

42/83

Ministere de l'Enseignement Superieur et de la Recherche Scientifique

U.S.T.H.B.

2ex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

C.E.N. LABORATOIRE D'ETUDE SPATIALE DES RAYONNEMENTS

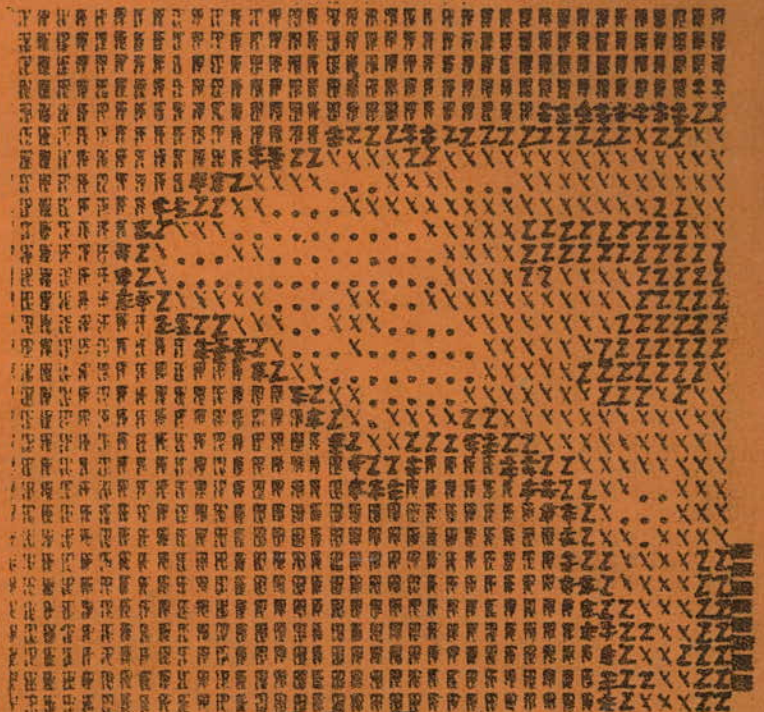
PROJET DE FIN D'ETUDES

المكننة
Ingeniorat en electronique
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHEQUE

REALISATION DUN LOGICIEL D'ANALYSE
SUPERVISEE MULTIDIMENSIONNELLE
spectrale et texturale

Proposé par :
A. ABDELLAOUI
A. OUSSEDIK

Realisé par :
M. MEKHALDI
M. SABI



Ministere de l'Enseignement Superieur et de la Recherche Scientifique

U.S.T.H.B.

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

C.E.N. LABORATOIRE D'ETUDE SPATIALE DES RAYONNEMENTS

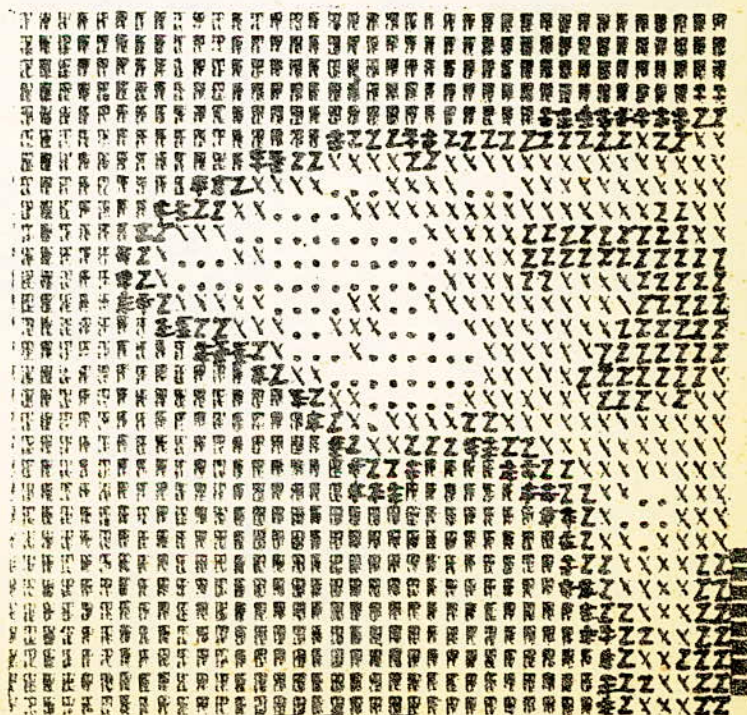
PROJET DE FIN D'ETUDES

Ingeniorat en electronique

REALISATION DUN LOGICIEL DANALYSE
SUPERVISEE MULTIDIMENSIONNELLE
spectrale et texturale

Proposé par :
A. ABDELLAOUI
A. OUSSEDIK

Realisé par :
M. MEKHALDI
M. SABI



-oOo- D E D I C A C E S -oOo-

A la mémoire de mon grand père YAHIA
A toute la famille
A tous mes amis

Mohamed

----- 0 -----

A mon père
A ma mère
A mes frères et sœurs
A tous mes amis

M'hamed

REMERCIEMENTS

- NOUS TENONS A REMERCIER VIVEMENT Mer. A.ABDELLAOUI, RESPONSABLE DU GROUPE DE RECHERCHE EN TELEDETECTION DE NOUS AVOIR ACCUEILLI/ DANS SON LABORATOIRE ET POUR SES PRECIEUX CONSEILS/ POUR L'ELABORATION DE CE PROJET.
- NOS VIFS REMERCIEMENTS VONT EGALEMENT A Mer. A.OUSSEDIK POUR SON ETROITE COLLABORATION, A L'ENSEMBLE DES PROFESSEURS QUI ONT ASSURE NOTRE FORMATION, A G.BAHIA, S.FATIHA ET, M. KAMEL POUR LEURS INCESSANTS ENCOURAGEMENTS.
- QUE L'ENSEMBLE DU PERSONNEL DU CENTRE DE CALCUL, DU LABO - RATOIRE PHOTO, ET TOUS CEUX QUI NOUS ONT AIDES DE PRES OU DE LOIN, TROUVENT ICI NOTRE SINCERE RECONNAISSANCE POUR LEURS AIDE MATERIELLE ET MORALE.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.

I GENERALITES

I.1 PRESENTATION DE LA TELEDETECTION

I.1.1 Chaîne de Télédéttection

I.1.2 Différentes bandes spectrales utilisées en Télédéttection

I.1.3 Caractéristiques des différentes bandes spectrales

I.2. IMAGE SATELLITE LANDSAT

I.2.1 Données. Images

I.2.2 Chaîne de traitement d'une image LANDSAT

II CLASSIFICATION.

II.1. METHODES DE CLASSIFICATIONS SUPERVISEES

II.1.1 Méthodes statistiques

II.1.2 Méthodes géométriques

II.2. METHODES DE CLASSIFICATIONS NON SUPERVISEES

III TEXTURE

III.1. DIVERSES ORIENTATIONS DE LA TEXTURE

III.1.1 Orientation qualitative

III.1.2 Orientation stochastique

III.1.3 Orientation morphologique

III.2. DIVERSES SIGNATURES DE TEXTURE

III.2.1. Signature de texture qualitative

III.2.2. Signature de texture stochastique

IV APPLICATIONS - RESULTATS

IV.1. RESTITUTION PRIMAIRE DE L'IMAGE

IV.2. CLASSIFICATION DESCRIPTIVE

IV.3. CLASSIFICATION SPECTRALE

IV.3.1 Classification monospectrale

IV.3.2 Classification multispectrale

IV.4. CLASSIFICATION TEXTURALE

IV.4.1 Images de paramètres

IV.4.2 Classification multidimensionnelle

Présentation des programmes

CONCLUSION

I N T R O D U C T I O N

La connaissance de données récentes, fiables et homogènes sur des territoires immenses voire sur l'ensemble de la planète fait de la Télédétection un moyen d'investigation puissant et rapide .

Les informations recueillies par télédétection spatiale se présentent généralement sous forme d'une image numérique. Cette image est le résultat d'une collecte de données radiométriques multispectrales sur une zone très étendue de la surface terrestre.

Le traitement numérique par ordinateur est rendu indispensable par l'importance informationnelle de ces données. Par exemple une image satellite LANDSAT représente une quantité d'informations de l'ordre de 10^7 éléments résolus .

L'objectif principal des traitements numériques est la restitution fidèle de l'image de la zone étudiée, pour que le photointerprète, le géographe, le géologue..... puissent tirer des renseignements utiles .

- Notre travail commence par les rappels des notions générales de la télédétection, au chapitre I
- Le chapitre II fera l'objet de l'étude des différents types de classifications généralement utilisées .
- La notion de texture suivant ses différentes orientations sera introduite au chapitre III, on y définira quelques signatures texturales caractérisant l'information spatiale .
- Enfin c'est au chapitre IV que seront présentés et discutés les résultats des diverses applications faites dans le cas particulier de la classification supervisée .

_____) _____

I GENERALITES :

I-1. PRESENTATION DE LA TELEDETECTION :

La télédétection désigne l'ensemble des techniques d'observation de la terre à distance, par l'analyse du rayonnement électromagnétique émis, diffracté ou réfléchi par les objets au sol et mesuré par des capteurs travaillant chacun dans une gamme de fréquences du spectre électromagnétique .

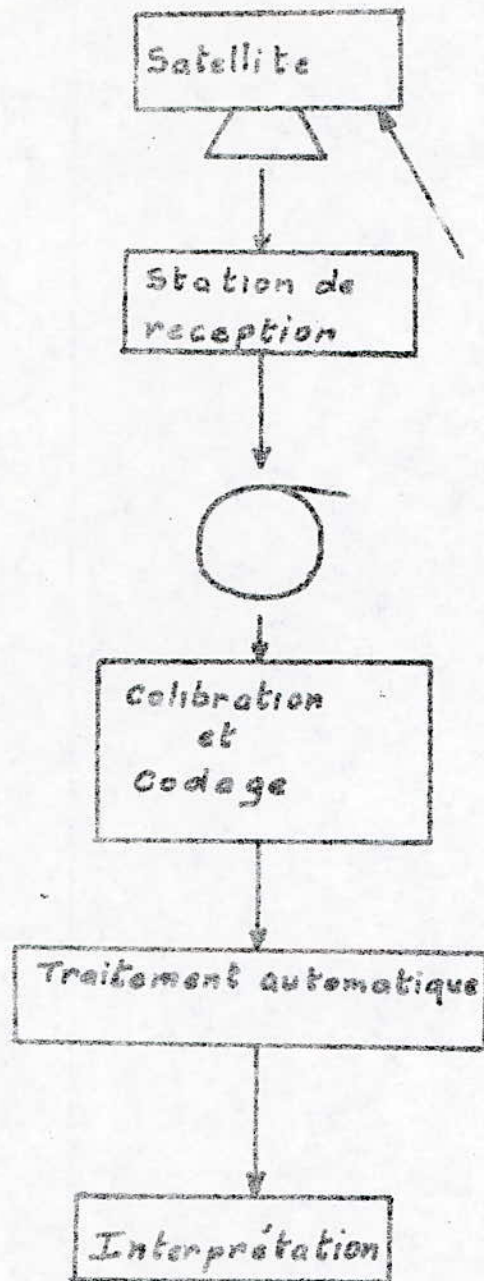
La Télédétection n'est pas une science à part, mais un domaine qui a la particularité de présenter un caractère multidisciplinaire, notamment la physique, l'électronique, les sciences de la terre ...

Par son vaste champ d'observation et ses nombreuses applications dans divers domaines (météorologie, prospection et inventaire des ressources minérales, végétales, marines; connaissance des catastrophes naturelles, incendies, maladies des cultures et forêts, pollution et désertification), la télédétection constitue le moyen le plus adéquat pour une meilleure connaissance de notre milieu.

I.1.1 Chaîne de Télédétection :

En télédétection, la mesure porte sur le rayonnement émis ou réfléchi par les objets au sol. Ce rayonnement est mesuré par des capteurs embarqués sur une plate-forme d'observation (avion, ballon, satellite).

Transmis au sol, les résultats de ces mesures subissent un prétraitement avant de pouvoir faire l'objet d'un traitement numérique conduisant à l'interprétation qui consiste à établir une corrélation entre la mesure du rayonnement et la nature des objets



CHAINE DE TRAITEMENT EN TELEDETECTION.

au sol émettant ce rayonnement .

Schématiquement une chaîne de télédétection est constituée par :

- Une zone émettant des rayonnements
- Un milieu de propagation
- Une plateforme d'observation
- Un système de transmission par télémesure
- Un centre de collecte et de prétraitement des informations
- Un centre de traitement .

I.1.2 Différentes bandes spectrales utilisées en télédétection

Théoriquement toute la gamme des ondes électromagnétiques devrait être exploitée; cependant des contraintes techniques et technologiques d'une part et la nature du milieu de propagation qui joue un rôle perturbateur(dans certaines bandes de fréquences) d'autre part ne le permettent pas, seules quelques fenêtres sont retenues ; citons:

- La Fenêtre du visible et le proche infrarouge
- Deux bandes dans l'infrarouge
- Domaine des hyperfréquences. ($\lambda \leq 10^{-4}$)

I. 1. 3 Caractéristiques des différentes bandes spectrales.

- La fenêtre du visible : (0,4 à 0,75) μm
et du proche infrarouge (0,75 à 1,1) μm

C'est le domaine de la photographie aérienne classique et des radiomètres à balayage multispectraux des satellites LANDSAT à 4 canaux .

.../...

Ici la mesure porte essentiellement sur le rayonnement réfléchi par les objets au sol .

Le domaine du proche infrarouge joue un rôle important dans la mesure où les longueurs d'onde correspondantes sont celles des ondes réfléchies par la chlorophylle des végétaux .

Le proche infrarouge constitue alors la composante essentielle de la signature spectrale des plantes et des forêts .

- Les fenêtres de l'infrarouge (3 à 5) μm et (8 à 14) μm

Dans ce domaine, on mesure l'énergie électromagnétique rayonnée (c'est à dire émise et non réfléchié) par les corps terrestres . Ici il n'existe pas de possibilité de photographie ; on utilise alors des appareils à balayage dotés de cellules détectrices de l'infrarouge thermique; on se trouve donc dans le domaine de la mesure de la température à distance .

- La fenêtre des micro-ondes

C'est le domaine des radars. Cette fenêtre qui commence à être étudiée semble devoir jouer un rôle important, dans la mesure où le couvert nuageux et les conditions de propagation atmosphériques jouent un rôle perturbateur extrêmement faible .

I.2 IMAGE SATELLITE LANDSAT :

I.2.1 Données -Images.

Les données que nous traiterons sont celles fournies par l'analyseur multispectral du satellite LANDSAT 2 : le M S S (multispectral .Scanner- System.); c'est un appareil à balayage qui travaille dans quatre bandes spectrales bien définies :

.../...

M S S 4	: 0,5 μm à 0,6 μm	vert
M S S 5	: 0,6 μm à 0,7 μm	orange
M S S 6	: 0,7 μm à 0,8 μm	rouge et proche infrarouge
M S S 7	: 0,8 μm à 1,1 μm	infrarouge .

Les quatre capteurs de l'analyseur multispectral mesurent simultanément les radiomètres d'une même zone, chacun dans sa propre bande .

Un enregistrement donne alors quatre images monospectrales relatives à chacune des quatre bandes(ou canaux).

La superposition de ces quatre images numériques ne constituent en fait qu'une seule 'image' dite "image multispectrale" correspondant à une zone terrestre de 185 Km X 185 Km.

Un pixel est un élément de l'image numérique il caractérise la plus petite portion au sol décelable par le capteur. C'est la résolution spatiale.

Pour les images LANDSAT, cette résolution est de 57m X 79m (environ 4500 m²)

57 m suivant les lignes

79 m suivant les colonnes .

Un canal est la portion du spectre électromagnétique dans laquelle la radiance (niveau de Gris) des objets est mesurée.

Chaque pixel X(I,J) sera donc caractérisée par quatre paramètres correspondant à des niveaux de gris dans chacun des canaux

On notera :

$$X(I, J) \begin{cases} x_1 (I, J) \\ x_2 (I, J) \\ x_3 (I, J) \\ x_4 (I, J) \end{cases}$$

.../...

où : $x_k(I,J)$ est le niveau de gris du pixel $X(I,J)$ dans le $K^{\text{ième}}$ canal .

Cette formulation est la " signature spectrale " de ce pixel

Notons qu'on parlera d'image monospectrale quand chacun des pixels n'est caractérisée que par un seul paramètre relatif à l'un quelconque des 4 canaux .

1.2.2 Chaîne de traitement d'une image LANDSAT

Après échantionnage et digitalisation, les données radiométriques sont transmises à des stations terrestres de collecte où elles sont enregistrées; puis corrigées (correction de distorsions géométriques et radiométriques). Elles sont alors disponibles sur CCT (computer compatible Tape) c'est à dire des bandes magnétiques utilisables pour des traitements numériques par ordinateur.

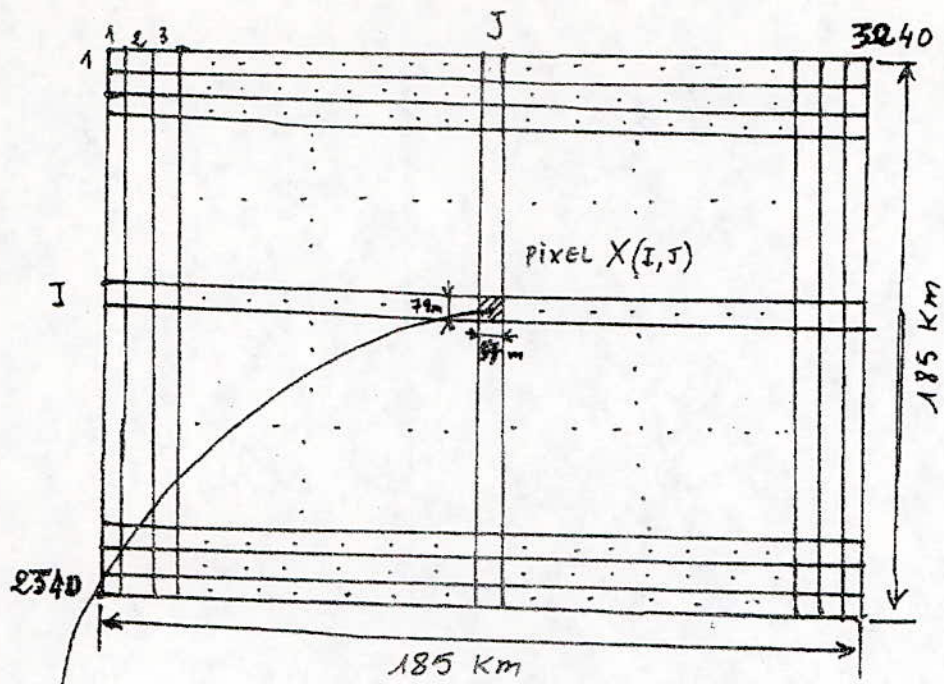
Notons que ces données numériques (réflectances, émissivité des objets) sont fonctions de plusieurs facteurs, en^{tre} autres nous pouvons citer la réflectance propre de l'atmosphère et les conditions météorologiques .

En effet deux objets identiques soumis des conditions météorologiques différentes n'auront pas la même réponse spectrale .

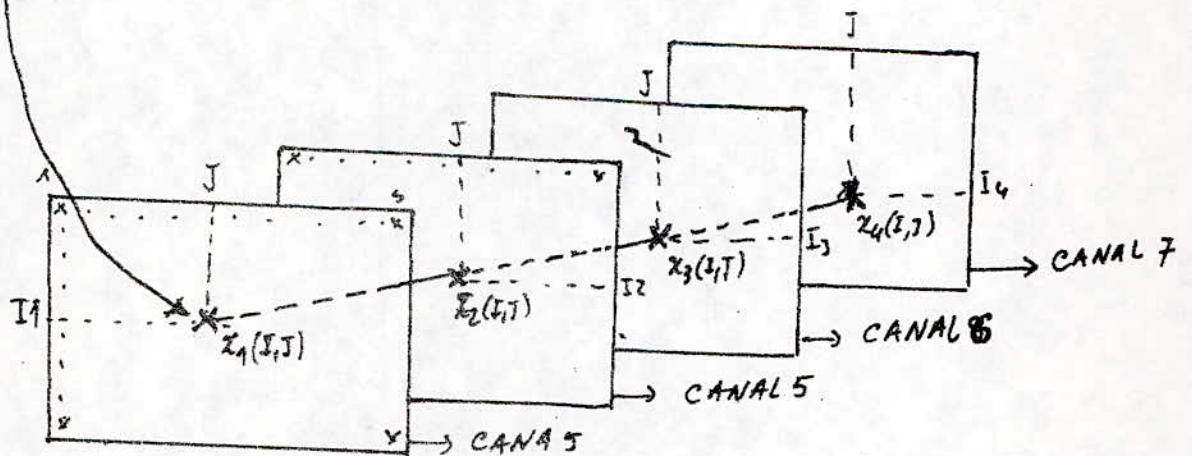
Dans le souci de ne considérer qu'une zone présentant pratiquement les mêmes conditions précitées d'une part et d'autre part afin de limiter le temps de traitement vu l'énorme masse de données contenue dans une image LANDSAT multispectrale (environ 30 millions de valeurs) nous ne traiterons dans notre présente étude qu'^{une} image de 512 X 512 pixels, soit une zone de 1200 Km².

Cette solution est d'autant plus souhaitable qu'elle nous facilite l'interprétation .

.../...



- STRUCTURE D'UNE SCENE



$$\text{Signature spectrale du pixel } X(I, J) = \begin{cases} x_1(I, J) \\ x_2(I, J) \\ x_3(I, J) \\ x_4(I, J) \end{cases}$$

- Image numérique multispectrale (LANDSAT)

CHAPITRE II : Classification

Les traitements numériques sont des méthodes informatiques qui utilisent des algorithmes de classement pour la discrimination des objets , le but final étant généralement la cartographie.

La discrimination(souvent assimilée à l'identification ou reconnaissance des objets) consiste à classer des objets sans pour autant les identifier .

La classification a pour but de regrouper des objets au mieux de leur ressemblance. Appliquée aux images numériques, les ressemblances des pixels sont ' calculées ' sur la base de leurs signatures .

On distingue deux groupes de classifications :

- classification supervisée .
- classification non supervisée .

II.1. METHODES DE CLASSIFICATION SUPERVISEES

Dans les methodes de classification supervisées, on dispose d'échantillons, " vérités -terrains ", pour définir chacune des classes recherchées .

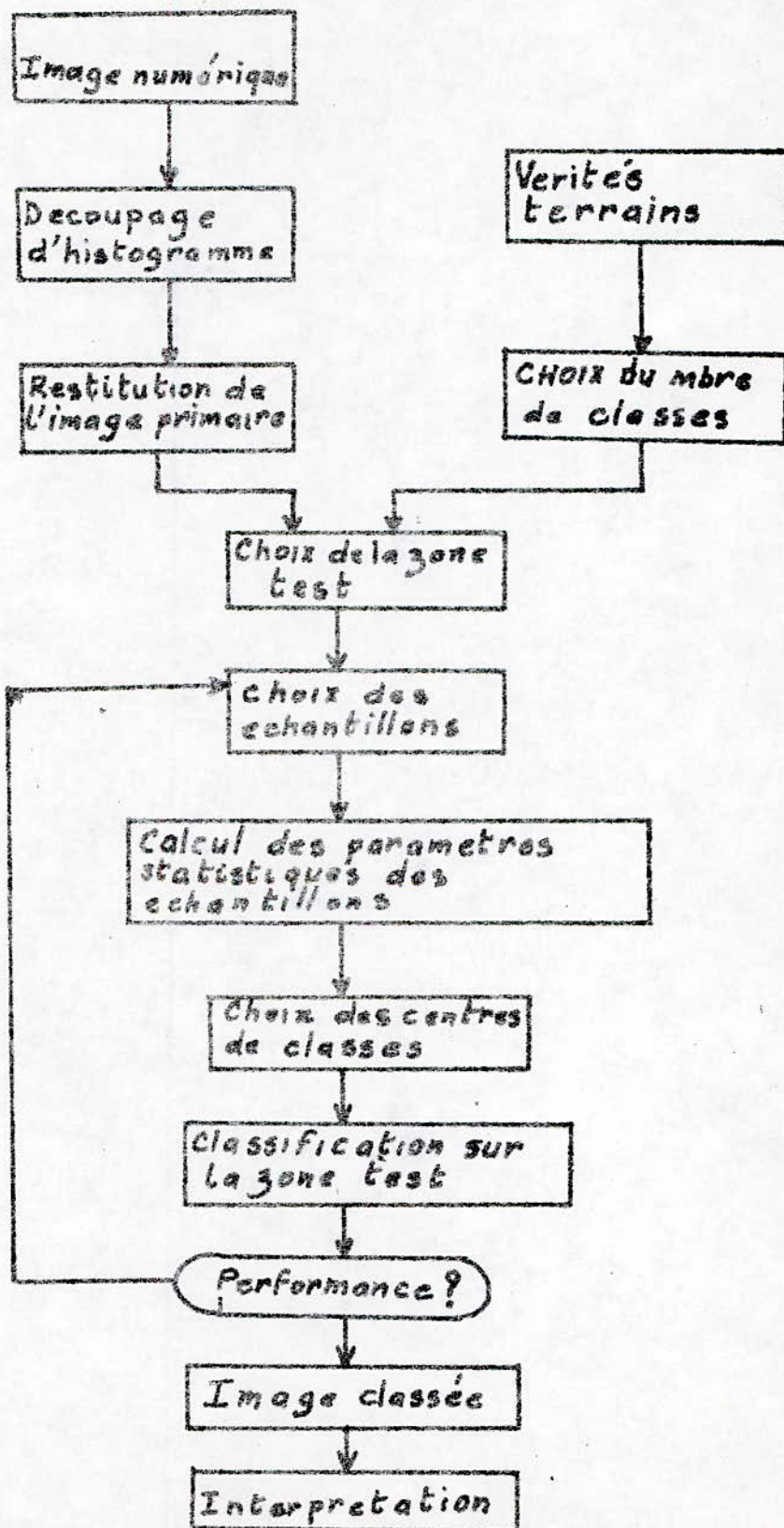
On cherche alors à affecter les pixels de l'image à l'une ou l'autre des classes définies par ces échantillons en utilisant une règle de décision (Discriminateur) donnant la condition nécessaire et suffisante de cette affectation .

Dans ce type de classification il est nécessaire de différencier deux étapes :

- La classification à " but descriptif " qui permet la recherche des caractères propres à chacune des classes définies .

.../...

Schema d'une classification supervisée



- La classification à " but décisionnel " où les individus anonymes sont affectés à l'une ou l'autre des classes définies .

Les algorithmes utilisés pour effectuer ces deux types de classification sont basés essentiellement sur deux méthodologies distinctes :

- Celles qui utilisent des hypothèses statistiques appelées Méthodes statistiques .
- Celles qui utilisent des hypothèses Géométriques appelées Méthodes Géométriques ou Métriques

II .1.1 Méthodes statistiques

Elles consistent d'une manière générale à associer à chaque classe C_i une variable aléatoire dont on estime la loi de densité de probabilité .

Etant donné une signature spectrale X , on l'associe à la classe C_i donc à la variable aléatoire associée dont elle a la plus grande chance d'être une réalisation .

Il convient en outre de donner une probabilité à priori d'appartenance à chaque classe . Comme ces probabilités ne sont pas toujours connues, un modèle d'équiprobabilité est introduit(probabilité à "priori" égale pour chaque classe) .

La règle la plus employée est celle de BAYES dite de Maximum de vraisemblance :

$$P(C_i/X) = \frac{P(X/C_i) \cdot P(C_i)}{P(X)}$$

où :

- $P(C_i/X)$ = probabilité d'appartenance de X à la classe C_i
- $P(C_i)$ = probabilité à "priori" d'appartenance à la classe C_i

.../...

- $P(X/C_i)$ = densité de probabilité de la classe C_i

Cependant ces méthodes restent très peu appliquées car elles sont très coûteuses en temps de calcul et que l'estimation de la loi de densité de probabilité d'une classe est toujours difficile à faire .

II.1.2 Methodes géométriques :

C'est à ce type de Méthodes que l'on s'intéressera car elles sont moins coûteuses en temps de calcul .

Les méthodes géométriques sont basées sur la mesure de la ressemblance de 2 points(dans notre cas il s'agira d'un point anonyme et d'un centre de classe comme on le verra plus tard .)

En effet il est possible de caractériser la ressemblance de deux points en considérant la distance les séparant, dans l'espace à n dimensions construit sur les caractères des points(dans notre cas ce sera n désignera le nombre de canaux).

Calcul de la distance :

Soit un point-image X caractérisé par sa signature spectrale

$$X = \begin{cases} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \end{cases} \quad \text{où } x_i = \text{radiance relative au canal } i$$

On veut calculer la ressemblance de point X à un centre de classe Y_j . Par analogie à la distance entre deux points de l'espace R^n - lorsque les composantes sont des coordonnées spatiales- nous définissons la distance entre X et Y_j par :

$$D^2 (X, Y_j) = (X - Y_j)^t S_j^{-1} (X - Y_j)$$

.../...

où S_j est une matrice carrée relative à la classe C_j et dont le rang est égal au nombre de canaux .

$$j = 1, 2, \dots, K \quad (K = \text{nbre de classes recherchées})$$

Notons que la ressemblance est d'autant plus grande que la distance est plus petite : le point-image X sera donc affecté à la classe qui lui est la plus proche .

Suivant le choix de la matrice S_j , on distinguera plusieurs types de distances .

- METHODE BARYCÉTRIQUE :

$S_j = I$ c'est la matrice identité.

$$D^2(X, Y_j) = (X - Y_j)^t (X - Y_j) = \sum_{i=1}^N (x_i - Y_{ij})^2$$

N désignant le nbre de canaux , x_i et Y_{ij} respectivement la radiance de X et le bary centre de C_j dans le canal i

Cette méthode consiste à calculer la distance Euclidienne usuelle du point X à classer aux différents barycentres Y_j des classes définies, et d'attribuer ce point à la classe qui lui est la plus proche .

- METHODE ELLIPTIQUE :

S_j est la matrice diagonale dont les éléments sont les variances, dans les différents canaux, de la classe C_j .

$$S_j = \begin{bmatrix} \sigma_{1j} & & & & \\ & \sigma_{2j} & & & \\ & & \dots & & \\ & & & \sigma_{ij} & \\ & & & & \dots & \\ & & & & & \sigma_{Nj} \end{bmatrix}$$

.../...

On est en présence d'une distance Euclidienne pondérée par les inverses des variances .

Cela revient à privilégier les canaux (où les ^{faibles} variances sont ~~élevées~~)

- METHODES DE SEBESTYEN :

$$S_j = \det (Q_j)^{1/N} \cdot Q_j^{-1}$$

où Q_j = est la matrices des covariances .

Cette methode permet de mettre en évidence la corrélation entre les différents canaux alors que la précédente (Methode Elliptique) suppose les canaux décorrelés .

- METHODE DES BORNES

Très couramment utilisée car extrêmement ^{me} simple; chaque classe est définie par des bornes inférieure et supérieure dans chaque canal .

Les pixels seront alors affectés aux différentes classes suivant leurs appartenances aux bandes délimitant ces classes .

Cette méthode nécessite l'établissement de l'histogramme des fréquences et consiste à faire un découpage d'histogramme en suivant les modes et les vallées de celui-ci.

II-2- METHODES DE CLASSIFICATIONS NON SUPERVISEES :

Ces méthodes s'appliquent lorsqu'on ne dispose pas d'échantillons -connus (vérités-terrains) dans la zone géographique à étudier .

Le problème qui se pose alors n'est plus de faire une classification proprement dite, mais de faire une reconnaissance de formes, c'est à dire de mettre en évidence des groupements homogènes.

- De nombreuses méthodes tirées de l'analyse des données s'appliquent à ce type de classification; cependant elles sont en général très longues et coûteuses pour des images de taille relativement restreinte .

Les plus utilisées sont principalement :

a)- la méthode des histogrammes qui s'appuie sur les histogrammes des niveaux de gris et la recherche de leurs modes et de leurs vallées.

b)-La méthode des nuées dynamiques qui constitue un algorithme itératif^{et} qui suit le déroulement des opérations suivantes :

- définition des classes par leurs barycentres sur des noyaux donnés.
- Classification des points anonymes de l'image(critère de la distance minimale)
- Redéfinition des centres de classes obtenues par l'étape précédente.
- Itération sur les deux opérations précédentes jusqu'à l'obtention de centres de classes stables .

III TEXTURE

Les techniques de classification multispectrales considèrent chaque pixel d'une image comme un individu isolé, indépendant de son voisinage.

Souvent ces techniques utilisant seulement les densités optiques ne permettent pas de discerner nettement certains phénomènes .

L'emploi de nouveaux paramètres caractérisant l'environnement de chaque pixel (informations spatiales) est alors nécessaire; Ce sont les paramètres texturaux .

Plusieurs auteurs ont introduit ou utilisé dans le traitement numérique de l'image la notion de texture. On peut citer HARRALICK et ROSENFELD qui ont contribué à la définition de la texture suivant trois orientations, tandis que QUACH et DESACHY ont utilisé la notion de texture en vue d'une classification .

Retenons simplement que ce concept nous permet de caractériser une distribution spatiale des intensités lumineuses .

Diverses orientations ~~ont~~ **ont été** formulées pour raffiner la définition de ce concept .

III.1 Les Diverses orientations de la Texture :

Trois orientations essentielles ont été proposées pour caractériser l'information spatiale .

- L'orientation Qualitative .
- L'orientation Morphologique .
- L'orientation Stochastique .

~~III-1.1~~ Orientation Qualitative :

III-1-1 Orientation qualitative .

Suivant cette approche, les textures se définissent et se distinguent uniquement par leurs qualités :

.../...

- La finesse : liée à la fréquence élevée de brusques changements des tons de gris .
- La grossièreté : Par opposition à la finesse, elle est liée au degré d'homogénéité.
- La répétitivité : caractère de périodicité.
- La directivité : qualité d'avoir des ^{particularités} dans une direction donnée.
- Le CONTRASTE : lié au fond sur lequel apparaissent les objets.

L'inconvénient de cette approche est que cette liste est souvent très subjective et les qualités citées présentent souvent une grande corrélation .

III-1-2 Orientation Stochastique .

Dans cette orientation une région de texture donnée est considérée comme un échantillon d'un phénomène stochastique défini par des paramètres statistiques.

Selon Rosenfeld :

Une texture comporte un grand nombre d'éléments de base similaires, chacun d'entre-eux étant petit par rapport à la région considérée, "une propriété texturale étant une statistique sur les propriétés locales de ces éléments de base " .

Selon HARRALICK :

"L'environnement spatial peut-être interprété comme une distribution spatiale d'objets de diverses surfaces ayant une taille et des qualités d'émission et de réflectance caractéristiques. L'organisation spatiale et les relations spatiales entre objets apparaissent alors comme une distribution spatiale de tons de gris, les structures de distribution spatiales de ton de gris sont appelées "Texture " .

.../...

III-1-3 Orientation morphologique

Dans cette approche, on caractérise la texture par la forme des objets élémentaires (primitives) constituant une région d'image .

Une des définitions de la texture suivant cette orientation est celle donnée par HAWKINS :

La notion de texture peut être considérée comme ayant trois composantes :

- "Un ordre local est répété sur une région grande par rapport à cette ordre local "

- "Cet ordre ~~ordre~~ consiste en un arrangement déterminé d'objets élémentaires "

- "Ces objets élémentaires étant des entités en gros uniformes ayant à peu -près partout dans la région des dimensions identiques.

III-2 Les Diverses signatures Texturales

Une signature de texture est une représentation formelle des caractéristiques de cette texture.

C'est un vecteur de dimension égale au nombre de paramètres propres à cette texture .

En télédétection une signature texturale doit être pertinente, c'est à dire qu'elle doit avoir une capacité de discrimination au moins égale a celle du système de vision humain. De plus elle doit être calculable sur des régions de tailles et de formes quelconques .

III-2-1 SIGNATURE DE TEXTURE QUALITATIVE

a) FONCTION D'AUTO CORRELATION

Soit un domaine D d'une image numérique.

La fonction d'autocorrelation est définie par :

.../...

$$C(u, v) = \frac{\sum_{(x,y) \in D} I(x,y) \cdot I(x+u, y+v)}{\sum_{(x,y) \in D} I^2(x,y)}$$

où u et v désignent respectivement les vecteurs de translations horizontale et verticale .

L'interprétation intuitive de la fonction d'autocorrelation est qu'elle réalise une comparaison entre une région d'image et une version translatée d'elle-même.

Pour une texture grossière, de petites translations produiront de petites différences dans la comparaison, donc une valeur proche de l'unité de la fonction d'autocorrélation.

Au contraire pour une texture fine, une petite translation peut engendrer une grande différence dans la comparaison, donc une faible valeur de la fonction d'autocorrelation.

Ainsi plus la chute de la fonction d'autocorrelation autour de la valeur maximale $C(0,0)$ est rapide, plus la texture est fine.

D'autre part la chute moyenne de la fonction d'autocorrelation sur plusieurs translations donnera une indication sur la densité.

b- Transformation de Fourier :

Soit une fenêtre carrée ($N \times N$) d'une image numérique. La transformée de Fourier sur cette fenêtre a pour expression

$$F(u, v) = \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} I(k, l) \cdot e^{-i \frac{2\pi}{N} (u k + v l)}$$

Le spectre de puissance est alors $|F(u, v)|^2$.

soit en coordonnées polaires $P(r, \theta)$.

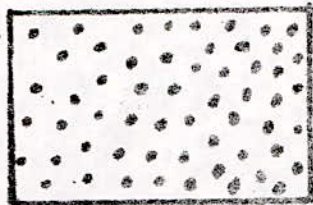
.../...



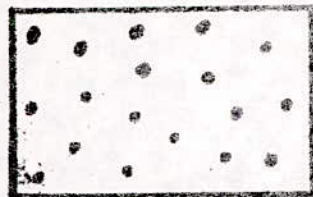
Texture grossière
densité élevée



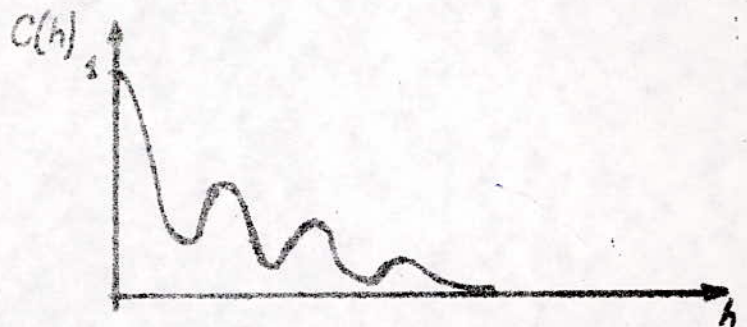
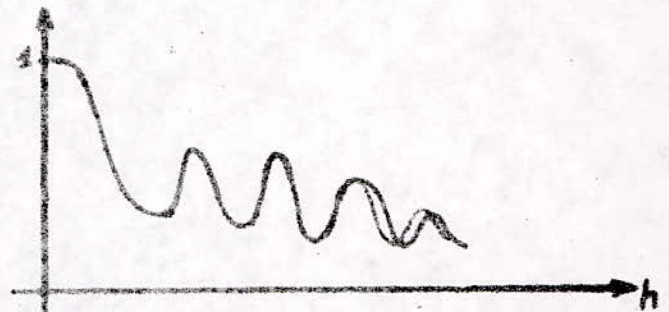
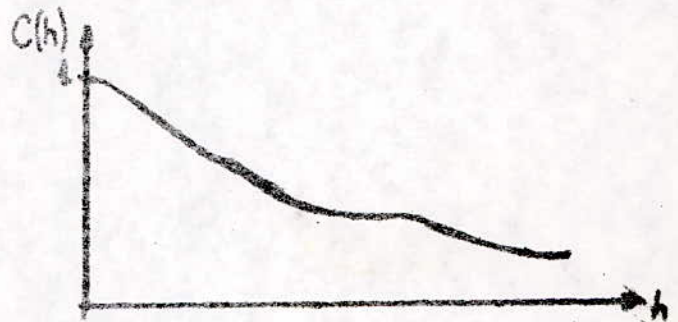
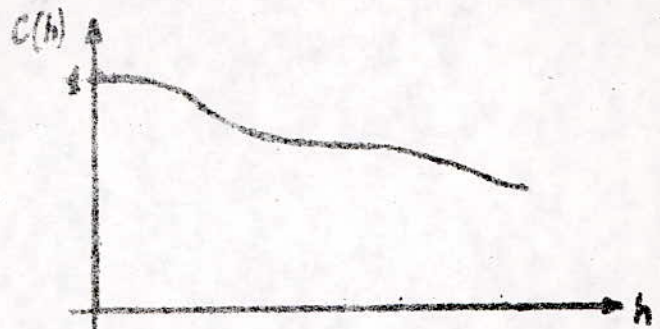
Texture grossière
densité faible



Texture fine
densité élevée



Texture fine
densité faible



Exemples de fonctions d'autocorrélation
pour une translation h horizontale

BAJCSY et LIEBERWAN calculent les deux fonctions :

$$P_1(r) = \int_0^{2\pi} P(r, \theta) d\theta$$

$$P_2(\theta) = \int_0^{\infty} P(r, \theta) dr$$

ils notent :

- que le nombre de pics de la fonction $P_2(\theta)$ nous renseigne sur le degré de directivité de la texture dans la fenêtre étudié .
- que le nombre de pics dans la fonction $P_1(r)$ est caractéristique de la grossièreté de la texture .

III-2-2 SIGNATURES DE TEXTURE DE TYPE STOCHASTIQUE

A. STATISTIQUES USUELLES COMME SIGNATURE DE TEXTURE

Dans cette méthode, on prend comme mesure de la texture le vecteur composé des quatre premiers moments centrés de la distribution des niveaux de gris .

notons par $P(k)$ la fréquence relative du niveau de gris dans la région dont on veut mesurer la texture, alors ces quatre premiers moments sont:

- La moyenne : $\bar{k} = \sum_{k=0}^{N-1} k \cdot P(k).$

- La variance $\sigma_k^2 = \sum_{k=0}^{N-1} (k - \bar{k})^2 P(k)$

- La dissynétrie : $K_d = \frac{1}{\sigma_k^3} \sum_{k=0}^{N-1} (k - \bar{k})^3 P(k)$

.../...

- L'applatissement : $K_A = \frac{1}{\sigma_k^4} \sum_{k=0}^{N-1} (k-\bar{k})^4 P(k) - 3$
 le vecteur $(\bar{k}, \sigma_k^2, k_d, k_A)$ est alors la signature de la texture.

B - Signatures de texture extraite du spectre de puissance de la transformée de Fourier .

Dans cette méthode, on exploite la propriété de la transformée de Fourier qui est sa capacité de mesurer et d'analyser les fréquences spatiales dans une image numérique .

L'expression de la transformée de Fourier d'un carré NXN (image I (x,y) , x=0,N-1;y=0,N-1) est :

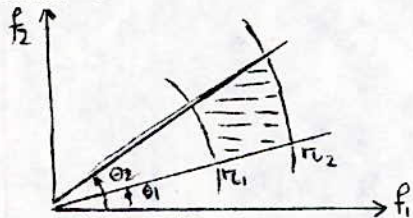
$$U(f_1, f_2) = \frac{1}{N^2} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x,y) e^{-\frac{2i\pi}{N}(f_1x + f_2y)}$$

Le spectre de puissance est alors

$$P(f_1, f_2) = |U(f_1, f_2)|^2$$

WESZKA et ROSENFELD propose une signature de texture

Ils calculent les valeurs suivantes sur de petits domaines du spectre de Fourier :



$$\varphi(r_1, r_2, \theta_1, \theta_2) = \iint |U(r, \theta)|^2 dr_1 d\theta$$

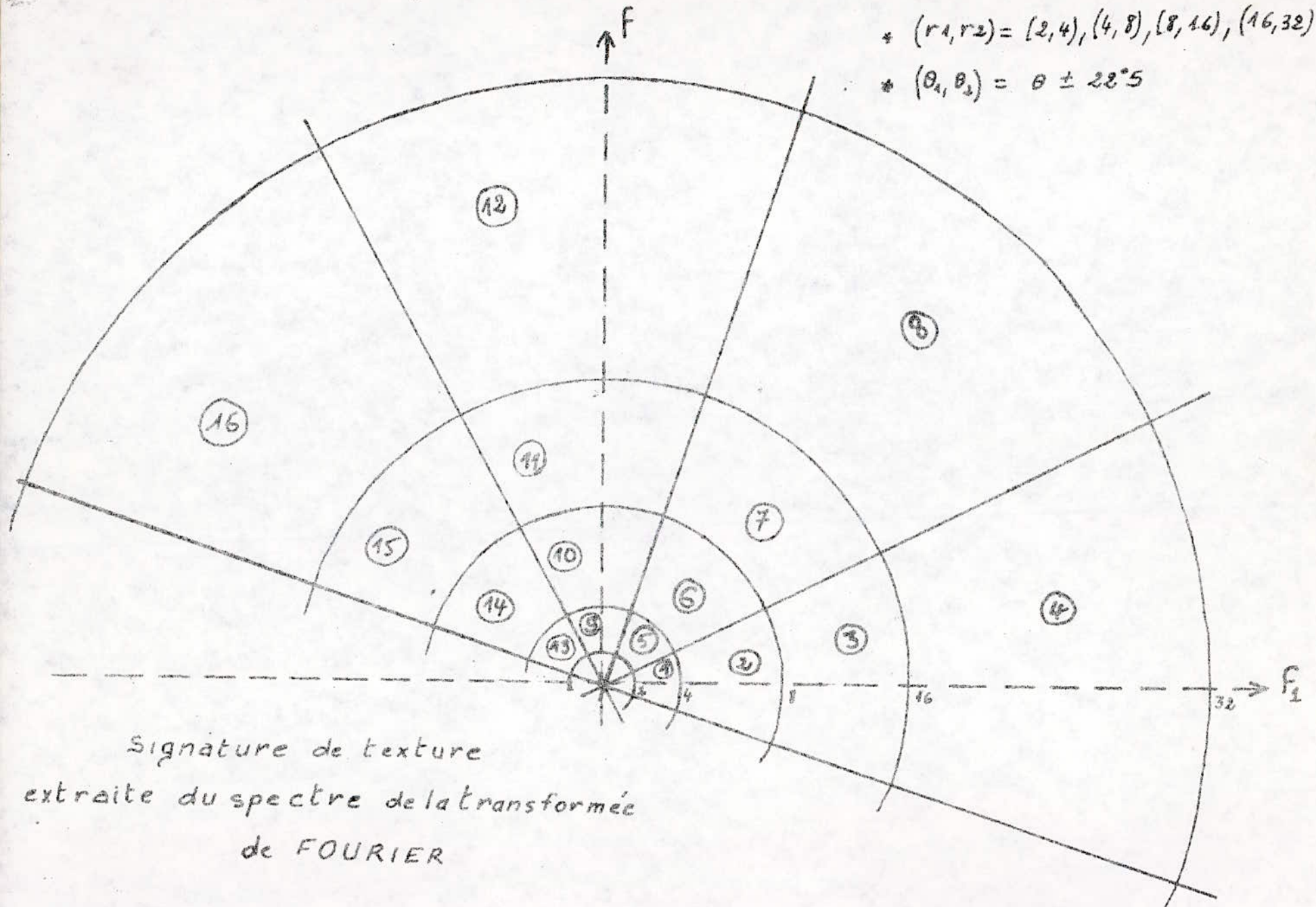
avec $r_1^2 \leq \overbrace{f_1^2 + f_2^2}^{\pi} \leq r_2^2$

et $\theta_1 \leq \arctg\left(\frac{f_1}{f_2}\right) \leq \theta_2$

.../...

$$* (r_1, r_2) = (2, 4), (4, 8), (8, 16), (16, 32)$$

$$* (\theta_1, \theta_2) = \theta \pm 22.5^\circ$$



Signature de texture
 extraite du spectre de la transformée
 de FOURIER

Pour $(r_1, r_2) = (2, 4), (4, 8), (8, 16)$ et $16, 32$

$(\theta_1, \theta_2) = \theta \pm 22^\circ 5$ avec $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$

On obtient 16 paramètres : $\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_{16}$

L'échantillonnage circulaire (voir figure 1 verso)

φ_1	φ_5	φ_9	φ_{13}
φ_2	φ_6	φ_{10}	φ_{14}
φ_3	φ_7	φ_{11}	φ_{15}
φ_4	φ_8	φ_{12}	φ_{16}

nous renseigne sur la grossièreté ou la finesse de la texture.

Si par exemple $\varphi_1 + \varphi_5 + \varphi_9 + \varphi_{13}$ est très grand, on peut affirmer que la texture correspondante est à structure grossière -

L'échantillonnage angulaire :

φ_1	φ_2	φ_3	φ_4
φ_5	φ_6	φ_7	φ_8 - - - -

nous indique^{nt} les directions privilégiées, c'est à dire que si l'intégrale de $|U(f_1, f_2)|^2$ suivant un secteur angulaire ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ par exemple) est grand, alors la direction trouvée est perpendiculaire à la directivité générale de la texture étudiée .

L'inconvénient de cette signature réside dans le temps de calcul très élevé .

(voir le diagramme : - - -)

D - Signature de texture par transformations locales simples.

Cette méthode consiste à remplacer chaque point de l'image par des paramètres statistiques mesurés sur un voisinage .

.../...

Un exemple de signature de ce type est celle qui utilise comme paramètres, la moyenne et l'écart-type calculé sur les huit plus proche voisins de chaque pixel de l'image.

Moyenne locale :

$$I_{\text{Moy}}(x,y) = \frac{1}{9} \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 I(x+k,y+l)$$

Ecart-type sur le voisinage

$$I(x,y) = \frac{1}{9} \left[\sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 (I(x+k,y+l))^2 - \left(\frac{1}{9} \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 (I(x+k,y+l)) \right)^2 \right]^{1/2}$$

L'écart type mesure le degré d'homogénéité du voisinage.

L'avantage de cette méthode est que cette signature n'utilise que deux paramètres texturaux facilement calculables et ne nécessite pas un temps machine important.

Ce sont principalement ces deux raisons qui nous ont amenés à l'utiliser dans notre présente étude.

C/ Signatures de texture extraites des matrices de concurrences des niveaux de gris

Définition d'une matrice de concurrence.

Soit $I(x,y)$ la fonction image définie sur un domaine D , $I(x,y)$ pouvant prendre l'une des N_G valeurs : $0, 1, \dots, N_G-1$

- Soit R une relation spatiale liant deux pixels.

alors : la matrice de concurrence du domaine D relative à la relation R est définie par le terme général suivant :

$$M(i,j) = \text{card} \left\{ (x,y), (x',y') \in D, \text{verifiant} \right. \\ \left. R / I(x,y) = i-1 \text{ et } I(x',y') = j-1 \right\}$$

$$i = 1, \dots, N_G \text{ et } j = 1, \dots, N_G$$

.../...

La matrice de coocurrence normalisée a pour terme général

$$m(i,j) = \frac{M(i,j)}{\text{card}((x,y),(x',y') \in D, \text{verifiant } R)}$$

$i = 1, \dots, N_G$ et $j = 1, \dots, N_G$.

- Chaque élément $M(i,j)$ représente donc le nombre de couples de points du domaine D , vérifiant la relation R et dont l'un a le niveau de gris $i-1$ et l'autre le niveau de gris $j-1$.

- Chaque élément $m(i,j)$ de la matrice de coocurrence normalisée n'est plus un nombre, mais une fréquence relative.

On définit ensuite 14 paramètres parmi lesquels nous pouvons citer :

1°) moment angulaire du 2^e ordre

$$f_1 = \sum_i \sum_j (m(i,j))^2$$

f_1 nous renseigne sur l'homogénéité de la texture: plus f_1 est grand plus la texture est lisse.

2°) Contraste

$$f_2 = \sum_{n=0}^{N_G-1} n^2 \bar{X} m_{x-y}(n) \quad \text{où } m_{x-y}(n) = \sum_i \sum_{|i-j|=n} m(i,j)$$

f_2 est d'autant plus grand que le contraste est grand (qu'il y a beaucoup de variations locales importantes).

3°) Correlation

$$f_3 = \frac{\sum_i \sum_j (ixj) \times m(i,j) - \mu_x \times \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

où: μ_x , μ_y moyennes des $m_x(i)$ et $m_y(j)$

σ_x , σ_y deviation standard des $m_x(i)$ et $m_y(j)$

.../...

4°) Variance:

$$f_4 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 \cdot m(i,j)$$

ce parametre donne une mesure de l'etalement de $m(i,j)$ autour de la diagonale principale.

5°) Moment des differences inverses

$$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i-j)^2} \cdot m(i,j)$$

ce parametre est d'autant plus eleve que la matrice de coocurrence est concentree sur la diagonale principale : plus f_5 est grand plus les primitives de texture sont de grande taille .

6°) Moyenne des sommes

$$f_6 = \sum_{K=2}^{2N_G-1} k \cdot m_{x+y}(k) \quad \text{avec } m_{x+y}(k) = \sum_i \sum_j m(i,j) \text{ avec } i+j=k$$

suivant que f_6 est grand ou petit, il permet de nous renseigner si les niveaux de gris sont concentres vers 0 ou vers N_G-1

Notons que cette methode a ete etudiee et proposee par HARRALICK .

Malgre toute la richesse en information sur la distribution spectrale que contiennent les matrices de coocurrence , l'application de cette methode presente des inconvenients lies a l'espace memoire necessaire et au temps de calcul prohibitif des 14 parametres .

Dans le souci de remedier a ces inconvenient DESACHY procede d'abord a une reduction des niveaux de gris de l'image et calcule ensuite les matrices de coocurrence sur des fenetres 4 x 4 dont les elements constituent la signature de texture .

IV APPLICATIONS - RESULTATS :

Après cette étude théorique qui nous a permis de passer en revue toutes les notions fondamentales du traitement numérique de l'image, nous nous proposons dans cette partie de présenter la méthodologie et les résultats des applications auxquels nous avons abouti .

Ces résultats sont présentés de manière chronologique et correspondent aux différentes étapes successives suivies lors de notre présente étude en vue de réaliser une classification supervisée .

IV-1 Restitution primaire de l'image :

Cette étape est souvent dénommée traitement du premier ordre. Elle consiste à partir d'un canal donnée à effectuer une étude statistique sur les fréquences enregistrées (Histogrammes des fréquences où l'abscisse représente les fréquences d'apparition des tons de gris et l'ordonnée les niveaux de gris).

Il s'agit alors de faire un découpage d'histogramme suivant les modes et les vallées.

La visualisation est réalisée sur l'imprimante du calculateur; chaque classe est représentée par un symbole qui est, soit un graphisme simple existant sur l'imprimante, soit la superposition de plusieurs de ces graphismes .

Pour cela nous avons :

- d'une part conçu un programme intitulé "HIST" donnant les histogrammes dans les quatre canaux d'une image numérique de dimension 512X512 pixels.
- et d'autre part utilisé le programme "BAND" mis à notre disposition et permettant la restitution de l'image .

IV.2 Classification descriptive -Choix des vérités terrains :

Cette phase est aussi appelée APPRENTISSAGE.

.../...

Elle consiste à sélectionner plusieurs échantillons pour un même thème et à les localiser le plus exactement possible sur l'image primaire tirée précédemment. La taille de chaque échantillon est de l'ordre 10X10 pixels.

Une étude quantitative des échantillons représentant une même classe - exploitation statistique classique : calcul de la moyenne et de la variance et étude de l'histogramme de chaque échantillon - permet de faire une estimation sur leur homogénéité afin de rejeter les plus mauvais et de ne retenir que les plus représentatifs.

Pour cela nous avons conçu un programme intitulé "CHOIX" qui nous permet d'avoir les paramètres suivants dans chaque canal :

- la moyenne de chaque échantillon
- la variance de chaque échantillon
- l'histogramme de chaque échantillon .

Choix des échantillons :

Ce choix a été fait sur la zone Nord relative à la BAIE D'ALGER , où les thèmes prédominants sont essentiellement :

- Mer (et Oueds)
- Forêt (BAINEM)
- Tissu urbain
- Terrains vagues (non cultivés)
- Champs de culture

IV-3 Classification spectrale :

Les moyennes des échantillons retenus constituent les centres de classes définitifs sur lesquels est basée la classification. On a adopté la méthode BARYCENTRIQUE qui utilise la distance de MAHANALOBIS (distance Euclidienne pondérée par les inverses des variances)

.../...

Nous donnons (ci-après) les paramètres statistiques des différents échantillons relatifs à chacun de ces thèmes (Histogrammes des fréquences des tons de gris, moyennes, variances)

Nous retenons alors comme échantillons représentatifs de chaque thème, ceux dont les valeurs sont les suivantes :

MOYENNES :

$M_{11} = 19$	$M_{12} = 23$	$M_{13} = 34$	$M_{14} = 29$	→ "Mer"
$M_{21} = 23$	$M_{22} = 31$	$M_{23} = 35$	$M_{24} = 14$	→ "Forêt"
$M_{31} = 29$	$M_{32} = 28$	$M_{33} = 27$	$M_{34} = 13$	→ "Végétation peu développée"
$M_{41} = 31$	$M_{42} = 35$	$M_{43} = 35$	$M_{44} = 14$	→ "terrains vagues"
$M_{51} = 45$	$M_{52} = 29$	$M_{53} = 29$	$M_{54} = 14$	→ "Tissu urbain"

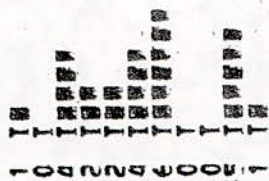
VARIANCES :

$V_{11} = 0,4$	$V_{12} = 2,2$	$V_{13} = 3,6$	$V_{14} = 1,7$
$V_{21} = 0,8$	$V_{22} = 3,7$	$V_{23} = 2,9$	$V_{24} = 0,6$
$V_{31} = 4,8$	$V_{32} = 2,8$	$V_{33} = 9,1$	$V_{34} = 1,5$
$V_{41} = 3,2$	$V_{42} = 11,1$	$V_{43} = 8,3$	$V_{44} = 0,7$
$V_{51} = 17,8$	$V_{52} = 13,2$	$V_{53} = 36,5$	$V_{54} = 45,3$

Ce choix est basé sur la comparaison du degré d'homogénéité des échantillons par l'examen de leurs variances et de leurs histogrammes.

N.B. Le premier indice désigne le numéro du thème et le deuxième indice indique le numéro du canal.

MSS IV



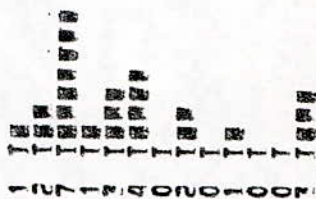
324567890123

MSS V



5678901

MSS VI

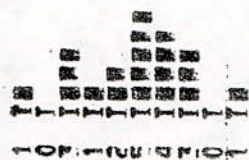


2245678901234

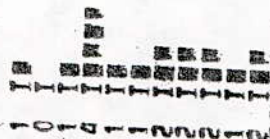
MSS VII



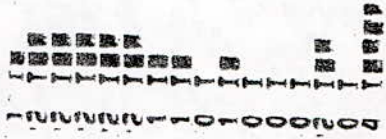
1234



2245678901



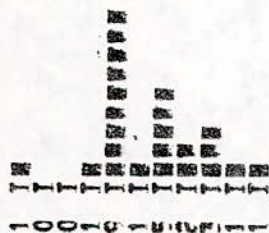
6789012345



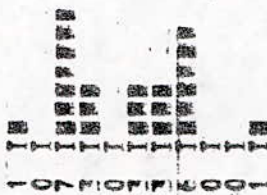
0123456789012345



1315



12345678901



90123456789



123456



12345

Echantillons : 'VEGETATION PEU DEVELOPPEE'
(vergés...)

Pour cela nous avons conçu un programme appelé "CLASS " qui réalise d'une part cette classification et d'autre part la sortie sur listing des images correspondantes .

IV.3.1 Classification Monospectrale :

Nous avons appliqué la méthode de classification à chacun des canaux IV , V , VI , et VII .

Nous remarquons que chacun d'eux fait ressortir nettement certains thèmes et beaucoup moins d'autres. Ceci est dû au fait que chaque canal est plus ou moins adapté à un thème.

- Dans le canal IV, on distingue nettement la végétation et les structures géologiques de la zone considérée .
- Dans le canal V , en plus de la végétation qui se distingue nettement , on y voit apparaître l'aspect topographique de la region .
- Dans le canal VI on identifie essentiellement les terrains vagues et les sols .
- Le canal VII met en évidence l'humidité et on constate que la végétation n'apparaît pas nettement .

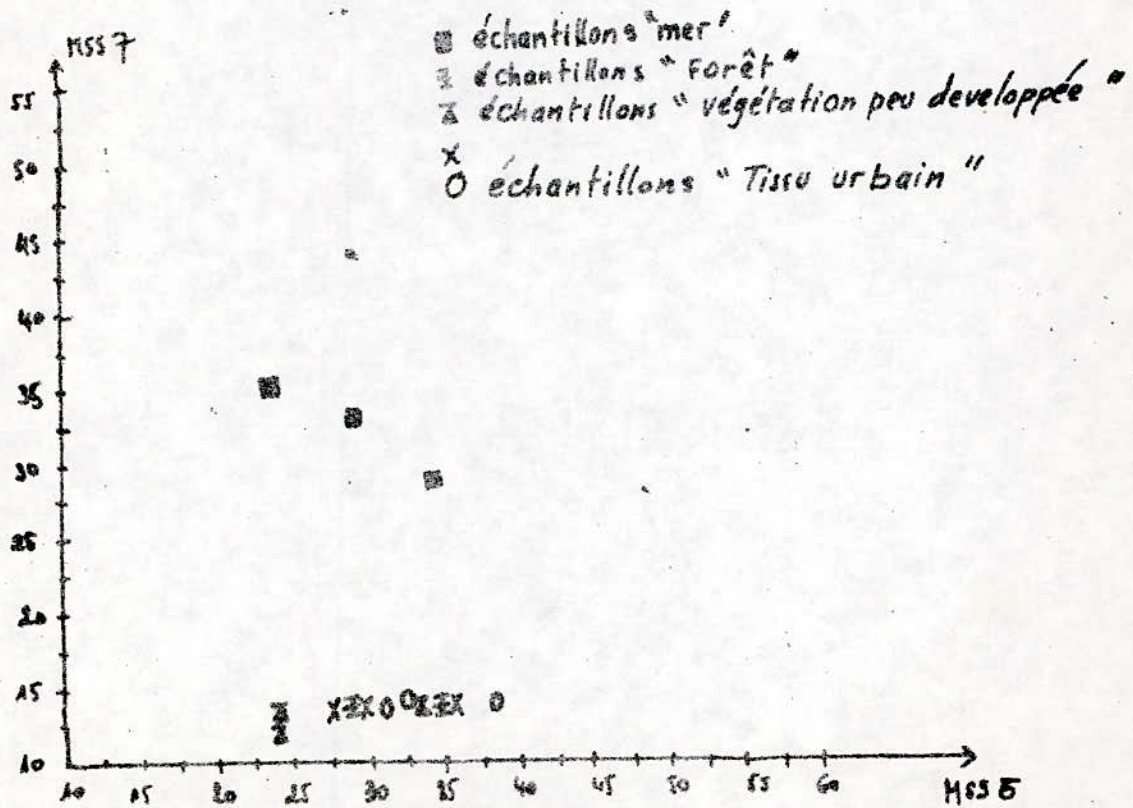
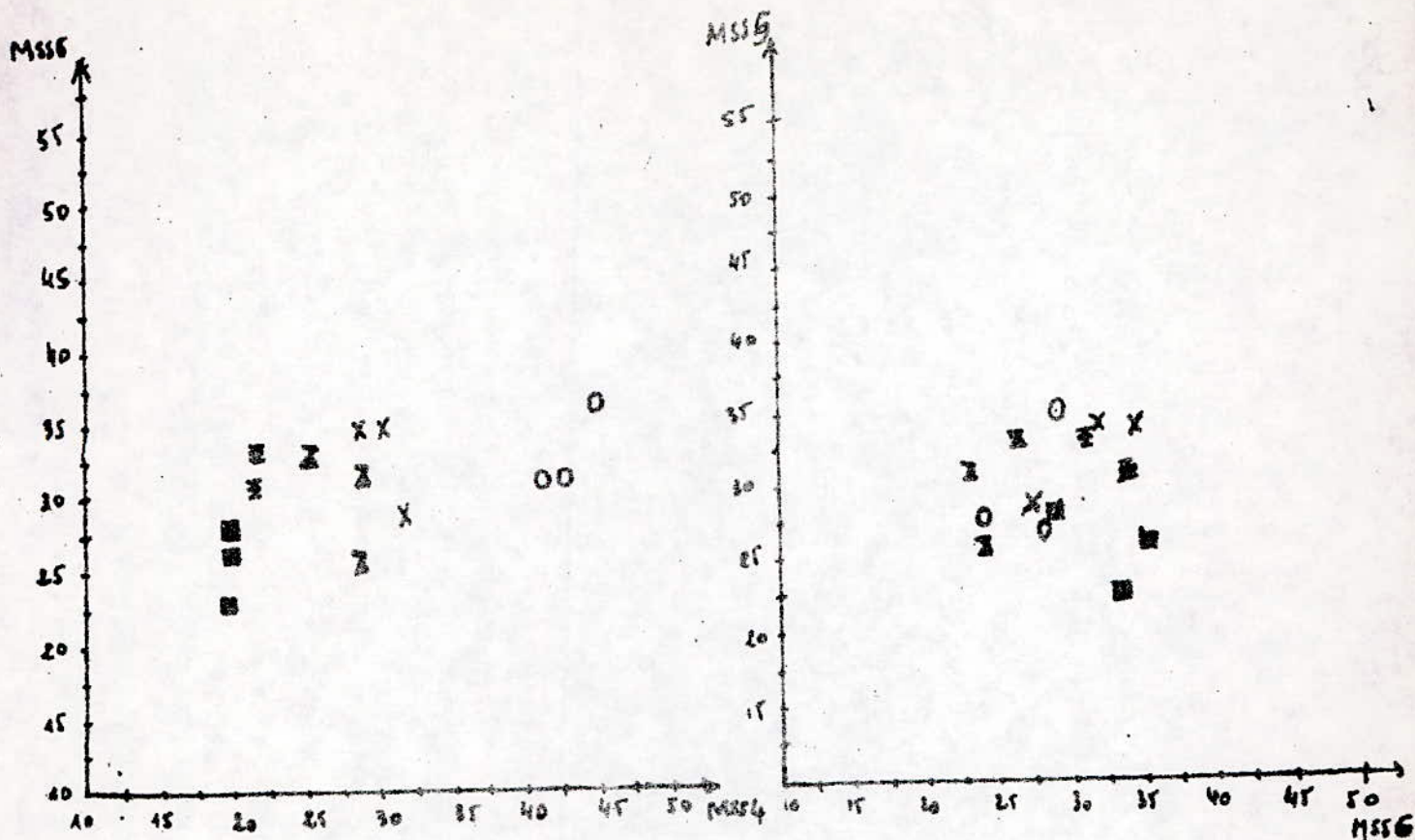
Les graphes de dispersion représentés sur les figures (ci-~~contre~~^{après} -), mettent en évidence les classes séparées et celles qui se chevauchent.

Le graphe de dispersion est une représentation graphique qui peut être unidimensionnelle ou multidimensionnelle.

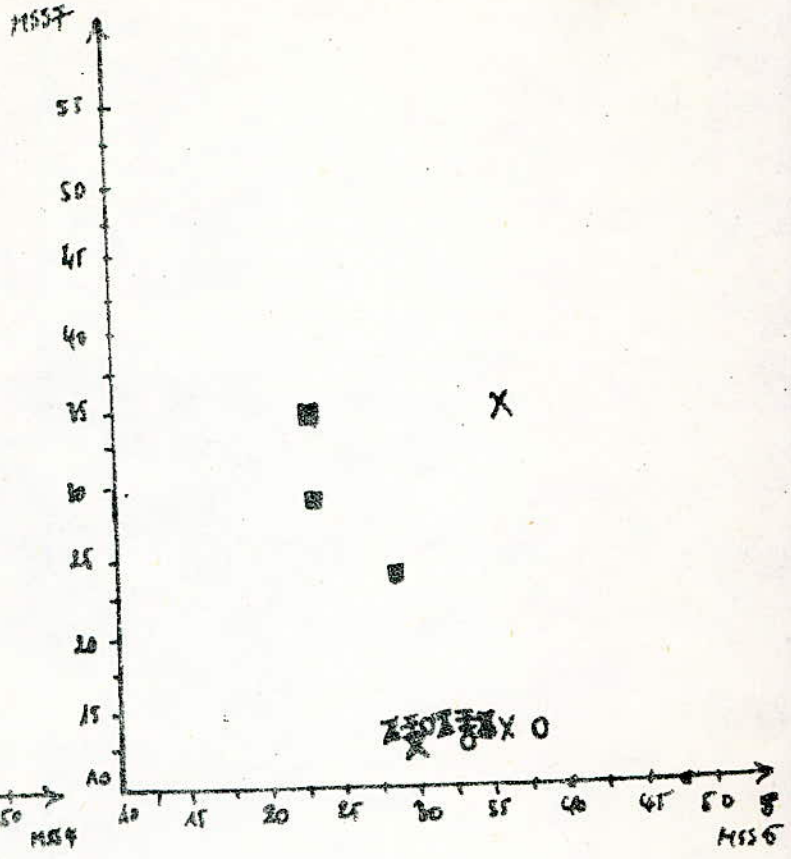
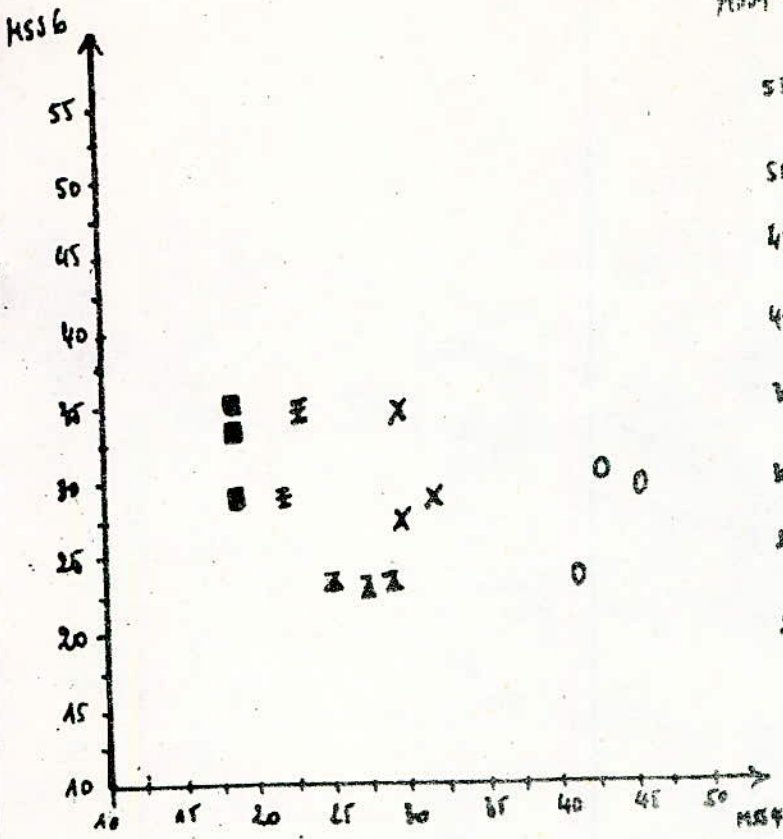
Sur chaque axe sont portés les tons de gris relatifs à chaque canal; et un point représenté sur ce graphe (un centre de classe sera repéré par ses coordonnées qui sont ses réponses optiques dans les canaux considérés.

Ce procédé permet de mettre en évidence :

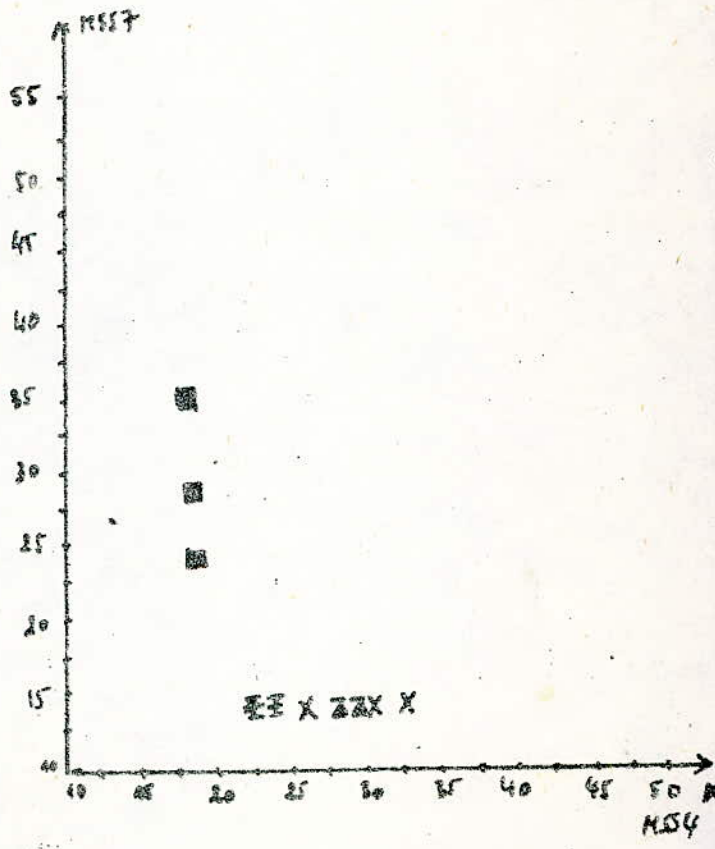
- la corrélation des canaux
 - les classes séparables et celles qui se chevauchent .
- .../...



Diagrammes de dispersion (caneux adjacents)



- échantillons "mer"
- E échantillons "Forêt"
- Z échantillons "Végétation peu développée"
- X
- O échantillons "tissu urbain"



DIAGRAMMES DE DISPERSION DANS DEUX CANNUX ELOIGNES

IV-3-2 Classification Multispectrale :

L'insuffisance des résultats précédents obtenus lors de la classification monospectrale est due au fait que chaque pixel n'est caractérisé que par un seul paramètre : sa réponse optique dans un seul canal. En effet deux thèmes différents peuvent avoir la même réflectance dans un canal donné, alors que leurs signatures spectrales à quatre composantes peuvent les discriminer .

Une classification multispectrale est ainsi nécessaire en vue de l'amélioration de l'image.

Les quatre canaux MSS4, MSS5, MSS6 et MSS7 sont utilisés dans la classification multispectrale que nous envisageons. Les mêmes centres de classes sont repris et on applique le même discriminateur à savoir la distance de MAHANALOBIS .

Le programme "CLASS" Conçu aussi bien pour le monospectrale que pour le multispectrale nous permet de visualiser l'image ainsi classée .

Le mérite de cette classification multispectrale est de faire apparaître toutes les classes avec une bonne différenciation. Cette dernière image est beaucoup plus riche en informations que les précédentes faites à partir d'un seul canal; les contours, le contraste et les formes étant plus nets.

Cependant il apparaît souvent sur cette image multispectrale des pixels plus ou moins isolés dans des régions relativement homogènes .

IV-4 Classification Texturale :

Dans le paragraphe précédent nous avons appliqué une classification spectrale qui consiste à affecter chaque pixel à la classe qui lui est la plus proche en nous basant uniquement sur sa signature spectrale. Nous avons ensuite signalé les performances et les limites de cette méthode dans la discrimination de certains objets .

.../...

Nous nous proposons, à présent, de réaliser une classification texturale, c'est à dire en tenant compte de l'information apporté à chaque pixel par l'ensemble des pixels de son voisinage. Parmi toutes les signatures texturales que nous avons étudiées, notre choix s'est porté sur celle qui est extraite des transformations locales et qui utilise comme paramètres la moyenne et l'écart-type sur un voisinage de 3x3 pixels.

Ce choix se justifie, d'une part par le fait qu'elle ne comporte que deux paramètres nécessitant un temps machine et un espace mémoire relativement faibles, et d'autre part que chacun de ces paramètres (Moyenne et Ecart-type) apporte des informations interprétables.

IV-4.1 Images de Paramètres :

Apartir de l'image numérique du canal 5 nous créons deux images numériques dites de paramètres :

l'image "Moyenne" et l'image "Ecart-type".

- On obtient l'image "Moyenne" par une simple transformation en remplaçant le niveau de gris de chaque pixel par le niveau moyen de son voisinage :

$$\bar{X}(I, J) = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^{+1} \sum_{l=1}^{+1} X(I+k, J+l)$$

- L'image "Ecart-type" est obtenue en remplaçant chaque niveau de gris par l'écart-type sur le voisinage :

$$X_{ECT}(I, J) = \left[\frac{1}{9} \sum_{k=1}^{+1} \sum_{l=1}^{+1} (X(I+k, J+l))^2 - \left(\frac{1}{9} \sum_{k=-1}^{+1} \sum_{l=-1}^{+1} X(I+k, J+l) \right)^2 \right]^{1/2}$$

.../...

Ces deux images ainsi créées seront enregistrées sur une unité de disque de l'ordinateur et nous serviront d'une part pour faire leurs sorties sur listing par une classification unidimensionnelle et d'autre part comme pseudo-canaux qu'on utilisera lors de la classification multidimensionnelle .

Notons que la classification unidimensionnelle(ou multidimensionnelle) s'effectue de la même manière que la classification spectrale .

Pour cela nous avons conçu deux programmes intitulés "MOYLOC" et "ECARTY" qui permettent le calcul et l'enregistrement respectivement des images "Moyenne" et "Ecart-type".

Les images de Paramètres ainsi obtenues sont conformes à nos prévisions. En effet la transformation 'moyenne' réalise un lissage de l'image originales ,c'est à dire qu'elle fait apparaitre les grandes zones homogènes en éliminant les détails.

Cette transformation est intéressante surtout lorsqu'on veut réaliser une cartographie générale des thèmes prédominants de la région à laquelle on s'intéresse.

Par contre la transformation 'ecart-type' met en évidence particulièrement les hétérogénéités de l'image ainsi que les contours délimitant les différentes zones homogènes.

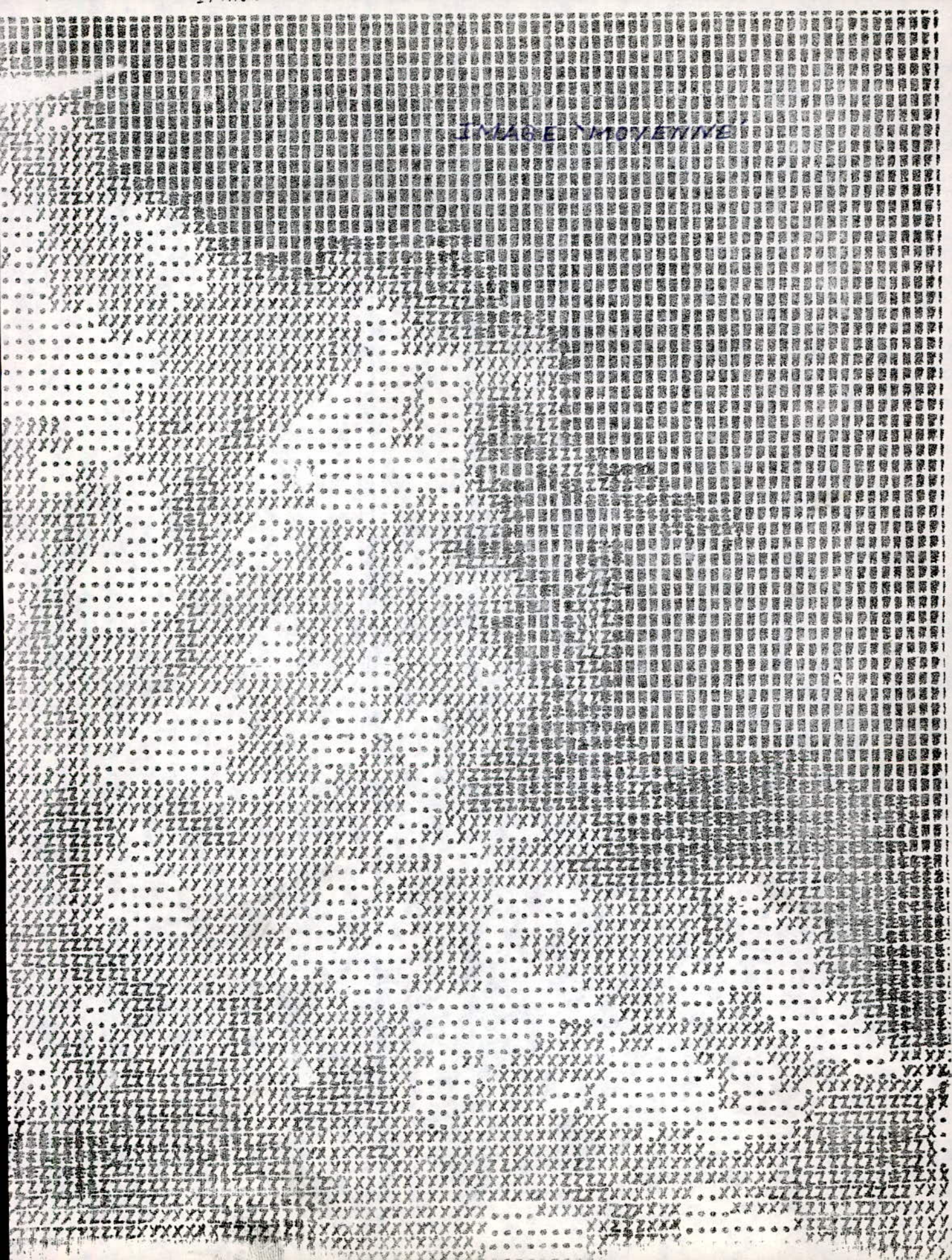




IMAGE DE PARAMETRE "ECART-TYPE"



IV. 4.2 Classification multidimensionnelle:

Cette classification est basée sur les réponses optiques de chaque pixel dans les différents canaux. Dans notre application, nous utiliserons les données du canal λ et celles des pseudo-canaux "moyenne" et "écart-type" enregistrées préalablement sur l'unité de disque de l'ordinateur.

les échantillons représentatifs des différents thèmes sont ceux déjà retenus dans la classification multispectrale.

On définit alors la signature de chaque pixel par:

$$X = (x_{\lambda}, x_M, x_{ECT})$$

où: x_{λ} est la radiance du pixel x dans le canal λ et x_M, x_{ECT} ses paramètres texturaux "moyenne" et "écart-type".

La procédure de la classification reste la même qu'en classification multispectrale, c'est à dire que tout point anonyme est affecté à la classe qui lui est la plus proche.

Sur l'image ainsi classée, nous constatons:

- L'apparition des principaux thèmes
- L'accentuation des contours (particulièrement celui du "terre-mer")
- La mise en évidence de détails dans les régions considérées comme homogènes.

Ceci résulte de la contribution simultanée du paramètre spectral et des deux paramètres texturaux caractérisant l'information spatiale.

DESCRIPTION DES PROGRAMMES

- La PLUPART DES PROGRAMMES SONT COMPOSES D'UN PROGRAMME PRINCIPALE ET DE SOUS-PROGRAMMES.

LE PROGRAMME PRINCIPAL A POUR TACHE ESSENTIELLE LA RESERVATION DE L'ESPACE MEMOIRE NECESSAIRE ET D'ASSURER LES OPERATIONS D'ENTREES-SORTIS:

- LECTURE DES DONNEES (NOMBRE D'ECHANTIONS, LEURS COORDONNEES, LE NOMBRE DE CLASSES, LE NOMBRE DE CANAUX ...)
- IMPRESSION DES RESULTATS.

LES SOUS-PROGRAMMES SONT CHARGES D'EFFECTUER DES OPERATIONS SPECIFIQUES

1 PROGRAMME "HIST"

- IL PERMET LA SORTIE D'HISTOGRAMMES D'UNE IMAGE 512 X 512 DANS UN OU PLUSIEURS CANAUX SUMULTANEMANT SUIVANT LE DESIR DE L'UTILISATEUR.

2 PROGRAMME "CHOIX"

- CE PROGRAMME EST CONCU POUR UNE CLASIFICATION DESCRIPTIVE SUPERVISEE, EST EFFECTUE LES OPERATIONS SUIVANTES:
 - LOCALISATION SUR DISQUES DES ECHANTIONS DANS LES DIFFERENTS CANAUX
 - CALCUL DES PARAMETRES STATISTIQUES DE CES ECHANTIONS
 - IL COMPORTE TROIS SOUS-PROGRAMMES:
 - S/P "MOYVAR" : CALCULE LES MOYENNES ET LES VARIENCES DE CHAQUE ECHANTION DANS LES DIFFERENTS CANAUX.
 - S/P "MINMAX" : DONNE LES HISTOGRAMMES DES ECHANTIONS DANS LES DIFFERENTS CANAUX.
 - S/P "LECFEN" : LOCALISE LES DIFFERETS ECHANTIONS ET LIT LEURS DONNEES RESPECTIVES.

L'AVANTAGE DE CE PROGRAMME RESIDE DANS LA COMMODITE DE SON UTILISATION ASSEZ GENERALE. LES DONNEES A INTRODUIRE SONT LE NOMBRE DES ECHANTIONS NCL(NON LIMITE), LEURS COORDONNEES SUR L'IMAGE "512 X 512) ET LE NOMBRE DE CANAUX NCAN.

CHAQUE ECHANTION EST REPERE PAR SIX COORDONNEES QUI SONT : I1, J1, N1, N2, NC1, NC2, OU :

I1: NUMEROS DE LA PREMIERE LIGNE DE L'ECHANTION

J1: NUMEROS DE LA PREMIERE COLONNE DE L'ECHANTION

N1: NOMBRE DE LIGNES DE L'ECHANTION

N2: NOMBRE DE COLONNES DE L'ECHANTION

NC1 : NUMEROS DU CADRAN GAUCHE CONTENANT L'ECHANTION

NC2 : NUMEROS DU CADRAN DROITE CONTENANT L'ECHANTION

N.B./ SI L'ECHANTION EST CONTENU DANS UN SEUL CADRAN ALORS NC1 = NC2.

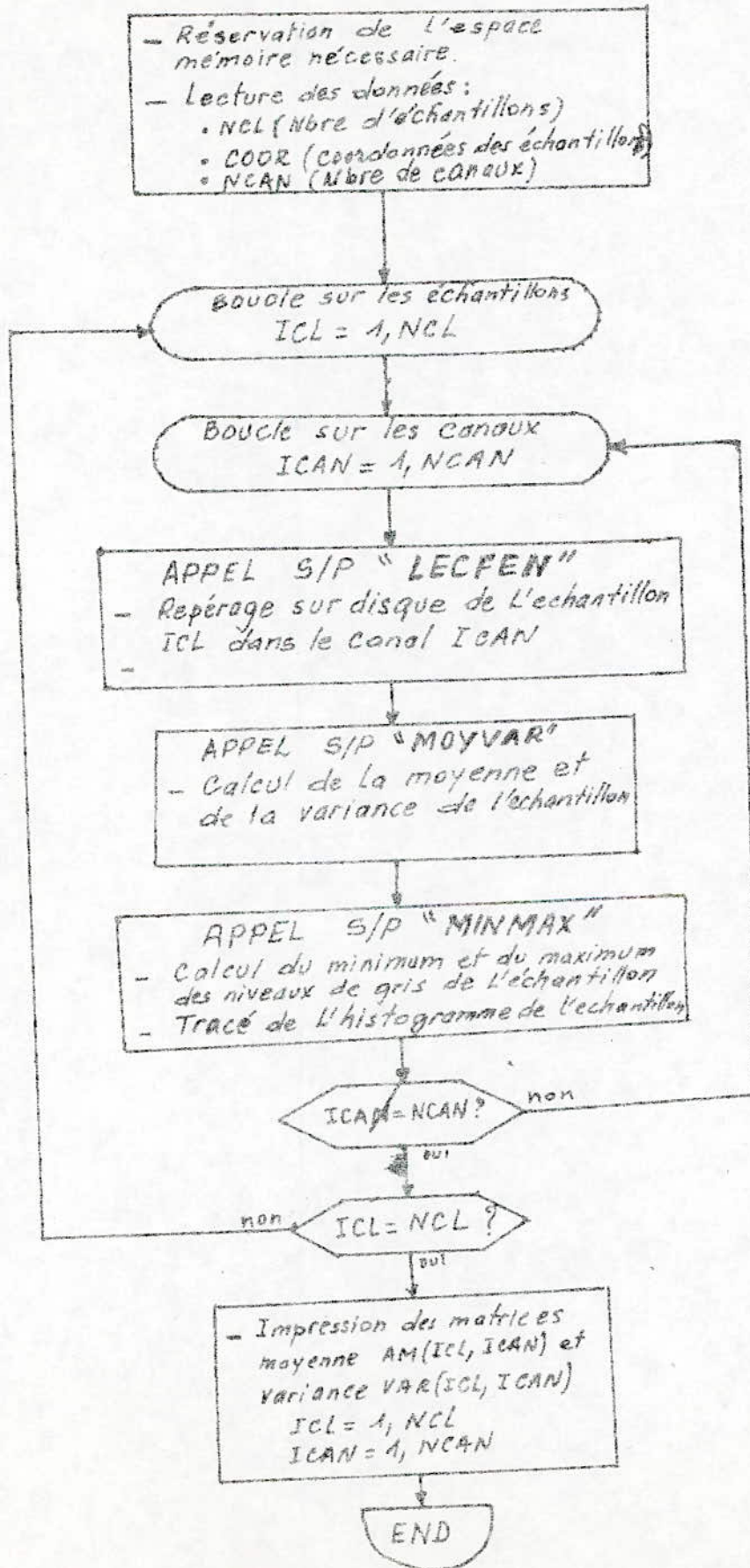
3 PROGRAMME "CLASS":

CE PROGRAMME EST CONCU DANS LE BUT DE REALISER LA CLASSIFICATION DECISIONNELLE ET LA SORTIE DE L'IMAGE SUR LISTING EN AFFECTANT A CHAQUE CLASSE UN GRAPHISME DE L'IMPRIMANTE OU LA SUPERPOSITION DE PLUSIEURS DE CES GRAPHISMES.

IL UTILISE TROIS SOUS-PROGRAMMES :

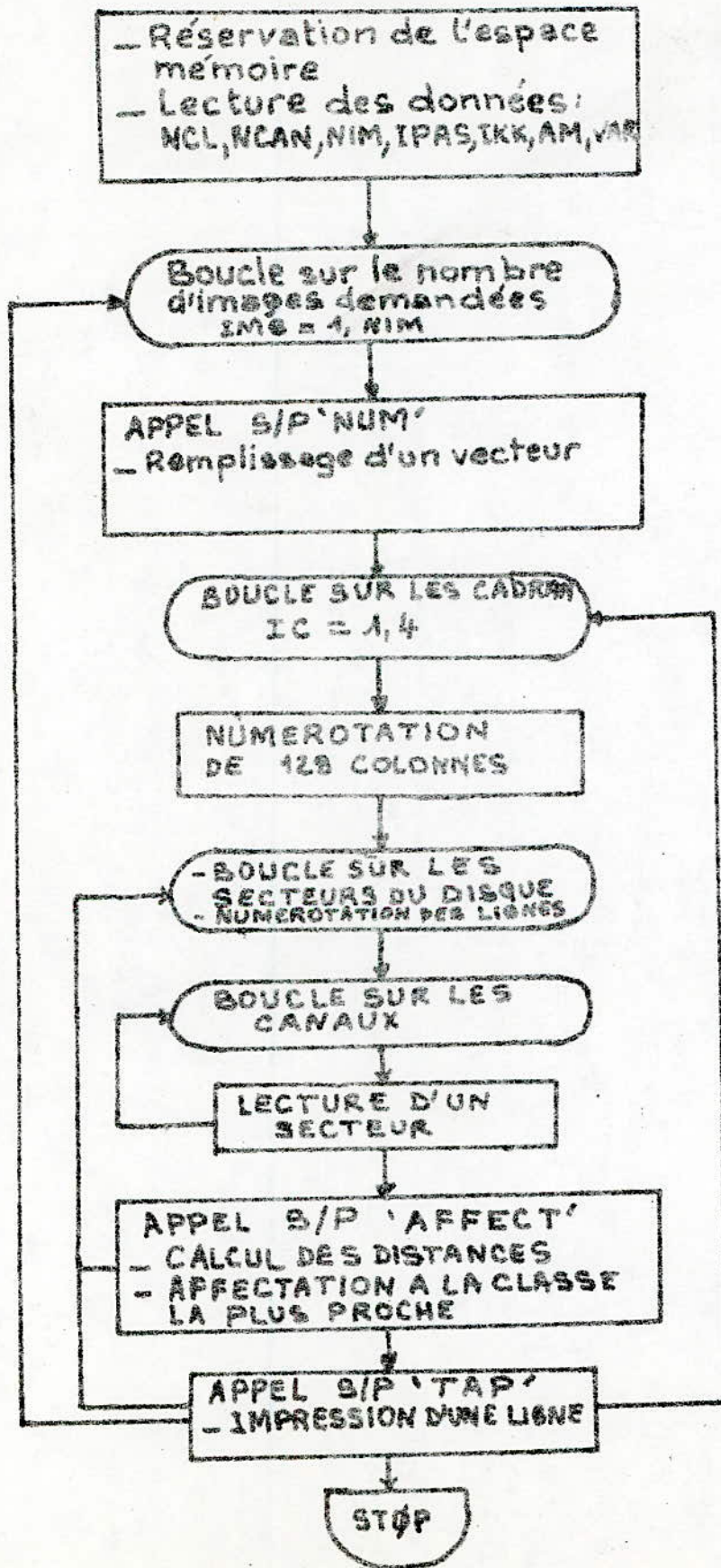
- S/P "NUM/": NUMEROTE LES COLONNES DE L'IMAGE
- S/P "AFFECT": CALCULE LA DISTANCE DE TOUT POINT A CHAQUE CENTRE DE CLASSE ET L'AFFECTE A LA CLASSE LA PLUS PROCH E.
- S/P "TAP": REALISE L'IMPRESSION DE L'IMAGE SUR LISTING .
SUIVANT LE DESIR DE L'UTILISATEUR, CE PROGRAMME PERMET DE :
FAIRE UNE CLASSIFICATION UNIDIMENSIONNELLE OU MULTIDIMENSIONNELLE
TIRER UNE OU PLUSIEURS IMAGES (UNIDIMENSIONNALLES, OU
MULTIDIMENSIONNELLES(VOIR NOTICE UTILISATION).

PROGRAMME "CHOIX"



PROGRAMME 'CLASS'

PROGRAMME PRINCIPAL



IKK = 0				
NIM IPAS	1	2	3	4
1	(1, 2, 3, 4)	(1, 2, 3, 4) (2, 3, 4)	(1, 2, 3, 4) (2, 3, 4) (3, 4)	(1, 2, 3, 4) (2, 3, 4) (3, 4), (2)
2	(1, 3)	(1, 3) (2, 4)	(1, 3) (3, 4), (3)	(1, 3), (3, 4) (3), (4)
3	(1, 4)	(1, 4) (2)	(1, 4) (2), (3)	(1, 4), (2) (3), (4)
4	(1)	(1, 4) (2)	(1, 4), (2) (3)	(1, 4), (2) (3), (4)

IKK = 1				
NIM IPAS	1	2	3	
1	(2, 3, 4)	(2, 3, 4), (3, 4)	(2, 3, 4), (3, 4) (3)	
2	(2, 4)	(2, 4), (3)	(2, 4), (3) (4)	
3	(2)	(2) (3)	(2), (3), (4)	

IKK = 2				
NIM IPAS	1	2		
1	(3, 4)	(3, 4), (4)		
2	(3)	(3), (4)		

NOTICE D'UTILISATION DU PROGRAMME
"CLASS"

CONCLUSION

Les images satellite LANDSAT traitées par les méthodes de classification automatique ne sont correctement interprétables que par des spécialistes (thématiciens) qui ont une grande expérience dans ce domaine.

A notre niveau, on s'est contenté uniquement de reconnaître et d'identifier les principaux thèmes de la région étudiée. L'examen des images obtenues par les différentes méthodes montre que les principaux thèmes apparaissent toujours avec plus ou moins de détails. Les classes différenciées nettement par certaines méthodes ne le sont pas nécessairement par d'autres. Nous voyons qu'il n'existe pas de méthode générale qui puissent nous donner tous les détails sur toute l'étendue de la région exploitée. Notons simplement que l'ensemble de ces applications apporte des renseignements qui se complètent.

Signalons en outre que toute analyse supervisée suppose une parfaite connaissance de l'état du terrain et que les performances de la classification sont liées au choix des échantillons représentatifs de chaque classe. Les résultats pourraient être améliorés et l'interprétation serait plus facile à faire si on disposait de "vérités-terrains" assez précise (telles que les conditions météorologiques, les données topographiques, l'hydrologie...)

Notre travail pour être complété par l'application de ce logiciel d'analyse supervisée au pseudo-canal KL1 (analyse en composantes principales) particulièrement en texture.

Ministere de l'Enseignement Superieur et de la Recherche Scientifique

U.S.T.H.B.

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

C.E.N. LABORATOIRE D'ETUDE SPATIALE DES RAYONNEMENTS

PROJET DE FIN D'ETUDES

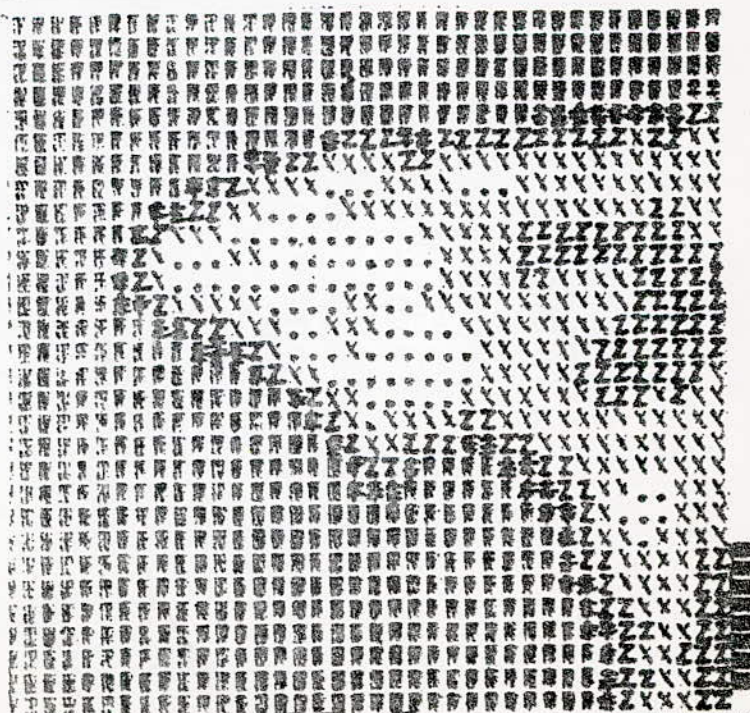
Ingeniorat en electronique

- ANNEXE -

REALISATION DUN LOGICIEL DANALYSE
SUPERVISEE MULTIDIMENSIONNELLE
spectrale et texturale

Proposé par :
A. ABDELLAOUI
A. OUSSEDIK

Realisé par :
M. MEKHALDI
M. SABI



PROGRAMME "MOYLOC"

```
DEFINE FILE 1 = MS (R: 256, G: 1, RW, BN, FI)
DEFINE FILE 7 = MM (R: 256, G: 1, RW, BN, FI)
INTEGER V(128), G(128), WM(512), W(3, 512)
READ (7'ID1) (V(J), J= 1, 128)
DO 8 J= 1, 128
  G(J) = V(J)
8 CONTINUE
WRITE (1'ID1) (G(J), JJ= 1, 128)
5 CONTINUE
  I = 0
  DO 10 IM = 1, 3
    I = I + 1
    DO 10 NC = 1, 4
      ID1 = (IM - 1) * 4 + NC + 2048
      READ (7'ID1) (V(J), J= 1, 128)
      DO 10 J = 1, 128
        L = J + (NC - 1) * 128
        W(I, L) = V(J)
10 CONTINUE
      WM(1) = W(2, 1)
      WM(512) = W(2, 512)
      DO 15 L = 2, 511
        WM(L) = 0
        J1 = L - 1
        J2 = L + 1
        DO 20 I = 1, 3
          DO 20 J = J1, J2
            WM(L) = WM(L) + W(I, L)
20 CONTINUE
      WM(L) = IFIX(WM(L) / 9)
15 CONTINUE
      DO 18 NC = 1, 4
        ID = NC + 2052
        DO 22 J = 1, 128
          LJ = (NC - 1) * 128 + J
          G(J) = WM(LJ)
22 CONTINUE
```

```

WRITE (1, ID) (G(J1), J1=1, 128)
18 CONTINUE
K = 0
DO 50 IM = 4, 512
K = K + 1
DO 30 NC = 1, 4
ID1 = (IM - 1) * 4 + NC + 2048
READ (7, ID1) (V(J), J = 1, 128)
DO 30 J = 1, 128
L = (NC - 1) * 128 + J
W(K, L) = V(J)
30 CONTINUE
IF (K.EQ.1) GO TO 35
L = K - 1
WM(1) = W(L, 1)
WM(512) = W(L, 512)
GO TO 33
35 WM(1) = W(3, 1)
WM(512) = W(3, 512)
DO 45 L = 2, 511
33 WM(L) = 0
J1 = L - 1
J2 = L + 1
DO 40 I = 1, 3
DO 40 J = J1, J2
WM(L) = WM(L) + W(I, J)
40 CONTINUE
WM(L) = IFIX(WM(L)/9)
45 CONTINUE
DO 55 NCC = 1, 4
DO 65 J = 1, 128
LJ = (NCC - 1) * 128 + J
G(J) = WM(LJ)
65 CONTINUE
ID = NCC + ID1 - 8
WRITE (1, ID) (G(J1), J1=1, 128)
55 CONTINUE
IF (K.EQ.3) K = 0
50 CONTINUE
DO 60 ID = 4093, 4096
READ (7, ID) (V(J), J = 1, 128)
DO 70 J = 1, 128
G(J) = V(J)
70 CONTINUE
60 WRITE (1, ID) (G(J), J = 1, 128)
STOP
END

```

PROGRAMME 'HIST'

```

DEFINE FILE 7 = SM (R:256, G:1, RW, BN, FI)
INTEGER V(128)
DIMENSION LFREQ(256)
DIMENSION LA(100), LB(100), LC(100)
DATA IBLAN, IH, IDIESE, IZ / 1H, 1HH, 1H#, 1HZ /
101 READ (105, 101) ICAN1, ICAN2, NCAN, IPAS
    FORMAT (4 I1)
    DO 10 ICAN = ICAN1, ICAN2, IPAS
13 DO 13 J1 = 1, 512
    LFREQ(J) = 0
    MIN = 512
    MAX = 0
    N1 = (ICAN - 1) * 2048 + 1
    N2 = ICAN * 2048
    DO 5 I = N1, N2
    READ (7'I) (V(J), J = 1, 128)
    DO 5 J = 1, 128
    K = V(J) + 1
    LFREQ(K) = LFREQ(K) + 1
    IF (K. LT. MIN) MIN = K - 1
5 CONTINUE
    MINO = MIN
    MAXO = MAX
    DO 11 KK = 1, I2
11 LV(KK) = KK * 5000
    DO 43 LL = 1, 100
    LA(LL) = IBLAN
    LB(LL) = IBLAN
    LC(LL) = IBLAN
    IF MAX = LFREQ(I)
    IF MIN = LFREQ(I)
    DO 14 K = 1, 256
    IF (LFREQ(K). GT. IFMAX) IFMAX = LFREQ(K)
    IF (LFREQ(K). LT. IFMIN) IFMIN = LFREQ(K)
14 CONTINUE
    DO 15 L = 1, I2
    IF (IFMAX. LE. LV(L)) GO TO 4
15 CONTINUE
4 NK = L * 50
    ICANL = ICAN
    PRINT 110
    PRINT 118
    PRINT 128, MINO, MAXO

```

```

PRINT 200, ICANL
PRINT 124, NK
PRINT 49, IZ
PRINT 49, IDIESE
PRINT 49, IH
PRINT 125
DO 17 I = 1, 256
IF (LFREQ(I).GT.0) GO TO 19
CONTINUE
17 II = I
19 KI = 0
DO 20 IL = II, 256
K1 = K1 + 1
K2 = 256 - K1
IF (LFREQ(K2).GT.0) GO TO 12
CONTINUE
20 I2 = K2
12 DO 25 KM = II, I2
L = KM - 1
M = LFREQ(KM)
IF (M.LT.NK) GO TO 8
NH = IFIX(M/NK)
DO 16 J = 1, NH
LA(J) = IH
LB(J) = IZ
LC(J) = IDIESE
GO TO 16
8 DO 9 K = 1, NH
LA(K) K = IBLAN
LB(K) K = IBLAN
9 LC(K) K = IBLAN
16 CONTINUE
PRINT 119, (L, M, (LA(J), J = 1, NH))
PRINT 120, (L, M, (LB(J), J = 1, NH))
PRINT 120, (L, M, (LC(J), J = 1, NH))
25 CONTINUE
10 CONTINUE
110 FORMAT (1H1, III)
125 FORMAT (10X, 128(1H*))
128 FORMAT (25X, 'HISTOGRAMME-FREQUENCES', /25X, 21(1H*))
124 FORMAT (/, 25X, 'UN', 4X, 'REPRESENTE', , 1X, 'UNITES DE
* TON DE GRIS')
128 FORMAT (/, 25X, 'MIN', I3, 2X, 'MIN', I3, III)
200 FORMAT (1H+, 28X, A1)
FORMAT (/, 30X, 'CANAL NO :', I2)
STOP
END

```

PROGRAMME "CLASS"

1- Prog. Principal

```

118 512 DEFINE FILE 7=SM(R:256,6:1,RW,BN,FI)
120 512 INTEGER A,B,W(128,4)
122 512 INTEGER W0(512),W1(512),W2(512),V(128)
124 512 DIMENSION ICLM(128),D(16)
126 512 COMMON/DONNE/VAR(20,4)
128 512 COMMON/DOR/AM(20,4)
130 512 COMMON/SAUT/ICAN1,IPAS
132 512 READ(105,12)NCL,NCAN
134 512 READ(105,512)NIM,IPAS,TKK
136 512 FORMAT(3I1)
138 512 DO 79 I=1,NCL
140 512 READ(105,16)(AM(I,L),L=1,NCAN)
142 512 DO 78 I=1,NCL
144 512 READ(105,16)(VAR(I,L),L=1,NCAN)
146 512 FORMAT(4F6.2)
148 512 DO 99 II=1,NCL
150 512 PRINT 72,(AM(II,L),L=1,NCAN)
152 512 DO 91 IL=1,NCL
154 512 PRINT 72,(VAR(IL,L),L=1,NCAN)
156 512 FORMAT(//,15X,4(1X,F6.2))
158 512 FORMAT(2I2)
160 512 DO 7 IMG=1,NIM
162 512 ICAN1=IMG+IKK
164 512 CALL NUM(W0,W1,W2)
166 512 B=0
168 512 DO 5 IC=1,4
170 512 I=IC
172 512 PRINT 151
174 512 PRINT 152
176 512 A=B+1
178 512 B=B+128
180 512 PRINT 150,(W2(J),J=A,B)
182 512 PRINT 150,(W1(J),J=A,B)
184 512 PRINT 150,(W0(J),J=A,B)
186 512 PRINT 153
188 512 NL=0
190 512 DO 10 I=401,901,4
192 512 NL=NL+1
194 512 DO 15 ICAN=ICAN1,NCAN,IPAS
196 512 I1=I+(ICAN-1)*2048
198 512 READ(7,I1)(V(J),J=1,128)
200 512 DO 15 J=1,128
202 512 W(J,ICAN)=V(J)
204 512 CONTINUE
206 512 CALL AFFECT(W,NCL,NCAN,NL,D)
208 512 CONTINUE
210 512 CONTINUE
212 512 CONTINUE
214 512 PRINT 199
216 512 FORMAT(1H1)
218 512 FORMAT(1H1)
220 512 FORMAT(4X,128I1)
222 512 FORMAT(1X,////)
224 512 FORMAT(5X,'SABI & MEKHALDI')
226 512 STOP
228 512 END

```

3. S/P "AFFECT"

```
SUBROUTINE AFFECT(W, NCL, NCAN, NL, D)
DIMENSION LA(128), LB(128), LC(128), ICLM(128)
COMMON/SALT/ICAM1, IPAS
INTEGER W(128, 4)
DIMENSION D(10)
COMMON/DONNE/VAR(20, 4)
COMMON/DOR/AM(20, 4)
C   CALCUL DE LA DISTANCE
DO 40 J=1, 128
DO 60 ICL=1, NCL
D(ICL)=0.
DO 60 ICAN=ICAM1, NCAN, IPAS
D(ICL)=D(ICL)+(FLOAT(W(J, ICAN))-AM(ICL, ICAN))**2/
*VAR(ICL, ICAN)
60  CONTINUE
C   CHOIX DE LA DISTANCE MINIMALE
K=0
DMIN=D(1)
DO 25 ICL=1, NCL
K=K+1
A=D(ICL)
IF(DMIN.GE.A)GO TO 20
GO TO 25
20  DMIN=A
ICLM(J)=K
25  CONTINUE
40  CONTINUE
CALL TAP(LA, LB, LC, ICLM, NL)
RETURN
END
```


3. S/P "TAP"

```

C      SUBROUTINE TAP(LA, LB, LC, ICLM, NL)
      IMPRESSION DE LA LIGNE
      DIMENSION LA(1), LB(1), LC(1), ICLM(1)
      DATA IBLAN, IPOINT, INF, IASTER, IDIESE /1H, 1H., 1HK, 1H*, 1H# /
      DATA II, IC, IX, IZ, IM, IH, IEGAL /1HI, 1HO, 1HX, 1HZ, 1HM, 1HH, 1H= /
      DO 72 J=1, 128
      LA(J)=IBLAN
      LB(J)=IBLAN
12     LC(J)=IBLAN
      DO 75 J=1, 128
      K=ICLM(J)
43     GO TO (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20), K
      LA(J)=IX
      LB(J)=IH
12     GO TO 75
      LA(J)=IO
      LB(J)=IX
      LC(J)=II
14     GO TO 75
      LA(J)=II
      LB(J)=IEGAL)
11     GO TO 75
      LA(J)=IM
      LB(J)=IZ
      LC(J)=IDIESE
15     GO TO 75
      LA(J)=IZ
      LB(J)=II
16     GO TO 75
      LA(J)=IDIESE
17     GO TO 75
      LA(J)=IX
18     GO TO 75
      LA(J)=INF
19     GO TO 75
      LA(J)=IPOINT
20     GO TO 75
      LA(J)=IBLAN
75     CONTINUE
      PRINT 180, (NL, (LA(J), J=1, 128))
      PRINT 185, (LB(J), J=1, 128)
      PRINT 185, (LC(J), J=1, 128)
180    FORMAT(1X, I3, 128A1)
185    FORMAT(1H+, 3X, 128A1)
      RETURN
      END

```

2. S/P "NUM"

```

      SUBROUTINE NUM(WO, W1, W2)
      INTEGER WO(1), W1(1), W2(1)
      DO 50 I=1, 512
      W1(I)=0
      W2(I)=0
50     WO(I)=0
      I=0
      L=0
      DO 60 K=1, 10
      I=I+1
      L=L+1
      IF(I.GE.512) GO TO 10
      IF(K.NE.10) GO TO 15
      WO(I)=0
      GO TO 20
15     WO(I)=L
20     IF(I.LT.100) GO TO 25
      M=I/100
      J=I-(M*100)
      W1(I)=J/10
      GO TO 60
25     W1(I)=I/10
      W2(I)=I/100
60     GO TO 1
10     RETURN
      END

```

PROGRAMME " ECARTY "

C Calcul et Enregistrement de l'image

C " ECART-TYPE " sur DISQUE

DEFINE FILE 1=MM(R:256,G:1,R ,BN,FI)

DEFINE FILE 7=SM(R:256,G:1,R ,BN,FI)

INTEGER V(128),G(128)

DIMENSION (3,512),WM2(512),WV(512)

I=0

DO 10 IM=1,3

I=I+1

DO 10 NC= 1,4

ID1=(IM-1)*4+NC+2048

READ(7'ID1)(V(J),J=1,128)

DO 10 J=1,128

L=J+(NC-1)*128

W(I,L)=FLCAT(V(J))

10 CONTINUE

WM(1)=W(2,1)

WM(512)=W(2,512)

DO 15 L=2,511

WM(L)=0.

WM2(L)=0.

J1=L-1

J2=L+1

DO 20 T=1,3

DO 20 J=J1,J2

WM(L)=WM(L) +W(I,J)

WM2(L)=WM2(L) +W(I,J)**2

.../...

```
20  CCONTINUE
    WM(L)=WM(L)/9.
    WM2(L)=WM2(L)/9.
    WV(L)=SQRT(ABS(WM2(L)-WM(L)**2))

15  CONTINUE
    WV(1)=WV(2)
    WV(512)=WV(511)
    DO 13  I2=1,4
    DO 17  J=1,128
    LJ=(12-1)*128+J
    G(J)=IFIX(WV(LJ)*255./31.)+1

17  CONTINUE
    IDO=I2+4096
    WRITE(1 'IDD')(G(J1),J1=1,128)

13  CONTINUE
    DO 18  NC=1,4
    ID=NC + 4100
    DO 22  J=1,128
    LJ=(NC-1)*128+J
    G(J)=IFIX(WV(LJ)*255./31.)+1

22  CONTINUE
    WRITE(1 'ID')(G(J1),J1=1,128)

18  CONTINUE
    K=0
    DO 50  IM=4,511
    K=K+1
    DO 30  NC=1,4
    ID1=(IM-1)*4+NC+2048
    READ(7 'ID1')(V(J),J=1,128)
```

.../....

```

DO 30 J=1,128
L=(NC-1)*128+J
W(K,L)=FLOAT(V(J))
30 CONTINUE
IF(K.EQ.1)GO TO 35
L=K-1
WM(1)=W(L,1)
WM(512)=W(L,512)
GO TO 33
35 WM(1)=W(3,1)
WM(512)=W(3,512)
33 DO 45 L =2,511
WM(L)=0.
WM2(L)=0.
J1=L-1
J2=L+1
DO 40 I =1,3
DO 40 J= J1 ,J2
WM(L)=WM(L)+W(I,J)
WM2(L)=WM2(L)+W(I,J)**2
40 CONTINUE
WM(L)=WM(L)/9.
WM2(L)=WM2(L)/9.
WV(L)=SQRT(ABS(WM2(L)-WM(L)**2))
45 CONTINUE
WV(1)=WV(2)
WV(512)=WV(511)
DO 55 NCC=1,4
DO 65 J=1,128

```

```

LJ=(NCC-1)*128+J
G(J)=IFIX(WV(LJ)*255./31.)+1
65  CONTINUE
    ID=NCC+ID1+2040
    WRITE(1 'ID')(G(J),J=1,128)
55  CONTINUE
    IF(K.EQ.3)K=0
50  CONTINUE
    DO 60 ID=6137,6140
    READ(1 'ID')(V(J) ,J=1,128)
    IDD = ID +4
    WRITE(1 ' IDD')(V(J),J=1,128)
60  CONTINUE
    DO 4 I =4577 ,4701,4
    READ(1 'I')(G(J),J=1,128)
    PRINT 115,(G(J),J=1,32)
4   CONTINUE
115 FORMAT(32(1X,I3)
    STOP
    END

```

PRØGRAMME "CHOIX"

C ETUDE STATISTIQUE SUR LES ECHANTILLONS
C PRØGRAMMA PRINCIPAL
C NCL= nombre de classe
C NCAN= nombre de canaux.
C NLIG= nombre de lignes
C NCOL= nombre de colonnes

DEFINE FILE 7=SM(R:256,G:1,RW,BN,FI)

INTEGER COOR,TAB

COMMON /REF/ COOR(20,6)

COMMON/SIG / VAR(20,4)/AMIL/AM(20,4),AM2(20,4)

COMMON/DON/ TAB (30,30)

READ(105,100)NCL,NCAN

DØ 12 K=1, NCL

12 READ(105,102)(COOR(K,L),L=1,6).

100 FØRMAT(2I2)

102 FORMAT(6I3)

DØ 10 ICL = 1,NCL

DØ 10 ICAN= 1,N CAN

NLIG= COOR(ICL,3)

NCOL= COOR(ICL,4)

CALL LECFEN (ICL,ICAN,NLIG,NCOL)

CALL MOYVAR (ICL,ICAN,NLIG,NCOL)

CALL MINMAX(NLIG,NCOL)

10 CØNTINUE

PRINT 101

DO 16 K=1,NCL

IK=K

.../...

```

16 PRINT 112 IK, (AM(K,L), L=1, N CAN)
PRINT 107
DØ 18 I= 1, NCL
IL=I
18 PRINT 114, IL, (VAR(I,J), J=1, N CAN)
101 FØRMAT(///, 20X, 'MOYENNES DES DIFFERENTS ECHANTILLONS DANS LES
* DIFFERENTS CANAUX', // )
114 FØRMAT(20X, I2, 4(1X, F7.2), , 20X)
STOP
END

```

```

SUBROUTINE LECFEN(ICL, I CAN, NLI, N COL)
INTEGER V(128)
INTEGER COOR, TAB
COMMON /REF/ COOR(20,6)
COMMON/DON/ TAB(30,30)
PRINT 45
45 FØRMAT (1X, /// )
IECHAN = ICL
I CANL = I CAN
PRINT 119, IF CHAN
PRINT 117
PRINT 121, I CANL
119 FØRMAT(///, 25X, 'ECHANTILLON NO: ' , I2, // )
121 FØRMAT(25X, 'CANAL NO: ' , 1X, I1, // )
117 FØRMAT(25X, 18(1H *))
I1= COOR(ICL,1) +(I CAN-1)X 128
J1= COOR(ICL,2)
I2= I1 + NLI-1

```

.../...

```

J2= J1 + NCOL -1
NC1= COOR(ICL,5)
NC2= COOR(ICL,6 )
NCC1=(NC1-1)X128
NCC2=(NC2-1)X128
JJ1 = J1-NCC1
JJ2 = J2-NCC2
IF (NCC1.EQ.NCC2) GO TO 50
I=0
DO 10 IM=I1,I2
I=I+1
ID=(IM-1)X4+ NC1
READ(7'ID)(V(J),J=1,128)
DO 20 J=JJ1,128
L= J-JJ1+1
TAB(I,L)=V(J)
20 CONTINUE
ID=ID+1
READ(7'ID)(V(J), J=1,128)
DO 30 J=1,J2
L= L+J
TAB(I,L)=V(J)
30 CONTINUE
PRINT 115 ,(TAB(I,L),L=1,NCOL)
10 CONTINUE
GO TO 90
50 DO 8.0 IM=I1,I2
I=IM-I1+1
ID=(IM-1)X4 + NC1
READ(7'ID)(V(J),J=1,128)

```



```

DO 85 J= JJ1, JJ2
L= J-JJ1+1
TAB(I, L)=V(J)
85 CONTINUE
PRINT 115, (TAB(I, L), L=1, NCOL)
80 C/NTINUE
115 FORMAT (20X, 25(1X, I3))
90 RETURN
END.

```

```

SUBROUTINE MOYVAR(ICL, I CAN, NLIG, NCOL)
INTEGER TAB
COMMON /SIG/VAR(20, 4)/AM1L/AM(20, 4), AM2(20, 4)
COMMON/DON/TAB(30, 30)
Z = FLOAT(NLIG NCOL)
IECHAN=I CL
AM(ICL, ICAN)=0.
AM2(ICL, ICAN)=0.
DO 15 I= 1, NLIG
DO 15 J=1, NCOL
AM(ICL, ICAN)=AM(ICL, ICAN)+FLOAT(TAB(I, J))
AM2(ICL, ICAN)=AM2(ICL, ICAN)+FLOAT(TAB(I, J))**2
15 CONTINUE
AM(ICL, ICAN)=AM(ICL, ICAN)/Z
AM2(ICL, ICAN)=AM2(ICL, ICAN)/Z
VAR(ICL, ICAN)=AM2(ICL, ICAN)-AM(ICL, I CAN)**2
PRINT 108, IECH, ICANL, AM(ICL, ICAN)
108 FORMAT(//, 24X, 'M', I2, I1, '=', F6.2
PRINT 110, IECH, ICANL, VAR(ICL, ICAN)

```

.../...

```
110  FORMAT (/ ,24X, 'VAR' ,I2 ,I1, '=' ,F7.2)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE MINMAX(NLIG,NCOL)
      INTEGER  TAB
      COMMON /DON/TAB(30,30)
      COMMON/COMPT/LFREQ(256)
      DO 6  L= 1,256
6      LFREQ(L)=0
      DO 7  I=1,NLIG
      DO 7  J=1,NCOL
      K = TAB (I,J)+1
      LFREQ(K)= LFREQ(K)+1
      IF (K.LT.MIN) MIN=K-1
      IF(K.GT.MAX)MAX=K-1
7      CONTINUE
      CALL HIST(MIN,MAX)
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE HIST(MIN,MAX)
      DIMENSION LA(40),LB(40),LC(40),LV(15)
      COMMON/COMPT/ LFREQ(256)
      DATA IBLAN, IH, IDIESE, IZ/1H,1HH,1H ≠≠ ,1HZ/
      DO 11  KK=1,15
11      LV(KK)= 25* KK
      DO13  LL= 1,30
```

.../...

```

LA(LL) = IBLAN
LC(LL) = IBLAN
13  LB(LL)= IBLAN
    IF MAX = LFREQ(1)
    IF MIN = LFREQ(1)
    DO 14  K= 1,256
    IF(LFREQ(K).GT.IFMAX) IFMAX=LFREQ(K)
    IF(LFREQ(K).LT.IFMIN) IFMIN=LFREQ(K)
14  CONTINUE
    DO 15  L= 1,15
    IF(IF MAX.LF.LV(L)) GO TO 4
15  CONTINUE
    NK=L
    PRINT 110
    PRINT 118
    PRINT 111,NK
    PRINT 49/ IZ
    PRINT 49/ IDIESE
    PRINT 49/ IH
    PRINT 113
    DØ 17  I= 1,256
    IF(LFREQ(I). GT.0) GO TO 10
17  CØNTINUE
10  I1=I
    K1=0
    DO 20  IL=I1,256
    K1=K +1
    K2= 256-K1
    IF(LFREQ(K2).GT.0) GOTO 12

```

.../...

20 CONTINUE

12 I2= K2

DO 25 KM = I1,I2

L=KM

M= LFREQ(KM)

NH= IFIX(M/NK)

DO 16 J=1,NH

LA(J)= IH

LB(J)= IZ

LC(J)= IDIESE

16 CONTINUE

PRINT 119(L,M,(LA(J), J=1,NH))

PRINT 120(L,M,(LB(J), J=1,NH))

PRINT 120(L,M,(LC(J), J=1,NH))

25 CONTINUE

111 FORMAT(/,27X,'UN',2X,'=',I3,1X,'UNITES DE TON DE GRIS')

49 FORMAT(1H+,30X,A1)

119 FORMAT(32X,I3,I4,1X,1HI,30A1)

120 FORMAT(1H+,31X,I3,I4,1X,1HI,30A1)

110 FORMAT(//,23X,'HISTOGRAMME FREQUENCES')

118 FORMAT(23X,22(1H*))

113 FORMAT(27X,26(1H*))

116 FORMAT(/,27X,'MIN=',I3,1X,'MAX=',I3,//)

RETURN

END.

BIBLIOGRAPHIE

- J. DESACHY : " Contribution a l'etude de la texture "
thèse 1980 en tele detection
- M.J. QUACH " Utilisation des transformations "
thèse 1979 locales pour l'etude de la texture
- P. CASSIRAMME " Méthodes de classification des données "
thèse 1977 multidimensionnelles en télédetection.
Application à la cartographie d'une
région agricole (CAMARGUE)
- J.M. ROMEDER " Methodes et programmes d'analyse "
edd. DUNOD. 1973 discriminante
- B. LACAZE " Traitement de données multispectrales "
acquises par télédetection
- A. COUZY " LA TELEDETECTION "
edd: "Que sais-je?"
1981
- M. DREYFUS Fortran IV
edd. DUNOD 1968