant pour pic le point central
- 1 rectangulaire centré sur le point à traiter

Hormis le voisinage rectangulaire, tous les autres comportent 7 points .

Illustration sur des exemples :

9	9	9	2	4		9	9	9	2	4
10	11	11	2	1	après	10	11	11	2	1
11	11	10	3	2	transformation	11	11	10	3	2
1	2	4	5	4	→	1	2	4	5	4
2	1	5	4	5		2	1	5	4	5

On voit qu'un point considéré comme point de contour n'est effectivement pas altéré, en revanche dans l'exemple suivant, le ton de gris "10" est effectivement un point bruit, il est diminué par suite de la transformation qu'il subit et intégré à son voisinage .

1	1	1	3	2		1	1	1	3	2
2	1	2	1	3	après	2	1	2	1	3
1	2	10	2	2	transformation	1	2	2	2	2
1	2	1	3	3	→	1	2	1	3	3
3	4	2	1	3		3	4	2	1	3

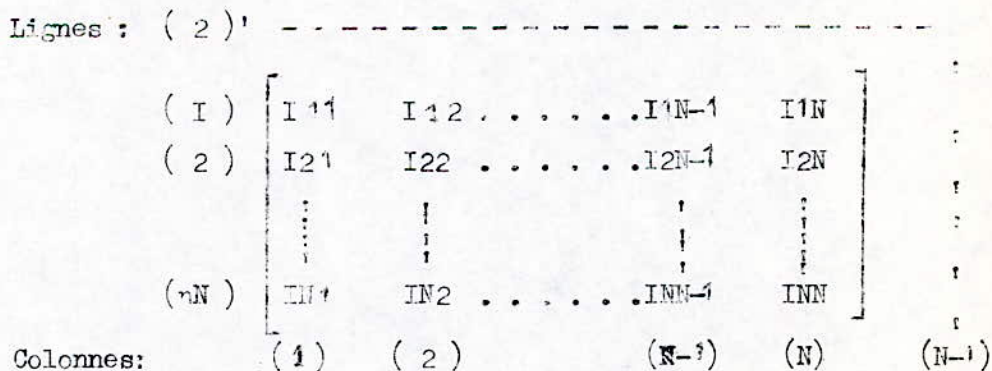
II-3-3-Compromis entre espace mémoire et temps de calcul

Les images enregistrées sur bandes magnétiques sont de dimension assez grande, ce qui nécessite une reservation de places mémoire considerable . L'ordinateur utilisé (MITRA 125) étant de capacité relativement faible (32 kilo-mots), nous avons dans tout ce qui suit opté pour un minimum d'espace mémoire , le temps d'exécution est par conséquent assez long , pour diminuer en partie celui-ci, on a tenu compte que du quart de l'image , à savoir 256 x256 .

II-3-4- Opération miroir

Certains points sur les bords de l'image nécessitent l'existence de points voisins afin d'être traités, voilà pourquoi procède à une opération miroir qui consiste ces voisins manquant suivant une ligne et/ ou une colonne

- Schématisons l'image comme suit :



Les points de bord sont I 1 , I 2 , . . . , I 1N etc...  
 L'opération miroir crée les lignes et colonnes en prenant le reflet miroir; c'est ainsi que par exemple la ligne ( 2 )' est le reflet miroir de la ligne ( 2 ) , la colonne ( N-1 )' celle de la colonne ( N-1 ) .

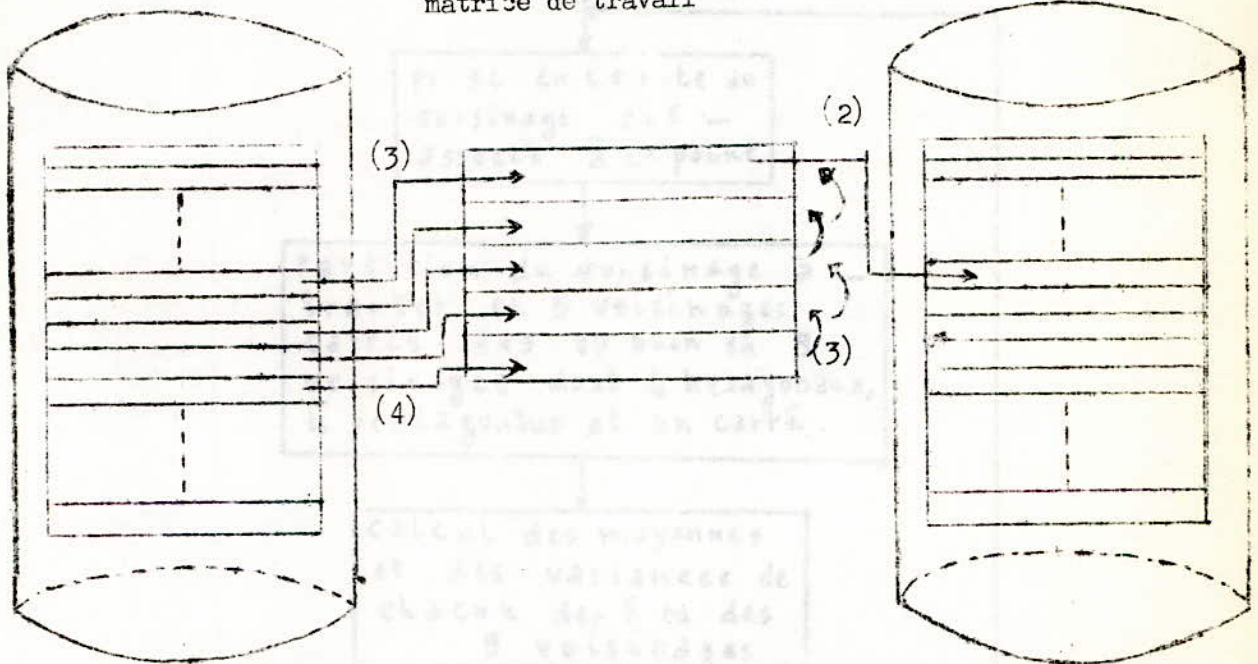
II-3-4- Synoptique et processus de traitement :

L'espace mémoire relatif aux deux algorithmes se compose d'une matrice  $M(5, 20)$ .

fichier de données

matrice de travail

fichier résultat



L'opération (1) désigne l'étape du processus qui consiste en la lecture des cinq premiers enregistrements nécessaires pour traiter une ligne.

Le résultat du traitement d'une ligne est stocké dans la première ligne de la matrice de travail, l'opération (2) consiste à écrire ce résultat dans la ligne correspondante du fichier résultat.

L'étape (3) est une translation des lignes de la matrice pour permettre le traitement de la ligne suivante.

L'étape (4) est alors une lecture de l'enregistrement.

## II-4- ETAPE DE DETECTION DE CONTOURS

### II-4-1- Généralités

Dans certaines applications, les formes s'assimilent aux frontières (telles que des scènes de robotique, des scènes industrielles, ou de pièces mécaniques) entre l'objet et l'espace environnant.

En ce qui concerne les images satellites ou médicales, la détection de contours permet de cerner des régions d'intérêt et par suite de suivre leur évolution dans l'espace et dans le temps, il est donc normal que les contours représentent à cet égard des caractéristiques essentielles de l'image. C'est aussi la raison pour laquelle de nombreux opérateurs conçus sous différentes approches ont été inventés pour détecter les contours.

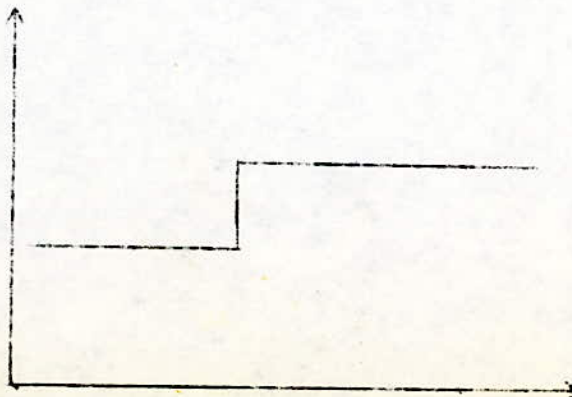
### II-4-2- Définition d'un contour

D'après A. ROSENFELD, un contour est la frontière entre deux régions différentes - chacune de niveau de gris constant.

### II-4-3- Contours idéaux

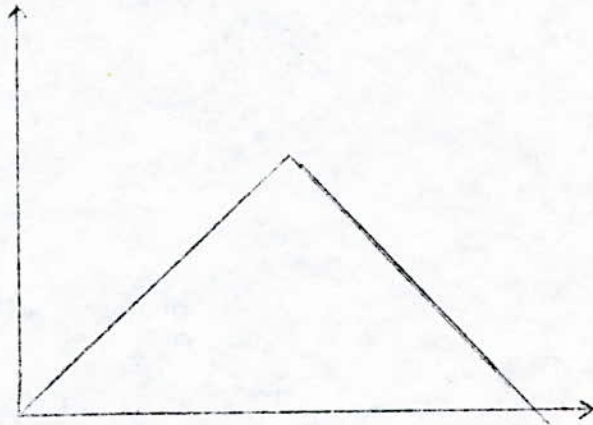
On retiendra trois types de contours idéaux:

- Contour en escalier



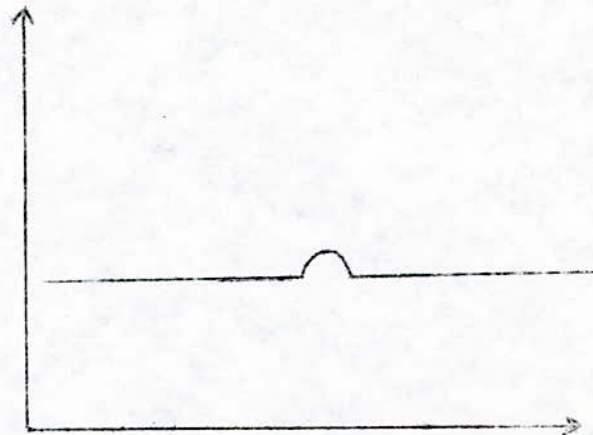
On a un saut soudain de niveau de gris constant à un autre niveau de gris, c'est le passage entre deux régions totalement différentes par leur nature ( exemple: mer-terre, fleuve-forêt ).

- Contour idéal en forme de toit



Il y a une diminution progressive du niveau de gris de part et d'autre de la ligne de contour, on peut citer comme exemple le sommet d'une montagne .

- Contour idéal en pointe



Il y a une variation de niveau de gris en pointe soudaine c'est l'exemple d'aéroports, routes ; oueds ,etc.

En raison des diverses sources de distorsions: effets de flous, de quantification, irregularités de surfaces des objets, etc , le contour idéal est très peu rencontré en pratique .

Pour une bonne interprétation ou un traitement ultérieur meilleur de l'image, on doit veiller à ce que les méthodes de détection de contours appliquées ne soient pas trop sensibles au bruit sinon l'interprétation est sérieusement faussée.

Nous présentons maintenant les grands types d'opérateurs de détection :

#### II-4-4- Opérateurs se basant sur les transformations orthogonales

A ses débuts, l'analyse des images s'est inspirée des techniques classiques de filtrage mono-dimensionnel; c'est pourquoi on a tenté de généraliser ces techniques au traitement d'images. Or il s'est avéré qu'il fallait réaliser un véritable réinvestissement théorique lié au caractère fondamentalement bidimensionnel des images. Toutefois, pour certaines de ces techniques (transformée de FOURIER et ses dérivées) on a montré que l'extension à un domaine à deux dimensions était simple à obtenir.

Les équations intégrales de l'analyse de FOURIER dans le domaine monodimensionnel sont remplacées alors par des équations matricielles, il faut en effet préciser qu'en traitement d'images, c'est toujours la forme matricielle qui est utilisée car les calculs se font par ordinateur.

On se propose dans cette partie d'étudier quelques uns des opérateurs utilisant les transformations orthogonales.

Tout d'abord qu'entend-on par transformation orthogonale? Une transformation orthogonale est une transformation consistant à coder le signal image, c'est à dire à le projeter sur un système de fonctions de base orthogonale.

1) Aperçu théorique général

x et y étant les coordonnées des pixels de l'image originale, désignons par  $f(x, y)$  la fonction image continue.

Du fait du caractère numérique des images à traiter, on doit donner aux valeurs de la fonction  $f(x, y)$  des valeurs discrètes.

On définit la transformée orthogonale bidimensionnelle discrète  $F(u, v)$  de la fonction  $f(x, y)$  par l'expression :

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot a(x, y, u, v)$$

Dans ces conditions u et v sont également entiers avec u (0, M-1) et v (0, N-1) et  $a(x, y, u, v)$  est le noyau de la transformation.

La transformation inverse si elle existe est :

$$f(x, y) = \sum_u \sum_v F(u, v) \cdot b(x, y, u, v)$$

La transformation peut être assimilée à une décomposition spectrale généralisée: en effet pour des valeurs  $u_0$  et  $v_0$ , on a :

$$F(u_0, v_0) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot a(x, y, u_0, v_0)$$



qui n'est rien d'autre que le produit scalaire de la fonction à transformer  $f(x, y)$  par la fonction  $a(x, y, u_0, v_0)$  définie sur le même espace.  $F(u_0, v_0)$  représente une proportion dans la fonction  $f(x, y)$  du noyau  $a(x, y, u_0, v_0)$ : c'est donc une composante spectrale ou harmonique de la fonction  $f$  correspondant aux valeurs  $u_0$  et  $v_0$ .

Notant qu'en écriture matricielle, la transformée du signal bidimensionnel  $f$  s'écrit :

$$F = W f W^{-1}$$

où  $W$  est la matrice de passage du plan des  $(x, y)$  au plan des  $(u, v)$ .

On notera au passage que :

$$\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} a(x, y, u_i, v_i) \cdot a(x, y, u_j, v_j) = \delta_{ij} \cdot d_{ij}$$

où  $d_{ij}$  est un nombre

et  $\delta_{ij}$  est le symbole de kronecker

## -2) Transformation de FOURIER

La transformation orthogonale la plus classique bien connue dans ses applications monodimensionnelles et optiques est la transformée de FOURIER. appliquée aux images, elle induit la notion de fréquence spatiale.

Souvent les contours correspondent à des transitions rapides des niveaux de gris ; or les hautes fréquences spatiales sont associées à de brusques changements d'intensité d'où l'idée d'accentuer les contours par un filtrage passe-haut, c'est à dire prendre la transformée de FOURIER

$\mathcal{F}(f(x,y))$  et la multiplier par le filtre de réponse  $h$  tel que :

$$\mathcal{F}(g(x,y)) = \mathcal{F}(f(x,y)) \cdot \mathcal{F}(h(x,y))$$

La définition des transformées de FOURIER directe et inverse sont données par les expressions suivantes :

$$F(u,v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cdot \exp \left\{ -2i\pi \left( \frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right\}$$

$$f(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u,v) \cdot \exp \left\{ 2i\pi \left( \frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right) \right\}$$

Remarquons que la transformée de FOURIER discrete n'est rien d'autre que la série de FOURIER, limitée aux premiers termes jusqu'à un certain rang de la fonction périodique obtenue en répétant indéfiniment l'image  $f(x,y)$ .

- 3 ) Remarques générales

Il existe d'autres transformations orthogonales dérivées de la transformation de FOURIER (HADAMARD, FRESNEL, SLANT, WALSH, HAAR, etc...)  
Ces transformations sont exploitables dans le domaine fréquentiel .

Un avantage qui ressort de ces techniques est que les phénomènes de basses fréquences tels que le flou sont éliminés en grande partie par l'opération de filtrage passe-haut ; on peut noter également la rapidité des calculs , en revanche le bruit lui correspond aux très hautes fréquences d'où un inconvénient majeur .

En outre comme les opérations se font dans le domaine fréquentiel, peu de renseignements sont fournis sur les propriétés locales, c'est pourquoi on doit faire appel à des techniques opérant dans le plan de l'image .

II-4-5- Opérateurs de différentiation spatiale

La première approche ( d'ailleurs la plus simple) pour détecter les contours serait de remplacer la valeur de chaque point par la différence

$$I(x,y) - I(x,y+1) \quad \text{(respectivement)} \quad \left| I(x,y) - I(x+1,y) \right|$$

des niveaux de gris de deux points voisins si' on s'intéresse aux lignes verticales (respectivement horizontales) . Ainsi une valeur élevée par rapport à un certain seuil défini préalablement informera sur l'existence d'une ligne verticale (respectivement horizontale) entre les deux points.

Une telle formule fait penser à une dérivée directionnelle le long de la direction orthogonale au contour cherché, voilà pourquoi les opérateurs que nous allons étudier sont dits des opérateurs de différentiation spatiale et portent le nom générale de "gradient".

On distingue des opérateurs séquentiels et des opérateurs parallèles.

### 1) - Opérateurs séquentiels :

Dans ce type d'opérateurs le résultat en un point dépend de ceux obtenus sur les points précédents.

Ainsi, il s'agira de bien choisir le point de départ, ensuite de définir un critère de dépendance puis celui de fin d'algorithme.

#### - Méthode de ROSENFELD

ROSENFELD et Al. (1971-1972) proposent des algorithmes se basant sur des combinaisons de gradients de plusieurs tailles et sur des images moyennées pour détecter des frontières des tâches ou des traits d'une image.

La méthode proposée par ROSENFELD pour la détection de contours se déroule en quatre étapes :

#### Etape 1 :

On calcule les moyennes de voisinages variables de taille  $2^k \times 2^k$  :

$$A_k(x, y) = \sum_{i=x-2^{k-1}}^{x+2^{k-1}-1} \sum_{j=y-2^{k-1}}^{y+2^{k-1}-1}$$

Etape 2 :

Pour chaque taille  $k$ , pour chaque point  $(x, y)$ , on calcule pour les quatre directions, horizontale, verticale, première diagonale, deuxième diagonale, les différences entre voisinages de même direction de part et d'autre du point  $(x, y)$ ; la valeur maximale de ces quatre différences détermine la meilleure orientation possible.

Etape 3 :

Le choix de la meilleure taille  $k$  qui est la plus grande est fait de telle façon que la taille inférieure  $k-1$  est telle que

$$E_k > 3 E_{k-1}$$

Etape 4 :

Tout point présentant dans son voisinage et dans une direction perpendiculaire à sa meilleure orientation un gradient plus élevé est éliminé.

Les points non éliminés dans cette étape constituent en principe les points de contour.

Vu la complexité évidente que présente cet algorithme, nous avons opté pour l'utilisation des opérateurs parallèles beaucoup plus simples à manier.

2) Opérateurs parallèles :

Dans ce type d'opérateurs on décide sur le champ si un point est de contour ou non, cette décision est indépendante des autres ensembles de points.

En outre ce type d'opérateur peut être appliqué simultanément partout sur l'image.

a) Principe général :

Désignons respectivement par  $I(x,y)$  le niveau de gris d'un point quelconque de l'image et  $T$  la transformation associée à l'opérateur en ce point.

Cette transformée au point à traiter de niveau de gris  $I(x,y)$  est de façon générale:

ce qui peut s'écrire:  $T(I(x,y)) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N A(i,j) * I(i,j)$

$$T(I(x,y)) = \begin{bmatrix} I(1,1) & \dots & I(1,N) \\ \vdots & I(x,y) & \vdots \\ I(N,1) & \dots & I(N,N) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} A(1,1) & \dots & A(1,N) \\ \vdots & A(x,y) & \vdots \\ A(N,1) & \dots & A(N,N) \end{bmatrix}$$

$$= I(1,1) \cdot A(1,1) + A(1,2) \cdot I(1,2) + \dots + A(1,N) \cdot I(1,N)$$

$$+ \dots + I(N,1) \cdot A(N,1) + \dots + I(N,N) \cdot A(N,N)$$

Les coefficients  $A(i,j)$  sont les coefficients de la 1ère matrice  $A(i,j)$  qu'on appelle Masque.

La 2ème matrice représente exactement la disposition du voisinage de points  $I(i,j)$  sur lequel on a traité le point central  $I(x,y)$ ; les deux matrices étant de même dimension.

Exemple sur un voisinage 3x3:

$$T(I(2,2)) = \begin{bmatrix} I(1,1) & I(1,2) & I(1,3) \\ I(2,1) & I(2,2) & I(2,3) \\ I(3,1) & I(3,2) & I(3,3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A(1,1) & A(1,2) & A(1,3) \\ A(2,1) & A(2,2) & A(2,3) \\ A(3,1) & A(3,2) & A(3,3) \end{bmatrix}$$

soit: 
$$T(I(2,2)) = I(1,1).A(1,1) + I(1,2).A(1,2) + I(1,3).A(1,3) + I(2,1).A(2,1) + I(2,2).A(2,2) + I(2,3).A(2,3) + I(3,1).A(3,1) + I(3,2).A(3,2) + I(3,3).A(3,3)$$

$N \times N$  étant la taille du voisinage adopté correspondant au masque appliqué. Ils existent plusieurs masques : Laplace, Sobel, PREWITT, ... A chacun d'eux est associé un ou plusieurs opérateurs.

L'application de l'opérateur se fait en tout point de l'image; en un point d'une zone de transition entre deux régions homogènes, cette application donne une valeur élevée; en revanche en un point d'une zone homogène celle-ci est faible.

Notons que certains masques admettent deux directions (horizontal et vertical) aussi une valeur élevée de l'application T en un point signifiera qu'il passe par  $I(x,y)$  une ligne de même direction que le masque choisi.

b/ Les masques les plus utilisés :

1- Le Laplacien (voisinage  $3 \times 3$ ) :

- Lapla 1 : 
$$H1 = \begin{matrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & +4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{matrix}$$

- Lapla 2 : 
$$H2 = \begin{matrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & +8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$$

- Lapla 3 : 
$$H3 = \begin{matrix} +1 & -2 & +1 \\ -2 & +4 & -2 \\ +1 & -2 & +1 \end{matrix}$$

2- Le Gradient:

i/- Opérateur de Roberts (voisinage  $2 \times 2$ ):

$$H1 = \begin{matrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{matrix} \quad H2 = \begin{matrix} -1 & 0 \\ 0 & +1 \end{matrix}$$

ii/- Opérateur de Mero-Vassy (voisinage  $2 \times 2$ ):

$$H1 = \begin{matrix} 0 & -1 \\ +1 & 0 \end{matrix} \quad H2 = \begin{matrix} -1 & 0 \\ 0 & +1 \end{matrix}$$

Robt (voisinage  $2 \times 2$ ):

$$H1 = \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \quad H2 = \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix}$$

iii/ Opérateur de Roberts (voisinage 3x3):

$$\begin{array}{ccc}
 0 & 0 & -I \\
 HI = 0 & 0 & 0 \\
 +I & 0 & 0
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ccc}
 -I & 0 & 0 \\
 H2 = 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & +I
 \end{array}$$

iiii/- Opérateur de Prewitt:

$$\begin{array}{ccc}
 -I & 0 & +I \\
 HI = -I & 0 & +I \\
 -I & 0 & +I
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ccc}
 +I & +I & +I \\
 H2 = 0 & 0 & 0 \\
 -I & -I & -I
 \end{array}$$

iiii/- Opérateur de Sobel:

$$\begin{array}{ccc}
 I & 0 & -I \\
 HI = 2 & 0 & -2 \\
 I & 0 & -I
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ccc}
 I & 2 & I \\
 H2 = 0 & 0 & 0 \\
 -I & -2 & -I
 \end{array}$$

3- MASQUES EVOLUES:

i/- Opérateur de Chen: (gradient amélioré)

Cet opérateur travaille sur une fenetre 4x4

Au point de reflectance A on associe son transformé :

$$GRAD A = \sqrt[4]{a.b.c.d}$$

A	B	C	D
E	F	G	H
I	J	K	L
M	N	O	P

AVEC:

$$\begin{aligned}
 a &= (|F-K| + |J-G|) \\
 b &= (|A-P| + |F-D|) \\
 c &= (|B-O| + |I-H|) \\
 d &= (|C-N| + |E-L|)
 \end{aligned}$$

ii/- Opérateur Grad 6:

cet opérateur travaille sur un voisinage 5x5

I5	I4	I3	I2	I1
I6	4	3	2	I0
I7	5	(x,y)	I	9
I8	6	7	8	24
I9	20	21	22	23

La transformée G(x,y) est :

$$\begin{aligned}
 G(x,y) &= |v(I5)-v(25)| + |v(I1)-v(I9)| + |v(I2)-v(20)| + |v(I6)-v(24)| \\
 &+ |v(I4)-v(22)| + |v(I8)-v(I0)| + |v(4)-v(8)| + |v(6)-v(2)|
 \end{aligned}$$



iii /- Operateur de HUMMEL (voisinage 6x6)

0,00	-0,75	-1	-1,0	-0,75	0,00
-0,45	-1,0	-1,3	-1,3	-1,0	-0,45
-0,20	-0,45	-0,8	-0,8	-0,45	-0,20
0,20	0,45	0,8	0,8	0,45	0,20
0,45	1,0	1,3	1,3	1,0	0,45
0,00	0,75	1,0	1,0	1,0	0,00

## II-5- ETAPE DE LIAISON DES CONTOURS ENTRECOURPES

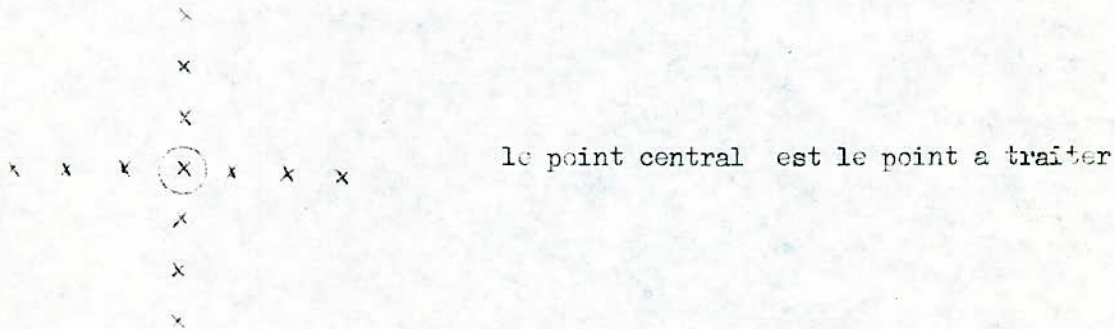
Les resultats obtenus lors de la detection des contours ont très souvent besoin d'etre ameliores dans la mesure ou certains contours sont discontinus aussi il est necessaire de les relier afin d'avoir de meilleurs resultats lors du seuillage.

### II-5-I Etude d'un algorithme:

Nous etudions un algorithme se basant sur le codage de Freeman et permettant de detecter la direction optimale en un point ce qui prévoit l'allure du contour et son orientation en ses points de discontinuité.

Cet algorithme se deroule en deux grandes phases:

i/ On opere sur des zones de taille 50x256. Pour chaque zone et pour chaque niveau de gris  $L(0 \leq L \leq 255)$  on determine tous les points ayant ce ton de gris ensuite on mesure pour chacun de ces points la valeur du module du gradient de luminosité sur le voisinage ci-dessous:



Rappelons que le module du gradient s'exprime de plusieurs manières liées d'une part aux différentes expressions du gradient sur un ensemble discret, d'autre part aux différentes normes utilisées pour le calcul du module.

La composante horizontale du gradient est:

$$H = \sum_{k=1}^3 [I(i, j-k) - I(i, j+k)]$$

La composante verticale est:

$$V = \sum_{k=1}^3 [I(i-k, j) - I(i+k, j)]$$

A tout niveau de gris  $L$  on associe la somme des modules de gradient des pixels dont le ton de gris vaut  $L$ . Si la courbe en question présente un maximum cela veut alors dire que qu'il y existe une

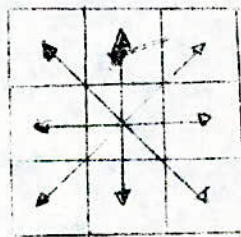
qu'il y existe une ligne de contraste suivant un certain niveau de luminosité indiqué par l'abscisse du maximum.

L'image obtenue comporte alors deux plages de points dont le niveau de gris est respectivement supérieur et inférieur au seuil, la frontière entre les deux plages donne la ligne de contraste cherchée qu'on appelle ligne caractéristique en contour; rappelons que la ligne de contraste est la ligne dont les points présentent la plus forte transition de luminosité.

Les points appartenants à cette ligne de contraste sont dits points caractéristiques.

ii/ Le niveau de gris correspondant à la ligne de contraste étant déterminé, on parcourt la zone 50 X 256 points ligne par ligne, si le point testé est caractéristique cela signifie que la frontière existe et passe par ce point si bien qu'en opérant sur un voisinage de 3x3 ayant le point caractéristique comme point central, on déterminera parmi les huit qui l'entourent les deux points qui ont la plus forte probabilité de se trouver sur la frontière.

Les points du carré 3x3 seront numérotés par  $i, i \in \{0, 1, 2, 3, \dots, 7\}$



Les 8 directions possibles

designons respectivement par  $T(i)$  et  $T_c$  les luminosités aux points  $i$  et au centre.

On appelle gradient circulaire le nombre:

$$G(i) = T(i+1) - T(i-1)$$

$i+1$  ET  $i-1$  étant calculés modulo 8

D'autre part on appelle gradient par rapport au centre le nombre:

d'où

$$g(i) = T(i) - T_c$$

$$g(1) = T(1) - T(0)$$

$$g(2) = T(3) - T(1)$$

$$\vdots$$

et

$$g(1) = T(1) - T_c$$

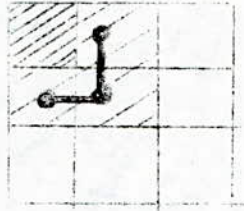
$$g(2) = T(2) - T_c \dots \text{etc.}$$

On introduit la fonction de densité:

$$K(i) = \begin{cases} [ |G(i)| - |g(i)| ] \times \text{SIGNE}(G(i)) & \text{si } |G(i)| > |g(i)| \\ 0 & \text{si } |G(i)| < |g(i)| \end{cases}$$

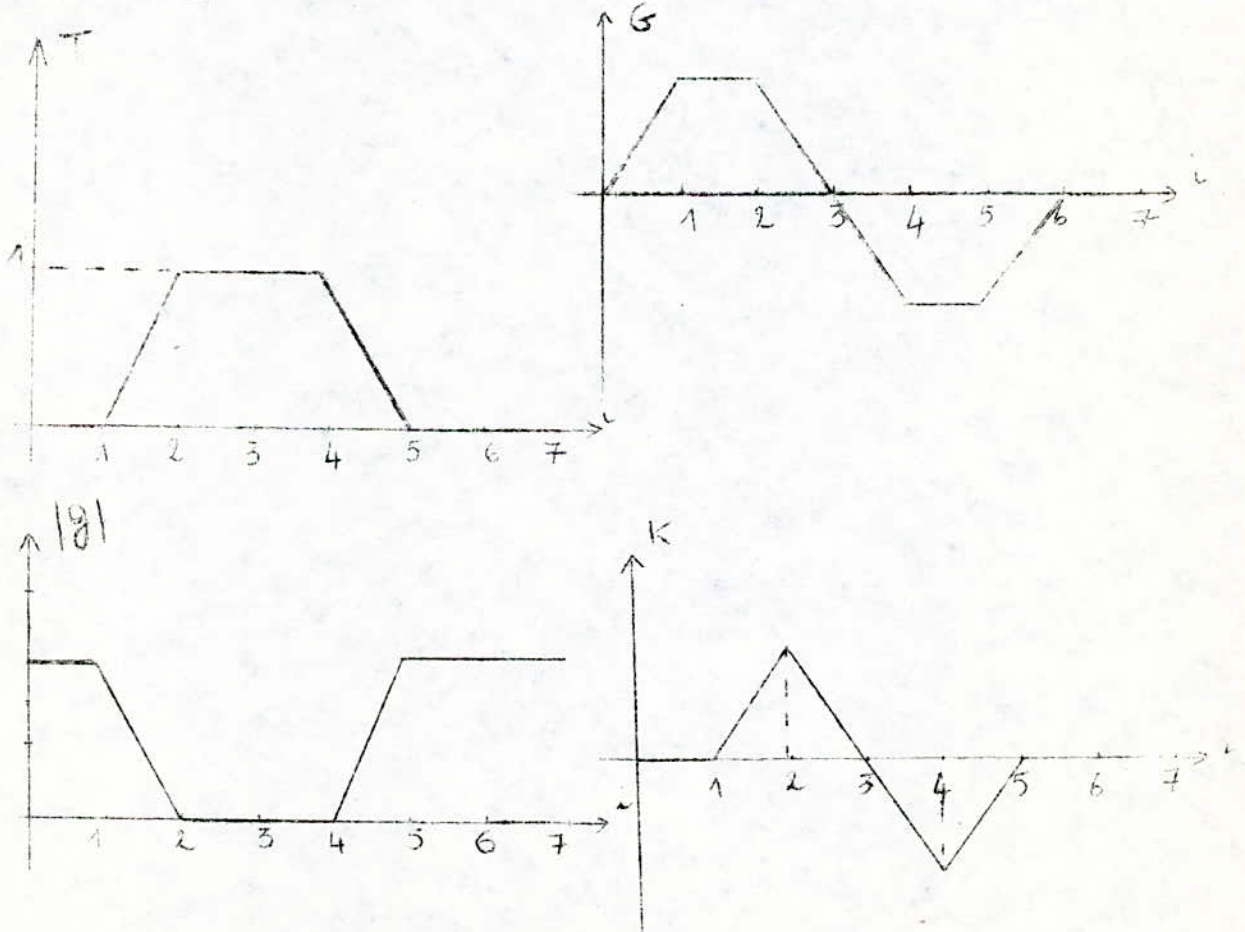
Un point frontière est un des extremums de cette fonction

Exemple:



Les trois points voisins étant pris dans cet exemple comme des points caracteristiques.

En developpant suivant une droite on a:



On introduit la fonction de densité:

$$K(i) = \begin{cases} [|G(i)| - |g(i)|] \times \text{SIGNE}(G(i)) & \text{si } |G(i)| > |g(i)| \\ 0 & \text{si } |G(i)| < |g(i)| \end{cases}$$

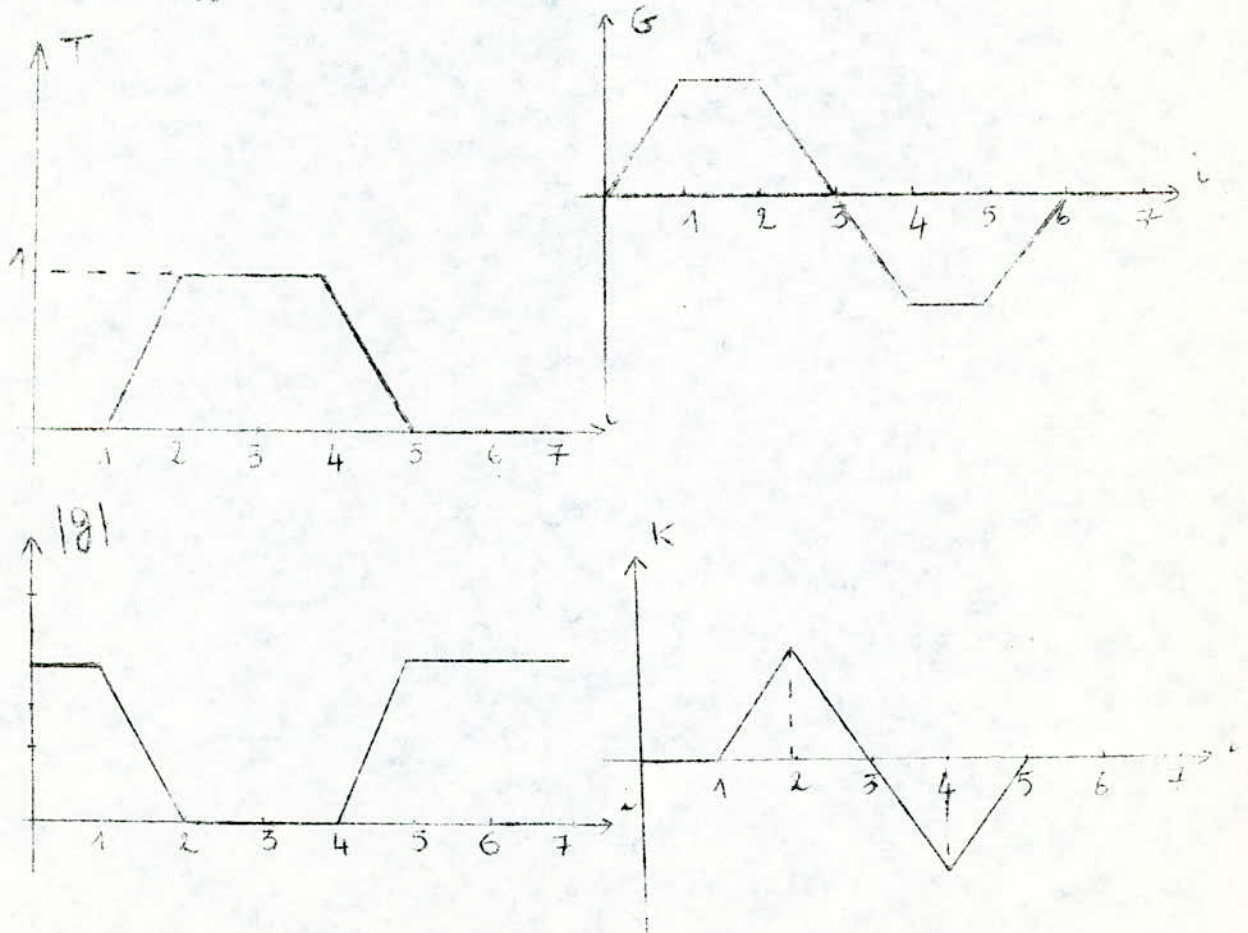
Un point frontière est un des extremums de cette fonction.

Exemple:

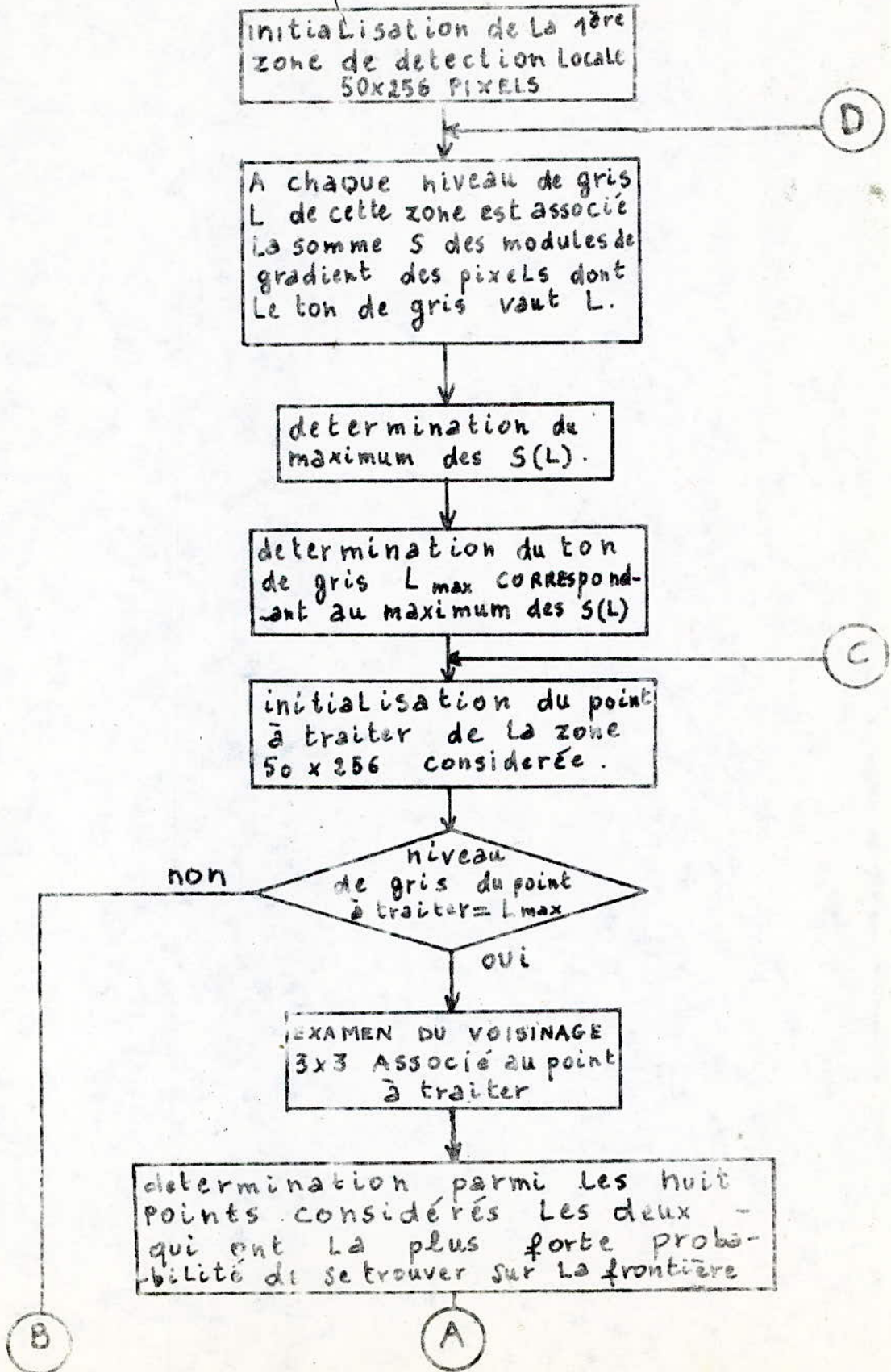


Les trois points voisins étant pris dans cet exemple comme des points caractéristiques.

En développant suivant une droite on a:



II-5-2 - organigramme:



## II.6. ETAPE DE SEUILLAGE :

### II.6.1 - GENERALITES :

L'étape de seuillage est sans aucun doute l'étape la plus importante de la chaîne de traitement car la suite des traitements ultérieurs y dépend fortement.

Nous avons vu que l'application des opérateurs de différentiation à l'image permettrait de mettre en évidence les points frontières.

L'étape de seuillage vise à rendre l'image détectée multi-niveaux en image bi-niveaux et en particulier binaire où seuls apparaissent les points de contours.

On peut se demander le pourquoi d'une telle étape, la réponse est la suivante :

Dans le domaine de la reconnaissance des formes, on n'est intéressé que par la délimitation des objets de la scène étudiée (développement d'une tumeur en médecine, ampleur de la desertification en télédétection etc...) sans à se préoccuper de la nature de ces objets (sable, végétation, eau, sel, etc...).

Il est alors intéressant de ne faire apparaître sur l'image que les seuls contours .

En effet l'avantage qui ressort d'une telle opération se situe à deux niveaux :

- L'oeil humain tirera beaucoup plus d'informations sur les contours puisque les niveaux de luminosité à différencier ne seront que deux.

- L'existence de deux valeurs 0 et 1 conduit à une facilité d'implantation et de traitement informatique puisque à priori il y a beaucoup moins d'opération à traiter et donc un soulagement dans le temps de calcul.

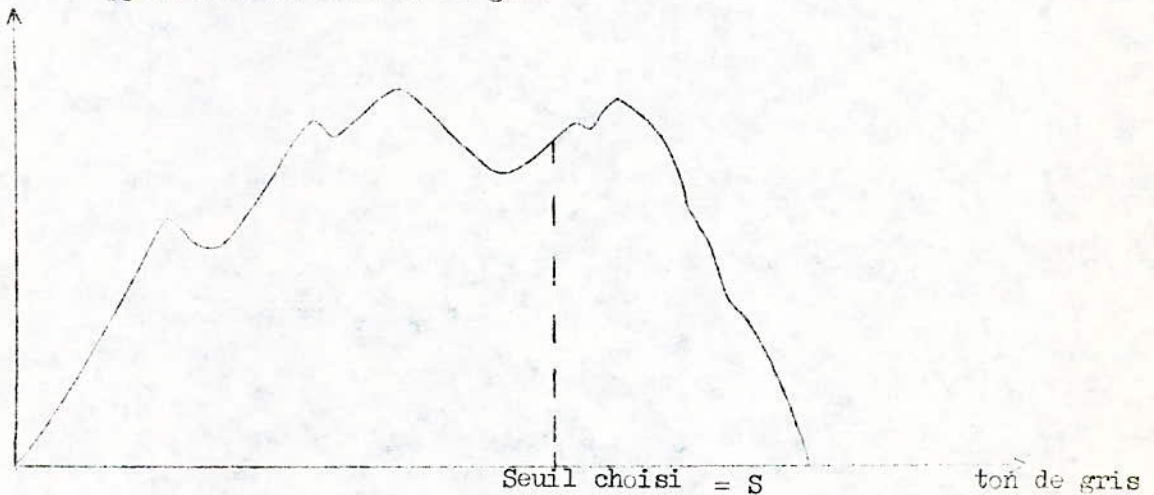
L'utilisation d'un seuil approprié permet d'obtenir une image binaire. On affecte aux points dont le niveau de gris est inférieur (respectivement supérieur) à ce seuil la valeur 0 (respectivement 1)

On verra que le gros problème du seuillage est justement le choix de ce seuil.

La détermination de celui-ci se fait très souvent de façon empirique et les méthodes de seuillage se font par approche statistique ou géométrique.

II.6.2 - SEUILLAGE GLOBAL : Méthode se basant sur l'histogramme

fréquence d'apparition des niveaux de gris



Ce seuil  $S$  étant choisi dans la gamme des niveaux de gris, les points dont le niveau de gris est inférieur à ce seuil sont éliminés. Après la sortie de l'image, celle-ci est visualisée. Si on estime que l'image détectée offre peu d'informations, le processus du choix du seuil est répété jusqu'à l'obtention d'une meilleure détection de contour. Ce seuillage est dit global.



L'application de ce processus au CHOT-ECH-CHERGUI montre des caractéristiques importantes de l'image (La frontière CHOTT-Contest est relativement bien tracée).

Néanmoins à deux reprises ( $S=10$  et  $S=11$ ) les transitions intérieures et extérieures du CHOT sont peu ou pas discernables. Ce qui ne permet pas une interprétation complète de la délimitation des phénomènes existant dans le CHOTT (sel-humidité-végétation).

En résumé ce seuillage global ne tient pas compte des caractéristiques locales de l'image, ce qui était tout à fait prévisible.

En effet, le choix d'une seule valeur  $S$  pour toute l'image néglige totalement l'aspect relatif de la notion de frontière.

Pour une même image (frontière faible, transition peu prononcée dans un environnement où les gradients sont presque nuls, à autant d'importance qu'une frontière forte (transition très prononcée) dans une zone de gradient élevé.

Plusieurs seuils sont donc nécessaires pour une même image.

C'est pourquoi un processus de seuillage local est indispensable celui-ci permettra, du moins en principe, de détecter chaque type de contour indépendamment de la transition qu'il constitue.

### II.6.3 - SEUILLAGE LOCAL :

Il est nécessaire de localiser les différents types de contours de l'image, fenêtre par fenêtre.

Sur chaque sous-image de taille suffisamment restreinte pour ne contenir qu'un seul type de transition, un seuil est estimé.

La portion de contour se trouvant dans cette sous-image est filtrée quelque soit la transition qui lui correspond.

1) Techniques de sélection géométrique :

Parmi les techniques de sélection locale géométrique on notera la méthode de HUECKEL.

- Méthode de HUECKEL :

Le principe de cette méthode se résume brièvement comme suit :

- Déplacer une fenêtre circulaire de 40 à 60 points sur l'image et séparer les points de la fenêtre de la façon suivante :

- i) Quelle est la droite qui sépare au mieux la sous image en deux plages différentes ?
- ii) Est-ce que la différence entre les niveaux de gris moyens de ces deux plages ne dépasse pas un certain seuil ?

Si ce seuil n'est pas atteint ne pas prendre en compte cette portion de droite).

Il est difficile d'envisager en pratique ce processus sur des images multiniveaux c'est la raison pour laquelle on lui préfère des fenêtres rectangulaires d'une part et d'autre part des techniques statistiques d'estimation du seuil beaucoup plus simple à manipuler.

2) Méthodes de sélection statistique :

Une des techniques statistiques de sélection locale est la méthode du double seuillage paramétrique local.

- Méthode s'appuie sur le comportement statistique de la population de chaque fenêtre de l'image pour définir un seuil.

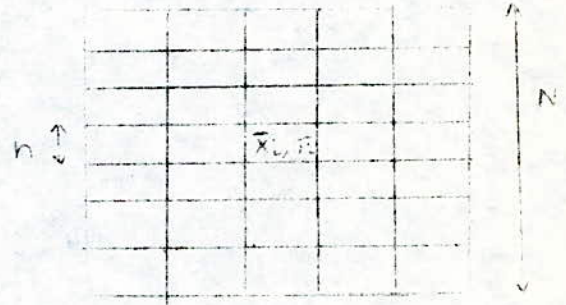
Elle se déroule selon les étapes suivantes :

- a)- Effectuer un tissage par moyennes locales sur l'image originale.
- b)- Appliquer l'opérateur de chen à l'image lissée.
- c)- Déplacer sur l'image gradient une fenêtre ( $n \times n$ ) et calculer pour chacune :

-La moyenne :  $\bar{X} = \frac{1}{n \times n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X(i, j)$

-La variance:  $\sigma^2 = \frac{1}{n \times n} \sum \sum X^2(i, j) - \left( \frac{1}{n \times n} \sum \sum X(i, j) \right)^2$

Chaque fenêtre de taille  $n \times n$  aura un couple de valeurs associées  $\bar{X}_i$ ,  $\sigma_i$  que nous rangeons dans deux matrices MOY et VAR de dimension  $\left( \frac{N}{n} \times \frac{N}{n} \right)$



La taille  $n \times n$  est un premier paramètre critique que nous définissons expérimentalement.

d)- Nous définissons une valeur de variance "VARSEUIL" en deça de laquelle des fenêtres correspondantes sont éliminées.

Remarquons que pour déterminer une variance-seuil, nous exploitons l'image brute sur laquelle nous cherchons un ou plusieurs carrés ( $n \times n$ ) ayant le contour le moins prononcé. Nous fixons comme valeur de VARSEUIL, la valeur moyenne des variances de ces fenêtres  $n \times n$ .

En outre, cette valeur de VARSEUIL n'est pas définitive aussi on effectue quelque itérations pour l'optimiser sur la base des résultats de l'interprétation des contours.

e)- Si une fenêtre  $X_i$  à une variance  $VAR_i$  telle que :  
" $VAR_i < VARSEUIL$ ", alors éliminer tous les points de la fenêtre  $X_i$ .

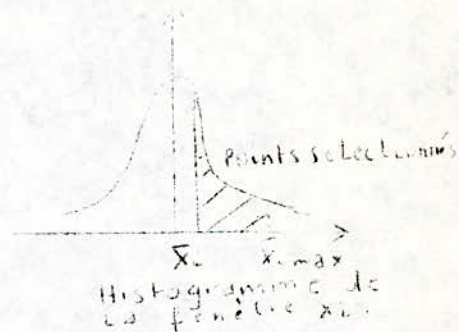
f)- Les fenêtres non éliminées par le test précédents contiennent théoriquement des tronçons de contours, il s'agit dans cet étape de les détecter. Pour cela, un deuxième seuillage, cette fois-ci est <sup>local</sup> à mettre au point et nous exploiterons toujours les caractéristiques statistiques de chaque fenêtre.

La valeur du seuil local adopté pour chaque fenêtre  $X_i$  de taille  $(n \times n)$  est :

$$X_i \text{ seuil} = \bar{X}_i + a \sigma_i$$

Où :  $\bar{X}_i$  est la moyenne de niveau de gris  $X_i$

$a$  : est un coefficient compris entre 0 et 1 qui permet de déplacer la valeur  $X_i$  seuil sur l'intervalle  $\bar{X}_i, \bar{X}_i \text{ max}$



Pour chaque fenêtre nous faisons :

Si  $X_{ji} < X_i$  seuil alors éliminer les  $X_{ji}$  sinon garder  $X_{ji}$  (c'est un point de contour).

Nous déplaçons  $a$  jusqu'à optimisation.

Ce processus de seuillage local proposé par A. OUSSEDIK a été appliqué à un thème d'étude en l'occurrence, le CHOTT-ECH-CHERGUI et a permis après plusieurs essais la détection de différentes transitions à la fois de microcontours à l'intérieur et à l'extérieur du CHOTT (apparaissent nettement sur l'image).

## II.7. - ETAPE DE MISE EN FORME

Après l'étape de seuillage, l'image binaire peut être entachée de défauts tels que coupures, trous, points isolés, points aberrants, distorsions etc...

Aussi il est impératif de corriger ces défauts afin d'interpréter correctement l'image.

Les deux méthodes que l'on va présenter corrigent respectivement les coupures, les trous et éliminent les points isolés.

Ces deux méthodes font appel à des notions topologiques, voilà pourquoi un certain nombre de rappels est nécessaire.

### II.7.1 - RAPPELS TOPOLOGIQUES

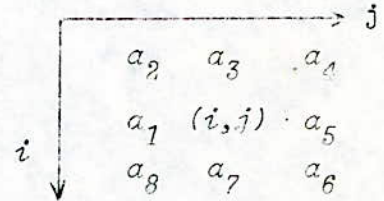
Forme : Nous désignerons par  $F$  l'ensemble des 1 de l'image que l'on appellera forme et  $\bar{F}$  l'ensemble des zéros.

CONNEXITE DANS LES IMAGES DIGITALES BINAIRES :

Soit un point de coordonnées  $(i, j)$  situé dans  $\mathcal{F}$  désignons par  $F$   
 $F = (V_{n+2}(P) - V_n(P))$  dans .

L'expression :

$$\gamma = \sum_{k=1}^{4n+3} |a_{k+1} - a_k| + |a_1 - a_{4n+4}|$$



permet de se rendre compte de l'état topologique de  $F$  .

En effet pour  $\gamma > 4$ ,  $F \cap \mathcal{F}$  (respectivement  $F \cap \overline{\mathcal{F}}$ ) est non connexe et connexe dans les autres cas.

Si  $F \cap \mathcal{F}$  (respectivement  $F \cap \overline{\mathcal{F}}$ ) forme une courbe fermée (trou) alors  $\gamma = 0$  puisque les  $|a_{k+1} - a_k|$  sont tous nuls, en revanche si  $F \cap \mathcal{F}$  (respectivement  $F \cap \overline{\mathcal{F}}$ ) est ouverte sur un seul côté,  $\gamma$  est égale à 2.

II.7.2.- ALGORITHME D'ELIMINATION DES POINTS ISOLES

Il s'agit tout d'abord de chercher tous les points  $P(i, j)$  qui appartiennent à  $\mathcal{F}$  associé à un voisinage inclu dans  $\mathcal{F}$  d'ordre  $n$  lequel est initialisé à une valeur  $m$ .

L'ensemble  $A = (V_{n+2}(P) - V_n(P)) \cap \mathcal{F}$  est examiné :

Si  $A$  vérifie l'une des 3 conditions suivantes :

- Non connexe (coupure)
- Constitue une courbe fermée.
- Constitue une courbe ouverte sur un seul côté.

Alors on affecte au point  $P$  la valeur 0.

Cet algorithme est appliqué à tous les points de l'image en faisant décroître jusqu'à 0 par pas de 1.

On applique le meme algorithme sauf qu'il faut remplacer  $\bar{F}$  par  $\bar{F}$  et affecter au point à considérer la valeur -1 (au lieu de 0 comme c'est le cas pour le I r algorithme) si toutefois l'ensemble  $(V_{n+2}(P) - V_n(P)) \cap \bar{F}$  vérifie l'une des 3 conditions énoncées précédemment. Cet algorithme corrige trous et coupures de largeur  $1 \leq m$ .

Pour les deux algorithmes on a pris comme paramètre  $m = 3$

Exemples:

Pour  $n = 1$ , les ensembles  $(V(\cdot) - V(p)) \cap \bar{F}$  (respectivement  $(V(p) - V(p)) \cap \bar{F}$ ) admettent pour  $\chi$ :  $\chi = \sum_{k=1}^7 |a_{k+1} - a_k| + |a_1 - a_3|$   
 Les voisinages suivants représentent respectivement des ensembles de  $I$  ( $F \cap \bar{F}$ ) et de  $O(F \cap \bar{F})$ :

- Non connexe ( c'est-à-dire  $\chi \geq 4$  ) :

I	0	0	I	0	I	0
I	0	I	I	I	I	0
I	0	I	I	0	0	0

- Forment une courbe fermée ( ou trou avec  $\chi = 0$  ) :

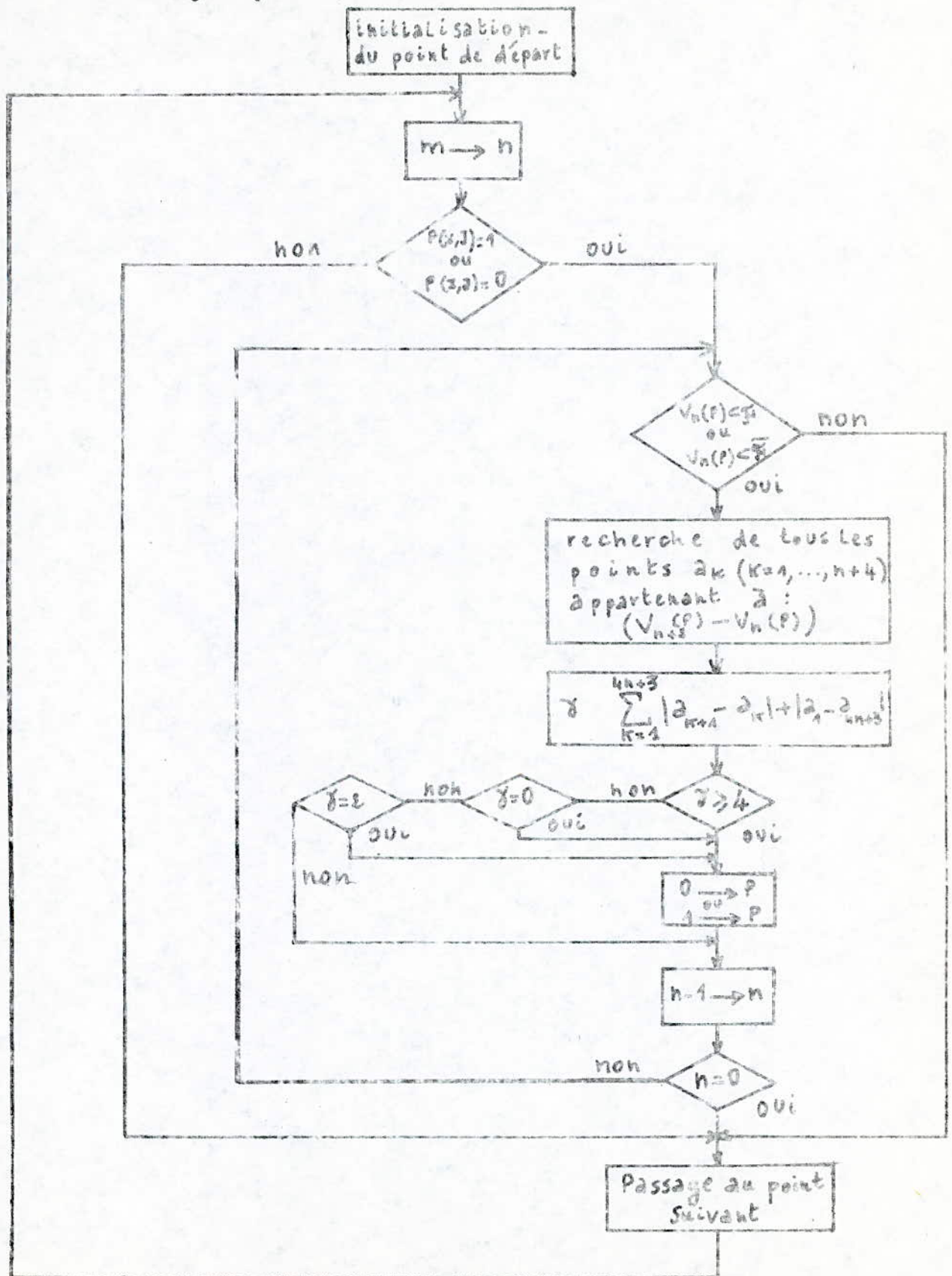
I	I	I	0	0	0
I	0	I	0	I	0
I	I	I	0	0	0

- Courbe ouverte sur un seul coté ( irrégularité locale avec  $\chi = 2$  ) :

I	I	0	0	0	I
I	0	0	0	I	I
I	I	0	0	0	I

L'organigramme relatif aux deux algorithmes se présente comme suit :

II. 7. 4 organigramme :



## II.8 - ETAPE D'AFFINEMENT

Souvent l'image présente en certains endroits des contours d'une certaine épaisseur. Pour une interprétation plus précise des phénomènes, on a tout intérêt à rendre fins ces contours : l'étape de traitement correspondante est appelée étape d'affinement.

Les méthodes d'affinement existantes diffèrent suivant l'approche adoptée.

A cet effet, on distingue les méthodes empiriques se basant sur des tests de configurations, les méthodes statistiques et enfin les méthodes se basant sur des considérations topologiques.

### II.8.1 - PROCEDE SE BASANT SUR CERTAINES CONFIGURATIONS

MORTIMER et STENTIFORD ont proposé une méthode d'affinement se basant sur un procédé empirique.

L'image étant binaire, les "1" représentent les points de contours, le "0" les régions homogènes.

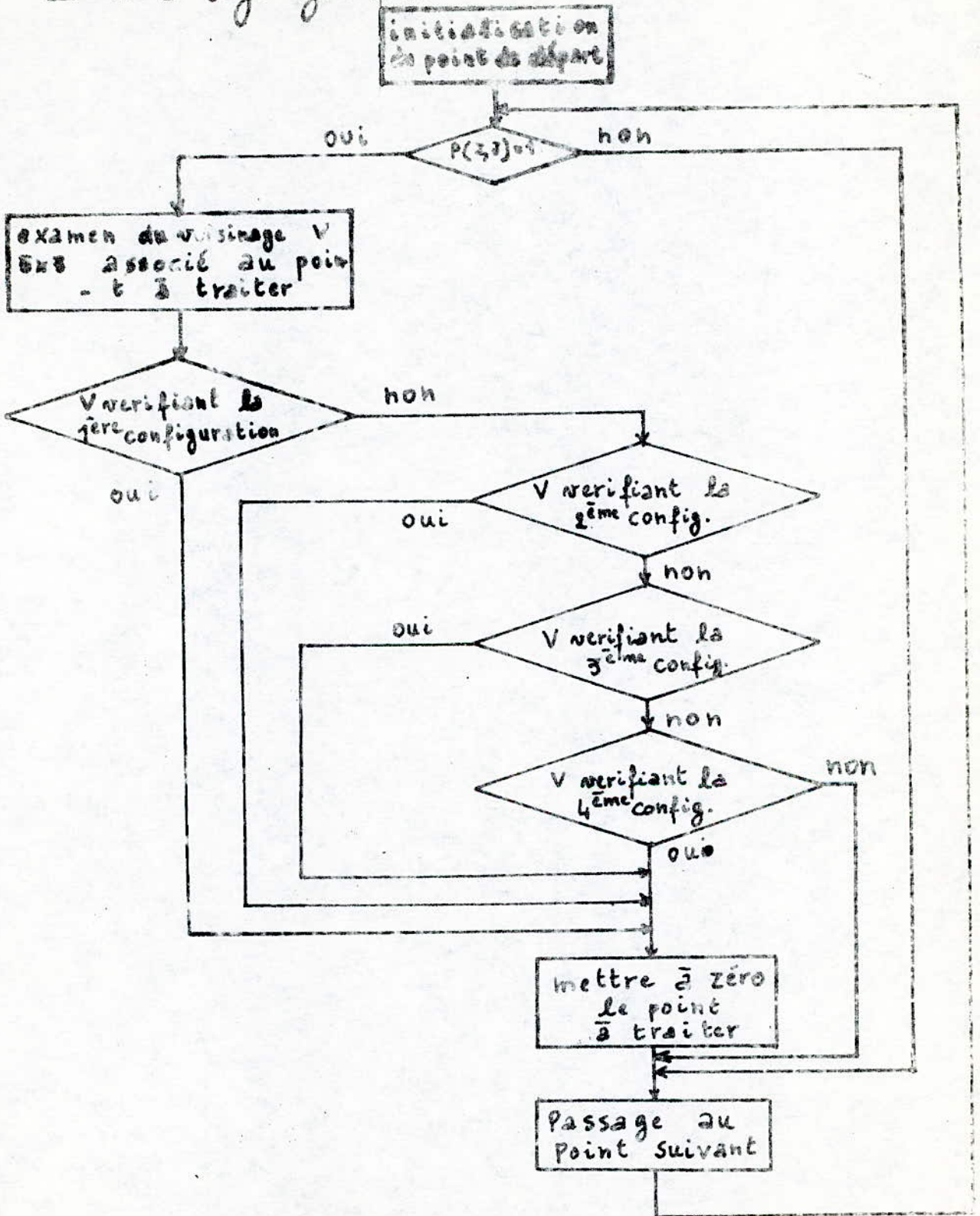
Cette méthode consiste à appliquer à tout point de contour les 4 "matrices" 3X3 suivantes :

X	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X
X	1	X	0	1	1	X	1	X	1	0
X	1	X	X	X	X	X	0	X	X	X

La valeur de X est indifférente (pouvant prendre aussi bien la valeur 1 que 0).



## II - 8 - 2 organigramme:



L'élément de contour central d'un voisinage 3X3 présentant la même configuration que l'une de ces matrices est classé non de contour et est de ce fait supprimé.

Illustration sur un exemple :

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

Avant affinement

Après affinement

II.8.3.- METHODE D'AFFINEMENT DE HILDITSH

Celle-ci opère sur un voisinage 3X3 numéroté de la façon suivante :

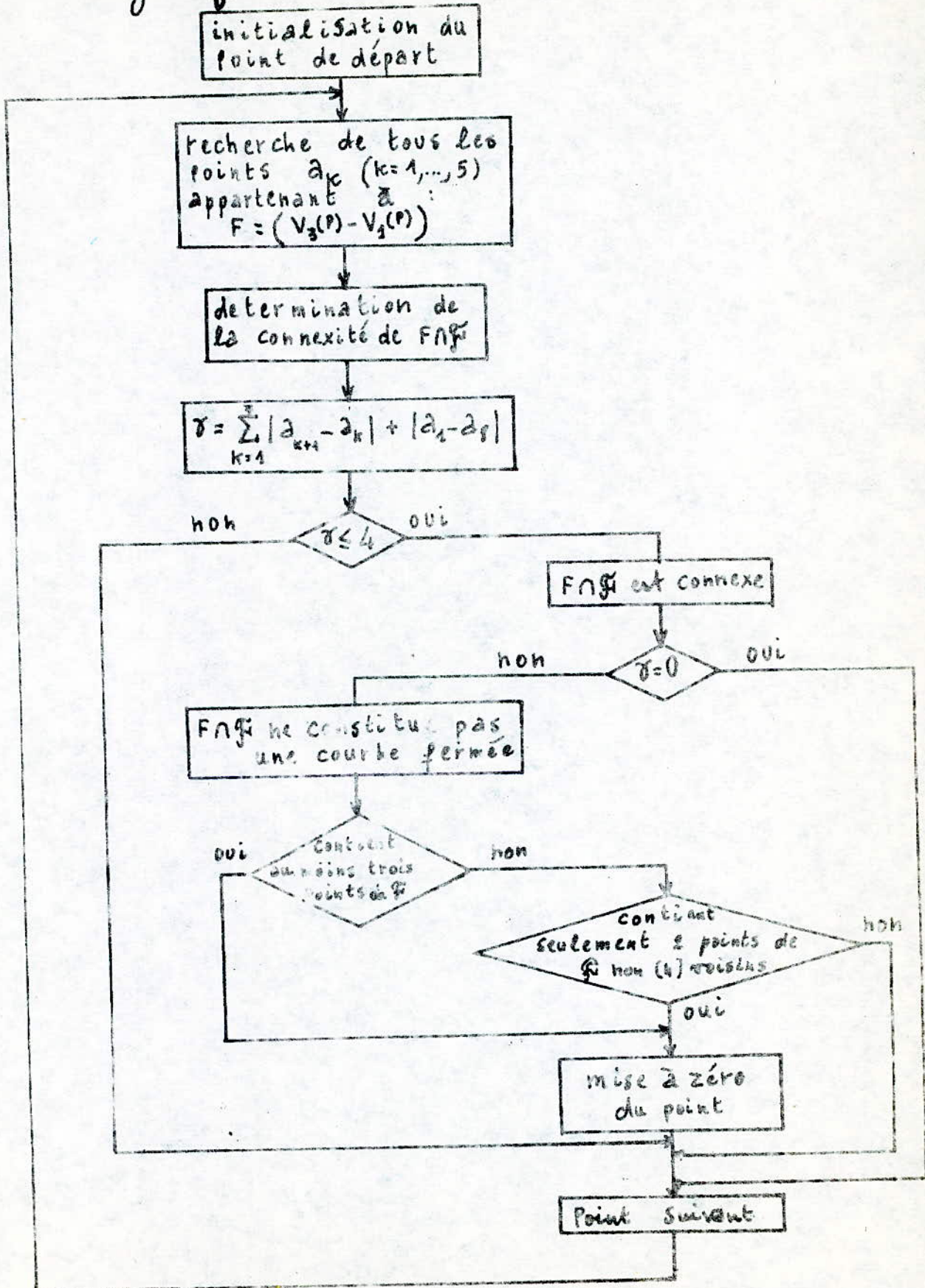
P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

Designons par A (P1) et B(P1) respectivement le nombre de suite 01 dans l'ordre P2, P3, P4, ..., P9, P8 des voisins de P1 et le nombre de voisins non nuls de P1.

Le point P1 est mis à zéro s'il vérifie simultanément les 4 conditions suivantes :

- (a)  $2 \leq B(P1) \leq 6$
- (b)  $A(P1) = 1$
- (c)  $P2, P4, P8 = 0$  ou  $A(P2) = 1$
- (d)  $P2, P4, P6 = 0$  ou  $A(P4) = 1$

## II-8-6 organigramme:



*Application sur un exemple :*

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

*Avant affinement*

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

*Après affinement*

ANALYSE DES RESULTATS

La fenetre de données représente des niveaux de gris plus ou moins dispersés ; le resultat de la méthode de Tsuji et Al montre qu'un grand nombre de points est intégré a son vrai voisinage (niveau<sup>o</sup> de gris 36 Et 27 ) toutefois la structure contour parait en certains endroits épaisse donc contour dégradé( l'image que l'on verrait réellement serait assez flous ). En revanche le resultat de la methode de Nagao et Matsuyama montre une préservation des contours de l'épaississement: la structure des contours est mince, ce qui montre un nettoyage appreciable des points-bruits traditionnellement associés aux contours on notera que l'on peut itérer le processus si on s'estime non satisfait des resultats offerts.

La methode de liaison des contours incomplets à son importance vu qu'elle pourrait relier les linéaments en s'aidant de procedes de direction optimale ( dans notre cas le code de Freeman ) permettant de prévoir l'allure du contour et son orientation en ses points de discontinuite.

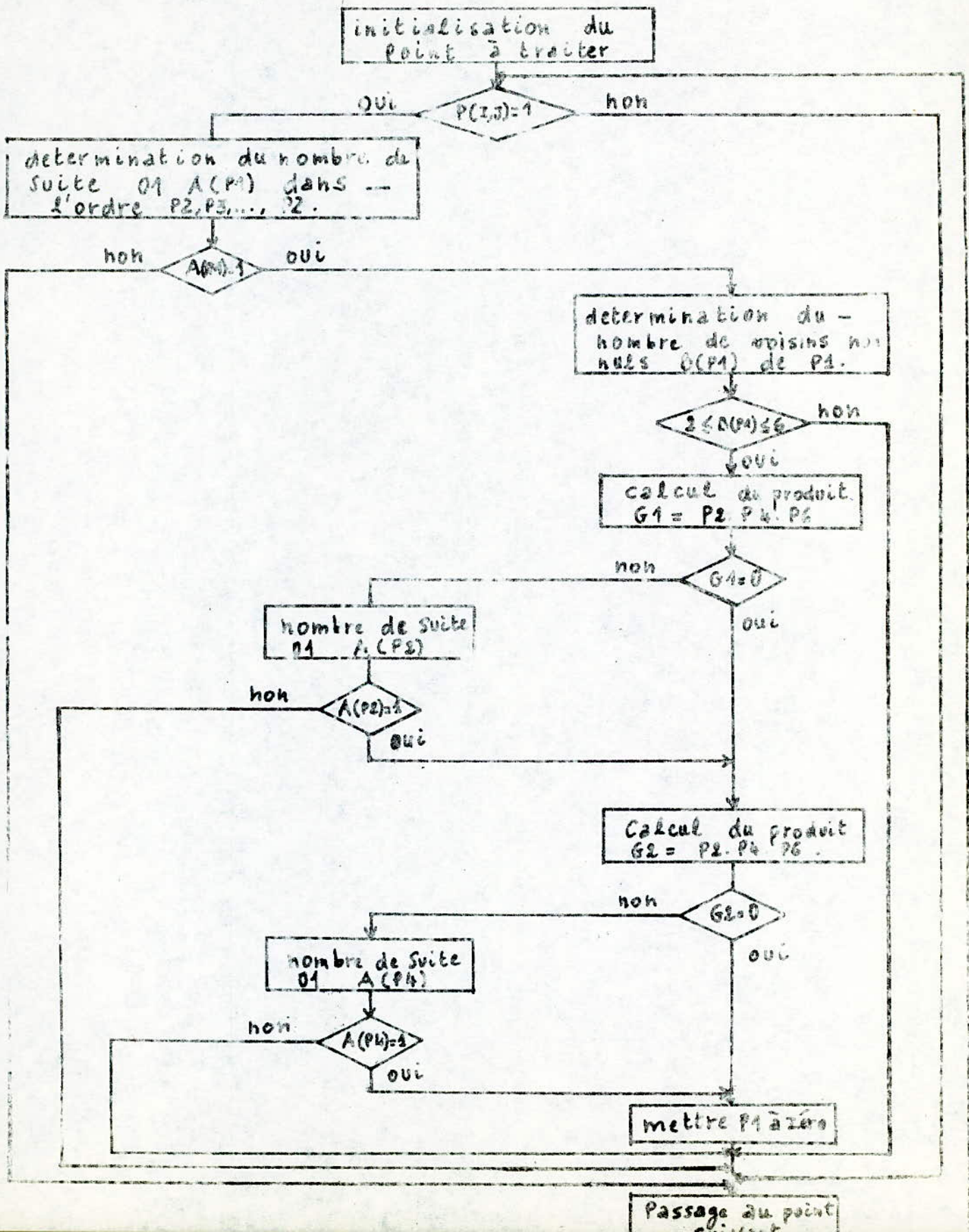
L'operateur de Chen a permis sur la fenetre de bien mettre en evidence le contour de "montagne" apparaissant sur la fenetre ( correspondant aux "pixels transformés" a fort ton de gris )

L'application de la mise en forme( elimination des points isolés et correction des coupures ) aurait certainement permit de corriger l'image binaire des défauts habituels qui s'y rattachent.

Dans l'etape d'affinement , la methode des configurations affine les contours dans quatre directions possibles; le resultat montre un amincissement appreciable au niveau de l'axe median de la lettre X mais toutefois il y a apparition au bas de la lettre de branches parasites verticales.

La methode de Hilditsh montre qu'il y a e' revanche une conservation de la forme initiale de la lettre X avec affinement au mieux de cette

II-8-4 - organigramme:



Exemples :

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

Avant affinement

Après affinement

#### II.8.5 - METHODE DE CASTAN :

Cette méthode proposée par CASTAN et MABONNE se base sur des considérations topologiques.

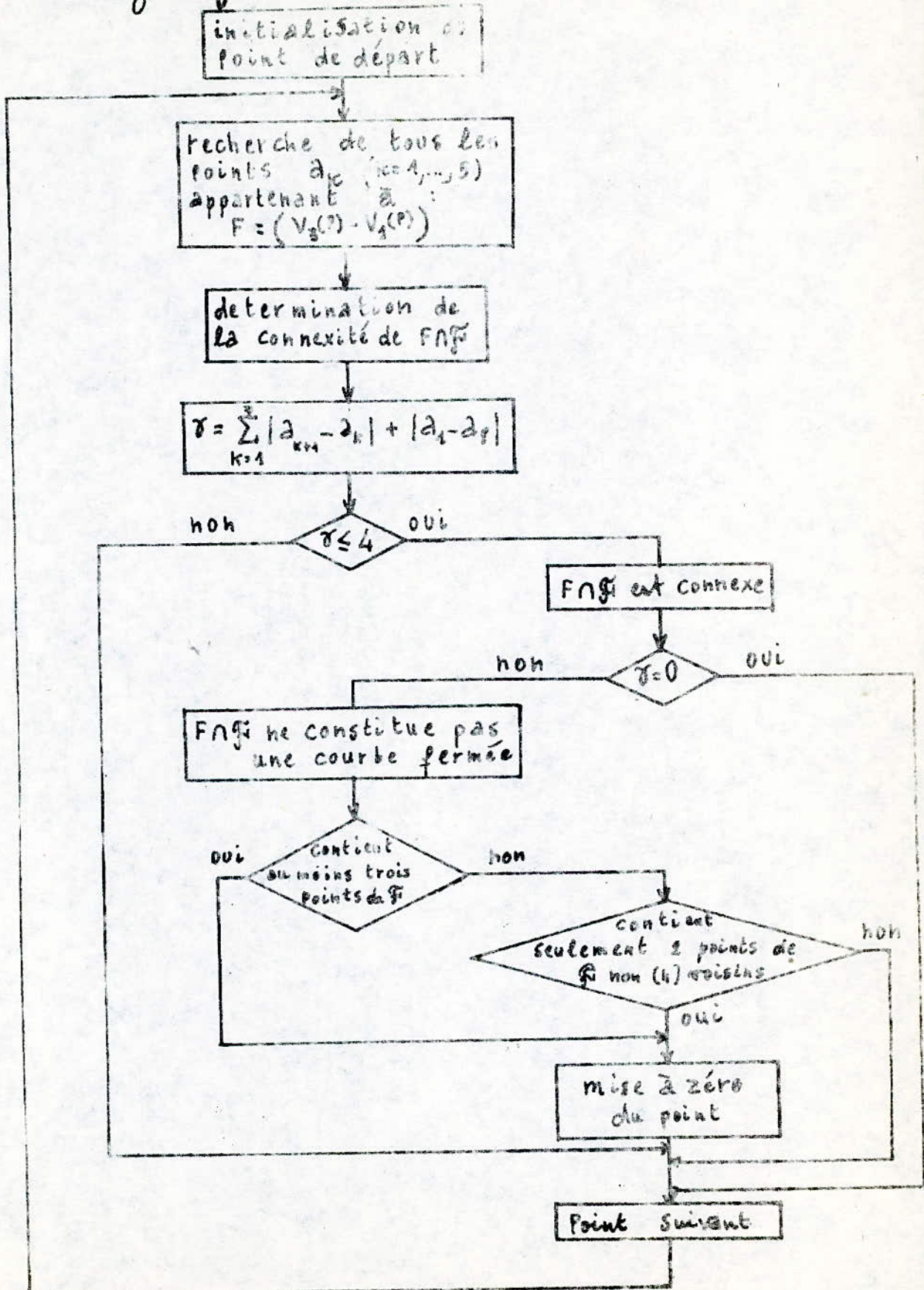
On examine tout point  $P$  de l'image différent de zéro. Si l'ensemble  $(V_3(P) - V_1(P)) \cap \tilde{F}$  vérifie simultanément les conditions suivantes :

- Est connexe (donc  $\gamma < 4$ )
- Ne constitue pas une courbe fermée.
- Contient au moins trois de  $\tilde{F}$  ou seulement deux points non (4) voisins on peut enlever  $P$  de l'image.

Le point  $P$  en question est mis à 0.



## II-8-6 Organigramme:



*Application sur un exemple :*

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

*Avant affinement*

*Après affinement*

ANALYSE DES RESULTATS

III-I PRETRAITEMENT

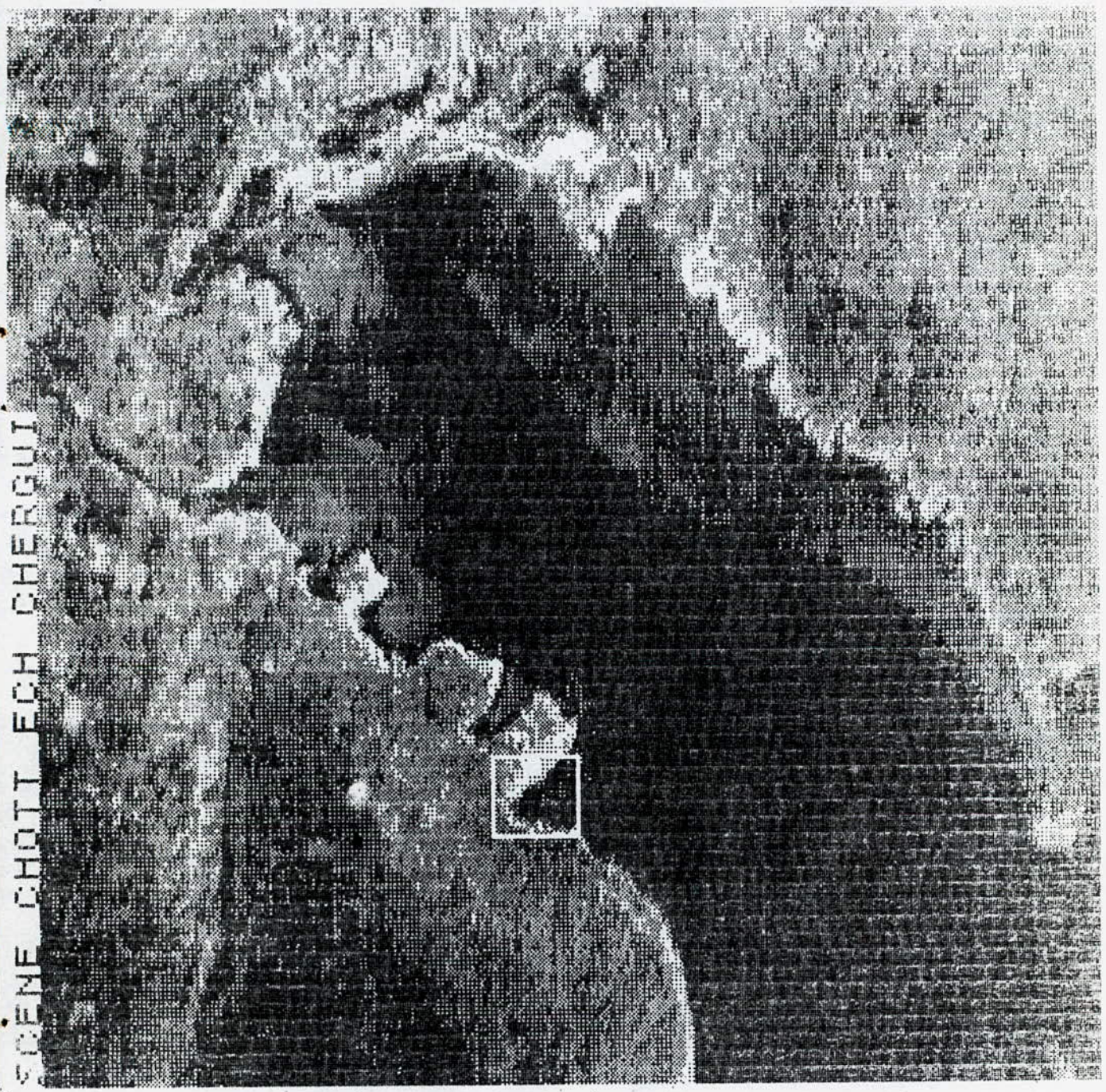
FENETRE 15x15 DE L'IMAGE ORIGINALE DE LA SCENE CHOTT-ECH-CHERGUI

36	35	36	36	36	36	36	34	33	31	33	33	34	35	35	
33	33	36	36	33	34	35	34	33	33	33	31	30	33	35	
35	33	33	36	36	33	34	33	34	33	34	34	36	33	36	
35	34	34	35	35	33	35	35	36	33	35	35	36	36	35	
35	35	35	35	35	35	35	35	37	38	38	33	35	35	35	
34	35	35	37	38	37	37	38	39	39	33	37	36	38	38	
35	35	38	37	38	33	36	36	39	40	44	40	39	44	44	
34	35	35	35	31	33	36	35	39	37	44	43	43	37	48	
36	36	34	34	35	28	29	29	28	40	44	45	43	43	43	
35	35	35	29	27	27	27	27	28	45	40	43	41	42	44	45
39	35	35	36	36	30	30	30	29	28	33	44	45	44	45	
36	38	39	38	28	29	28	29	27	28	34	37	40	42	45	
36	35	38	34	27	28	28	29	29	28	28	37	44	45	39	
39	38	37	29	28	29	29	27	27	27	28	28	37	37	39	
37	37	31	27	27	28	28	28	28	28	28	27	28	36	29	

RESULTAT DU PRETRAITEMENT DE LA FENETRE 15x15 PAR LA METHODE DE TSUJI ET AL

33	35	36	36	36	36	36	35	32	33	32	35	36	36	36
33	35	36	36	36	36	36	36	34	34	34	36	36	36	36
35	36	36	36	36	36	38	38	36	35	35	36	36	36	36
36	36	36	36	36	37	39	38	37	36	36	36	36	36	36
36	36	36	36	38	38	40	40	39	38	37	37	36	36	36
35	36	37	38	38	38	37	39	39	39	37	37	36	39	39
35	36	37	38	36	36	36	39	40	41	40	40	39	42	42
35	37	38	38	32	34	32	34	36	38	40	41	45	45	45
36	38	38	36	29	31	30	30	33	36	40	43	45	45	45
37	39	38	34	29	29	27	27	29	32	41	41	44	45	44
37	38	37	33	28	27	27	27	28	30	37	39	43	44	44
37	37	35	31	29	27	27	27	27	28	34	36	41	43	38
37	38	37	33	28	27	27	27	27	27	31	33	39	41	34
37	37	35	31	28	27	27	27	27	27	29	30	34	39	39
38	38	36	31	27	27	27	27	28	28	28	28	30	34	28

SCÈNE CHOTT ECH CHERGUI



RESULTAT DU TRAITEMENT DE LA FENETRE 15x15 PAR LA METHODE DE NAGAO  
ET MATSUYAMA

37	36	31	32	33	31	34	35	36	37	38	36	36	35	37
36	36	36	34	35	32	33	34	35	36	36	36	35	35	35
36	36	35	36	35	31	29	36	36	36	36	36	36	34	34
34	34	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	32	34	33
34	34	36	37	37	39	38	40	39	36	36	35	33	34	34
34	34	37	33	33	33	34	28	39	40	36	36	37	39	39
34	39	29	29	30	30	33	28	29	40	39	36	37	37	35
35	40	29	29	29	29	31	29	34	34	45	44	37	39	38
41	28	28	27	27	27	27	34	35	34	46	45	43	41	40
39	40	26	26	27	27	27	34	35	34	33	32	30	45	45
37	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	27	27	27	46
30	27	27	27	28	30	28	27	28	28	28	27	27	27	27
30	26	27	27	30	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27
26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	26	27
26	27	27	27	27	27	27	27	27	27	29	31	33	32	34

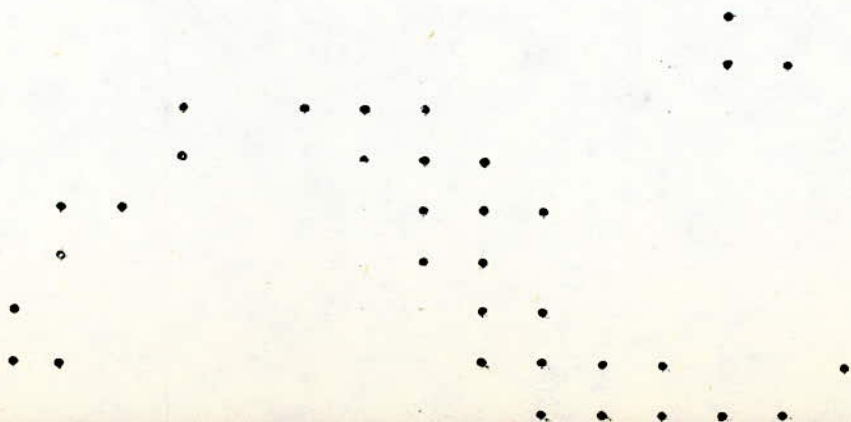
La fenetre de données représente des niveaux de gris plus ou moins dispersés; le resultat de la methode de Tsuji et Al montre qu'un grand nombre de points est intégré à son voisinage(niveau de gris 36 ET 27 ) ,toutefois la structure contour parait en certains endroits épaisse donc dégradée( l'image que l'on verrait réellement serait assez floue au niveau de ces contours ).En revanche le resultat de la méthode de Nagao et atsuyama montre une preservation des contours de l'épaississement: la structure des contours est mince, ce qui montre un nettoyage appreciable des points-bruits traditionnellement associés aux contours. On notera que l'on peut itérer les processus si on estime que les resultats offerts sont peu concluants.

III-2 Detection

RESULTAT DE L'APPLICATION DE L'OPERATEUR A LA FENETRE 15x15  
DU CHOTT-ECH-CHERGUI PRETRAITEE PAR LA METHODE LE TSUJI ET AL

I														
I	0	0	0	2	3	5	5	4	4	0	0	0	0	0
0	0	0	2	4	3	5	4	3	I	0	0	0	0	0
0	2	3	3	2	3	4	2	I	I	0	0	0	0	I
0	I	0	2	2	2	2	3	5	0	4	5	6	5	5
2	2	2	5	5	6	3	2	3	5	8	9	10	9	9
2	2	2	6	8	9	8	5	6	3	4	9	10	10	8
9	I	4	10	9	10	11	12	9	6	4	5	0	0	3
5	0	8	11	7	7	10	10	11	7	5	2	I	0	0
4	10	10	6	3	0	6	11	14	11	8	4	0	2	0
4	10	5	0	0	0	5	10	14	9	6	6	6	4	4
10	9	5	0	0	0	3	9	12	13	9	9	9	9	4
12	10	3	0	0	0	0	4	10	12	11	13	9	6	11
9	3	0	0	I	2	3	3	9	10	11	13	14	12	8
11	7	0	0	0	I	0	0	2	6	8	3	7	10	10
4	0	0	0	0	0	0	I	0	3	3	3	4	7	8

IMAGE SEUILLEE (S = 10) , CODEE PAR DES POINTS ET DES BLANCS .  
POUR LES  $I(i, j) \geq 10$  on MET UN POINT; POUR LES  $I(i, j) < 10$   
ON MET UN BLANC .



Nous présentons quelques applications des divers opérateurs à une radiographie pulmonaire et à une fenetre (encadrée sur la scène du chott-ech-cheroui) du Chott.

L'opérateur de Chen a permis sur la fenetre de bien mettre en évidence le contour de "montagne" apparaissant sur la fenetre (correspondant aux "pixels-transformés" a fort ton de gris) En outre il y a très peu de bruit à part quelques points isolés que l'on pourrait éliminer par des méthodes adaptées pour la circonstance.

### III- 3 - Liaison des contours incomplets

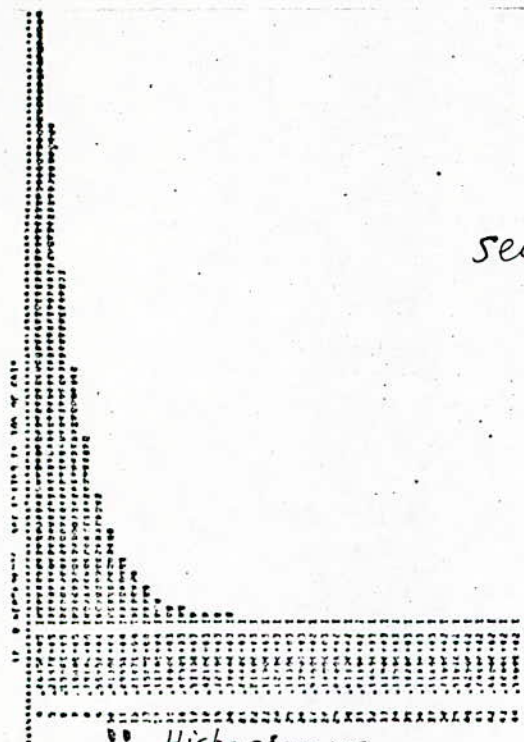
La méthode de liaison des contours a son importance vu qu'elle pourrait relier ces contours en s'aidant de procédés de direction optimale (dans notre cas le code de FREEMAN) permettant de prévoir l'allure du contour et son orientation en ses points de discontinuité.

#### - REMARQUE CONCERNANT LES RESULTATS DES SEUILLAGES GLOBAL ET LOCAL

Les images relatives au seuillage décrit au paragraphe II-6 se présentent comme suit :



semillage global



Histogramme



SCHEMATA SON CHASSE  
L'AGE TRANSCRIPTION PAR  
EAGRENT ANCHOTE  
SOL: 10  
L'ANCIENNE SÉRIE  
L'ANCIENNE SÉRIE  
C.P.T.A.

S=10



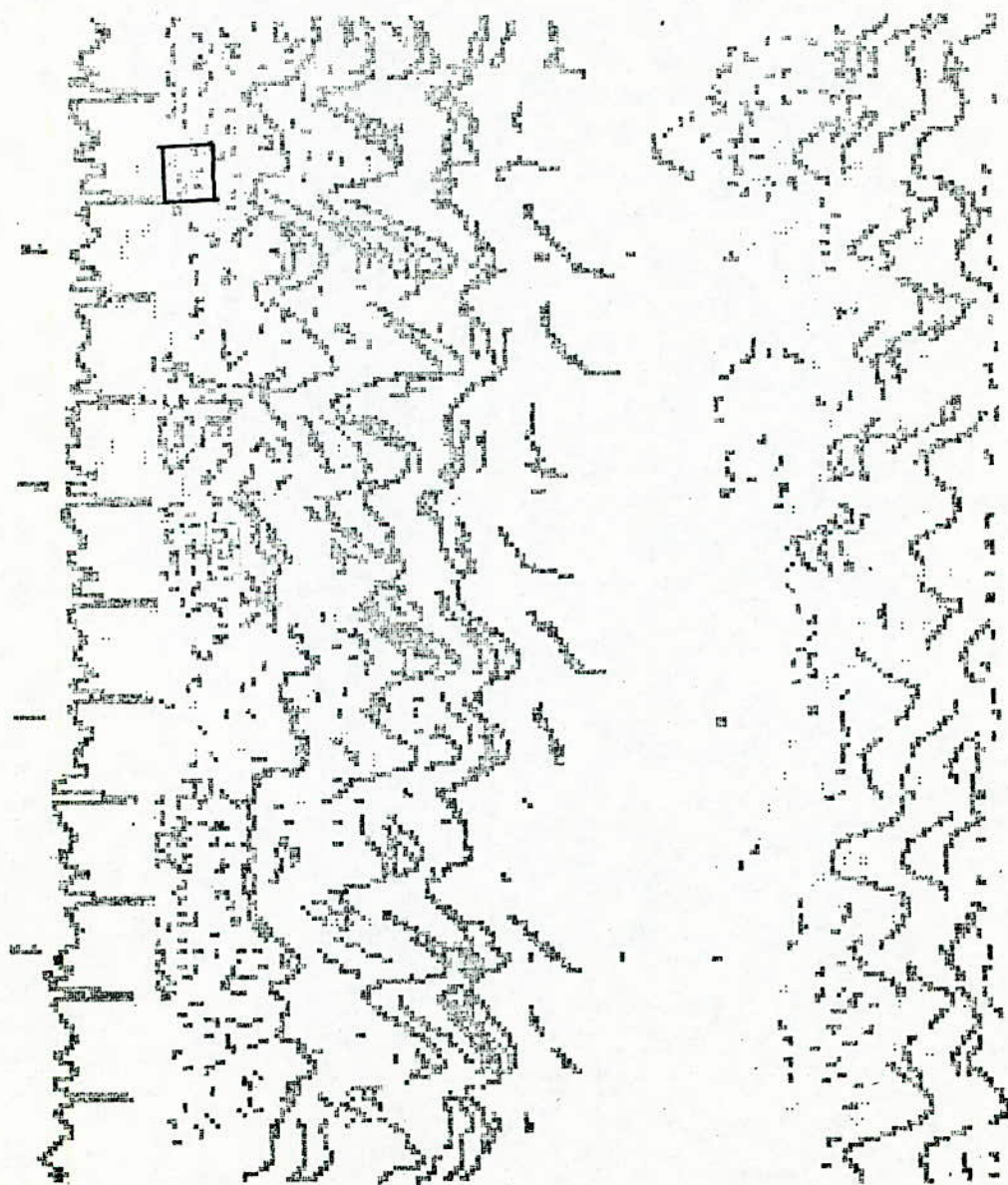
SCHEMATA SON CHASSE  
L'AGE TRANSCRIPTION PAR  
EAGRENT ANCHOTE  
SOL: 11  
L'ANCIENNE SÉRIE  
L'ANCIENNE SÉRIE  
C.P.T.A.

S=11





FENETRE UTILISÉE POUR L'ÉLIMINATION  
DES POINTS ISOLÉS



*Echographie Cardiaque*



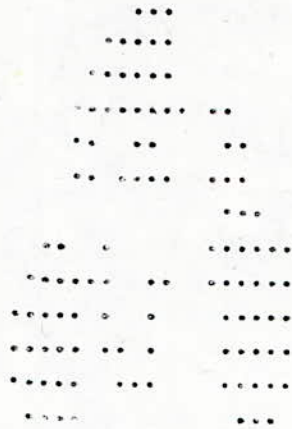
FENETRE 2013 EXTRAITE DE L'IMAGE SEUILLEE (S = 10) DU CHOTT-ECH-CHEGUI

```
000000000000111100000000
000000001111110000000000
000000011111110000000000
000000111111110011000000
000000110011000000110000
000000110111110011110000
000000000000000000111100
000110001000000011111111
001111111100110011111111
011111101001000011111111
011111101110000011111111
011111100111000001111111
001111100000000000111100
```

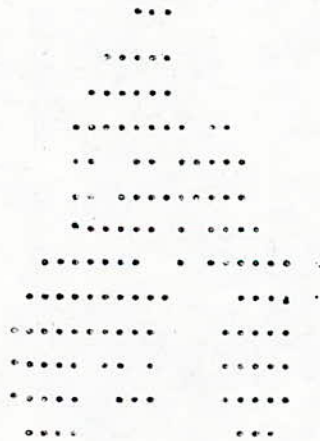
RESULTAT DE L'APPLICATION DE L'ALGORITHME DE CORRECTION DES COUPURES

```
000000000001111100000000
000000001111110000000000
000000011111110000000000
000000111111110011000000
000000110011000000110000
000000110111111111110000
000000111111101010111100
000111111111001011111111
001111111111110011111111
011111111111100001111111
011111101111000001111111
011111100111000000111111
001111100000000000111100
```

FENETRE ORIGINALE DE L'IMAGE CHOTT-ECH-CHERGUI SEUILLEE CODEE PAR  
DES POINTS ET DES BLANCS



FENETRE RESULTAT DE LA METHODE DE CORRECTION DES COUPURES

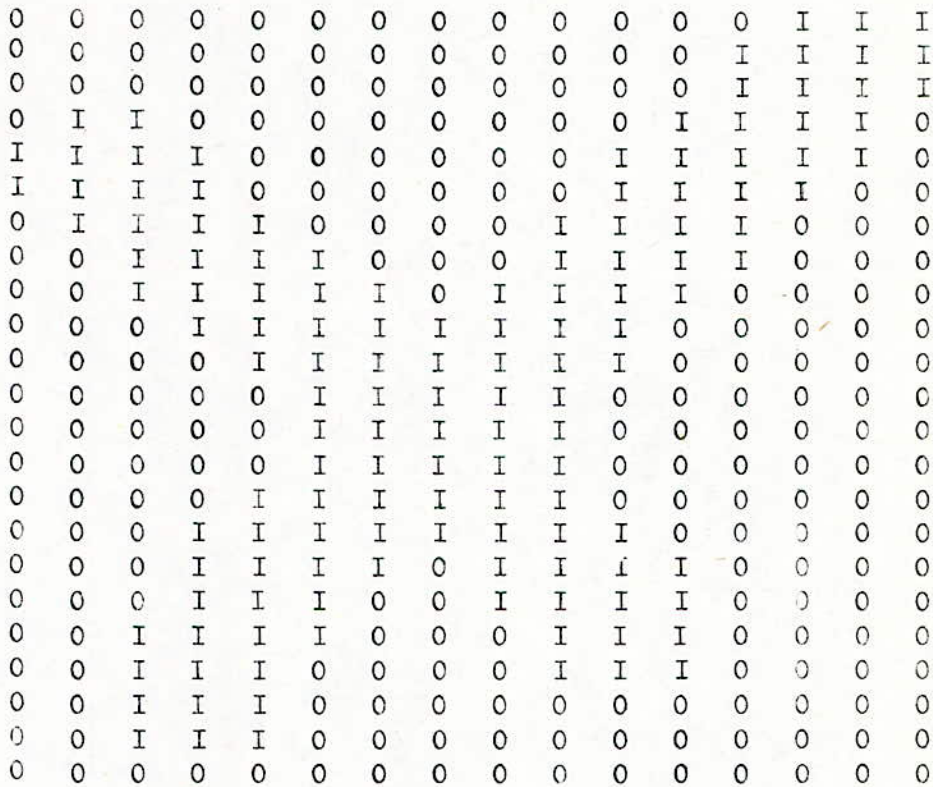


L'application de l'algorithme d'élimination des points isolés montre sur la fenetre de l'echographie cardiaque la suppression de ces points.

L'algorithme de correction des coupures sur la fenetre du chott-chergui d'assez bons résultats puisque les contours initialement entrecoupés sont reliés.

III-5 AFFINEMENT

Image représentant la lettre X originale



Dans cette étape , la méthode des configurations affine les contours dans quatre directions possibles; le resultat montre un amincissement appréciable au niveau de l'axe médian de la lettre X toutefois il y a apparition au bas de la lettre de branches parasites verticales.

La méthode de Hilditsh montre qu'il y a en revanche une conservation de la forme initiale de la lettre X avec affinement au mieux de cette forme sans apparition de branches parasites ni destruction de contour.

La méthode topologique quant à elle montre un assez bon affinement mais suivi en certains endroits de coupures d'ou une destruction de contour et donc un inconvenient majeur.

En resumé la méthode de Hilditsh semble la plus indiquée car conservant la forme des contours ainsi qu'une préservation de ces derniers de la destruction ce qui est un avantage essentiel.



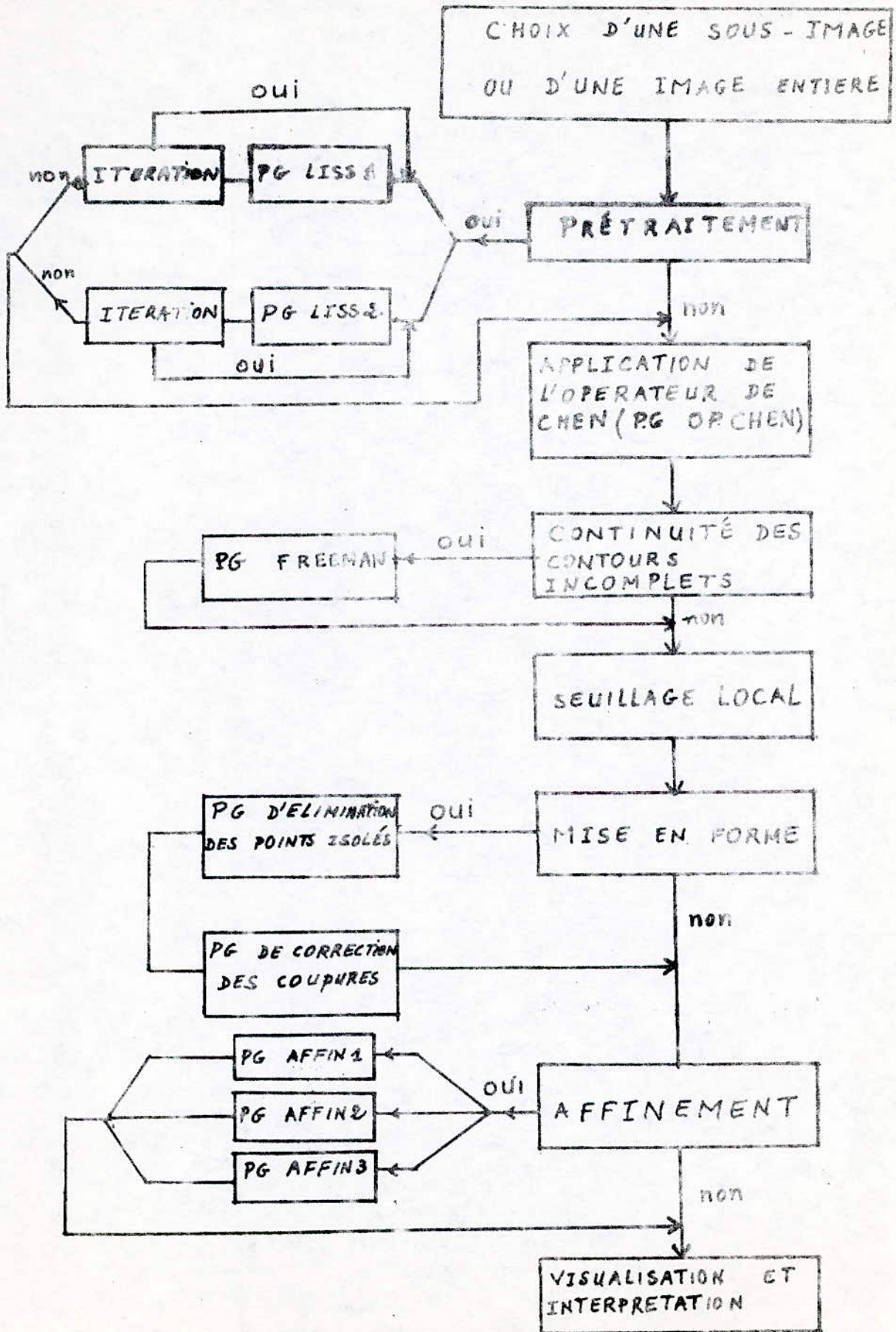


0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	I
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	I
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	I
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	I
0	I	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	I	I	0
I	I	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	I	I	0
0	0	I	I	0	0	0	0	0	0	I	I	I	0	0	0
0	0	0	I	I	0	0	0	0	0	I	I	0	0	0	0
0	0	0	I	I	I	0	0	0	0	I	I	0	0	0	0
0	0	0	I	I	I	I	0	0	0	I	I	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	I	I	I	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	I	I	I	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	I	I	I	I	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	I	I	I	I	I	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	I	I	0	0	0	I	I	0	0	0	0	0
0	0	0	0	I	0	0	0	0	I	I	0	0	0	0	0
0	0	0	I	I	0	0	0	0	I	0	0	0	0	0	0
0	0	0	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Image affinee par la methode de  
Hilditsch



III-6 - SYNOPTIQUE DU LOGICIEL INTERACTIF DE DETECTION ET D'AMELIORATION DE CONTOUR



CONCLUSION

L'analyse des contours représente un axe important en imagerie numérique vu qu'elle permet de suivre des phénomènes dans l'espace et dans le temps et apporte à la classification des renseignements précieux aidant le thématicien dans la discrimination et l'interprétation des classes.

Une des préoccupations majeurs pour une bonne interprétation est la qualité des contours (bruités, discontinus, épais...). Les algorithmes étudiés ont des tâches différentes mais complémentaires (prétraitement, détection, seuillage, ...).

Pour certaines de ces tâches on a fait appel à des procédés s'appuyant sur des approches diverses (statistique, topologique, empirique).

Nous avons pu constater dans l'étape de prétraitement que la méthode de Tsuji et Al permettait un assez bon filtrage de l'image néanmoins certains des contours de l'image sont dégradés du fait qu'ils sont épaissis, en revanche la méthode de Nagao et Matsuyama pallie à ce problème en effectuant un bon filtrage de l'image tout en préservant les contours de la destruction; ce qui permet une visibilité accrue des structures existantes.

L'application de l'opérateur de Chen à montrer une bonne détection et une sensibilité au bruit faible.

Le seuillage local quant à lui permet de tenir compte des faibles transitions ainsi que des caractéristiques locales.

Dans l'étape de mise en forme, l'application de l'algorithme d'élimination des points isolés sur une fenêtre de l'échographie cardiaque a montré une nette élimination d'un certain nombre de ces points ce qui améliore le diagnostic du médecin sur la capacité de fonctionnement du ventricule gauche du cœur.

L'algorithme de correction des coupures a montré une bonne correction des coupures sur une fenêtre du chott -sch- chergui.

Parmi les méthodes d'affinement, c'est la méthode de Hilditch qui conduit à un meilleur résultat.

Tous les algorithmes étudiés sont destinés à obtenir la meilleure performance possible du point de vue résultat et sont appelés à faire partie d'un logiciel conversationnel de detection et d'amélioration de contours.

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

- (1) A comparison of line thinning algorithms from digital geometry viewpoint.  
Hideyuki Tamura
- (2) S-Stefanelli ; A-Rosenfeld , "some parallel thinning algorithms for digital computer"  
J.ACM , vol:18 , pp:255-264 , April 1971.
- (3) O-Megzdri ; "recherche des talwegs"  
DEA-Informatique 1981-1982 laboratoire C.E.R.F.I.A ,  
université Paul Sabatier , Toulouse.
- (4) M-Nagano;T-Matsuyama "edge preserving smoothing"  
department of electrical engineering , Kyoto university -Japan-
- (5) C-Prevots ; "reconnaissance artificielle des formes sur les méthodes de detection des contours"  
le nouvel automatisme - Mars 1982 .
- (6) J-Desachy ; Abregé de traitement d'images
- (7) M-J-Quach ; "Utilisation de transformations locales pour l'étude de la texture des images de télédétection "  
Thèse de 3ème cycle, Université Paul sabatier -- Toulouse - 79
- (8) "some new heuristics for thinning binary handprinted characters for ocr"  
F-W-M.Stentiford and R-G.Mortimer IEEE TRANSACTIONS  
SYSTEMS,MAN AND CYBERNETICS january/february 1983.
- (9) revue l'automatisme - special traitement d'images mars/avril 1976
- (10) Jean-Louis Barat - "traitement des images medicales numérisées"  
L'onde Electrique septembre-octobre 1984.
- (11) H. MEYER " les tendances actuelles en traitement d'images"  
Revue des recherches II3 3ème trimestre 1983.
- (12) L-Khatir et N-Lannali "Etude d'algorithmes de detection et d'amélioration de contours en imagerie numérique" projet de fin d'études en informatique  
USTHB - septembre 1984.
- (13) M-Tilikète et M-Belkacem "conception et réalisation d'un logiciel pour traitement et manipulation d'images spatiales"  
Projet de fin d'études en électronique EMP - JANVIER 1982.
- (14) A.Bennersouga et R.Drai "REconnaissance de formes,analyse de texture en traitement d'images" projet de fin d'études en électronique  
EMP-JUIN 1982.



(I5) A-Oussedik "Reconnaissance de formes dans les images de teledetection et application a des scenes Landsat d'Algérie".

Thèse présentée au C.E.N- Magister en genie nucléaire MAI 1984

(I6) -Iftène "Realisation d'un Logiciel de traitement d'images de télédetection" projet de fin d'etudes en électronique

ERP-JANVIER 1983.